

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 44

Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum

Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen

von

Dr. Hans Müller-Annen



Hamburg
1964

EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN

des Seewetteramtes

- Nr. 1 (1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 2 (1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939-1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf)
- Nr. 3 (1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf)
- Nr. 4 (1954): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer
Teil 1: Temperatur des Oberflächenwassers und Temperatur-Differenz Luft — Wasser (H. J. Bullig und P. Bintig)
Teil 2: Windverhältnisse (H. Markgraf und P. Bintig)
- Nr. 5 (1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa—Südamerika (H. J. Bullig)
- Nr. 6 (1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 7 (1955): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im Januar und Juli nach Beobachtungen deutscher Schiffe aus dem Zeitraum 1925—1939 (H. Markgraf)
- Nr. 8 (1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll)
- Nr. 9 (1956): Laderaum-Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg (vergriffen)
- Nr. 10 (1956): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer
Teil 3: Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel.
Tabellen-Anhang zu den Teilen 1 bis 3 (H. Markgraf u. P. Bintig)
- Nr. 11 (1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Sاملinski und G. Kerner)
- Nr. 12 (1957): Sturmwetterlagen bei Island 1950—1954 (H. O. Mertins)
- Nr. 13 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953
- Nr. 14 (1957): Nebel in der Deutschen Bucht
A: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen (P. Bintig)
B: Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee (H. Markgraf)
- Nr. 15 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1954
- Nr. 16 (1958): Zur Niederschlagsmessung auf See: Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf Feuerschiffen und benachbarten Inseln (H. U. Roll)
- Nr. 17 (1958): Statistik der Meereswellen in der Nordsee (O. Petri)
- Nr. 18 (1958): Die winderzeugten Meereswellen. Teil I: Beobachtungen des Seeganges und Ermittlung der Windsee aus den Windverhältnissen (H. Walden).
Heft 1: Text; Heft 2: Abbildungen
- Nr. 19 (1958): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1955
- Nr. 20 (1959): Statistisch-synoptische Untersuchung über das Verhalten von Tiefdruckgebieten im Bereich von Grönland (H. Walden)
- Nr. 21 (1959): Zur Theorie der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche (W. Brogmus)
- Nr. 22 (1959): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1956
- Nr. 23 (1959): Hamburger Wetterdaten für das Bauwesen (R. Reidat)
- Nr. 24 (1960): 1. Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern für Seegangsmessungen. — 2. Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln, insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen (A. Lang)
- Nr. 25 (1960): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im April und Oktober (H. Markgraf)
- Nr. 26 (1960): Der Seegang bei den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ (H. Walden)
- Nr. 27 (1960): Ergebnisse der 3. laderaum-meteorologischen Forschungsfahrt auf TS „Düsseldorf“ an die Westküste Südamerikas, 1958 (E. Höller)
- Nr. 28 (1960): Beiträge zur Meteorologie Mittelamerikas (insbesondere El Salvadors) (W. H. Portig)
- Nr. 29 (1961): Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 1: Windkarten (H. Markgraf)
- Nr. 30 (1961): Vergleichsmessungen des Seeganges mit verschiedenen Meßgeräten und ihre Auswertung (H. Walden u. J. Piest)
- Nr. 31 (1961): Die Luft- u. Wassertemperaturen auf den Fischfangplätzen bei Island (H. U. Roll)
- Nr. 32 (1961): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1957
- Nr. 33 (1962): Einige Methoden und Probleme aus dem Bereich der Maritimen Klimatologie (H. Markgraf)

DEUTSCHER WETTERDIENST
Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen
Nr. 44

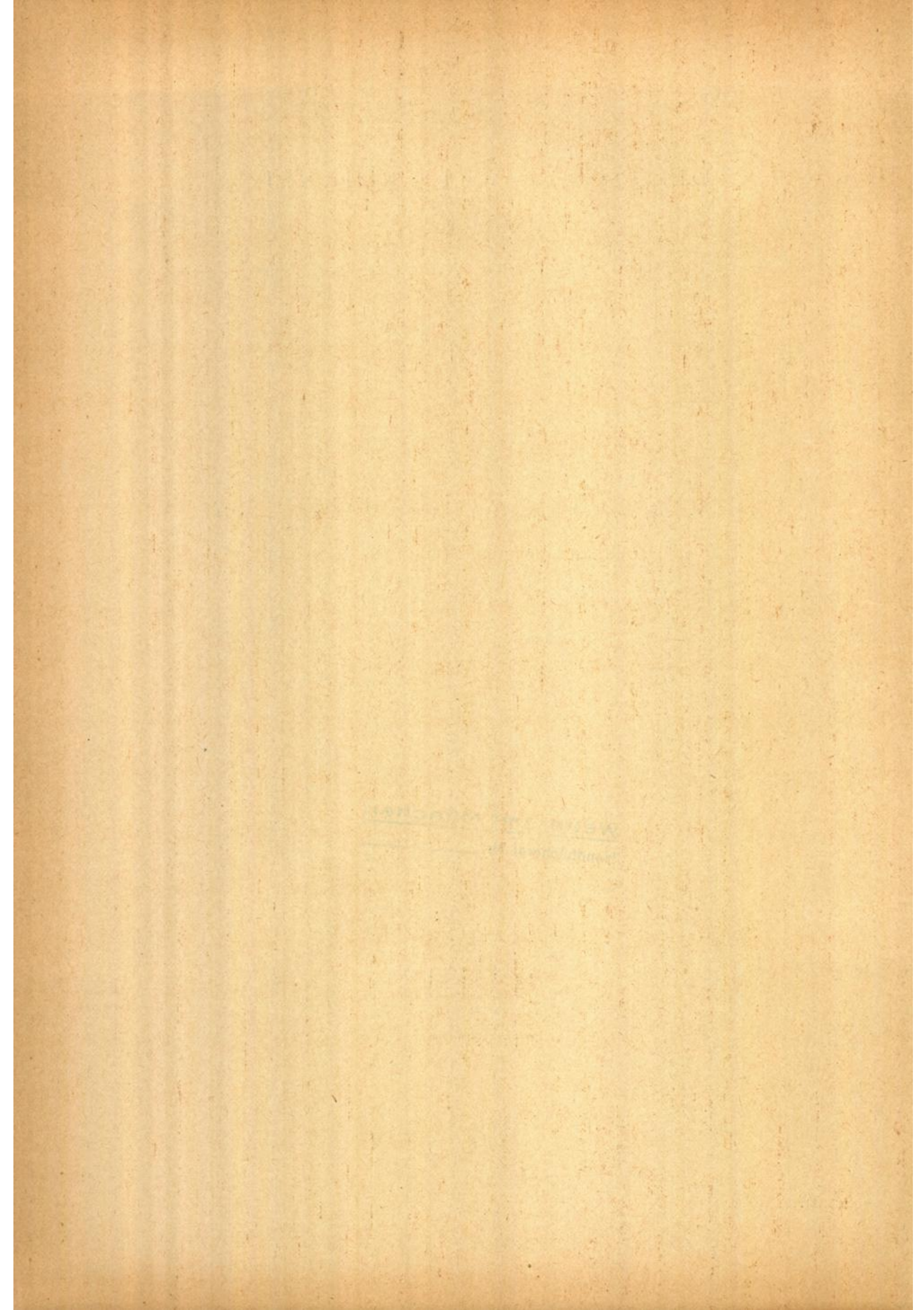
Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum
Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen

von
Dr. Hans Müller-Annem

Wetteramt München
Handbücher Nr. 3832

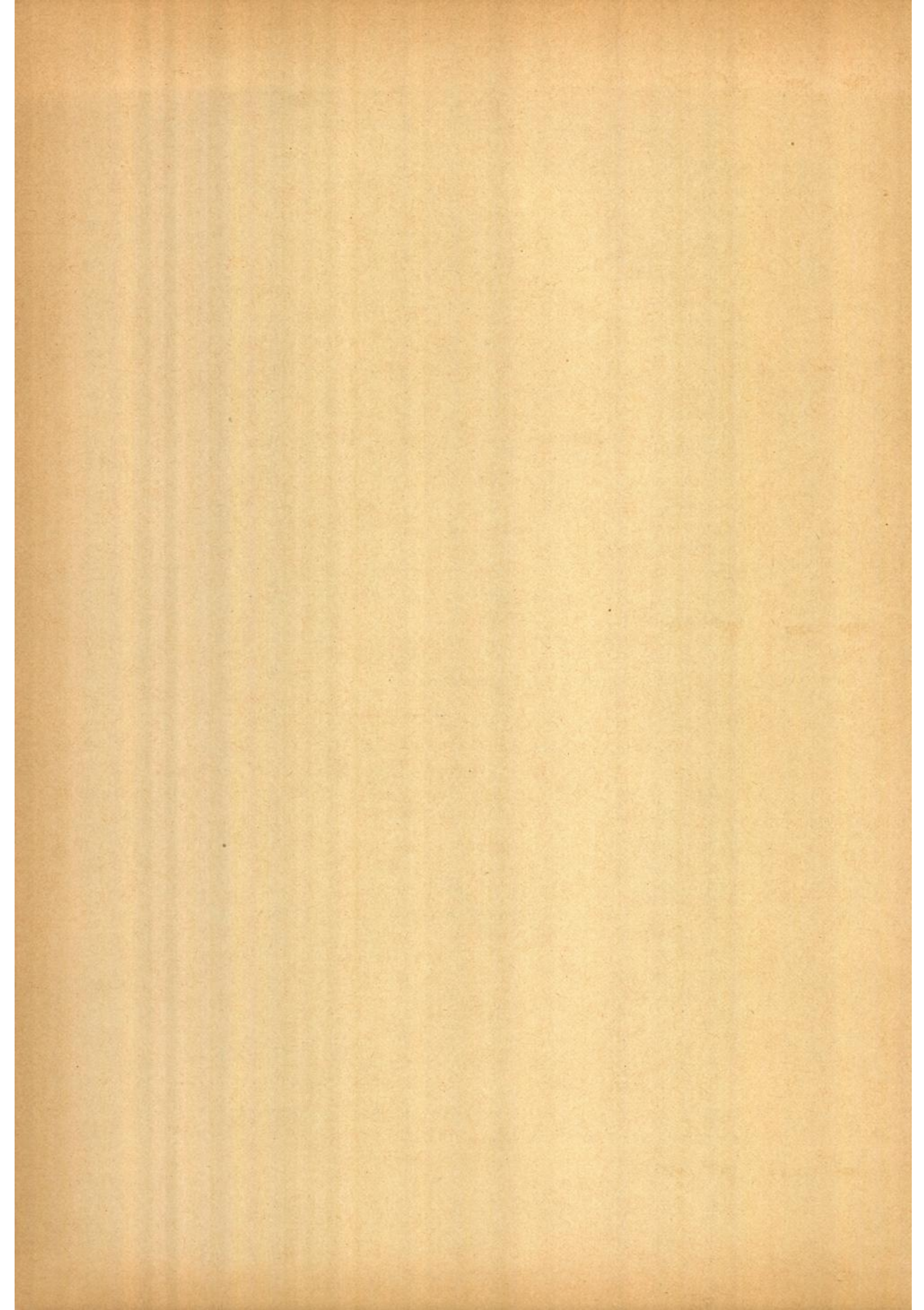


Hamburg
1964



I n h a l t s v e r z e i c h n i s

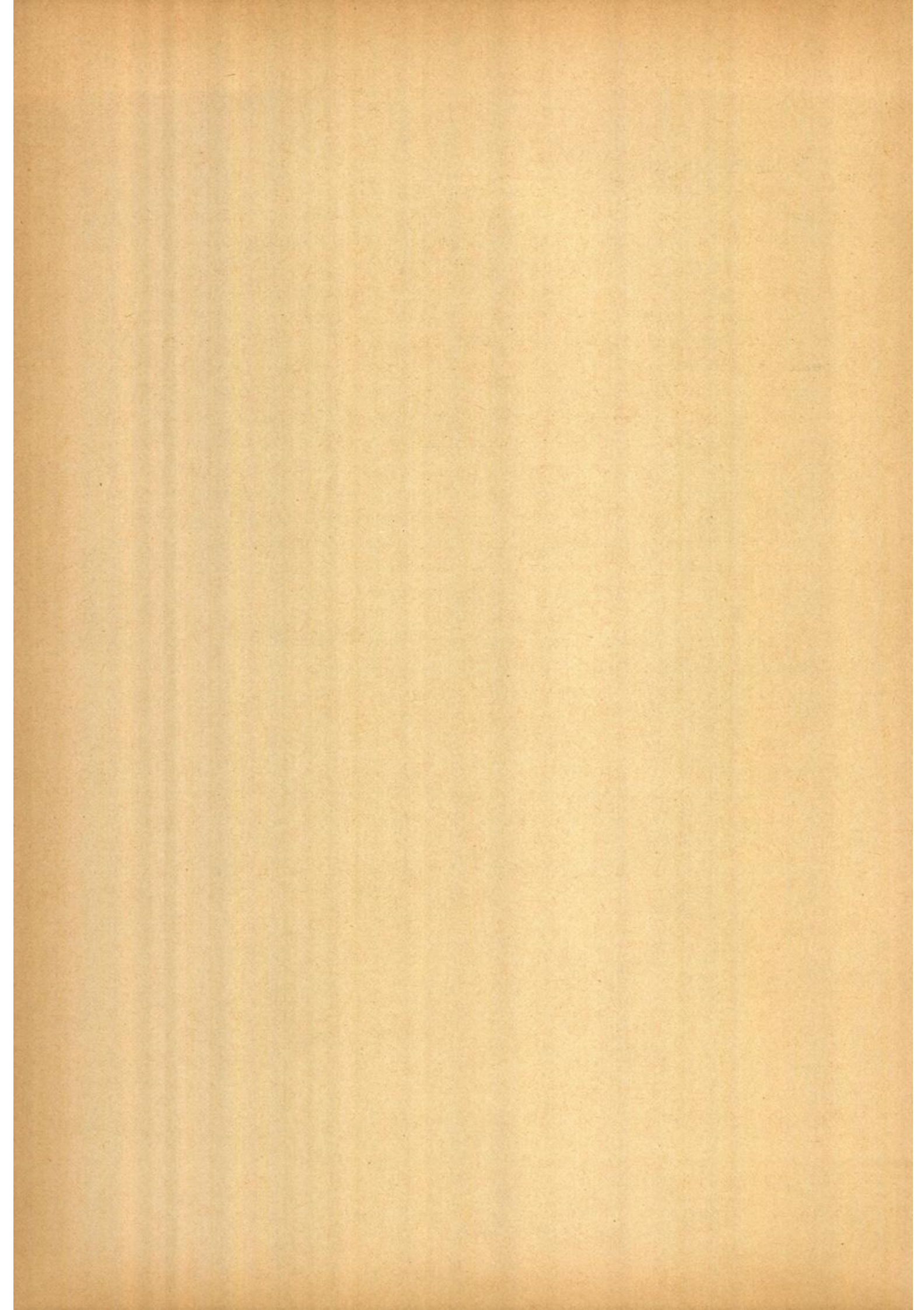
Zusammenfassung	5
Einleitung.....	7
I. Problemstellung und Lösungsmethoden	7
a. Reduktion auf gleiche Zeit, Homogenisierung der Reihen, Angleichung an gleichbleibende Stationslage	7
b. Allgemeine Methoden zur Reduktion von Reihen	8
c. Methoden zur Reduktion und Homogenisierung von Reihen der Kältesummen	10
d. Beispiele zur Reduktion und Homogenisierung	14
e. Methoden zur Festlegung von inhomogenen Stellen	17
f. Näherungslösungen für Reduktionen auf langjährige Mittel	19
II. Die praktische Durchführung der Homogenisierung und Reduk- tion (Reihen von Hamburg und Schleswig)	21
a. Die Reihen und ihre Homogenität	21
b. Festlegung der Unstetigkeiten der Seewarten-Reihe	22
c. Homogenisierung der Seewarten-Reihe und Reduktion der übrigen Hamburger Reihen	22
d. Homogenisierung und Reduktion der Schleswiger Reihen ..	23
e. Reduktion langjähriger Mittel für mehrere Stationen des Bundesgebietes	25
f. Verlängerung der Hamburger Reihen bis 1766 mit Hilfe der Berliner Reihe und alten Hamburger Beobachtungen ..	25
III. Angleichung an eine gleichbleibende Stationslage ("Egali- sierung")	28
a. Bestimmung der Angleichsgrößen	29
b. Das Angleichsverfahren und seine Durchführung	30
c. Reduktion der Mittelwerte weiterer Stationen auf die angeglichenen Reihen	30
IV. Statistische Auswertungen	31
a. Fehlerbetrachtungen	31
b. Streuungen	40
c. Zentral- oder Medianwerte	41
d. Definition des Wintercharakters nach den Häufigkeits- verteilungen der Kältesummen	42
e. Die extremen Winter und die Schwankungen in den Vertei- lungen kalter und milder Winter	46
f. Die Verteilung der Kältesummen auf die beteiligten Monate	51
g. Die Zahl der Wintertage ein Maß für die Länge des Winters	54
V. Schluß	54
Literatur	55
Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	57



Zusammenfassung:

Die wenigen Reihen der "Kältesummen" (nach HELLMANN) in Norddeutschland sind verschieden lang und wegen der wechselnden Stationslage bzw. Thermometeraufstellung inhomogen. Es bestand daher die Aufgabe, diese Inhomogenitäten im wesentlichen mit Hilfe der Berliner Standard-Reihe zu beseitigen und für die Gesamtzeit entsprechende Reihen der heute noch bestehenden Stationen zu reduzieren. Nach Diskussion der bisher bekannten Reduktionsverfahren wurde eine speziell für die Kältesummen gültige Reduktionsmethode entwickelt, die gleichzeitig in der Lage ist, Inhomogenitäten zu erkennen und zu beseitigen. Mit dieser Methode wurden die Hamburger und Schleswiger Reihen für die Zeit von 1880-1962 homogenisiert und reduziert. Die Hamburger Reihen konnten durch inzwischen aufgefundene Beobachtungen zunächst bis 1832 zurück und schließlich mit der Berliner Reihe bis 1766 verlängert werden. Weiter wurde der wachsende Großstadteinfluß, dem die Berliner Station ausgesetzt war, durch ein Verfahren bestimmt und ausgeglichen, und anschließend auch für die Hamburger und Schleswiger Reihen. Für weitere Stationen des Bundesgebietes konnten mit einer Näherungslösung langjährige Mittel der Kältesummen reduziert werden.

Zum Schluß wurden noch einige statistische Größen, wie Streuungen, Fehler, Zentralwerte und Häufigkeitsverteilungen errechnet und diskutiert. Der Fehler bei der Reduktion der Einzelwerte der Hamburger aus den Berliner Beobachtungen scheint dabei abhängig zu sein von der Stärke der Zonal-Zirkulation. Es wurde weiter eine Abhängigkeit der Zentralwerte von den arithmetischen Mitteln gefunden und ebenso eine Abhängigkeit 2. Grades der Streuungen von diesen beiden Größen. Aus den Häufigkeitsverteilungen wurde eine Definition des Wintercharakters aufgestellt und eine Darstellung zu seiner Ableitung entwickelt. Schließlich wurde noch der Anteil der einzelnen Monate an der Kältesumme des gesamten Winters ermittelt.



Einleitung:

Die Strenge des Winters 1962/63 hat das Interesse an der Statistik der Winterkälte wiederaufleben lassen. Es wurden u.a. auch in Tageszeitungen die sog. "Kältesummen" einiger deutscher Stationen auch von früheren Wintern veröffentlicht. Demnach müssen verschiedene Berechnungen von Kältesummen vorliegen, die nicht publiziert sind. KNOCH schrieb 1948 von einer häufigeren Benutzung dieser Kältesummen, und doch gibt es bisher im wesentlichen nur eine Reihe von Bedeutung, die bekannte HELLMANNsche Reihe (1) von Berlin ab 1766, die KNOCH (2) auf die Station Berlin-Dahlem reduzierte und bis 1948 fortsetzte (3). In der zuletzt genannten Arbeit wird außerdem noch eine Reihe von Bamberg (1879-1948) zitiert. Weiter existiert noch die Hamburger Reihe, die RICHTER (4) veröffentlichte. Darüber hinaus stellte mir das Wetteramt Schleswig die Reihe von Schleswig (1901-1962) zur Verfügung. Von diesen Reihen bin ich in der folgenden Untersuchung ausgegangen. Nach Abschluß der Arbeiten bekam ich noch tägliche Hamburger Beobachtungen von 1832-1879, die dann auch noch ausgewertet und benutzt wurden.

I. Problemstellung und Lösungsmethoden

a. Reduktion auf gleiche Zeit, Homogenisierung der Reihen, Angleichung an gleichbleibende Stationslage

Die sog. "Kältesumme" ist, nach HELLMANN, die Summe der Tagesmittel der Temperatur, die unter 0°C liegen, beschränkt auf die Zeit vom 1. November bis 31. März. Da hierbei die negativen Tagesmittel addiert werden, ist es naheliegend, daß die Kältesumme deutlich von der Stationslage abhängig ist. Diese Vermutung konnte durch spezielle Vergleiche in den letzten Jahren bestätigt werden. Es ist daher notwendig, daß sich die Aufstellung des Thermometers nicht ändert, wenn man eine homogene Reihe bekommen will. Diese bekannte Forderung, die bei Monatsmitteln der Temperatur in langen Reihen schon schwierig zu erfüllen ist, ist bei den Reihen der Kältesummen noch wichtiger und umso schwieriger zu realisieren. Es besteht also auch hier verstärkt die Aufgabe, die einzelnen Abschnitte mit unterschiedlicher Stationslage auf die jetzt gültige Lage zu reduzieren, da die Forderung nach konstanter Aufstellung des Thermometers kaum erfüllt sein dürfte. Weiter ist auch an eine rechnerische Angleichung an die jetzige Stationslage gedacht, derart, daß man versucht, die zunehmende "Verstädterung" der Station irgendwie auszuschalten, wie es SCHERHAG (6) in seiner Arbeit über die "größte Kälteperiode seit 223 Jahren" gemacht hat.

b. Allgemeine Methoden zur Reduktion von Reihen

Wir haben nun eine für die Kältesummen passende Reduktionsmethode zu übernehmen oder zu entwickeln. Mit ihr wird dann üblicherweise auch die Homogenisierung vorgenommen. Dazu müssen wir zunächst die bekannten Reduktionsmethoden diskutieren. In diesem Zusammenhang sei auf die Arbeiten des Verfassers (5) hingewiesen, in deren 2. Teil solche Methoden speziell behandelt werden. Kurz zusammengefaßt ergibt sich, daß eine Reduktion meteorologischer Größen nur möglich ist, weil, durch die Großwetterlage bedingt, benachbarte Stationen stark korreliert sind. So ist z.B. die Differenz von Monatsmitteln der Temperatur benachbarter Stationen nahezu konstant, so daß der Mittelwert dieser Differenzen schon aus wenigen Paaren von Monatsmitteln relativ genau bestimmt werden kann. Diesen Mittelwert kann man dann auch an die früheren Monatsmittel der Standard-Station anbringen, um Werte für die zweite Station zu bekommen, für die bislang in dieser Zeit keine Beobachtungen vorlagen. Meistens wird die mittlere Differenz an das langjährige Mittel der Standard-Station angebracht, um ein gleichwertiges langjähriges Mittel der zweiten Station zu erhalten. Bei der Niederschlagsmenge ist es bekannterweise so, daß der Quotient der Monatssummen zweier Stationen nahezu konstant ist. Hier wird mit Hilfe dieses mittleren Quotienten reduziert. In der zitierten Arbeit wurden Angaben darüber gemacht, wann eine solche Reduktion noch zulässig ist.

Formelmäßig sieht das allgemein so aus: Es sei x_i die Reihe der Werte der Standard-Station, y_i sind die Werte der zweiten Station, für die nur wenige Werte vorliegen und für die das langjährige Mittel errechnet werden soll. Wir setzen eine einfache lineare Beziehung an, wobei es sich natürlich nicht um einen funktionellen, sondern um einen stochastischen Zusammenhang handelt. Es ist also: $E(y_i) = a + b x_i$. Der Einfachheit halber wollen wir hier und auch später einfach schreiben: $y_i = a + b x_i$, wobei a und b Konstanten sind. a ist geometrisch der Abschnitt auf der y -Achse für $x = 0$, und b ist die Steigung der Beziehunggeraden. Wir bilden nun das Mittel über die n bekannten Beobachtungspaare: $\sum_1^n y_i = n a + b \cdot \sum_1^n x_i$ und $\bar{y} = a + b \bar{x}$. Bei den Temperaturmitteln ist $b = 1$. Damit wird $\bar{y} = a + \bar{x}$ und $a = \bar{y} - \bar{x}$. Es ergibt sich also die konstante Differenz. Zur Ermittlung weiterer y_i Werte wird dann $y_i = (\bar{y} - \bar{x}) + x_i$ und das langjährige Mittel über N Werte wird dann $\bar{y} = (\bar{y} - \bar{x}) + \bar{x}$.

Bei der Niederschlagsmenge ist $a = 0$. Es wird $y_i = b x_i$ und daraus als Mittel über n Beobachtungen: $\bar{y} = b \bar{x}$. $b = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$, also der konstante mittlere Quotient. Es wird weiter $y_i = (\frac{\bar{y}}{\bar{x}}) x_i$ und $\bar{y}_i = (\frac{\bar{y}}{\bar{x}}) \bar{x}$. Für die Differenz $y_i - x_i$, die später wichtig werden wird, ergibt sich bei der Temperatur: $y_i - x_i = (\bar{y} - \bar{x})$ und bei der Niederschlagsmenge $y_i - x_i = x_i ((\frac{\bar{y}}{\bar{x}}) - 1)$.

Bei der Reduktion der Berliner Stadtstation auf die freigelegene Station in Dahlem hat KNOCH (2), sich dabei allerdings nur auf wenige Vergleichsjahre stützend, ebenfalls einen linearen Ansatz gemacht, also auch $y_i = a + b x_i$. Es wird bei n Beobachtungen ebenfalls $\bar{y} = a + b \bar{x}$. Nun sind hier aber 2 Konstanten zu bestimmen. Wir benötigen also 2 Bestimmungsgleichungen, die wir dadurch gewinnen, daß wir das Material in 2 gleichlange Teile teilen. So erhalten wir $y_1 = a + b \bar{x}_1$ und $\bar{y}_2 = a + b \bar{x}_2$. Nach gewissen Umrechnungen ergibt sich dann

$$y_i = \bar{y}_1 + \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \cdot (x_i - \bar{x}_1) \quad \text{und} \quad y_i = \bar{y}_2 + \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \cdot (x_i - \bar{x}_2).$$

Schließlich ist $y_i = \bar{y} + \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \cdot (x_i - \bar{x})$. Zur Reduktion des

Mittels wird dann $\bar{y} = \bar{y} + \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \cdot (\bar{x} - \bar{x})$. Die Differenz wird

$$\text{daraus: } y_i - x_i = \bar{y} - \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \cdot \bar{x} + x_i \cdot \left(\frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} - 1 \right).$$

Nun ist bei den Kältesummen folgender günstiger Umstand zu beachten. Für den Fall $b = 1$ wird $a = 0$, d.h. beide Stationen haben gleiche Kältesummen bzw. sind gleich. Ist die Standard-Station kälter ($b < 1$), wird a negativ und umgekehrt. Es besteht also ein Zusammenhang zwischen a und b , den man in folgender Weise ansetzen kann. $a = k (b-1)$, wobei k eine noch zu bestimmende Konstante ist. Damit wird $\bar{y} = k \times (b-1) + \frac{b}{\bar{x}} \bar{x}$ und

$$y_i = k \left(\frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} - 1 \right) + \frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} \cdot x_i, \quad \text{schließlich } \bar{y} = k \left(\frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} - 1 \right) + \frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} \cdot \bar{x} = \frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} \cdot (k + \bar{x}) - k. \quad y_i - x_i = (x_i + k) \cdot \left(\frac{\bar{y} + k}{\bar{x} + k} - 1 \right).$$

Die von KNOCH mitgeteilte Beziehungstabelle gilt für die Monatswerte der Kältesummen. Sie wurde aufgrund des Vergleichs der reduzierten mit den HELLMANNschen Originalwerten für den ganzen Winter ermittelt. Es ergab sich als beste Näherung: $y_i = 13,2 + 1,1256 x_i$. Dabei gilt y_i für die Dahlemer Station und x_i für die Stadt-Station.

Bei einer Kältesumme von 0 in der Stadt wird in Dahlem schon 13° erreicht. Aus dieser Beziehung ergibt sich unser $k = 105$.

$$\bar{y} = 105 (b - 1) + b \bar{x} \quad \text{und} \quad \bar{\bar{y}} = 105 \left(\frac{\bar{y} + 105}{\bar{x} + 105} - 1 \right) + \frac{\bar{y} + 105}{\bar{x} + 105} \cdot \bar{\bar{x}} =$$

$$= \frac{\bar{y} + 105}{\bar{x} + 105} (\bar{\bar{x}} + 105) - 105 \cdot b = \frac{\bar{y} + 105}{\bar{x} + 105} = 1,1256 \quad (\text{aus } 1880-1916).$$

Um die Reduktion zu vereinfachen, wurde überlegt, ob man nicht eine Größe finden kann, von der sowohl a als auch b dann abhängig sind. Da die Kältesummen im norddeutschen Raum nicht sehr oft über 500 hinausgehen, wurde die Differenz zwischen $y_i - x_i$ bei einem $x_i = 500$ als eine solche Größe festgelegt: $y_{500} - 500 = D_{500}$. Damit wird dann $a = f \cdot D_{500}$ und $b - 1 = g \cdot D_{500}$, wobei die Konstanten f und g empirisch zu bestimmen sind. Das $b - 1$ ergibt sich aus folgender Rechnung: $y_{500} = a + b \cdot 500$ $y_{500} - 500 = a + b \cdot 500 - 500$ und $D_{500} = a + 500 \cdot (b - 1)$. Aus den Berliner Beobachtungen wird $D_{500} = + 76$. Damit wird $f = 0,1737$ und $g = 0,0016526$. Damit wird $y_i - x_i = D_{500}(f + g \cdot x_i) = 76(0,1737 + 0,0016526 x_i)$. Die Funktion $f + g \cdot x_i$ läßt sich einfach tabellieren. Definitionsgemäß ergibt sich $f + g \cdot x_i = 1$ für $x_i = 500$. So ließe sich eine Reduktion verhältnismäßig einfach durchführen.

c. Methoden zur Reduktion und Homogenisierung von Reihen der Kältesummen

Ehe jedoch die Überlegungen in dieser Form vorgenommen wurden, wurde versucht, mit Hilfe des Quotienten y/x eine Reduktion vorzunehmen, wie es bei Niederschlagsmengen gemacht wird. Die von KNOCH angenommene lineare Beziehung legte das nahe. Daß ein Anbringen einer konstanten Differenz nicht in Frage kam, zeigten die unmittelbaren Vergleiche verschiedener Stationen für wenige Jahre. Der Quotient y/x zeigte sich nun zwar für mehrjährige Mittel als einigermaßen wenig schwankend, aber in den einzelnen Jahren traten doch größere Unterschiede auf, die sich schließlich auch aus der arithmetischen Form der Beziehung ableiten ließen. Es ergibt sich vom Wert $y_i > 0$ an eine sich asymptotisch der 1 nähernde Hyperbel.

Wenn man nun aber nicht Einzelwerte ergänzen, sondern nur eine vorliegende Reihe auf Unstetigkeiten untersuchen und dann homogenisieren will, so läßt sich der Quotient y/x verwenden, besonders, wenn man den Bereich der niedrigen Kältesummen vernachlässigt. Es kommt hinzu, daß ja ein Teil der Gesamtreihe nur um einen gewissen kleinen Betrag höher oder niedriger gesetzt zu werden braucht. Die Quotienten y/x und y'/x' weichen in sich von der linearen Form deutlich ab, aber $y/x - y'/x'$ sind doch wenigstens für nicht zu kleine x annähernd konstant, wenn y' nicht wesentlich von y abweicht.

Mit Hilfe der Vergleiche der Quotienten konnten somit bei den zur Verfügung stehenden Reihen Unstetigkeiten festgelegt und mit einem Korrektionsfaktor $y/x = k \cdot (y'/x')$ angeglichen werden. Für den Mittelwert dieser Teilreihe \bar{y}' ergeben sich somit plausible Werte, aber es schien doch nicht vertretbar, jeden Einzelwert y_i' mit k zu multiplizieren, um den y_i Wert zu bekommen. Damit wurde dieser Weg fallen gelassen. Für die Ermittlung der Unstetigkeitsstellen blieb er aber nach wie vor wertvoll.

Nach Kenntnis der verschiedenen temperierten Teilreihen - auf Einzelheiten soll später noch eingegangen werden - wurden nun graphische Darstellungen der Werte aller Stationspaare gemacht. Hier zeigt sich nun, daß kaum eine Beziehung linear war. Die Steigung wurde bei steigendem x_i allmählich steiler, bis sie zuletzt annähernd 1 war (X_i die kältere Station). Diese unbequeme Eigenschaft ist meteorologisch allerdings verständlich. Bei dicht benachbarten Stationen, von denen eine kälter sein soll, wird in einem wechselhaften Winter die kältere Station immer mehr Wintertage haben, da in der Nähe des Gefrierpunktes diese Station negative Tagesmittel erzielt, während die Tagesmittel der anderen Stationen über Null bleiben. Im mittleren Bereich der Kältesummen addieren sich die jeweils höheren negativen Tagesmittel der kälteren Station, und die relativ großen Unterschiede, die beim Wechsel der Großwetterlage entstehen, haben bei dieser Größenordnung der Kälte des Winters noch ein verhältnismäßig hohes Gewicht. Bei sehr kalten Wintern, die in der Hauptsache durch länger anhaltende strenge Perioden zustande kommen, ist die Zahl der Wintertage nahezu gleich, und die Differenz der Kältesummen der beiden Stationen nähert sich einem konstanten Betrag. Liegt die wärmere Station im freieren Gelände, so daß eine stärkere Windbewegung advektiven Frost heranzführt, so wird dabei diese Station relativ kalt. Dies tritt speziell auf, wenn die Stationen weiter auseinander liegen, z.B. Schleswig-Hamburg und besonders Hamburg-Berlin. Berlin ist dabei einwandfrei die kältere Station,

aber in den kalten Advektionswintern mit starker östlicher Strömung ist in Hamburg die Kältesumme z.T. erheblich größer als in Berlin. In reinen Strahlungswintern ist es dagegen umgekehrt.

Zur weiteren Klarstellung wurden nun noch Darstellungen angefertigt, bei denen x_i mit der Differenz $y_i - x_i$ in Beziehung gesetzt wurde. Dabei war X wieder die kältere Station, so daß die Differenzen alle negativ waren und die Kurven konvex zur x-Achse verliefen. Sie bestätigen in etwas genauerer Weise die Tatsachen, die aus den (y/x) -Beziehungen abgeleitet wurden. Die negative Steigung wurde zunehmend flacher, gelegentlich bis zur Horizontalen.

Für die Kurven wurde nun eine formelmäßige Darstellung vorgenommen in Form eines quadratischen Polynoms: $y_i = a + bx_i + cx_i^2$ bzw. $y_i - x_i = a + (b-1)x_i + cx_i^2$. Hier zeigte sich, daß gemeinsam dargestellt, die Kurven y und der Differenz $y-x$ in Form einer Kurvenschar mehr oder weniger gleichmäßig verliefen, wobei die Auffächerung natürlich mit wachsendem Unterschied in der Temperatur der Stationspaare zunahm. Die auftretenden Unregelmäßigkeiten konnten durchaus mit dem teilweise nicht ausreichenden Material erklärt werden.

Es scheint also so, als ob wir unsere Diskussion über die Reduktionsverfahren auf die quadratische Form ausdehnen müßten. Es mußte also ein Weg gefunden werden, der es ermöglichte, auf einfache Weise die Homogenisierung durchzuführen und vorher auch noch einmal die Unstetigkeiten festzulegen. Es wurde dabei darauf geachtet, daß möglichst immer von der kälteren auf die wärmere Station geschlossen wurde. Damit wird der Fehler, der bei der Bestimmung der Reduktionskonstanten entsteht, eher verkleinert.

Es ist also $y_i = a + bx_i + cx_i^2$. Zur Bestimmung der 3 Konstanten müßten also 3 Gleichungen ermittelt werden. Um nun eine Homogenisierung durchzuführen, müßte man für alle Teilreihen solche Darstellungen machen, was oft wegen des geringen Umfangs des Materials nicht möglich und zu zeitraubend war. Es wurde ein ähnlicher Weg eingeschlagen, wie zuletzt bei der linearen Darstellung, der auf die Form $y_i = D_{500} \times (f + gx_i) + x_i$ führte.

Wie eben erwähnt, ermittelten wir eine Kurvenschar, die mehr oder weniger gleichmäßig verlief. Wir benutzten nun die durch möglichst viele Werte belegten Kurven und fanden wiederum, daß der Abstand a auf der y -Achse mit wachsendem Unterschied $\bar{y} - \bar{x}$ größer wurde. In gleicher Weise reagierte die Steigung b und auch das c , das ja auch rein rechnerisch von b abhängig ist. Setzen wir statt des Mittels $\bar{y} - \bar{x}$ bzw. \bar{x}

wieder den Abstand der Kurven $(y-x)$ für $x_i = 500$ ein (D_{500}), so erhalten wir folgende Darstellung: $y_i - x_i = f \cdot D_{500} + g \cdot D_{500} x_i + h \cdot D_{500} x_i^2 = D_{500}(f + g x_i + h x_i^2)$ und $y_i = D_{500}(f + g x_i + h x_i^2) + x_i$.

Es ergibt sich also jetzt eine gleichmäßig verteilte Kurvenschar, deren Spreizung nur von D_{500} abhängig ist. Aus den für den norddeutschen Raum gewonnenen Kurven relativ benachbarter Stationen ergaben sich am wahrscheinlichsten folgende Werte für die Konstanten:

$$f = 0,113, \quad g = 0,003048 \quad \text{und} \quad h = -0,000002546.$$

Bei den Stationspaaren Berlin gegen Norddeutschland waren die Konstanten etwas geändert:

$$f = 0,0685, \quad g = 0,003068 \quad \text{und} \quad h = -0,000002411.$$

Die Kurven verlaufen hier im Bereich höherer Kältesummen flacher. Es liegt z.T. daran, daß die Punktwolke eine größere Streuung aufweist, da Berlin und Norddeutschland wettermäßig weniger verbunden sind (kleinere Korrelation.) Für die benachbarten Stationen im Raum Berlin selbst kann man die erste Kurvenschar ansetzen.

$D_{500} = y_{500} - 500$ ist, wie gesagt, bei den Reduktionen negativ gewesen. Nur in ganz wenigen Fällen, in denen es nicht möglich war, für eine zu reduzierende Station eine entsprechend nahe kältere Station zu finden, wurde auch mal ein positives D_{500} verwendet, was nach den Formeln ja auch zulässig ist. Es wurde dann aber mit einer kälteren Station, die weiter weglag, zusätzlich eine Kontrolle durchgeführt.

Nun zeigt sich aber folgendes, daß zwar bis $x_i = 500$ (mit Kältesummen bis ~ 500 wurden auch die früheren Konstanten a , b und c ermittelt) die Kurven im ganzen langsam abfallen, aber bei noch größerem x_i wird der Anteil des quadratischen Gliedes so groß, daß die Kurven zur x -Achse zurücklaufen. Das aber war bei den empirischen Kurven nicht der Fall, nur z.B. bei den Stationspaaren Berlin-Hamburg hätte man das zur Not auch ansetzen können. Im allgemeinen geht die Steigung der Kurven $(y_i - x_i)$, wenn auch merklich flacher, weiter, ein Zeichen dafür, daß in strengen Wintern die Unterschiede zweier Stationen nicht stetig weiterwachsen. Das ist sowohl bei den Wintern mit wenigen langen Kälteperioden als auch bei solchen mit kurzen, extrem kalten Perioden anzutreffen.

Größer wird der Abstand im allgemeinen dann, wenn der Frost überwiegend durch Ausstrahlung hervorgerufen wurde. Das Gegenteil tritt vielfach bei Advektionslagen ein, wie es oben schon beschrieben wurde.

Oberhalb $x_i = 500$ wurde daher die formelmäßige Darstellung verlassen, und es wurde aufgrund der empirischen Kurven eine sich ganz

allmählich vollziehende Abflachung angesetzt. Für die Reduktionspraxis wurden nun zwei Tabellierungen der Funktion $Q(x_i) = f + gx_i + hx_i^2$ für alle Werte von x_i von 5 zu 5 vorgenommen, eine Tabellierung mit den Konstanten für Norddeutschland (benachbarte Stationen), die andere mit denen für den Vergleich Berlin-Hamburg. Beide Tabellen erreichen bei $x_i = 500$ ein $Q(x_i) = 1$. Die für höhere x_i -Werte angesetzten Werte über 1 stellen die eben beschriebene Fortsetzung der Kurven mit der leichten Steigung dar. Die Schnittpunkte aller Kurvenscharen auf der x-Achse ergeben sich für die benachbarten Stationen bei $x_i = -36$ und für den Vergleich Berlin-Norddeutschland bei $x_i = -22$. Die beiden Tabellierungen finden sich in den Tabellen 1 und 2 am Schluß der Arbeit.

Die Überlegungen und Darstellungen dieses Kapitels c sind in der Abb. 1 (im Anhang) im ganzen zusammengefaßt. Die Station X ist dabei kälter als die Station Y. Unter I sind 3 verschiedene mittlere Beziehungskurven y/x dargestellt. Bei II ist das gleiche für die Differenz $y-x$ geschehen, $(y-x)/x$, für verschiedene D_{500} . Die Kurvenscharen nähern sich gleichmäßig der x-Achse, die als Gerade bei $D_{500} = 0$ erreicht wird. Das entspricht dem $q = 1$ bei der Kurvenschar I. Die Kurvenscharen III bzw. IV entsprechen den Quotienten y/x bzw. x/y . Sie sind erst bei sehr großem x nahezu linear. Bei kleinem x sind die Änderungen pro Einheit x relativ groß. Daher konnte die Reduktion nicht mit konstantem Quotienten vorgenommen werden.

d. Beispiele zur Reduktion und Homogenisierung

Mit Hilfe der beiden Tabellen 1 und 2 lassen sich nun die notwendigen Reduktionen schnell durchführen. Es wird, wie gesagt, die Differenz $(y_i - x_i)$ benutzt. Liegt also eine lange x Reihe vor, so ist an die einzelnen x_i die entsprechende Differenz $(y_i - x_i)$ anzubringen, um y_i zu bekommen.

Es ist nur jeweils erst die entsprechende Differenz $(y_i - x_i)$ für das betreffende x_i zu ermitteln. Das geht natürlich nur, wenn eine (möglichst lange) Parallel-Reihe (x_i, y_i) vorhanden ist. Laut Definition ist $y_i - x_i = (y_{500} - 500) Q(x_i) = D_{500} \cdot Q(x_i)$. Aufsummiert über alle vorhandenen Wertepaare n ergibt sich dann:

$$\sum_1^n y_i - \sum_1^n x_i = \sum_1^n (y-x)_i = D_{500} \cdot \sum_1^n Q(x_i) \text{ und } D_{500} = \frac{\sum_1^n (y-x)_i}{\sum_1^n Q(x_i)}.$$

Damit ist der Faktor D_{500} bestimmt. Die einzelne Differenz $(y_i - x_i)$ wird ermittelt durch Multiplikation des errechneten D_{500} mit dem entsprechenden Wert von $Q(x_i)$ aus Tabelle 1 oder 2.

In dem folgenden Beispiel (Tabelle 3) ist $\sum_1^5 x_i = 1315$

$$\sum_1^5 y_i = 1160 \cdot \sum_1^5 (y-x)_i = -155. \quad \sum_1^5 Q(x_i) = 3,458, \quad D_{500} = -44,824.$$

$$\bar{x} = 263, \quad \bar{y} = 232, \quad (\bar{y} - \bar{x}) = -31. \quad \sum_1^{10} x_i = 3045, \quad (\sum_1^{10} y_i = 2708),$$

$$\sum_1^{10} (y-x)_i = -337, \quad \text{gewonnen aus } Q(x_i) \cdot D_{500} \sum_1^{10} Q(x_i) = 7,520,$$

$$D_{500} = -44,814, \quad \bar{x} = 304,5, \quad \bar{y} = 270,8, \quad (\bar{y} - \bar{x}) = -33,7$$

Aus diesem einfachen Beispiel ist der Rechenvorgang ohne weiteres zu ersehen. Aus der Differenz der bekannten Wertepaare (1-5) - 155 und der Summe des $Q(x_i)$ aus Tab. 1 ergibt sich $D_{500} = 44,8$. Hiermit werden die jeweiligen $Q(x_i)$ multipliziert und so die $(y-x)_i$ erhalten. Mit ihr wird y_i bestimmt. Aus allen nun vorhandenen 10 Paaren ergibt sich, zur Kontrolle, ein $D_{500} = 44,8$. Der Unterschied in den nächsten Dezimalstellen beruht auf der Abrundung der Differenz $(y-x)_i$. Die Gesamtsumme der Differenzen ist -337, daraus ergibt sich $\sum_1^{10} y_i = 2708$. Aus D_{500} und einem $\sum_1^{10} Q(x_i) = 4,062$ müßte sich eine $\sum_1^{10} (y-x)_i = -182$ ergeben, was auch der Fall ist.

Will man nur ein längeres Mittel der Station Y aus dem längeren Mittel von X reduzieren, ist natürlich die Reduktion der Einzelwerte nicht notwendig. Aus dem D_{500} mit Hilfe der ersten 5 Paare läßt sich mit dem $\sum_1^{10} Q(x_i)$ aus allen Werten x_i die $\sum_1^{10} (y-x)_i$ gleich ermitteln: $-44,8 \times 7,520 = -337$. Daraus ergibt die $\sum_1^{10} y_i = 2708$. Damit erhält man unmittelbar die beiden Mittelwerte $\bar{x} = 304,5$ und $\bar{y} = 270,8$.

Wie geht nun der Rechenvorgang vor sich, wenn die Y-Reihe eine Unstetigkeit aufweist, wenn sie inhomogen ist? Dann muß nur der Teil mit der abweichenden Stationslage auf den richtigen Stand gebracht werden.

Aus den Beobachtungspaaren mit den gültigen Stationen wird, wie üblich, das $\sum_1^n (y-x)_i$ ermittelt, bzw. die $\sum_1^n x_i$ und $\sum_1^n y_i$. Aus der gleichen Zeit wird das $Q(x_i)$ aus der gültigen Tabelle abgelesen. Es liegt also auch die $\sum_1^n Q(x_i)$ vor, und damit ist auch das D_{500} bekannt. Dieses D_{500} soll dann auch für den Teil der Y-Reihe mit der anderen Stationslage gelten. Für diesen anderen Teil liegen die x_i und damit auch die $Q(x_i)$ vor. Wir haben aber in dieser Zeit andere y_i , die wir zum Unterschied von den Werten mit der gültigen Thermometeraufstellung mit y_i' bezeichnen. Es ergibt sich also eine Differenz $(y'-x)_i$ und entsprechend eine $\sum_{n+1}^N (y'-x)_i$, die natürlich von der erwarteten $\sum_{n+1}^N (y-x)_i$ abweicht. Der Unterschied dieser beiden Summen ist dann $\sum_{n+1}^N (y-x)_i - \sum_{n+1}^N (y'-x)_i = \sum_{n+1}^N (y-y')_i$.

Um diesen Betrag müßte also die "falsche" $\sum_{n+1}^N (y'-x)_i$ korrigiert werden,

um den richtigen Wert zu bekommen. Mit Hilfe von $\sum_{n+1}^N (y-y')_i$ und

$$\sum_{n+1}^N Q(x_i) \text{ wird ein } d_{500} \text{ gerechnet, } d_{500} = \frac{\sum_{n+1}^N (y - y')_i}{\sum_{n+1}^N Q(x_i)}. \text{ Zur Kon-}$$

trolle rechnen wir auch noch $D'_{500} = \frac{\sum_{n+1}^N (y' - x)_i}{\sum_{n+1}^N Q(x_i)}$. Es muß dann

$D'_{500} + d_{500} = D_{500}$ sein, unserem oben gerechneten bekannten Ausgangswert, der nun auch für den inhomogenen Teil angewandt werden soll. Mit diesem d_{500} multiplizieren wir die für die betr. x_i abgelesenen $Q(x_i)$.

Damit wird ein $(y-y')^*$ gerechnet. Dieser Korrekturwert wird zu den beobachteten y'_i addiert. Damit ergibt sich der wahrscheinlichste Wert für $y = y' + (y-y')^*$. Für den betreffenden Teil der Reihe ist dann

$$\sum_{n+1}^N (y-y')^*_i = \sum_{n+1}^N (y-y')_i = \sum_{n+1}^N (y-x)_i - \sum_{n+1}^N (y'-x)_i \quad \text{und} \quad \sum_{n+1}^N (y-y')^*_i + \sum_{n+1}^N (y'-x)_i = \sum_{n+1}^N (y-x)_i. \text{ Diese Summe sollte erreicht werden.}$$

Das Prinzip der Korrektur unter Benutzung des d_{500} läßt sich auch aus unserer Abb. 1 direkt ablesen. Das wirkliche D_{500} sei -50, das bei anderer Stationslage bestimmte $D'_{500} = -40$. Das d_{500} wird dann -10. Der Unterschied der beiden Kurven in der Schar II für $D_{500} = -50$ und $D'_{500} = -40$ ist genau gleich dem Abstand der Kurve für $d_{500} = -10$ von der x-Achse. Dieser Betrag wird bei der Korrektur zur Kurve $D_{500} = -40$ addiert, um die Kurve $D_{500} = -50$ zu bekommen. Das ist letzten Endes der Sinn des ganzen Korrekturvorganges

Nun ein Beispiel: $D_{500} = -100$ ist bekannt. In weiteren 50 Jahren wurden nun folgende Werte ermittelt: $\sum_{51}^{100} x_i = 9600$, $\sum_{51}^{100} y'_i = 8000$,

$$\sum_{51}^{100} (y'-x)_i = -1600, \quad \sum_{51}^{100} Q(x_i) = 22,86. \quad \text{Für } D_{500} = -100 \text{ und der}$$

$$\sum_{51}^{100} Q(x_i) = 22,86 \quad \text{wird} \quad \sum_{51}^{100} (y-x) = -2286. \text{ Es wurde aber nur } -1600 \text{ beob-}$$

achtet. Die Differenz ist also -686 und daraus wird $d_{500} = -30,0$. Zur Kontrolle $-1600: 22,86 = -70,0 = D'_{500}$ $D'_{500} + d_{500} = -100 = D_{500}$.

Die einzelnen y'_i dieser Reihe werden nun mit $d_{500} \cdot Q(x_i)$ jeweils korrigiert, wie es in Tabelle. 4a gezeigt wird. Die $\sum_{51}^{100} y_i = 8000 - 686 = 7314$. Die Gesamtmittel \bar{x} und \bar{y} können dann unter Hinzufügung des

ersten Teils leicht berechnet werden. Es war in den ersten 50 Jahren $\sum_{1}^{50} x_i = 10\ 000$ und $\sum_{1}^{50} y_i = 7500$. Damit sind die Mittel $\bar{x} = 196,0$ und $\bar{y} = 148,14$.

Die $\sum_7^{50} Q(x_i)$ des ersten Teils war 25,00, zusammen mit der $\sum_7^{50} Q(x_i)$ des zweiten Teils sind das 47,86. Da die Differenz -4786 ist, errechnet sich das Gesamt $D_{500} = -100$, wie es sein soll.

In der Tabelle 4a wird das Anbringen der Korrektur im einzelnen gezeigt. Es sei $D_{500} = -100$ bekannt. Die y'_i müssen korrigiert werden. Die richtige $\sum_7^5 (y-x)_i$ errechnet sich zu -373, während nur -307 beobachtet wurden. Der Unterschied von -66 muß nun gemäß dem $Q(x_i)$ verteilt werden. Das $d_{500} = -17,69$. Aus $d_{500} Q(x_i)$ werden die Differenzen $(y-y')^*_i$ ermittelt. Ihre Summe ist -66. Zusammen mit der schon gerechneten Differenz $(y'-x)_i$ ergeben sich die Differenzen $(y-x)_i$. Ihre Summe ist -373. Schließlich wird das y_i aus dem x_i und dieser Differenz $(y-x)_i$ gerechnet. Die Summe ist $1127 = 1500 - 373$. $\bar{x} = 300,0$ und $\bar{y} = 225,4$.

Das ist die verhältnismäßig einfache Methode der Korrektur der y' Werte. Sie beruht darauf, daß die berechnete Korrektursumme auf die einzelnen Jahre verteilt werden muß, gemäß unserer quadratischen Beziehungsgleichung. Dies haben wir aufgrund der x_i -Werte vorgenommen. Vielleicht wäre es noch besser, dies mit den y' Werten zu machen, da sie den Gang der Winter an der Station besser wiedergeben als es der Verlauf der Winter an der Standard-Station tun kann. Die y' Werte werden dann wie die x_i Werte behandelt, und es müssen dann entsprechend $Q(y'_i)$ Werte aus der betreffenden Tabelle in gleicher Weise abgelesen werden. Mit der $\sum_7^5 Q(y'_i)$ und der $\sum_7^5 (y-y')_i = -66$ wird nun aber ein d^*_{500} gerechnet, $d^*_{500} = -20,20$. (Siehe das Beispiel in Tabelle 4b). Damit werden die einzelnen $Q(y'_i)$ multipliziert. Es ergeben sich die $(y-y')^{**}$, deren Summe auch -66 ist. Wir sehen, daß bei den Differenzen in den einzelnen Jahren Unterschiede bis zu 1 auftreten. Diese fallen aber nicht ins Gewicht, da die Genauigkeit der Reduktion sicher nicht kleiner als 1 ist. Es wurde daher im allgemeinen auf diese etwas korrektere Berechnungsart verzichtet, da sie zusätzliche Arbeit erforderte, die nicht einen entsprechenden Nutzen hatte. Die Benutzung der Standardreihe X kann im übrigen keine größeren Fehler machen, da die jeweiligen beiden Temperaturreihen eben sehr stark korreliert sind, besonders bei nicht weit voneinander entfernten Stationen.

e. Methoden zur Festlegung von inhomogenen Stellen

An diesem letzten Beispiel wollen wir noch die Bestimmung der Unstetigkeiten demonstrieren. Zu den eben mitgeteilten Beobachtungen hatten wir ja noch die gültigen Beobachtungen x_i und y_i , aus denen wir unser $D_{500} = -100$ abgeleitet hatten. Wir hatten also folgende Gesamtreihe, wobei unbekannt sein soll, ob sie inhomogen ist oder nicht (Tab.5).

Die ersten 5 Werte haben eine $\sum_1^5 (y-x)_i = -351$, die $\sum_1^5 Q(x_i) = 3,510$. Daraus wurde unser $D_{500} = -100$ abgeleitet, wie besprochen. Die Gesamtreihe hat $\sum_1^{10} (y-x)_i = -658$, und $\sum_1^{10} Q(x_i) = 7,241$. Daraus ergibt sich ein $D_{500} = -90,87$. Mit diesem Wert werden die $Q(x_i)$ multipliziert, um die theoretische Differenz $(y-x)_i$ zu bekommen. In zwei Fällen wurde nicht abgerundet, um auf die gleiche Summe zu kommen. Es wird nun die Abweichung dieser beiden Differenzen gebildet. Ihre Summe ist definitionsgemäß gleich 0. Wir sehen aber, daß bei den letzten 5 Abweichungen immer negative Vorzeichen vorhanden sind, während bei den ersten 5 meist ein positives Vorzeichen auftritt. Dies legt den Verdacht nahe, daß die Reihe unstetig ist. Wir bilden aus den letzten Abweichungen die sog. Summenfunktion (7), also die fortlaufende Summe der Abweichungen (vom Mittel), was wir praktisch mit der Bildung des Unterschiedes der Differenzen schon getan haben. Diese Summenfunktion erreicht ihr Maximum beim 5. Wert. Es ist zu folgern, daß hier eine Unstetigkeit vorliegt. Wissen wir, daß in der ersten Zeit die Stationslage einwandfrei war, so müssen wir annehmen, daß nach dieser Zeit eine Änderung der Thermometeraufstellung erfolgte. Wir müssen diese letzte Zeit auf die zuerst benutzte Zeitspanne reduzieren, was wir in unserem Beispiel schon getan haben. In der Praxis wird es im allgemeinen umgekehrt sein, daß wir die letzte Aufstellung als gültig ansehen und entsprechend die frühere Zeit korrigieren. Das Prinzip aber bleibt das gleiche. Auf diese Weise ermittelten wir die Inhomogenitäten in unseren Reihen, sofern sie unbekannt waren. Einen anderen Weg mit Hilfe der Quotienten hatten wir schon oben beschrieben. Dieser zuletzt beschriebene ist aber einfacher und eindeutiger. Im übrigen führen beide Wege zum gleichen Ergebnis.

Soweit die Unstetigkeiten aus den Stationsbeschreibungen bekannt waren, wurden natürlich diese benutzt. Eine Ermittlung dieser unstetigen Stellen war nur bei den Beobachtungen der Deutschen Seewarte notwendig, da hier oft eine Änderung der Thermometeraufstellung durchgeführt wurde, ohne daß es den Aufzeichnungen oder Jahrbüchern entnommen werden konnte. Teilweise sind im Jahrbuch auch Temperaturbeobachtungen von Fuhlsbüttel (Meteorol. Versuchsanstalt der Seewarte) publiziert worden. Dieses konnte durch Vergleiche festgestellt werden. Diese Inhomogenitäten sind in der Reihe von RICHTER (4) noch vorhanden. Sie wurden nach den beschriebenen Methoden ausgeschaltet, wie im nächsten Abschnitt näher erläutert.

f. Näherungslösungen für Reduktionen auf langjährige Mittel

Zum Schluß dieses Abschnittes wollen wir noch auf eine einfache Methode der Reduktion eingehen, wenn es sich nur darum handelt, langjährige Mittelwerte zu ermitteln. An und für sich ist das durch die eben gebrachten Beispiele und Beschreibungen klar. Für die Zeit, in der bei der 2. Station keine Beobachtungen oder nur solche mit anderer Thermometeraufstellung vorhanden waren, wurden die Werte mit Hilfe der Standard-Station völlig reduziert oder nur korrigiert. Mit diesen neuen y_i Werten der 2. Station läßt sich dann das längere Mittel unschwer berechnen. Es ist dazu aber notwendig, daß für die gesamte Zeit die einzelnen x_i vorliegen und zur Ermittlung von $Q(x_i)$ benutzt werden können. Das ist bei einer einzigen Reduktion immer der Fall und bedarf weiter keiner Worte. Wollen wir aber mit Hilfe der jetzt reduzierten 2. Station eine 3. reduzieren, so ist es nötig, alle Einzelwerte der 2. Station für die lange Reihe zu berechnen. Das gleiche ist der Fall, wenn nun noch eine weitere Station berechnet werden soll. Vor dieser Aufgabe standen wir am Schluß unserer Reduktionsarbeit an den Berliner, Hamburger und Schleswiger Reihen. Wir wollten für andere Stationen des Bundesgebietes ein provisorisches langjähriges Mittel der Kältesummen errechnen, ohne jeweils für 83 bzw. 197 Jahre die Einzelwerte berechnen zu müssen. Es liegen mir von einigen Stationen des Bundesgebietes zwischen 10 und 20 Beobachtungen der letzten Jahre vor, die den täglichen synoptischen Beobachtungen entnommen waren. Diese sollten auf die Zeit von 1880-1962, für die Beobachtungen sowohl von Hamburg als auch von Berlin vorhanden sind, reduziert werden und noch auf die Zeit von 1766-1962, für welche Zeit allein noch Berliner Beobachtungen vorliegen.

Aus unseren bisherigen Ausführungen geht hervor, daß die an das kurze Mittel der 2., 3., 4. ... Station anzubringende Korrektur umso größer ist, je größer die Änderung des Mittels der Standard-Station von der kurzen auf die lange Zeitspanne ist. Außerdem ist die Korrektur noch abhängig vom Unterschied der beiden Mittelwerte während der parallelen kurzen Zeit. Die langjährigen Mittelwerte von 2 Stationen lassen sich in einem x-y-Diagramm ebenso auftragen wie die Einzelwerte. Man weiß, daß diese Werte nicht mehr so streuen, und daß diese Kurven um einen gewissen Betrag flacher verlaufen, sich also einer linearen Beziehung in gewisser Weise nähern. Es bleibt also noch eine geringe Abhängigkeit von x_i bestehen. Reduzieren wir aber alle Stationen auf die gleiche, verhältnismäßig lange Zeit von 83 bzw. 197 Jahren, so ist die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Kältesummen aller Stationen in gewisser Weise ähnlich.

Die Abhängigkeit von x_1 wird damit praktisch ausgelöscht bzw. in einem gewissen großen Bereich annähernd konstant gemacht. Dieses wurde mit Hilfe der fertig reduzierten Hamburger und Schleswiger Reihen im Vergleich mit der Berliner Standard-Reihe in einzelnen Rechnungen praktisch erprobt. Aus diesen Rechnungen konnte eine vereinfachte Reduktionsgleichung für Mittelwerte abgeleitet werden:

$$\bar{y} = \bar{y} + [1 - 0,00445(\bar{x} - \bar{y})] \cdot (\bar{x} - \bar{x}) \quad \text{oder}$$

$$\bar{y} = \bar{x} + [1 - 0,00445(\bar{x} - \bar{x})] \cdot (\bar{y} - \bar{x}).$$

Dabei sind \bar{x} , \bar{y} die Mittel für die kurze gleichzeitige Reihe und \bar{y} , \bar{x} die langjährigen Mittel, von denen \bar{x} bekannt ist und \bar{y} berechnet werden soll. Die beiden Lösungen sind identisch. Aus beiden sind die Abhängigkeiten, wie sie oben beschrieben wurden, sofort zu erkennen. Aus der zweiten Formel läßt sich die Differenz $\bar{y} - \bar{x}$ unmittelbar ausrechnen. Es ergibt sich:

$$\bar{y} - \bar{x} = [1 - 0,00445 (\bar{x} - \bar{x})] \cdot (\bar{y} - \bar{x}).$$

Vergleiche zeigten, daß die mit dieser Formel und die mit der ausführlichen Methode errechneten Mittelwerte nur in den Dezimalen Abweichungen zeigten. Da aber die Mittelwerte selbst bei der großen Streuung der Kältesummen gar nicht so genau sind, dürfte diese Näherungsformel genügen.

Wir können also für verschiedene Stationen des Bundesgebietes langjährige Mittelwerte mit dieser Formel rechnen, indem wir sie an die lange Berliner oder Hamburger Reihe anschließen.

II. Die praktische Durchführung der Homogenisierung und Reduktion
(Reihen von Hamburg und Schleswig).

a. Die Reihen und ihre Homogenität

Für die Bearbeitung lagen folgende Reihen vor:

I. B e r l i n :

1. (Da) Berlin-Dahlem, 1917-1949, von 1766-1916 von KNOCH reduziert, ab 1950 durch weitere Beobachtungen ergänzt,
2. (St) Berlin-Stadt, 1766-1917 (Hellmann-Reihe),
3. (Tp) Berlin-Tempelhof, 1947-1962

II. H a m b u r g :

1. (S) Deutsche Seewarte, 1880-1944,
2. (A) Hamburg-Fuhlsbüttel (Meteorol.Versuchsanstalt bzw.Meteorolog.Observatorium und Flugwetterwarte) 1933-1962
3. (B) Botanischer Garten, 1946-1954
4. (J) Instrumentenamts St.Pauli, 1954-1962

III. S c h l e s w i g :

1. (KF) Landeskrankenhaus, Fensteraufstellung. 1901-1934
2. (KH) Landeskrankenhaus, Hüttenaufstellung. 1935-1942
3. (FL) Fliegerhorst, 1943-1945
4. (BE) Bereichswetterwarte, 1946-1953
5. (WA) Wetteramt, 1954-1962
6. (KH) Landeskrankenhaus bzw. Stadtfeld. 1952-1962

Die Jahresbezeichnungen sind so gewählt, daß mit der genannten Zahl der Winter beginnt (1962 = Winter 1962/63),

Die Berliner Reihen wurden den Veröffentlichungen von HELLMANN (1) und KNOCH (2,3) entnommen. Die Jahre ab 1949 wurden mir vom Meteorol. Institut der Fr. Universität Berlin-Dahlem und dem Wetteramt Berlin mitgeteilt. Sämtliche Schleswiger Werte wurden mir vom Wetteramt Schleswig zur Verfügung gestellt, das mir auch mit weiteren Unterlagen aushalf. Allen diesen Stellen möchte ich auch hier für ihre Hilfe verbindlichst danken. Die Hamburger Reihe (Seewarte) entnahm ich bis 1944 der Arbeit von RICHTER (4). Die Fuhlsbütteler Werte errechnete ich dann selbst, ebenso die Werte vom Botanischen Garten und vom Instrumentenamts. Die wenigen Werte der Flugwetterwarte sind erst noch reduziert worden, um eine möglichst lange durchgehende Reihe vom ganz in der Nähe gelegenen Observatorium zu bekommen, von dem die meisten Beobachtungen stammten. Die Werte der Flugwetterwarte waren etwa 2% niedriger ($D_{500} = -12$). Sie sind in Tabelle 6, in der die Original-Beobachtungen zusammengestellt sind, in Klammern hinzugefügt.

b. Festlegung der Unstetigkeiten der Seewarten-Reihe

Nach der Bearbeitung durch HELLMANN und KNOCH ist die lange Berliner Reihe bis 1949 als homogen anzusehen. Von 1950 bis 1955 wurden die Beobachtungen der Säkularstation Berlin-Dahlem direkt übernommen. In den folgenden Jahren trat durch Veränderungen in der Umgebung eine geringe Erwärmung der Station ein, wie es auch durch einen Vergleich mit der Station Dahlem des meteorologischen Instituts der Universität und der Station Tempelhof festgestellt werden konnte. Ab 1956 wurde daher an die Originalwerte eine kleine Korrektur angebracht. Die Säkularstation war dabei etwas kälter als die Station der Universität. In Zukunft müssen die entsprechend korrigierten Werte dieser Station genommen werden ($D_{500} = 8$), da die Säkularstation leider am 1.3.1963 eingegangen ist. In Tabelle 6 sind bereits die ab 1956 korrigierten Werte eingetragen. Die kürzere Reihe der Flugwetterwarte Tempelhof ist ebenfalls homogen. Die Schleswiger Teilreihen sind auch als in sich homogen anzusehen, ebenso die kurzen Hamburger Reihen. Als einzige unstetige Reihe mit oft veränderter Thermometeraufstellung verbleibt die der Seewarte (S). Es kommt noch hinzu, daß bis 1933 auf der Seewarte eine, von der heute allgemein üblichen Formel zur Berechnung des Tagesmittels aus den Terminbeobachtungen abweichende Berechnungsart angewandt wurde. Somit ist unsere erste Aufgabe, die Unstetigkeiten der Seewarten-Reihe festzulegen. Dies geschah in der Hauptsache durch Vergleich mit der Berliner Reihe (Da) und noch mit den Teilreihen von Schleswig. Es fanden sich Brüche an folgenden Stellen: 1891-92, 1900-01, 1917-18 und 1929-30. Die letzte Zeit 1930-1944 wurde nun als gültige Aufstellung angesehen. Die früheren Teile waren nun auf diese Zeit mit ihren Mittelwerten usw. zu reduzieren. Dabei werden automatisch die Unterschiede, die aus den verschiedenen Tagesmittelformeln entstehen, gleich mit ausgeglichen.

c. Homogenisierung der Seewarten-Reihe und Reduktion der übrigen Hamburger Reihen

Aus der Zeit von 1933-1962 konnte die Beziehung zwischen Berlin (Da) und Hamburg (A) abgeleitet werden. Mit diesem D_{500} wurden nun die Jahre 1880-1932 für (A) reduziert, ohne Benutzung irgendwelcher Hamburger Werte. Mit dieser reduzierten Reihe (A) wurden nun die Vergleiche mit den Teilreihen der Seewarte (S) angestellt und entsprechend den oben beschriebenen Methoden jeweils korrigiert. Damit war die Seewarten-Reihe erst einmal provisorisch homogenisiert. Nun wurde die A-Reihe unter Benutzung der korrigierten Seewarten-Reihe reduziert, so daß diese dem Gang der Kältesummen in den einzelnen Wintern in Hamburg, dargestellt durch die Seewarten-Reihe, entsprach. Vorher war die

(A)-Reihe ja nur etwa parallel zu der Berlin (Da)-Reihe angesetzt worden. Mit dieser wurden die Seewarten-Teilreihen noch einmal korrigiert, was aber nur in einigen Jahren zu kleinen Abänderungen führte. Vergleichsweise wurden die Seewarten-Teilstücke mit Berlin (Da) allein korrigiert. Als Basis galt die gemeinsame Zeit 1930-1944. Es zeigte sich, daß die Jahre 1918-1929 nur eine kleine Korrektur bekamen. Nach Anbringung dieser Korrektur hatten wir als Vergleichsbasis dann die Jahre 1918-1944, für welche Zeit nun auch die (A)-Werte, unter Benutzung der homogenisierten Seewarten-Beobachtungen noch einmal verbessert wurden. Mit dieser neuen Basis wurden dann die weiter zurückliegenden Teilstücke noch einmal korrigiert. Es zeigte sich aber, daß nur noch geringe Verbesserungen nötig waren. Damit war die Hamburger Reihe (A) und (S) bis 1880 zurück homogenisiert. Da z.Zt. noch im Instrumentenamt beobachtet wird, mußten auch dafür weitere Beobachtungen reduziert werden. Durch Vergleich mit der Station (A) wurden die Beobachtungen im Botanischen Garten (B) auf die im Instrumentenamt (J) reduziert. Sie sind in Tab.6 in Klammern eingefügt. Es lagen nun gleichzeitige Beobachtungen von (A) und (J) für die Zeit von 1946-1962 vor. Aus den homogenisierten Werten von (A) für die Zeit von 1880-1945 (x_i) wurden, unter Benutzung der homogenisierten Seewarten-Werte (S) (y_i') die Werte vom Instrumentenamt (J) ermittelt (y_i). Schließlich wurde die Seewarten-Reihe nach den Beobachtungen bei (A) mit Hilfe der Werte von (J) noch bis 1962 ergänzt. Somit lagen nun 3 homogenisierte Reihen von Hamburg vor (A,S,J). Durch die mehrmalige Stützung gegeneinander ist gewährleistet, daß die Hamburger Reihen so homogen gemacht wurden, wie mit diesem Material möglich ist.

d. Homogenisierung und Reduktion der Schleswiger Reihen

Sämtliche Schleswiger Stationen sind wärmer als die Hamburger Station (A). Daher wurden alle Vergleiche mit dieser Station angestellt. Dadurch konnte ein geringer Unterschied zwischen der Fenster- und Hüttenaufstellung im Landeskrankenhaus (KF, KH) festgelegt werden. Nach dieser Korrektur lag eine homogene Reihe (KH) von 1901-1942 vor. An diese Reihe wurden nun die wenigen Beobachtungen der Flugwetterwarte und der Bereichswetterwarte (1943-1953) angeschlossen, wobei 1952 und 1953 sogar Doppelbeobachtungen vorhanden waren. Diese neuen Werte sind in Tab.6 in Klammern eingefügt. Es zeigte sich, daß die Beobachtungen der Bereichswetterwarte (1946-1953) nur sehr wenig von den Hüttenbeobachtungen (KH) abwichen. Ab 1952 lagen nun wieder Originalbeobachtungen vor, die, nach Mitteilung des Wetteramtes Schleswig, den alten Beobachtungen (KH) gleichgesetzt werden können. In den letzten Jahren, leider

nur für die Zeit von 1954-1962, waren gleichzeitige Beobachtungen an der Station Hamburg (A) und dem Wetteramt Schleswig (WA) vorhanden. Auf diese Beobachtungen stützt sich nun die Reduktion der Hüttenbeobachtungen (KH) auf das Wetteramt (WA) aufgrund der Hamburger Reihe (A) mit dem entsprechenden $Q(x_i)$. Außerdem wurden die beiden Schleswiger Reihen (KH) und (WA) für die gleiche Zeit verglichen. Aus diesem D_{500} wurden dann nach den Hüttenbeobachtungen (KH) (x_i) die Werte für das Wetteramt (y_i) reduziert. Hier wurde ausnahmsweise von einer wärmeren Station aus reduziert. Beide ermittelten (WA)-Reihen wiesen kaum Unterschiede auf. Damit lagen nun auch für die beiden Schleswiger Stationen, die z.Zt. noch bestehen (KH und WA), homogene Reihen bis 1901 zurück vor. Für die Zeit 1901-1962 wurde noch einmal das D_{500} gerechnet für die Stationspaare (A):(KH) und (A):(WA). Daraus wurden dann mit Hilfe der Beobachtungen an der Station Hamburg (A), die ja homogenisiert vorliegen, die Jahre 1880-1900 ergänzt.

In der Zeit von 1880-1962 sind einige Reihen vollständig, die meisten nur teilweise vertreten. An allen benutzten Stationen waren außerdem auch nicht gleichzeitige Beobachtungen vorhanden. Nach den entsprechenden Reduktionen konnten weitere Stationspaare mit gleichzeitigen Beobachtungen ermittelt werden. Wir benannten die jeweils kältere Station mit x_i , so daß die Differenz ($\bar{y}-\bar{x}$) dann jeweils negativ war. In den Tabellen 7a und 7b wurden nun für eine Auswahl von Stationspaaren die mittlere Differenz der Kältesummen und das entsprechende D_{500} zusammengestellt, wie gesagt, bei wenigen Stationspaaren für die ganze Zeit, bei den meisten nur für Teilstücke. Damit sind die Werte nicht streng vergleichbar, besonders nicht die mittleren Differenzen. Sie vermitteln aber doch eine Vorstellung von der Größenordnung, wie sie bei den Reduktionen benutzt wurde. Es sind das die Werte, die nach der erfolgten Homogenisierung gelten. Die d_{500} , die bei der Homogenisierung benutzt wurden, sind nur Bruchteile dieser Werte, was man schnell durch Vergleich der Originalwerte mit den eingeklammerten Werten in Tab.6 beispielsweise ansehen kann. Weiter kann man die Größenordnung dieser Korrekturen ablesen durch Vergleich der Werte in Tab.6 und denen in Tab.8, in der sämtliche homogenisierte Reihen der 6 jetzt noch bestehenden Stationen für die Zeit von 1880-1962 zusammengestellt sind. Es sind das die Berliner Reihen für Dahlem und Tempelhof, die Hamburger Reihen für Fuhlsbüttel (A) und das Instrumentamt und schließlich die Schleswiger Reihen für das Wetteramt und die normale Klimastation (KH).

e. Reduktion langjähriger Mittel für mehrere Stationen des Bundesgebietes

Im weiteren Verlauf der Bearbeitung wurde nun versucht, auch für weitere Stationen langjährige Mittelwerte zu errechnen. Durch Vergleich mit der Berliner (Da) Reihe konnte die Bamberger Reihe (3) 1879-1947 bis 1962 ergänzt werden. Daran wurde mit unserem Reduktionsverfahren die Station Nürnberg mit den Beobachtungen von 1953-1962 angeschlossen. Die langjährigen Mittel weiterer Stationen des Bundesgebietes wurden mit Hilfe unserer Näherungsformel gerechnet: $\bar{y} = \bar{x} + [1 - 0,00445(\bar{x} - \bar{x})] \cdot (\bar{y} - \bar{x})$. Dabei wurde München-Riem aus Nürnberg berechnet, Hannover-Langenhagen und Bocholt aus Hamburg (A). Schließlich wurde Frankfurt-Flughafen aus Bocholt ermittelt. Zuletzt wurde zur Kontrolle Freiburg reduziert aus Frankfurt, Bocholt, München und Nürnberg. Diese Werte für Freiburg streuten nur von 123 - 127, wobei die Werte aus Frankfurt und Bocholt dicht beieinanderlagen (126), und nur die Werte aus München und Nürnberg, die ja klimatisch anders liegen als Freiburg, wichen etwas mehr ab. Unter Berücksichtigung, daß es sich nur um 10-jährige Vergleichswerte handelt, und daß unsere Formel auch nur eine Näherungslösung bietet, ist das Ergebnis eigentlich überraschend gut. Es ist auch noch zu beachten, daß die Mittelwerte bei der großen Streuung der Kältesummen an und für sich schon gar nicht so genau sind (siehe auch Kapitel IV, Streuungen).

Wir erhielten folgende Mittelwerte der Kältesummen für die Zeit 1880-1962:

<u>Station:</u>	<u>Kältesumme:</u>	<u>Station:</u>	<u>Kältesumme:</u>
Berlin (Da)	182	Bamberg	184
" (Tp)	172	Nürnberg	215
Hamburg (A)	149	München-Riem	267
" (S)	134	Hannover-Flughf.	158
" (J)	115	Bocholt	96
Schleswig (KH)	129	Frankfurt-Flughf.	148
" (WA)	137	Freiburg	126

f. Verlängerung der Hamburger Reihen bis 1766 mit Hilfe der Berliner Reihe und alten Hamburger Beobachtungen

Im weiteren Verlauf der Bearbeitung wurden die beiden Hamburger Reihen (A und J) mit Hilfe der Berliner Reihen (Da und St) bis 1766 zurück verlängert. Dabei wurde jede der beiden Hamburger Stationen aus beiden Berliner Stationen reduziert. Aufgrund einer Sonderuntersuchung über die Beziehung zwischen den Berliner und den Hamburger Beobachtungen wurden ganz wenige Jahre, in denen Hamburg merklich kälter war als

Berlin ausgeschieden. Mit ihnen würde der Reduktionsfaktor verkleinert werden, so daß damit alle reduzierten Werte entsprechend geändert worden wären, was in Wirklichkeit, nach der vorliegenden Statistik, nicht der Fall war. So werden die weitaus meisten Jahre in der richtigen Größenordnung reduziert. Die wenigen Jahre, in denen in Wirklichkeit Hamburg kälter war (was wir aber nicht wissen), werden dann nicht richtig erfaßt, aber das wäre auch bei der Reduktion mit dem verkleinerten Reduktionsfaktor in den gleichen Jahren eingetreten. Für D_{500} Berlin(Da)-Hamburg(A) wurde -71 und für Berlin(Da)-Hamburg (J) -134 gesetzt. Für Berlin(St)-Hamburg(J) ergibt sich ein $D_{500} = -82$. Zwischen den Mittelwerten von Berlin(St) und Hamburg(A) besteht nur ein geringer Unterschied. Für diese Beziehung mußte eine spezielle Kurve empirisch entwickelt und benutzt werden. Durch die Mittelung der aus Berlin(Da) und Berlin(St) reduzierten Hamburger Werte wird zum Teil die lineare Reduktion der Dahlemer Werte, die zudem noch eine Vergrößerung der Werte darstellt, gemildert.

Bevor wir diese neuen Hamburger Werte zusammenstellen, muß noch folgendes erwähnt werden. Nach Fertigstellung der gesamten Arbeit stieß ich zufällig auf alte, tägliche Beobachtungen aus Hamburg für die Zeit von 1832-1872, die der Arzt Dr. Zimmermann an immer der gleichen Stelle ausgeführt hat. Dieses wertvolle Material wollte ich mir nicht entgehen lassen. Die Lücke von 1873-1879 konnte ich auch noch ergänzen, nachdem mich Dr. Reidat, von der Klima-Abteilung des Seewetteramtes, auf andere Hamburger Reihen aus dieser Zeit aufmerksam gemacht hatte. Für verschiedene Ratschläge und diesen Hinweis möchte ich Herrn Dr. Reidat auch an dieser Stelle besonders danken. Es handelt sich bei den weiteren Reihen um tägliche Beobachtungen an der alten Hamburger Sternwarte von 1867-1876. Die Sternwarte lag seinerzeit nur in geringer Entfernung von der Seewarte. Ab 1876 liegen die ersten Seewarten-Beobachtungen vor, die RICHTER(4) ab 1880 auswertete.

Wir haben also 3 verschiedene Reihen, die sich von 1867 bis 1872 und im Jahre 1876 überlappen. Bei den beiden zuletzt erwähnten Reihen lagen keine Tagesmittel der Temperatur vor, und auch in der Reihe von Dr. Zimmermann sind erst ab 1854 Tagesmittel gerechnet. Da die Terminbeobachtungen in allen Reihen verschieden, aber in allen Reihen die Extremwerte beobachtet waren, wurde als Tagesmittel überall (Maximum + Minimum) : 2 gerechnet. Die Temperaturangaben wurden schließlich von Grad Réaumur noch in Grad Celsius umgerechnet. Damit haben wir praktisch 3 Reihen : 1. Dr. Zimmermann 1832-1872, (Max.+Min.):2, $^{\circ}R$ (Z) 2. Sternwarte 1867-1876, (Max.+Min.):2, $^{\circ}R$ (St.) und 3. Seewarte 1876-1879, (Max.+Min.):2, $^{\circ}C$ (Sw).

Bei der Reduktion wurden die mit der eben beschriebenen Methode ermittelten Hamburger Werte für A und J in ihrer Gesamtheit als Richtwerte angesehen. Auf diese Summen mußten also die 3 Teilreihen insgesamt korrigiert werden. Aus der Art des vorliegenden Materials wurden 2 Berechnungsarten nahegelegt. Die Ergebnisse waren nicht sehr unterschiedlich. Sie wurden zuletzt noch gemittelt, um die besten Werte zu bekommen.

Die erste Berechnungsart war die folgende: Durch Vergleich der Kältesummen der Sternwarte und Seewarte im Jahre 1876 wurden die letzten 3 Jahre der Seewartenbeobachtungen roh auf die Sternwarte reduziert, was keinen großen Fehler macht, da beide Stationen dicht benachbart waren. Hierbei und bei späteren Vergleichen erkennt man, daß in den Jahren 1876-1879 die Beobachtungen an der Seewarte an sehr exponierter Stelle vorgenommen sein müssen. Der Beobachtungsort scheint kälter zu sein als der, auf dem ab 1880 die Beobachtungen durchgeführt wurden. Durch diese Reduktion wurde praktisch die Sternwartenreihe bis 1879 verlängert. Es wurde nun für jede der 2 Teilreihen (Z und St+Sw) das entsprechende d^*_{500} gerechnet. Dabei wurden in diesem speziellen Fall nicht die Berliner (Da)-Werte zur Bestimmung des $Q(x_i)$ genommen, sondern die $Q(y_i)$ -Werte der entsprechenden Hamburger Beobachtungen, gemäß unserem Beispiel in Tab.4b. Mit diesem $\Sigma Q(y_i)$ und der entsprechenden Differenz $\Sigma(y-x)$ wurde das d^*_{500} ermittelt. Mit diesem d^*_{500} und den $Q(y_i)$ wurden nun die einzelnen Differenzen gerechnet und somit die 2 Teilreihen reduziert. An der Überlappungsstelle wurden die errechneten Werte gemittelt. Die Gesamtsumme der reduzierten Werte stimmte aber mit der Ausgangssumme der aus Berlin reduzierten A und J-Werte nicht überein, da die Differenzen (Berlin-Hamburg) an der Doppelstelle von der "normalen" Differenz teilweise erheblich abwichen. Dieser Unterschied in den Gesamtsummen A und J wurde dann durch Verteilung auf die Gesamtreihe auskorrigiert.

Wegen der bei dieser Berechnungsart auftretenden zusätzlichen Korrektur, wurde vorsichtshalber noch eine zweite Berechnung vorgenommen. Durch Vergleich der doppelt verfügbaren Kältesummen in den Überlappungszeitspannen konnte festgestellt werden, daß die Reihen nicht sehr unterschiedlich waren. Es lag zunächst eine homogene Reihe von 1832-1872 vor (Dr. Zimmermann). Die doppelten Jahre 1867-1872 wurden nun benutzt, um die weiteren Jahre der Sternwarte (+ Seewarte) auf die Zimmermann'sche Gesamtreihe zu korrigieren. Das ließ sich auch gut machen, da die Kältesummen nicht sehr unterschiedlich waren. Damit lag nun eine durchgehende Reihe von 1832-1879 vor. Diese, nun in sich homogene Reihe wurde dann in einem Rechenvorgang korrigiert, ebenfalls unter Benutzung des $Q(y_i)$ dieser Reihe.

Wir konnten feststellen, daß nur kleinere Unterschiede in den einzelnen Kältesummen auftraten. Diese geringen Unterschiede wurden durch Mittelung der beiden Reihen ausgeglichen. Diese so ermittelten Werte wurden den übrigen Werten hinzugefügt, so daß jetzt in Tab.9 die 3 vollständigen Reihen von Berlin(Da), Hamburg(A) und Hamburg(J) vorliegen. Für die Hamburger Reihen ist also nur noch die Zeit von 1766-1831 aus Berlin (Da und St) allein gewonnen. In der übrigen Zeit lagen Hamburger Beobachtungen vor, die damit die für Hamburg gültigen Details entsprechend wiedergeben.

Zum Schluß dieses Absatzes möchte ich noch folgende interessante Tatsachen mitteilen. Der Arzt Dr.Zimmermann, dem wir die sorgfältigen Beobachtungen von 1832-1872 verdanken, hat neben der Temperatur auch die an Klimastationen üblichen Wetterelemente beobachtet. Darüberhinaus hat er am Schluß jeden Monats schon Häufigkeitsauszählungen gemacht, wie Zahl der Sommertage, Nebeltage, trübe und heitere Tage usw., dazu Extremwerte und ihre Schwankung. Im Winter wurden schon Auszählungen von Frost- und Eistagen vorgenommen, wobei allerdings die Frosttage der heutigen Definition der Eistage entsprechen. Ab 1852 erscheint eine Rubrik "Kältegrade", das ist die monatliche Summe der Tiefsttemperaturen, soweit sie unter Null lagen. Dieses scheint mir im Hinblick auf unsere Arbeit über die Kältesummen doch wesentlich zu sein, denn diese Zahl entspricht sinngemäß der Definition der "Kältesumme" durch HELLMANN, die dieser erst 1917 veröffentlichte. Ab 1855 tritt eine weitere Rubrik "Wintertage" auf, das sind die Tage mit einem Temperaturmittel unter null Grad. Es ist das also die gleiche Definition wie sie HELLMANN 60 Jahre später gab. Dieser Hinweis schien mir im Hinblick auf die Geschichte der Meteorologie doch erwähnenswert.

III. Angleichung an eine gleichbleibende Stationslage ("Egalisierung")

Die in sich zwar homogene Berliner Reihe, die für die Kältesummen bis 1766 zurückgeht, spiegelt aber das zunehmende Wachstum einer Großstadt wider. Um wirkliche Vergleiche zwischen den einzelnen Wintern anzustellen, müßte man diesen Einfluß rechnerisch erst wieder rückgängig machen. Dies wurde in diesem Kapitel der Arbeit versucht. Es wurde dazu die Untersuchung benutzt, die SCHERHAG (6) aufgrund neuer Berliner Beobachtungen und unter Heranziehung der homogenen Reihe auf dem freigelegenen Hohenpeißenberg veröffentlichte.

a. Bestimmung der Angleichsgrößen

Die Berliner Stadtstation hat sich nach SCHERHAGS Feststellungen seit Mitte des 18. Jahrhunderts um rund $1,8^{\circ}\text{C}$ erwärmt, die Dahlemer Station seit Anfang dieses Jahrhunderts um rund $0,2^{\circ}\text{C}$. Extrapoliert man die Dahlemer Reihe bis etwa 1880 und vergleicht sie mit der Entwicklung der Stadtstation, so findet man einen Unterschied der Jahrestemperaturen von rund $0,9^{\circ}\text{C}$ zwischen den beiden Stationen. Dies ist ein Betrag, den man aus der "Klimakunde" als Unterschied zwischen den Stadtstationen und den freien Stationen Berlins ebenfalls in dieser Größe ablesen kann. Unser D_{500} beim Vergleich zwischen Berlin(Da) und Berlin(St) ergibt sich zu rund 65 (Tab.1). Diesen Wert könnte man also bei der Ausschaltung des Temperaturganges, letzten Endes durch die Tätigkeit des Menschen hervorgerufen, ansetzen. Wir können diesen Wert aber noch weiter fundieren. Es zeigt sich nämlich folgendes: Wir haben verschiedene, am Ort gelegene Stationspaare: 3 in Berlin(Da-St, Da-Tp und Tp-St), 6 in Hamburg(A-B, A-J, A-S, B-J, S-B, S-J) und 1 in Schleswig(WA-KH). Dabei umfassen die unterstrichenen genügend Beobachtungen. Setzt man nun die Unterschiede in den Jahresmitteltemperaturen (bei den einzelnen Paaren gültig für die gleiche Zeitspanne) dieser Stationspaare in Beziehung zu den jeweiligen D_{500} , so ergibt sich, wenn man die gut belegten Paare mit doppeltem Gewicht versieht, daß für 1°C Differenz in der langjährigen Jahresmitteltemperatur sich für D_{500} eine Differenz von rund 74 bis 75 $^{\circ}\text{C}$ errechnet. Auf $0,9^{\circ}\text{C}$ umgerechnet wären das rund 67. (Nimmt man statt der Jahresmitteltemperatur die Mitteltemperatur des Winters (Nov.-März), so ergibt sich für 1°C eine Differenz des D_{500} von -114. Bei $0,6^{\circ}\text{C}$ Unterschied der Wintertemperatur erhält man -68.) Dieser Betrag stimmt mit unserem D_{500} der Berliner Stationen gut überein. Danach scheint es angebracht, diesen so belegten Wert für die Ausschaltung des Ganges der "Verstädterung" zu benutzen. Wir setzten für 1° Temperaturänderung 73 an, was ungefähr einem $D_{500} = 66$ entspricht. Der von KNOCH zur Reduktion von Berlin(Da) aus Berlin(St) gewählte lineare Ansatz ergab, wie berichtet, einen Betrag von 76 für eine Kältesumme von 500 bei der Stadtstation. Dieser Ansatz wird, wie noch erläutert, mitbenutzt.

Es wurde so vorgegangen, daß die früheren Jahre an die jetzige Stationslage angeglichen, und nicht die heutigen Beobachtungen auf die früheren Beobachtungen umgerechnet wurden. Das geschah aus dem Grunde, um bei den nächsten Beobachtungen sofort in die Reihe eingehen zu können, ohne daß man erst umzurechnen braucht. Die Extrapolation der von SCHERHAG in seiner Abb.2 gebrachten Kurven verläuft so, daß etwa gegen Ende des 18. Jahrhunderts die beiden Berliner Kurven konvergieren,

d.h. daß um diese Zeit die Stadt-Station praktisch in ihrem gesamten Komplex der heutigen Station von Dahlem entspricht. Auch diese Tatsache bzw. Deutung stützt unseren Ansatz, weil die Jahresmittelwerte in Dahlem von damals bis heute auch ungefähr um rund $0,9^{\circ}\text{C}$ zugenommen haben. - Für diesen Prozeß der Angleichung an eine gleichbleibende Stationslage möchte ich den Ausdruck "Egalisierung" vorschlagen. Eine so bereinigte Reihe wäre dann eine "egalisierte" Reihe.

b. Das Angleichsverfahren und seine Durchführung

Nach der Kurve der Stadt-Station in der Abb.2 bei SCHERHAG wurde eine stetige Angleichung vorgenommen. Die Korrektur war bei der Stadt-Station für die Jahre 1782-1797 gleich 0 und erhöhte sich dann stetig bis zum Jahr 1916 auf ein $D_{500} = 51$ (für $1^{\circ}=73$). Bei den Dahlemer Werten wurde der lineare Reduktionswert von -76 zuerst angesetzt, der sich bis 1953 auf 0 verringerte. Durch die lineare Verkleinerung der Kältesummen von Dahlem und die Vergrößerung der Kältesummen der HELLMANN'schen Reihe mit unserer quadratischen Beziehung wird der Einfluß der linearen Vergrößerung bei der Reduktion durch KNOCH in gewisser Weise ausgeschaltet. Die sich ergebenden Werte wichen nur wenig voneinander ab, was für die Richtigkeit der Methode spricht. Sie wurden schließlich noch jeweils gemittelt. Ab 1917 wurde die stetige Anpassung nur noch an den Dahlemer Werten vorgenommen.

Zum Schluß wurden nun die Hamburger Werte für A und J an diese Reihe angeschlossen. Es war nur noch an die bereinigte (egalisierte) Berliner Reihe die entsprechende Korrektur anzubringen. Dabei gingen wir auf die früheren D_{500} -Werte zurück. Die gesamte homogene, an einen gleichbleibenden Ort angepaßte (egalisierte) Reihe für Berlin (Da) und für Hamburg(A und J) ist in Tab.10a zusammengestellt. Dabei bleibt noch zu erwähnen, daß ab 1832, von welcher Zeit an eigene Hamburger Beobachtungen vorliegen, zunächst noch die zusätzlich aus Berlin reduzierten Werte verglichen werden mußten mit den aus Berlin abgeleiteten Werten, die sich vorher ergaben, als aus der Berliner Reihe der wachsende Stadteinfluß noch nicht entfernt war. Erst diese Differenz wurde an die wirklichen homogenisierten Hamburger Werte angebracht. In gleicher Weise wurden die Korrekturen für die Schleswiger Reihe bestimmt. Die korrigierten Werte ab 1880 finden sich in Tab.10b.

c. Reduktion der Mittelwerte weiterer Stationen auf die angeglichenen Reihen

Mit Hilfe unserer einfachen Näherungsformel wurden nun noch einmal die Mittelwerte verschiedener Stationen an die neuen Mittelwerte angeschlossen, die sich durch die Ausschaltung des Stadteinflusses ergaben,

zunächst für die Zeit 1880-1962 und dann für die Gesamtzeit 1766-1962. Die aus Berlin(Da) mit dieser Formel gerechneten Mittelwerte von Hamburg (A und J) und die aus den Beobachtungen errechneten Mittelwerte dieser beiden Stationen stimmen gut überein, ebenso die Mittelwerte von denen einer aus A errechnet wurde.

Die folgende Aufstellung zeigt nun die durch Reduktion auf die angeleglichen Reihen sich ergebenden Mittelwerte der Kältesummen:

Station:	Kältesumme		Station:	Kältesumme	
	1880 -1962	1766 -1962		1880 -1962	1766 -1962
Berlin (Da)	176	205	Bamberg	178	208
" (Tp)	166	194	Nürnberg	209	243
Hamburg (A)	144	169	München-Riem	258	299
" (J)	111	131	Hannover-Flghf.	152	179
" (S)	129	152	Bocholt	87	105
Schleswig (KH)	124	147	Frankfurt-Flghf.	140	163
" (WA)	132	156	Freiburg	120	142

IV. Statistische Auswertungen

Mit dem bisherigen Ergebnis könnte die Bearbeitung eigentlich abgeschlossen sein. Es scheint aber angebracht zu sein, noch einige statistische Maßzahlen mitzuteilen, die über die Eigenschaften der Kältesummen bestimmte Aussagen machen. Insbesondere sind noch Fehlerbetrachtungen notwendig. Für die Jahre 1880-1962 liegen die Hauptreihen Berlin(Da) und Hamburg(A und J) vor, dazu noch Schleswig, allerdings mit eigenen Beobachtungen erst ab 1901. Nach der zuletzt noch vorgenommenen Reduktion der Hamburger Reihen liegen für die Hauptreihen nun Beobachtungen ab 1832 vor. Durch diese neuen Beobachtungen mußten alle zu besprechenden statistischen Berechnungen noch einmal vorgenommen werden. Teilweise werden aber auch die Ergebnisse für die Zeit 1880-1962 noch mitgeteilt, weil sich charakteristische Unterschiede in den beiden Zeitspannen 1832-1879 und 1880-1962 ergaben. Bei einigen Größen änderte sich jedoch nichts.

a. Fehlerbetrachtungen

Bei dem Stationspaar Berlin-Hamburg können wir die Streuungen aus der Differenz der Beobachtungen selbst errechnen. Dann wurden die Streuungen gerechnet aus der Differenz, die sich ergibt, wenn man die aus der Reduktion (Hamburg aus Berlin allein) gewonnenen Werte vergleicht mit den Beobachtungen in Hamburg. Die Streuung σ der wirklich beobachteten Differenzen (Da-A), bei einem mittleren Wert von 32,1 betrug $\pm 26,4$ (1880-1962).

Das entspricht einer Korrelation von $r = 0,9796$. Bei einem linearen Reduktionsansatz betrug die Streuung der Differenz noch $\pm 22,7$ und schließlich bei unserem quadratischen Ansatz nur noch $\pm 21,7$. (Der Wert von $\pm 22,7$ entspricht dem mittleren Fehler der Schätzung, der sog. "bedingten Streuung" $s_y = \sigma_y \sqrt{1 - r^2}$). Wir sehen also, daß der letzte Ansatz die kleinsten Fehler brachte. Beim Vergleich zwischen Hamburg(A) und Schleswig(WA) war für die Zeit von 1901-1962 die Streuung der beobachteten Differenzen bei einem Mittelwert von $12,1 \pm 15,3$. Die Streuung bei unserer quadratischen Beziehungsgleichung war nur $\pm 13,9$. Die Streuung von $\pm 15,3$ entspricht einer Korrelation von $r = 0,9911$.

Durch das Hinzukommen der Hamburger Beobachtungen bis 1832 können wir diese Streuungsberechnungen bis dahin ausdehnen. Es zeigt sich, daß in den 30^{er} und in den 50^{er} Jahren des vorigen Jahrhunderts relativ große Unterschiede zwischen Berlin(Da) und Hamburg(A) auftraten. In der zuerst genannten Zeit ist Berlin relativ kalt, in der zweitgenannten Zeit aber Hamburg. In der übrigen Zeit war der Unterschied entsprechend der aus den späteren Jahren erschlossenen Größenordnung. Durch diese Verhältnisse wird in der früheren Zeit die Streuung der Differenzen größer. So ist die Streuung zwischen den Beobachtungen in der Zeit von 1832-1879 $\pm 52,2$ bei einer mittleren Differenz von $38,1$. Für die gesamte Zeit 1832-1962 ist die Streuung noch $\pm 38,0$ (mittlere Differenz $34,3$). Daraus könnte man für die Gesamtzeit von 1766 bis 1962 eine Korrelation $r \approx 0,965$ errechnen. Das würde einen linearen Reduktionsfaktor (aus der Regressionsgleichung) von $+0,8659$ für A aus Da ergeben. Es tritt dabei allerdings noch die konstante Differenz von $-8,7$ auf. Der entsprechende Reduktionsfaktor für Hamburg(J) wäre dann $+0,752$. RICHTER(4) hatte seinerzeit einen Faktor von $+0,73$ angesetzt, allerdings zur Reduktion der HELLMANNschen Reihe auf die der Seewarte. Bei der Reduktion wurde aber die konstante Differenz (in unserem Fall $-22,8$) nicht angebracht.

Der Vergleich zwischen den aus Berlin(Da) mit Hilfe unserer Reduktionsformel 2.Grades ermittelten Werte für Hamburg(A) und den jetzt vorliegenden Beobachtungen fällt mit den Beobachtungen bis 1832 folgendermaßen aus. Wegen der oben schon erwähnten ungewöhnlichen Verhältnisse um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wird natürlich auch diese Streuung größer. Für die Zeit von 1832-1879 war sie $\pm 48,6$. Fassen wir beide Abschnitte zusammen, so ergibt sich noch eine Streuung von $\pm 34,1$.

Die Streuung der Differenz zwischen den aus Berlin reduzierten und den beobachteten Hamburger Werten (A(Da) bzw. A) ist natürlich im gesamten Bereich der Kältesummen nicht konstant. Es ergaben sich für verschiedene Bereiche folgende Streuungen (1880-1962):

Kältesumme Berlin(Da)	25- 59	60-114	115-229	230-(626)
" Mittel	46	85	152	343
mittl.Differenz A(Da)-A	+1,0	+0,4	+0,9	-2,0
Streuung	± 9,8	14,4	17,3	31,8

Fügen wir die 48 Jahre bis 1832 noch hinzu, so erhalten wir folgende Verteilung der Mittel und Streuungen:

Kältesumme Berlin(Da)	25- 63	64-120	121-250	251-(626)
" Mittel	46	91	175	369
mittl.Differenz A(Da)-A	+1,8	+2,3	-2,6	+0,7
Streuung	± 8,8	16,7	35,7	48,1

Die mittleren Differenzen sind verhältnismäßig klein und bleiben innerhalb der Fehlergrenzen. Sie deuten an, daß die von uns benutzte Beziehungsgleichung den Verhältnissen gerecht wird. Die Streuungen in den niedrigen Bereichen der Kältesumme sind relativ klein, wachsen dann in der letzten Klasse stark an.

Für Hamburg allein läßt sich eine solche Tabelle nicht in dem Umfang herstellen, da nur von 1933-1962 Parallel-Beobachtungen vorhanden sind. Dabei müssen wir schon die Beobachtungen von Hamburg(A) mit den aus den Werten der Seewarte und des Botanischen Gartens reduzierten Beobachtungen von J und den Originalbeobachtungen von J vergleichen. Die Streuung zwischen den Beobachtungen von A und J ist in den 30 Jahren $\pm 19,6$, mittlere Differenz 35,3, was einer Korrelation von $r = 0,9911$ entspricht. Bei linearer Reduktion ist der Fehler noch $\pm 17,4$ (bedingte Streuung). Die Streuung zwischen den von A mit $D_{500} = -72$ reduzierten Werten von J und den Beobachtungen von J selbst verkleinert sich auf $\pm 7,45$. Diese Streuung verteilt sich auf die Kältesummen von A in folgender Weise:

Kältesumme Hamburg(A)	41- 61	62-92	93-124	125-(572)
" Mittel	50	76	115	330
mittl.Differenz J(A)-J	-0,4	-0,2	-1,6	+1,7
Streuung	± 5,2	4,3	5,7	10,5

Aus dieser wenig umfangreichen Tabelle lassen sich die gleichen Charakteristika wie oben ablesen.

Aus den beiden ersten Tabellen, speziell aus der umfangreichsten lassen sich die Fehler abschätzen, die man macht, wenn man die Werte für Hamburg aus Berlin(Da) allein reduziert, ohne daß Hamburger Beobachtungen vorliegen, also für die Zeit von 1766-1831. Besonders in den

kälteren Wintern ist der Fehler groß, wenn auch nicht relativ zum Ausgangswert der Kältesummen in Berlin, sie sind da eher kleiner. Trotzdem ist es vom statistischen Standpunkt allein nicht gerade ermutigend, die Reduktion der Einzelwerte vorzunehmen. Doch, da keine weitere Reihe zur Verfügung steht, bleibt keine andere Möglichkeit. Sonst sollte man allerdings möglichst benachbarte Stationen nehmen, wenn man Einzelwerte ohne Beobachtungen an der 2. Station reduzieren will. Hier verkleinern sich die Fehler sehr stark, wie man aus der letzten Tabelle sieht.

Bei den mehrjährigen Mitteln ist das anders. In einer Arbeit des Verfassers (5, Teil 2) konnte berechnet werden, daß zur Ermittlung einer Temperaturdifferenz zwischen den Monatsmitteln von 2 Stationen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ in 50 km Entfernung 4-5 Jahre, in 100 km 8 Jahre und in 250 km Entfernung noch 17 Jahre erforderlich sind. Das würde bei einer mittleren Zahl der Wintertage von rund 50 etwa einer Genauigkeit der Kältesummenmittel von ± 5 entsprechen, d.h. zur Ermittlung eines Mittels von Hamburg aus Berlin (Entfernung 290 km) müßte man also mindestens 20 Jahre benutzen. Bei einer Reduktion von Einzelwerten sollte man nach dieser Darstellung nur Stationen in einer Entfernung unter 25 km verwenden. Bei einer Genauigkeit von $\pm 0,05^\circ$ in den Temperaturmonatsmitteln und $2,5^\circ$ in den Kältesummen müßte man bei der Entfernung Berlin-Hamburg mindestens 70 Jahre gleichzeitig haben.

Nun ist es bei dem Homogenisierungsvorgang gar nicht nötig, aus der Nachbarstation die Werte mit unserer Beziehungsgleichung völlig zu ergänzen, sondern es liegen an dem betreffenden Ort schon Beobachtungen vor, die nur noch auf die gültige Aufstellung zu korrigieren sind. Es geht dabei nur das d_{500} ein, das erheblich kleiner ist als das D_{500} . Eine empirische Bestimmung des Fehlers für die Differenz zwischen den beobachteten und korrigierten Werten ist nicht möglich. Eine Rechnung mit den Parallel-Beobachtungen in Hamburg und Schleswig zeigt, daß der gesuchte Fehler (wenn man die Beobachtungen einer dieser Stationen als die korrigierten Werte ansieht) sich gegenüber dem eben behandelten Fehler für die Differenz zwischen den beobachteten und völlig durch unsere Beziehungsgleichung reduzierten Werten um den Faktor $d_{500} : D_{500}$ verkleinert. Da aber anzunehmen ist, daß die Beobachtungen mit den korrigierten Werten (falls diese auch beobachtet vorliegen würden) stärker korreliert sind als die eben benutzten Beobachtungen an den sog. Parallel-Stationen an dem betreffenden Ort, müßte sich der gesuchte Fehler weiter verkleinern. Denn wenn die bedingte Streuung der korrigierten Werte gegen 0 geht, nähert sich unser gesuchter Fehler ebenfalls dem Wert 0. Damit ist auf jeden Fall der Fehler der Differenz zwischen den beobachteten und korrigierten Werten kleiner als es der

Faktor $d_{500} : D_{500}$ angibt. Setzen wir dafür einmal $1/10$ an, so würde der Fehler zur Homogenisierung von Hamburger Werten mit Hilfe des $Q(x_1)$ von Berlin $< \pm 3,4$ sein. Benutzen wir das $Q(x_1)$ von Hamburg(A), so ist der Fehler bei den anderen Hamburger Werten $< \pm 0,7$ und bei den Schleswiger Werten $< \pm 1,4$. Damit erscheint der Homogenisierungsprozeß genügend genau, zumal die Kältesummen in ganzen Grad angegeben sind und die Bestimmung des D_{500} und besonders des d_{500} nur mit kleinen Fehlern behaftet ist, da sie aus möglichst vielen Parallelbeobachtungen gewonnen werden, wie wir noch zeigen werden.

Wir sahen aus dem Vergleich der beiden Zeitspannen 1832-1879 und 1880-1962, daß die Fehler der Differenz zwischen den beobachteten und reduzierten Werten in der früheren Zeit größer waren, was rein statistisch betrachtet eigentlich nicht der Fall sein dürfte. Die Gründe dafür müssen also meteorologischer Art sein. Rein überlegungsmäßig müßten sich bei - grob ausgedrückt - meridionaler Zirkulationsform größere Unterschiede ergeben z.B. zwischen Berlin und Hamburg. Es treten dabei u.a. blockierende Hochs im skandinavischen Raum oder dem Nordmeer auf, die, wie schon früher erläutert, bei starken Ostwinden im Küstengebiet und in Hamburg größere Kälte bringen als in Berlin (relativ und absolut). Liegt aber das Hoch mehr über dem Festland, dann kann es in Berlin erheblich kälter sein. Umgekehrt, bei überwiegend zonalen Zirkulation, scheint die Temperaturbindung zwischen der Küste und dem Binnenland größer zu sein, so daß im allgemeinen keine größeren Unterschiede zwischen diesen Räumen auftreten, also etwa in der Größenordnung, die wir in den häufigsten Fällen und im Durchschnitt oben festlegten. Dies dürfte aus dem Grunde der Fall sein, da die zuerst bearbeitete Zeitspanne 1880-1962 zum größten Teil (bis 1932) in einer Epoche mit überwiegend zonalen Großzirkulation liegt.

Diese Deutung wäre natürlich bedeutsam für das Reduktionsproblem, sofern es sich um eine so verschiedene Lage der Vergleichsorte handelt wie in unseren Fall Hamburg und Berlin. Bei dichtbenachbarten Orten spielt das naturgemäß nur eine untergeordnete Rolle. Sollte sich diese Deutung beweisen lassen, so könnte man in Zeitspannen mit zonalen Zirkulation mit weitaus geringeren Fehlern reduzieren als bei meridionaler Zirkulation. Das wäre also wichtig zu wissen.

In der Arbeit des Verfassers über "die Schwankungen der Zonalzirkulation" (9) konnte gezeigt werden, daß in den Jahren 1880-1932 die Zonalzirkulation groß, in den folgenden Jahren relativ klein war. Der sog. durchschnittliche Fehler der Unterschiede, wie sie in den letzten Tabellen (auf Seite 33) behandelt wurden, war für A(Da)-A in der Zeit 1878-1932: 16,1 und in der Zeit 1933-1962: 17,6. Der Unterschied ist

zwar nicht groß, liegt aber in der erwarteten Richtung. LAMB (London-Bracknell, 10) hat für Januar eine Darstellung des zonalen Druckgradienten auf dem Nordatlantik (40-50°N, 40°W und "over-all range of mean pressure") in 10-jährigen Mitteln gebracht für die Zeit von 1820/29 bis jetzt. Aus den veröffentlichten Kurven habe ich jeweils die 10-jährigen Maxima und Minima entnommen. Einem Maximum entspricht dabei verstärkte, einem Minimum abgeschwächte zonale (oder evtl. meridionale) Zirkulation. Für die verschiedenen Zeitabschnitte wurden die durchschnittlichen Fehler unserer Differenzen gerechnet. Es ergaben sich folgende Werte:

I. M i n i m a:

1829/38	1854/63	1874/94	1937/46	Mittel
44	43	20	24	30,0

II. M a x i m a:

1844/53	1864/73	1922/31	1946/55	Mittel
41	13	14	14	20,6

Wir sehen, daß im Mittel z.Zt. der verstärkten zonalen Zirkulation der durchschnittliche Fehler nur 20,6, in der anderen Zirkulationsform dagegen 30,0 beträgt. Auch ergibt sich ein genaues Auf und Ab der durchschnittlichen Differenzen, wenn man sie in chronologischer Reihenfolge aufträgt. Allerdings ist der Wert für das Dezennium 1844/53 verhältnismäßig hoch, für die Zeit 1874/94 relativ niedrig. Diese Aufstellung spricht also deutlich für unsere Annahme, daß bei verstärkter zonaler Zirkulation in den gemäßigten Breiten die bei der Reduktion gemachten Fehler geringer sind.

In der oben genannten Arbeit (9) stellte der Verfasser die Hypothese auf, daß in den Zeitspannen der Sonnenflecken-Zyklen mit einer hohen Relativzahl des Maximums die Zonal-Zirkulation auf der Nordhalbkugel abgeschwächt ist und umgekehrt. Lassen wir diese Hypothese gelten, so müßte die Zeit von 1833-1877 mit hohen Sonnenflecken-Maxima eine abgeschwächte Zonal-Zirkulation mit größeren Fehlern bei der Reduktion haben, was nach den oben gegebenen Ausführungen auch der Fall war. Der durchschnittliche Fehler in dieser Zeit betrug 34,2. Für die folgende zonale Zeit war er 16,1 und für die jetzige, mehr meridionale Großzirkulation und hohen Sonnenfleckenmaxima wieder 17,6. Die beiden Ausnahmen beim Vergleich mit den LAMBschen Werten auf dem Nordatlantik passen sich in dieses Schema genau ein. Möglicherweise waren die Verhältnisse auf dem Nordatlantik anders als die Zirkulation auf der gesamten Nordhalbkugel.

Sollte die Hypothese stimmen, so müßte die Zeit von 1766-1797 ebenfalls wieder abgeschwächte Zonal-Zirkulation gehabt haben und die Zeit von 1798-1832 wieder verstärkte Zonal-Zirkulation, was aus dem LAMB-schen Kurven mit steilem Anstieg vor 1829/38 schon nahegelegt wird. Entsprechend kann man also etwa für die ersten 30 Jahre des 19. Jahrhunderts mit kleinen Schätzungsfehlern, in der ersten Beobachtungszeit jedoch mit größeren Fehlern rechnen.

In den folgenden Ausführungen soll versucht werden, den Fehler für die Bestimmung des D_{500} abzuschätzen. Dazu haben wir unsere 3 Parallel-Reihen: 1. Berlin(Da)-Hamburg(A) 2. Hamburg(A)-Hamburg(J) und 3. Hamburg(A)-Schleswig(WA). Für diese 3 Reihen wurde nun für jedes Jahr mit Parallel-Beobachtungen aus dem $Q(x_i)$ der zuerst genannten Station und der jeweiligen Differenz der Kältesummen das $D_{500}(i)$ gerechnet. Daraus wurde nun die Streuung ermittelt mit folgenden Werten:

<u>1. Berlin(Da) - Hamburg(A)</u>	<u>2. Hamburg(A) - Schleswig(WA)</u>
a) 1832-1879 \pm 121,0	1901-1962 \pm 30,8
b) 1880-1962 \pm 37,5	<u>3. Hamburg(A) - Hamburg(J)</u>
c) 1832-1962 \pm 81,4	1933-1962 \pm 15,4

Das sind, besonders in der ersten Gruppe relativ hohe Streuungen. Es wurde nun für je 5, 10 und 15 zusammengefaßte Beobachtungen das D_{500} berechnet und daraus wieder die Streuungen, um zu sehen, nach welchem Gesetz diese Streuungen sich verkleinern. Neben den wirklichen Streuungen sind auf der rechten Seite der folgenden Tabelle noch die Werte eingetragen, die sich aus der ersten Zahl ergeben hätten, wenn wir das \sqrt{n} -Gesetz zugrundelegen würden.

1. Berlin(Da) - Hamburg(A) (1832-1962)							
n	1	5	10	15	5	10	15
Streuung	81,4	35,9	27,0	22,7	36,4	25,7	21,0
2. Hamburg(A) - Schleswig(WA) (1901-1962)							
n	1	5	10	15	5	10	15
Streuung	30,8	13,6	9,1	(7,4)	13,8	9,7	8,0
3. Hamburg(A) - Hamburg(J) (1933-1962)							
n	1	5	10	15	5	10	15
Streuung	15,4	6,7	(0,4)	(2,7)	6,9	4,9	4,0

Die eingeklammerten Werte sind nur wenig belegt und daher unsicher. Der Wert für 10 Beobachtungen in der letzten Zeile ist zufällig so klein, er müßte in der Größenordnung von 3,5 liegen.

Bevor wir uns dem Verkleinerungsvorgang zuwenden, wollen wir versuchen, die Größenordnung der Streuungen überhaupt durch Vergleich mit anderen Streuungen zu erklären. Aus der Berechnungsart des D_{500} muß man annehmen, daß es mit der Differenz zwischen den reduzierten und den beobachteten Werten, also $A(Da)-A$, $WA(A)-WA$ und $J(A)-J$, zusammenhängt. Das Gleiche wird dann auch für die Streuungen gelten. Denn wenn die eben genannten Differenzen gegen Null gehen, geht die Abweichung des D_{500} von seinem Mittel ebenfalls gegen Null. Dann ist nämlich der beobachtete Wert gleich dem aus der kälteren Station reduzierten, gemäß unserer Beziehungsgleichung. Wird die Differenz negativ, so wird auch die Abweichung des D_{500} von seinem Mittel negativ und umgekehrt. Die Streuung dieser Differenzen war, wie oben mitgeteilt: 1.(Berlin-Hamburg) $\pm 34,1$ 2.(Hamburg-Schleswig) $\pm 13,86$ und 3.(Hamburg A-J) $\pm 7,45$. Bilden wir nun den Quotienten $\sigma_{D_{500}} : \sigma(\text{red.-beob.})$, so erhalten wir folgende Werte in der gleichen Reihenfolge : 1. 2,386 2. 2,225 und 3. 2,064. Man sieht zunächst, daß unser $\sigma_{D_{500}}$ mindestens doppelt so groß ist wie die Streuung der Differenzen zwischen den reduzierten und beobachteten Werten. Im ganzen nimmt der Wert des Quotienten ab. Da in der gegebenen Reihenfolge auch die Entfernung der Stationen voneinander abnimmt, kann man annehmen, daß dies der Grund dafür ist. Zu diesem Schluß kommt man auch durch einfache Überlegung, da wir wissen, daß bei dicht benachbarten Stationen die bedingte Streuung der Werte um die Beziehungsgleichung erheblich kleiner wird. Wir können daher versuchen, das Ergebnis in folgender Formel darzustellen:

$\sigma_{D_{500}} : \sigma(\text{red.-beob.}) = 2,000 + 0,0225 \cdot \sqrt{E}$, wobei E die Entfernung der beiden Stationen in km ist. Damit würde in 1 km Entfernung der Quotient 2,0225 sein, in 9 km Entfernung (Hamburg A-J) 2,0675, in 100 km Entfernung (Hamburg-Schleswig) 2,2250 und in 290 km Entfernung (Berlin-Hamburg) 2,3825. Diese Werte stimmen mit den Originalwerten gut überein.

Nun zu dem Verkleinerungsvorgang bei den Streuungen des D_{500} . Aus der letzten Tabelle ersehen wir, daß bei dem Stationspaar Berlin-Hamburg der Abfall der Streuungen etwas langsamer geht als nach dem \sqrt{n} -Gesetz erwartet. Bei 30 Beobachtungen ist aber der beobachtete Wert kleiner als der erwartete. Da die Streuungen selbst noch mit Fehlern behaftet sind, kann man annehmen, daß bei dem Paar Berlin-Hamburg der Abfall der Streuungen etwa dem \sqrt{n} -Gesetz gehorcht. Bei 81 Beob-

achtungen wäre der Fehler dann $\pm 9,0$ und bei 131 Beobachtungen noch $\pm 7,1$.

Bei dem 2.Stationspaar (Hamburg-Schleswig) ist ab 10 Beobachtungen der Abfall steiler als nach den \sqrt{n} -Gesetz, schätzungsweise $\sqrt{1,25 n}$. Beim 3.Stationspaar (Hamburg) ist der Abfall erheblich schneller. Man könnte hier etwa $\sqrt{2,15 n}$ ansetzen. Lassen wir das gelten, so hieße das, daß bei der großen Entfernung der Stationen der Zufall ausschlaggebend ist, während bei den benachbarten Stationen die Temperatur-Korrelation so groß ist, daß das gewöhnliche Zufallsgesetz nicht mehr zutreffend ist. Es würde den Schluß zulassen, daß man oberhalb einer Entfernung von etwa 125 bis 150 km das \sqrt{n} -Gesetz gelten lassen kann, während man von da an den Faktor bei einer Verringerung der Entfernung von 10 km um 0,1 erhöhen müßte. Grundsätzlich aber gilt, daß bei 5 Beobachtungen zweckmäßigerweise immer das \sqrt{n} -Gesetz anzuwenden ist. Setzen wir dies alles an, so bekommen wir folgende Fehlertabelle:

Beobachtungen (n)	1	5	10	15	30	62	81	100	131	197
1.Berlin-Hamburg	81,4	36,4	25,7	21,0	14,9	10,3	9,0	8,1	7,1	5,8
2.Hamburg-Schleswig	30,8	13,8	8,7	7,1	4,5	3,1	2,7	2,5	2,2	1,8
3.Hamburg(A-J)	15,4	6,9	3,3	2,7	1,3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5

Bei dem ersten Stationspaar können die Fehler bei großem n möglicherweise noch kleiner sein, denn bei 30 Beobachtungen war die beobachtete Streuung, wie gesagt, kleiner als nach dem \sqrt{n} -Gesetz, nämlich nur 9,9 gegenüber dem erwarteten Wert von 14,9. Evtl. könnte man sie etwa doppelt so hoch ansetzen wie die des Stationspaars Hamburg-Schleswig.

Weiter oben hatten wir die Streuungen der beobachteten Differenzen der Kältesummen mitgeteilt. Auch hier scheint der Abfall der Streuungen den eben dargestellten Gesetzen mit wachsendem n zu folgen. Wir erhalten dann folgende Tabelle:

Anzahl d.Beobachtungen:	1	5	10	15	30	62	81	131	197
Berlin(Da)-Hamburg(A)	\pm 38,0	17,0	12,0	9,8	7,0	4,8	4,2	3,3	2,7
Hamburg(A)-Schleswig(WA)	\pm 15,3	6,8	4,3	3,5	2,2	1,5	1,3	1,1	0,9
Hamburg(A)-Hamburg(J)	\pm 19,6	8,8	4,2	3,4	1,7	1,1	1,0	0,8	0,6

Die Fehler bei großem n sind also schon verhältnismäßig klein. Nehmen wir den Fehler bei Da/A mit $\pm 2,7$ als Richtwert für die übrigen Stationspaare im Bundesgebiet an, so sieht man, daß die oben durchgeführten Reduktionen durchaus vertretbar sind.

Für das Problem der Homogenisierung muß nun aber noch beachtet werden, daß dabei nicht das ganze D_{500} eingeht, sondern nur jeweils das d_{500} , das im allgemeinen wesentlich kleiner ist, da es sich dabei ja nur um eine Korrektur handelt. Die D_{500} waren in den oben diskutierten 3 Reihen: Da-A: 65,6, A-WA: 26,3 und A-J: 72,4. Hier besteht keine direkte Beziehung zu dem $\sigma_{D_{500}}$. Doch ist klar, daß für ein bestimmtes Stationspaar die Streuung des D_{500} proportional dem D_{500} ist. Verkleinert sich also das D_{500} auf die Hälfte, so würde auch die Streuung um den gleichen Betrag kleiner. Es ist dasselbe, als wenn sich der Maßstab um diesen Betrag ändern würde. Das hat auf die Absolutwerte der Streuung denselben Einfluß. Würde also bei dem Stationspaar Hamburg-Berlin das d_{500} z.B. 6,6 sein, so wären die Fehler für das d_{500} nur 1/10 der oben angegebenen Werte, evtl., wie gesagt, sogar noch kleiner. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen erscheint also die Homogenisierung mit unserer Methode hinreichend genau.

b. Streuungen

Wir wollen uns nun mit den Streuungen der Kältesummen der einzelnen Stationen selbst befassen. Für die 83 Jahre von 1880-1962 wurden aus der Verteilung der Kältesummen einiger Stationen die Streuung σ gerechnet. Es ergaben sich folgende Werte: Berlin(Da) $\pm 124,0$ Hamburg(A) $\pm 112,9$ Hamburg(J) $\pm 97,2$ Schleswig(WA) $\pm 109,0$ und Nürnberg $\pm 132,0$. Aus den entsprechenden Verteilungen wurden für die 197 Jahre von 1766-1962 folgende Streuungen ermittelt: Berlin(Da) $\pm 141,5$ Hamburg(A) $\pm 126,9$ und Hamburg(J) $\pm 110,2$. Die ausgeglichenen Verteilungen nach Kältesummen von 50 zu 50 für diese 197 Jahre sind in Tab.11 (im Anhang) wiedergegeben. In jeder 2. Zeile ist noch der jeweilige Prozentsatz hinzugefügt. Im ganzen ist die Gruppe 50-99 am meisten vertreten, doch verschiebt sich bei Hamburg(J) das Maximum zur ersten Gruppe, bei Hamburg(A) etwas zur 3. Gruppe. Bei Berlin(Da) liegt zwar das Maximum in der 2. Gruppe, doch sind die beiden folgenden auch noch verhältnismäßig stark belegt. Zwischen 400-499 ist bei allen 3 Stationen ein kleines Nebenmaximum zu erkennen.

Mit Ausnahme von Nürnberg wurden alle diese Streuungen berechnet aus den Reihen, aus denen der wachsende Großstadteinfluß entfernt war. Vergleichen wir diese Streuungen mit den jeweiligen arithmetischen Mitteln (s. Tabelle auf Seite 41), so erkennt man eine gute Proportionalität. Berücksichtigt man dabei, daß für ein Mittel von 0 sich auch eine Streuung 0 ergeben muß, so läßt sich diese Beziehung in folgender Tabelle darstellen:

Kältesumme (°C)

Mittel:	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Streuung:	75	83	90	96	102	108	113	118	122
Mittel:	170	180	190	200	210	225	250	300	
Streuung:	126	130	132	135	137	140	143	149	

Die Streuung von 5-Jahresmitteln betrug bei Berlin(Da) $\pm 63,5$, bei Hamburg(A) $\pm 56,5$ und Hamburg(J) $\pm 48,7$. Sie entsprechen der Erwartung $\sigma/\sqrt{5}$, was für Berlin 63,6, für Hamburg(A) 56,8 und für Hamburg(J) 49,4 ergeben würde. Die Streuungen über längere Zeitspannen sind größer als nach der Theorie erwartet, was auf längere Schwingungen (Zyklen) bei der Strenge der Winter schließen läßt.

Die Häufigkeitsverteilungen der Kältesummen sind asymmetrisch, auf keinen Fall Gauß-Verteilungen. Verhältnismäßig geringe Kältesummen kommen, wie auch Tab.11 zeigt, häufiger vor als hohe. Für die 197 Beobachtungen von Hamburg mit einem arithmetischen Mittel von 169 ergab sich ein geometrisches Mittel von 127. Es liegt also deutlich niedriger.

c. Zentral- oder Medianwerte

Für die eben erwähnten 5 Verteilungen wurde noch der Zentral- oder Medianwert ermittelt. Es ergaben sich folgende Werte, zusammen mit den jeweiligen arithmetischen Mitteln, zunächst für die 83 Jahre 1880-1962 und dann für die 197 Jahre von 1766-1962.

I. 1880 - 1962				II. 1766 - 1962			
Station	Mittel	Zentralwert	%	Station	Mittel	Zentralwert	%
Berlin(Da)	176,3	138	78,3	Berlin(Da)	205,1	169	82,3
Hamburg(A)	144,0	112	77,8	Hamburg(A)	169,0	134	79,4
Hamburg(J)	110,6	80	72,3	Hamburg(J)	131,3	97	74,0
Schleswig(WA)	131,9	101	76,5				
Nürnberg	214,4	175	81,6				

Bei der nicht so dichten Belegung der einzelnen Klassen bei der Häufigkeitsverteilung ist die Bestimmung des Zentralwertes höchstens auf eine Einheit genau. Im übrigen wurde bei seiner Bestimmung auf die Einzelwerte zurückgegriffen. Man erkennt, daß die Zentralwerte in beiden Gruppen in der gleichen Größenordnung liegen. Es ist daher vertretbar, die beiden Gruppen bei der folgenden Betrachtung zu vereinigen. Man erkennt, daß die Lage des Zentralwertes im Vergleich zum Mittelwert von diesem abhängig ist. Einem höheren Mittelwert entspricht ein relativ höherer Zentralwert, d.h. die Verteilung wird etwas "symmetrischer". Der Faktor pro Einheit des Mittelwertes bestimmt sich im

Mittel zu 0,92. In dem durch die 8 Beobachtungen belegten Bereich von 100 bis 220 können die Werte gut durch eine Gerade angenähert werden. Der Mittelwert der arithmetischen Mittel ist 160, und derjenige der Zentralwerte 125,8, was einem mittleren Prozentsatz von 78,5 entspricht. Damit kommen wir zu der folgenden Beziehungsgleichung: $y = 0,915 x - 21$, wobei y der Zentralwert, x das arithmetische Mittel ist. Diese Gleichung gilt für die arithmetischen Mittel oberhalb 100. Unter 100 muß eine Kurve angesetzt werden, die sich dem Nullpunkt des Koordinatensystems asymptotisch nähert. Damit ergibt sich folgende Gegenüberstellung der arithmetischen Mittel und der Zentralwerte. In der 3. Zeile sind noch einmal die zugehörigen Streuungen hinzugefügt.

<u>Kältesumme (°C)</u>									
Mittel:	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Zentralwert:	55	63	72	80	89	98	107	116	126
Streuung:	75	83	90	96	102	108	113	118	122
Mittel:	170	180	190	200	210	225	250	275	300
Zentralwert:	135	144	153	162	171	185	208	231	254
Streuung:	126	130	132	135	137	140	143	146	149

Diese Werte sind in Abb. 2 graphisch dargestellt. Man erkennt die stärkere Krümmung der Kurve für die Streuung, die also für höhere Kältesummen relativ kleinere Werte ergibt als bei dem Zentralwert. Die Krümmung deutet gleichzeitig an, daß sich bei wachsendem Mittel der Kältesummen die betreffende Streuung nicht im gleichen Maße vergrößert. Stationen mit kleiner mittlerer Kältesumme haben also relativ große Streuungen. Außerdem ist noch der Zentralwert in Prozenten des Mittelwerts dargestellt. Man erkennt, daß der Prozentsatz mit wachsender Kältesumme ansteigt. Die Krümmung aber weist darauf hin, daß die Kurve sich asymptotisch einem Wert nähert, der unter 100 liegt, d. h. auch bei hohen mittleren Kältesummen bleibt die Verteilung der Einzelwerte schief, wenn auch nicht so stark wie bei kleineren Kältesummen.

d. Definition des Wintercharakters nach den Häufigkeitsverteilungen der Kältesummen

Es erscheint mir naheliegend, die Definition des Wintercharakters aus der Häufigkeitsverteilung der Kältesummen abzuleiten. Bezugswert wäre dazu zweckmäßig der Zentralwert und nicht das arithmetische Mittel. Man könnte die Winter einteilen in: sehr milde, milde, normale, kalte und sehr kalte. Gibt man der normalen Klasse die doppelte Häufigkeit der anderen, so kommt in jede Klasse $1/6$, in die normale Klasse $1/3$

des Gesamtmaterials. Bei 197 Jahren wären das 33 bzw. 66 Jahre.

Diese genaue Einteilung ist zum Teil nicht möglich, da manche Kältesummen in der Häufigkeitsverteilung nicht vorkommen und andere mehrfach besetzt sind. In diesen Fällen wurde etwas ausgeglichen oder interpoliert. Für die Station Hamburg(A) ergibt sich dabei folgende Einteilung (197 Jahre):

Charakter:	sehr mild	mild	normal	kalt	sehr kalt	Zentralwert
Kältesumme:	0-56	57-93	94-197	198-278	> 279	134 °C
% d. Zentralwertes:	0-42	43-70	71-147	148-207	> 208	100 %

Für die Station Berlin(Da) und Hamburg(J) liegen ebenfalls 197 Jahre vor, so daß von ihnen eine gleichartige Einteilung vorgenommen werden kann. Für die Stationen Schleswig(WA) und Nürnberg haben wir nur 83 Jahre. Um auch diese Stationen mitbenutzen zu können, wurde für die 3 anderen Stationen ebenfalls für diese 83 Jahre eine Einteilung der Winter vorgenommen. Im Vergleich zu der ersten Einteilung mit 197 Jahren zeigt sich folgendes:

Beim Übergang von der kurzen zur langen Reihe verringerte sich bei der 1. Grenze der Wert um ~6% des Zentralwertes, bei der 3. Grenze erhöhte er sich um diesen Betrag. Die beiden übrigen Grenzen blieben praktisch unverändert. Bringen wir diese Korrekturen an die Werte der Stationen Schleswig und Nürnberg an, so hätten wir eine entsprechende Einteilung für 197 Jahre auch für diese Stationen. Im Mittel über alle 5 Stationen ergeben sich folgende mittlere Grenzen in Prozenten der Zentralwerte, zunächst für 83 und dann für 197 Jahre:

Charakter:	sehr mild	mild	normal	kalt	sehr kalt
% d. Zentralwertes für 83 Jahre	0-48	49-71	72-137	138-207	> 208
für 197 Jahre	0-42	43-70	71-143	144-208	> 209

In der letzten Tabelle (Seite 42) des vorigen Abschnittes konnten wir sehen, daß die Streuung mit wachsendem Zentralwert auch zunahm, aber langsamer. So betrug z.B. bei einem Zentralwert von 100 die Streuung rund 109% des Zentralwertes, bei einem Zentralwert von 200 aber nur 71%. Demnach müßten auch die Grenzen für die Charakteristik der Winter von der Größe des Zentralwertes abhängig sein, und zwar so, daß bei kleinerer mittlerer Kältesumme die Grenzen relativ weiter auseinanderliegen als bei einem höheren Zentralwert. Dies zeigt sich auch in der folgenden Zusammenstellung für 197 Jahre:

Charakter:	sehr mild	mild	normal	kalt	sehr kalt	Zentralwert
Nürnberg	0-47	48-75	76-136	137-196	> 197	201
Berlin(Da)	0-44	45-73	74-139	140-200	>201	169
Hamburg(A)	0-42	43-70	71-147	148-207	>208	134
Schleswig(WA)	0-40	41-70	71-145	146-211	>212	123
Hamburg(J)	0-36	37-62	63-146	147-223	>224	97

Man sieht, daß die beiden ersten Grenzen sich wie die Zentralwerte verhalten, während die beiden letzten gerade umgekehrt sich verändern. Es ist also tatsächlich eine Ausweitung der Grenzen bei abnehmendem Zentralwert festzustellen. Lediglich die 3. Grenze bei Hamburg(A) fällt etwas heraus.

Es ist klar, daß die Einteilung der Klassen in 1/6 mehr oder weniger willkürlich ist, doch kann man in den detaillierten Häufigkeitsverteilungen an diesen Stellen oft Brüche feststellen, derart, daß meistens an der Grenze ein Abfall der Häufigkeit auftritt.

HELLMANN setzte für Berlin(St) eine andere Grenze an, nämlich eine für "strenge" Winter mit einer Kältesumme oberhalb 320. Für die Station Berlin(Da) wären das etwa 380 und für Hamburg(A) auch etwa 320. Oberhalb dieser Grenze liegen in Berlin(Da) nur 27 Beobachtungen in 197 Jahren.

Lassen wir die Einteilung des Wintercharakters in unserer oben angegebenen Form einstweilen gelten, so läßt sich ein Diagramm entwickeln, mit dem es möglich ist, für eine beliebige Zahl von Stationen den Wintercharakter schnell zu bestimmen mit Kenntnis der betreffenden Kältesumme. Auf der Vorderseite der "Wetterkarte" des Seewetteramtes (z.B. 1963, Nr. 92-94) hat Verfasser in jedem Frühjahr eine Charakterisierung des jeweils vergangenen Winters an Hand einer solchen Darstellung vorgenommen. Dabei war der Zentralwert gewissermaßen als Leitlinie eingetragen, die vom (allerdings nicht dargestellten) Nullpunkt des Koordinatensystems in Form einer Gleichung $y = -k x$ nach rechts unten verlief. Die Grenzlinien der einzelnen Zensuren der Winter verteilten sich in Form eines zentralen Geradenbüschels um diese Leitlinie herum. Seinerzeit lagen dem Verfasser nur die Verteilung der Berliner Winter (KNOCH, 2) und die der Hamburger Winter (RICHTER, 4) vor, so daß Verfasser die Trennungslinien geradlinig ansetzte. Die einzelnen Stationen verteilten sich auf der y-Achse nach unten im Verhältnis der Größe ihres Zentralwertes. Die x-Achse war als Skala für die Kältesummen vorgesehen. Auf den zur x-Achse parallelen Geraden der einzelnen Stationen wurden dann die jeweils erreichten Kältesummen eingetragen. Der Endpunkt fiel dann in eines der 5 Felder, aus dessen Bezeichnung dann der Charakter

des Winters abgelesen werden konnte.

Nachdem nun 5 Bestimmungen der Grenzen für den Charakter des Winters vorliegen, kann die bisherige Darstellung verbessert werden. Das Koordinatensystem und seine Skalen bleiben dieselben. Als Zentralwert-Leitlinie setzen wir willkürlich $y = - 2,5 x$ an, um die Stationen auf der y-Achse etwas auseinanderzuziehen. Von dieser Leitlinie ausgehend, haben wir zusätzlich noch die Kurve des arithmetischen Mittels eingetragen. Die einzelnen Stationen werden nun so auf der y-Achse verteilt, daß jeweils der Zentralwert der betreffenden Station (aufgetragen auf den Parallelen zur x-Achse) die Zentralwert-Leitlinie erreicht. Diese Verteilung läßt sich leicht mit Hilfe unserer Leitlinien-Gleichung: $y = - 2,5 x$ vornehmen, wobei x der Zentralwert der Station und y dann der entsprechende Abstand auf der y-Achse ist. Die durch diesen Punkt zur x-Achse gezogene Parallele erfüllt die gestellten Bedingungen. Auf den Parallelen für unsere 5 Teststationen wurden nun die oben festgelegten Grenzen, aus dem Prozentwert in Kältesumme rückgerechnet, aufgetragen. Daraus ergab sich ohne Schwierigkeit bei geringer Ausglei- chung die Kurvenschar, die die Einteilung der Winter nach ihrer Stärke bewerkstelligt. Es sind jetzt keine Geraden mehr, sondern flache Parabeln, die konvex zur Leitlinie verlaufen. Für die weiteren Stationen, deren Mittelwerte wir oben berechneten, wurden aufgrund der abgeleiteten Beziehung die Zentralwerte ausgerechnet. Sie wurden dann auch in unsere Darstellung in Abb.3 aufgenommen.

Würde man in dieses System noch die Streuung ± 6 an das Mittel antragen, so könnte man feststellen, daß diese Kurven nahezu mit unseren beiden äußeren Grenzen zusammenfallen. Das scheint auch richtig zu sein, denn innerhalb dieser Grenzen liegen $2/3$ des Gesamtmaterials, während zwischen -6 und $+6$, jedenfalls bei Normalverteilung, 68% des Materials liegen sollen.

Will man an der von HELLMANN einmal festgelegten Grenze der "strengen" Winter, die letzten Endes am meisten interessieren, unbedingt festhalten, so wäre folgender Kompromiß vorzuschlagen: Wir nannten die über der obersten Grenze liegenden Winter "sehr kalt". Davon können wir ja noch die "strengen" Winter abtrennen. Nach HELLMANN'S Definition müßte man diese Grenze bei Berlin(Da) bei 380, bei Hamburg(A) oberhalb 320 ansetzen. Nehmen wir die von RICHTER (8, Nr.45) angegebene Grenze für Hamburg-Stadt mit über 250 noch dazu und ermitteln noch die Werte für Schleswig und Nürnberg aufgrund der Kurvencharakteristik, so finden wir die Grenzlinie, die die "strengen" Winter abteilen würde. Sie ist in Abb.1 ganz rechts als gestrichelte Linie eingetragen. Oberhalb dieser Grenze liegen nach der Häufigkeitsverteilung der 197 Kältesummen etwa 14% "strenge" Winter.

e. Die extremen Winter und die Schwankungen in den Verteilungen kalter und milder Winter

In unserer Tabelle 12 sind schließlich die 20(19) kältesten und mildesten Winter für unsere 3 Stationen zusammengestellt. Aus den dort mitgeteilten Kältesummen ist der "wachsende Stadteinfluß" entfernt. Die Winter ab 1880 sind in der Tabelle besonders hervorgehoben. Insgesamt ist der Winter 1829 der kälteste, in der Zeit ab 1880 der Winter 1939. Der mildeste Winter ist der von 1821, ab 1880 ist es der Winter 1897. Es fällt auf, daß in der Zeit ab 1880 die recht milden Winter verhältnismäßig häufig auftreten, nicht so sehr die strengen. Der letzte Winter 1962 liegt in Berlin an 10., in Hamburg an 11. Stelle. Seit 1880 bzw. in diesem Jahrhundert steht er in allen Reihen an 3. bzw. 4. Stelle. Die beiden kalten Winter 1928 und 1941 haben im Binnenland und an der Küste ihre Stellung vertauscht.

Eine schon flüchtige Durchsicht der letzten Tabellen zeigt, daß die kalten bzw. milden Winter nicht gleichmäßig auf den zur Verfügung stehenden Zeitraum verteilt sind. Um einen schnellen Überblick über längere milde oder kalte Zeitabschnitte zu bekommen, bedienen wir uns noch einmal der Summenfunktion, indem wir bei Berlin(Da) und Hamburg (A) die Abweichungen von den Gesamtmitteln 205 bzw. 169 fortlaufend addieren. Die Summenfunktionen der beiden Stationen sind in Abb.4 dargestellt.

Die Hauptaufgabe solcher Summenfunktion ist, kurze periodische oder unperiodische Schwankungen stark zu unterdrücken und die längeren hervorzuheben. So fällt an unseren beiden Kurven auch zunächst auf, daß etwa in der ersten Hälfte des gesamten Zeitraums von 197 Jahren ein mehr oder weniger regelmäßiger Anstieg erfolgt, während im zweiten Teil ein fast gleichartiger Abfall vor sich geht, d.h. im ersten Teil überwiegen die positiven Abweichungen, im zweiten Teil die negativen, jedenfalls dem Betrag nach. Bei der Zahl der Vorzeichen ist es etwas anders. Insgesamt beträgt sowohl bei Berlin(Da) als auch bei Hamburg(A) die Wahrscheinlichkeit für positive Vorzeichen nur 0,391, wieder ein Zeichen für die Schiefe der Verteilung. In der ersten Zeit bis zum jeweiligen Maximum der Kurven ist die relative Häufigkeit positiver Vorzeichen bei Berlin 0,485, bei Hamburg 0,478, in der zweiten Zeitspanne bei Berlin nur 0,296, in Hamburg 0,314. Wir sehen also, daß in der kalten Epoche die beiden Vorzeichen fast gleichhäufig vorkommen, während in der insgesamt milden Zeit die negativen Vorzeichen mehr als doppelt so häufig auftreten wie die positiven.

Das Maximum der Summenfunktion liegt bei Berlin im Jahre 1864 mit einem Wert von 3005, in Hamburg im Jahr 1857 mit 2917. Die Lage des Maximums etwa in der Mitte des Gesamtzeitraums erscheint auf den ersten

Blick verdächtig. Es kann durchaus Zufall sein, denn die Summenfunktionen haben die Eigenschaft, daß der Erwartungswert der Ordinate der Summenfunktion $|y|$ bei $N/2$ sein Maximum hat. Es ist nämlich $E(|y|) = d \sqrt{\frac{i(N-i)}{N}}$, wobei d der durchschnittliche Fehler und N die Zahl der Beobachtungen ist. $E(|y|)_{N/2} = \frac{d}{2} \sqrt{N}$. Es ist nun zu prüfen, ob die erreichten Ordinaten oberhalb des 3fachen Fehlers von y bzw. $|y|$ liegen. Für Berlin ist $d = 110,4$ und für Hamburg $99,4$. Damit ergibt sich bei- läufig der Quotient d/σ für Berlin = $0,78022$ und für Hamburg = $0,78330$, während er bei Normalverteilung = $0,79788$ ist. Es ist also, wie schon aus anderen Tests bekannt, keine Normalverteilung vorhanden. Es ergibt sich für Berlin $E(|y|) = 775$ für $N/2$. Bei Hamburg erhalten wir für $N/2$ einen Wert von 697 und für $i = 92$ einen Wert von 696 . Die von un- seren Summenfunktionen erreichten Werte liegen bedeutend höher, so daß eine Fehlerrechnung erfolversprechend erscheint. Es ist nach einer vom Verfasser durchgeführten Rechnung $G(|y|)_{N/2} = 0,30104\sigma \cdot \sqrt{1 - (\frac{2|y|}{\sigma N})^2} \sqrt{N}$. Das ergibt für Berlin $583,4$ und für Hamburg $524,2$, da die Streuungen $141,46$ bzw. $126,86$ waren ($N = 197$). Für $i = 92$ bei Hamburg erhalten wir einen etwas kleineren Wert, nämlich $522,1$. Der Erwartungswert für $|y|$ einschließlich des 3fachen Fehlers ist zu überschreiten. Dieser Wert für Berlin ist 2525 und für Hamburg 2270 bzw. 2262 . Da unsere Werte 3005 bzw. 2917 betragen, liegen sie über dem 3fachen Fehler, so daß ein Unterschied in den Mittelwerten der beiden Teile bewiesen ist.

In der Gleichung des Fehlers tritt das G auf. Wir hätten auch das d einsetzen können, das etwas kleiner als bei einer Normalverteilung war. Damit wäre der Fehler auch etwas kleiner geworden, und der Beweis hätte sich noch leichter führen lassen. Das schien aber nicht angebracht. Wir wollen sogar einen noch schärferen Test durchführen, der streng nur für Gaußverteilung gilt, in unserem Fall mit der schiefen Verteilung aber höhere Fehlerwerte bringt. Falls unsere Werte diese Fehler übertreffen, ist der Beweis für den Unterschied der beiden Teile praktisch mit Si- cherheit erbracht. Wir gehen von y aus. Das $E(y) = 0$. Dieser Wert er- gibt sich, weil alle Summenfunktionen, die sich durch "Schüttelung" der Abweichungen ergeben, sich gemittelt ausgleichen. Diese mittlere Summen- funktion streut zufällig um 0 . Hier brauchen wir nur die Streuungen aller einzelnen Ordinaten errechnen. Für $N/2$ erhalten wir nach einer entsprechenden Rechnung $\sigma(y) = \frac{\sigma}{2} \sqrt{1 - (\frac{2y}{\sigma N})^2} \sqrt{N}$. Für Berlin erhalten wir $\sigma(y) = 970$ und für Hamburg 871 . Die 3fachen Fehler sind dann 2907 bzw. 2612 . Auch diese Werte, die in Abb.4 mit eingetragen sind, werden von unseren Summen überschritten. Die Mittelwerte sind also unterschied- lich. Sie waren für Berlin im 1. Teil 235 , im 2. Teil 174 , für Hamburg im 1. Teil 199 und im 2. Teil 143 .

An den beiden Summenkurven sind 2 Minima zu erkennen, im Jahre 1797 und im Jahre 1938, in einem Abstand von 141 Jahren. Geht man von diesen Punkten aus bis zum jeweiligen Maximum, so sind die maximalen Ordinaten im Mittel für Berlin 3232 und für Hamburg 3042. Der 3fache Fehler nach der strengeren Formel gerechnet ist für Berlin 2380 und für Hamburg 2096. Diese Mittel sind also sehr deutlich unterschiedlich. Sie betragen für Berlin im 1. Teil 255, im 2. Teil 163 und für Hamburg im 1. Teil 220 und im 2. Teil 132.

Aus den Summenfunktionen lassen sich nun die Zeitabschnitte mit häufig kalten bzw. mit überwiegend milden Wintern unmittelbar ablesen. Wir wollen aber nicht jede kleine Unstetigkeit mitnehmen, sondern nur solche Abschnitte auswählen, die möglichst lang und deutlich sind. Es müssen also gut erkennbare Brüche in den Kurven auftreten. Wenn man dabei auch möglichst lange Abschnitte wählt, ist zwar die Steigung innerhalb dieser Abschnitte nicht konstant, aber im ganzen doch entweder ansteigend oder abfallend.

Für Berlin können wir folgende Abschnitte einteilen, die, ebenso wie die von Hamburg, in Abb.4 durch entsprechende Gerade angedeutet sind. Wir fügen dabei gleich den entsprechenden Mittelwert und die Abweichungen vom Gesamtmittel an.

Zeit	1766	1798	1865	1885	1895	1939	1947	Summe und Mittel	
	-1797	-1864	-1884	-1894	-1938	-1946	-1961	-	+
Anzahl d. Jahre	32	67	20	10	44	8	15	111	85
Mittel	194	255	155	253	146	300	144	161	262
Abweichung	-11	+50	-50	+48	-59	+95	-61	-44	+57

Man hätte eventuell noch die Zeit 1816-1825 mit negativer Abweichung mit aufnehmen können, aber sie war nicht so augenfällig.

Für Hamburg könnte man die gleichen Abschnitte nehmen, aber in den 30^{er} Jahren des vorigen Jahrhunderts waren die Winter, wie schon erwähnt, relativ mild, so daß sie sogar in der Summenfunktion zum Ausdruck kommen. Daher wurde dieser Zeitabschnitt auch mitgenommen. Entsprechend waren die Winter in den 50^{er} Jahren, wie berichtet, kälter, was hier in der besonderen Steilheit der Summenfunktion zum Ausdruck kommt. Wir erhalten damit für Hamburg entsprechend folgende Werte:

Zeit	1766-1797	1798-1830	1831-1843	1844-1857 (1798-1857)		
Anzahl d. Jahre	32	33	13	14	60	
Mittel	159	234	136	263	220	
Abweichung	-10	+65	-33	+94	+51	
	1858-1884	1885-1894	1895-1938	1939-1946	1947-1961	Summe und Mittel
						- +
	27	10	44	8	15	131 65
	134	206	113	278	114	131 244
	-35	+37	-56	+109	-55	-38 +75

Die Zeitabschnitte sind sehr verschieden lang, und es ist ohne weiteres keine Gesetzmäßigkeit festzustellen. Im großen sind die Gänge an beiden Stationen natürlich gleich. Mit Ausnahme der Zeit 1885-1894 und eventuell noch 1895-1938 ist Hamburg immer relativ kälter gewesen als Berlin.

Vergleichen wir noch die oben angegebenen Mittel mit den Mittelwerten des 1. bzw. 2. Teils, so ergeben sich folgende Abweichungen:

Erster Teil: 1766-1864 (bzw. 1857)

	1766-1797	1798-1864		
Berlin		+20		
(Da)	-41			
		1798-1830 (1798-1857)	1844-1857	
Hamburg		+36	+21	+64
(A)	1766-1797	1831-1843		
	-40	-62		

Zweiter Teil: 1865 (bzw. 1858) - 1961

	1865-1884	1885-1894	1895-1938	1939-1946	1947-1961
Berlin		+78		+126	
(Da)	-19		-28		-31
		1885-1894		1939-1946	
Hamburg		+63		+135	
(A)	1858-1884	1895-1938		1947-1961	
	- 8	-30		-29	

Wir erkennen hier, daß die im 2. Teil auftretenden kalten Abschnitte eine erhebliche positive Abweichung bekommen haben, ein Zeichen, daß diese Winter im allgemeinen recht kalt waren. In dem ersten (kalten) Abschnitt sind entsprechend die negativen Abweichungen größer als die

positiven, aber lange nicht in dem Maße. Die Werte der beiden letzten Tabellen für Hamburg sind in Abb.5 zusammen dargestellt. Es sind hier sowohl das Gesamtmittel als auch die beiden Mittel des kalten und des warmen Teils mit eingetragen, so daß die entsprechenden Abweichungen und ihre Änderungen sofort verglichen werden können.

Wir hatten früher gesehen, daß die Genauigkeit der Reduktion der Hamburger aus den Berliner Wintern abhängig war von der Stärke der Zonal-Zirkulation auf dem Nordatlantik. Es wäre interessant zu prüfen, ob die Stärke der Winter an sich auch davon abhängig ist, was meteorologisch durchaus denkbar wäre.

Nehmen wir wieder aus der Arbeit von LAMB die Abschnitte mit verstärkter und die mit abgeschwächter Zonal-Zirkulation. Wir haben einmal 1 Jahr verschoben, damit die Abschnitte sich nicht überschneiden. Wir fügten noch das Dezennium 1816/25 (steiler Anstieg der Kurven vor 1829/38) hinzu. Wir erhielten für die Zeitabschnitte folgende Mittel der Kältesummen und ihre Abweichungen:

1. Verstärkte Zonal-Zirkulation

	1816-1825	1844-1853	1864-1873	1922-1931	1947-1956	Mittel
Berlin Mittel	189	258	170	166	152	187
" Abweichung	-16	+53	-35	-39	-53	-18
Hamburg Mittel	155	251	131	127	117	156
" Abweichung	-14	+82	-38	-42	-52	-13

2. Abgeschwächte Zonal-Zirkulation

	1829-1838	1854-1863	1874-1894	1937-1946	Mittel
Berlin Mittel	256	224	204	262	230
" Abweichung	+51	+19	- 1	+57	+25
Hamburg Mittel	185	198	170	239	192
" Abweichung	+16	+29	+ 1	+70	+23

Wir erkennen, daß bei verstärkter Zonal-Zirkulation im Mittel die Kältesummen um 18 bzw. 13 kleiner sind als das langjährige Mittel, d.h. diese Winter sind im Mittel milder. Es fällt aber die Zeit 1845/54 deutlich heraus, besonders bei Hamburg. Das braucht nicht gegen die obige Vorstellung zu sprechen; denn die Angaben von LAMB beziehen sich auf den Nordatlantik und auf den Monat Januar. Es kann durchaus sein, daß bei verstärkter Zirkulation auf dem Atlantik sich über dem Festland eine Blockierungslage einstellt. Dafür würde sprechen, daß die Winter gerade in Hamburg kälter waren (Ostwindlagen? Zonal-Zirkulation auf der Nordhalbkugel abgeschwächt?)

In den Abschnitten mit abgeschwächter Zonal-Zirkulation ergeben sich bis auf die Zeit von 1874-1894 positive Abweichungen, im Mittel +25 bzw. +23. Die Ausnahmezeit zeigt praktisch Winter mit Kältesummen um den Mittelwert. Es kann sich dabei, bei abgeschwächter Zonal-Zirkulation auf dem Atlantik, um Nord- bzw. Südlagen über Europa handeln. Je nachdem, ob hier mehr eine West- oder Ostkomponente vorhanden ist, werden diese Winter milder oder kälter, im ganzen sich etwa ausgleichend. Im übrigen war in der Zeit 1878-1900 über dem Atlantik und Europa die Zonal-Zirkulation im Winter verstärkt (9, nach TRENKLE). - Beide Zeitspannen zeigten auch beim Vergleich zwischen der Zonal-Zirkulation und den Reduktionsfehlern das erwartete Verhalten am wenigsten deutlich, wie oben erwähnt und zu erklären versucht (s.S. 36). Dies spricht auch für die eben gegebene Deutung.

Im allgemeinen aber kann man sagen, daß die Winter in Norddeutschland von der Stärke der Zonal-Zirkulation auf dem Nordatlantik bzw. der Nordhalbkugel abhängen.

f. Die Verteilung der Kältesummen auf die beteiligten Monate

Die Ermittlung der Kältesummen geschah aus den Tagesmitteln der Temperatur unter null Grad in den Monaten November bis März. Nachdem wir die Reihen für den gesamten Winter diskutiert haben, soll wenigstens noch auf die mittlere Verteilung der Kältesummen auf die einzelnen Monate eingegangen werden. Der Anteil der einzelnen Monate an der Gesamtstärke des Winters ist in den einzelnen Jahren sehr verschieden, wie man aus der ausführlichen Tabelle für Berlin-Dahlem bei KNOCH (2) ersehen kann. Es ist aber anzunehmen, daß im langjährigen Mittel der Anteil der einzelnen Monate an der Gesamt-Kältesumme etwa umgekehrt proportional den Monatsmitteln der Temperatur sein wird.

HELLMANN (1) gibt in seiner Arbeit eine Verteilung für Berlin-Stadt für die Zeit von 1766-1916 (151 Jahre). Der prozentuale Anteil beträgt dabei:

November	Dezember	Januar	Februar	März
5,1	24,0	41,7	21,4	7,8

% des Winters

Diese Verteilung gibt den charakteristischen Gang gut wieder. Das Maximum wird erwartungsgemäß im Januar erreicht. Überraschend erscheint der starke Abfall zum Februar, dem man einen größeren Anteil zugetraut hätte.

Wir wollen nun sehen, wie die Verteilung sich für die Gesamtzeit von 1766-1962 und für unsere 3 Hauptstationen (Berlin-Da, Hamburg-A und Schleswig-WA) ergibt. Für Berlin-Da können wir unmittelbar die homogenisierte Reihe von KNOCH (2) benutzen, die bis 1962 durch Werte, die vom

Wetteramt Berlin und vom meteorologischen Institut der Universität zur Verfügung gestellt wurden, vervollständigt wurde. Für Hamburg fehlten die Jahre 1880-1932, die in der RICHTERSchen Arbeit (4) nicht veröffentlicht wurden. Bis 1832 zurück aber konnten die Monatswerte den ZIMMERMANNschen Beobachtungen entnommen werden. Für Schleswig lagen nur die Jahre nach dem letzten Krieg vor. Die Mittelwerte waren aber mit den Hamburger Werten so gut korreliert, daß eine Reduktion auf die Gesamtzeit vertretbar war. Im übrigen geschah die Reduktion auch der Hamburger Reihe auf die Gesamtzeit durch Vergleiche in den parallel beobachteten Zeitspannen. Die sich ergebenden charakteristischen Differenzen zwischen Hamburg und Berlin (und nachher auch zwischen Hamburg und Schleswig) in den einzelnen Monaten wurde dann an die Verteilung von Berlin angebracht.

Somit ergab sich folgende mittlere Verteilung der Kältesummen für die einzelnen Monate in Prozenten der Gesamtsumme des Winters, gültig für die Zeit 1766-1962:

	November	Dezember	Januar	Februar	März	
Berlin-Da	5,4	23,6	39,6	23,3	8,1	%
Hamburg-A	4,9	23,0	39,3	24,1	8,7	%
Schleswig-WA	4,6	21,5	38,6	25,2	10,1	%

Um eine Vorstellung von den Kältesummen selbst zu bekommen, setzen wir für die Reihen die 197jährigen Mittel der homogenisierten Reihen an. Es ergeben sich dann folgende mittlere Kältesummen für die einzelnen Monate:

	November	Dezember	Januar	Februar	März	Summe
Berlin-Da	12,3	53,7	90,2	53,0	18,4	227,6
Hamburg-A	9,1	42,8	73,2	44,9	16,8	186,2
Schleswig-WA	7,9	37,0	66,4	43,3	17,4	172,0

Der charakteristische Gang für Berlin ist natürlich geblieben. Das Januar-Maximum ist etwas flacher geworden, der Anteil des Februar und in schwächerem Maße auch die Anteile des November und des März sind angestiegen. Die Prozente der beiden ersten Monate nehmen vom Binnenland zur Küste hin ab, in gleicher Weise nehmen die Anteile der beiden letzten Monate in der gleichen Richtung zu. Das ist zum größten Teil durch den Gang der Wassertemperatur (Minimum im Februar) bedingt. Im Januar ist der Anteil an allen 3 Stationen etwa gleich (geringe Abnahme wie bei den ersten Monaten). Er erhält fast 40% der Kältesummen des ganzen Winters.

Es wurde vorstehend erwähnt, daß der Anteil der einzelnen Monate an der Kältesumme des ganzen Winters in den einzelnen Jahren unterschiedlich sei. Es scheint das aber nicht so ganz unregelmäßig zu sein, denn schon ein Mittelwert aus wenigen Jahren läßt die charakteristische Verteilung erkennen. Jedenfalls kommt die Reihenfolge des Anteils der einzelnen Monate in immer gleicher Weise heraus.

Trotz dieser "klimatologischen" Eigenschaft wurde versucht festzustellen, ob sich ein Unterschied in der Verteilung ergibt, je nachdem, ob die zonale Zirkulation auf der Nordhalbkugel verstärkt oder abgeschwächt war. Für die Zeitspanne 1878-1932 war verstärkte, für die Zeit 1933-1962 abgeschwächte Zonal-Zirkulation festgestellt worden. Es ergab sich, daß in der zuletzt genannten Zeit (abgeschwächte Zonal-Zirkulation) der Anteil der Monate Januar und Februar größer war als in der früheren Zeit, in den Monaten November, Dezember und März war es umgekehrt. Besonders deutlich waren die Unterschiede im Februar und November. Diese Feststellungen gelten sowohl für Berlin als auch für Hamburg.

Nehmen wir die Jahre bis 1832 zurück hinzu und unterstellen wir die Hypothese, daß die Zeitspannen, in denen Sonnenflecken-Zyklen mit hohen Maxima vorkommen auch abgeschwächte Zonal-Zirkulation haben, dann müßte die Zeit von 1832-1877 auch eine abgeschwächte Zonal-Zirkulation gehabt haben, wofür auch andere Anzeichen sprechen (s.a. in Kapitel IV a). Wir vergleichen also jetzt die zusammengefaßte Zeit 1832-1877 und 1933-1962 mit der Zeit 1878-1932. Es ergaben sich für Berlin bzw. für Hamburg folgende Prozentwerte für die einzelnen Monate:

	November	Dezember	Januar	Februar	März	
Berlin:						
1832/77 u. 1933/62	4,5	24,1	38,5	25,2	7,7	%
1878-1932	6,7	22,8	37,7	24,3	8,5	%
Hamburg:						
1832/77 u. 1933/62	4,1	23,6	37,8	26,1	8,4	%
1878-1932	5,3	22,0	38,2	24,9	9,0	%

Die Unterschiede in den beiden Epochen sind nicht sehr groß. Die Zunahme (Abnahme) vom Binnenland zur Küste in den beiden letzten (ersten) Monaten ist in jeder der beiden Epochen wieder zu erkennen. Aber bei den niedrigen Zyklen (verstärkte Zonal-Zirkulation) gehört der Januar nicht mehr zu den beiden ersten, sondern jetzt zu den beiden letzten Monaten (Zunahme). Sonst ist die Änderung von der einen zur anderen Epoche, die wir hier besonders vergleichen wollen, ähnlich wie eben geschildert. Im November und März findet von den hohen Zyklen (abge-

schwächte Zonal-Zirkulation) zu den niedrigen Zyklen (verstärkte Z.-Z.) eine Zunahme des Anteils statt, wie früher auch. Im Februar sinkt der Anteil, ebenfalls wie eben geschildert. Im Januar fällt der Anteil bei Berlin ab, wie oben beschrieben, doch nimmt er in Hamburg zu. Im Gegensatz zu oben (1878-1932 gegen 1933-1962) ist der Anteil des Dezember bei den niedrigen Zyklen nun kleiner.

Im Hinblick auf die nur kleinen Unterschiede könnte man zusammengefaßt sagen, daß der Anteil der Hauptwintermonate (Dezember-Februar) bei verstärkter Zonal-Zirkulation (niedrige Sonnenfleckenzahl) abnimmt, in Berlin um 3,0%, in Hamburg um 2,4% gegenüber der Zeit mit abgeschwächter Zonal-Zirkulation (hohe Sfl.-Z.), die der Randmonate November und März aber zunimmt. Im ganzen findet also bei verstärkter Zonal-Zirkulation ein gewisser Ausgleich statt. Die Verteilungskurve verläuft im ganzen flacher. Das wäre das einzige, was man unter gewissem Vorbehalt sagen könnte. Weitere Einzelheiten liegen im Bereich des Zufalls.

g. Die Zahl der Wintertage ein Maß für die Länge des Winters

Nach HELLMANN ist ein Tag mit einem Tagesmittel der Temperatur unter 0°C ein sog. "Wintertag". Eine Statistik der Wintertage ist geeignet, etwas über die Länge der Winterkälte auszusagen, während die Kältesumme im wesentlichen nur ihre Stärke erfaßt. Da aber die Länge des Winters bzw. die Andauer der kalten Abschnitte ebenso wichtig ist wie die Stärke, scheint es angebracht zu sein, auch für die Wintertage homogene Reihen zu entwickeln und ihre Eigenschaften abzuleiten. Nun liegen aber von den Wintertagen noch weniger Reihen vor als von den Kältesummen. Obwohl diese Reihen inzwischen vom Verfasser erweitert wurden, schien es zunächst fast unmöglich, aus diesem Material homogene Reihen abzuleiten. Aber auf der Grundlage dieser Arbeit über die Kältesummen und weil der Unterschied in den Wintertagen an zwei benachbarten Stationen nicht so sehr streut, wurde die Bearbeitung der Reihen der Wintertage doch in Angriff genommen. Über das Ergebnis dieser Arbeit soll demnächst an gleicher Stelle berichtet werden. Darüberhinaus soll eine "Wintercharakterzahl", in der sowohl die Stärke als auch die Dauer des Winters zum Ausdruck kommen, definiert und zur Diskussion gestellt werden. Da diese Arbeit bald abgeschlossen ist und interessante Ergebnisse bringt, wird im Rahmen dieser Arbeit auf die Wintertage nicht weiter eingegangen.

V. Schluß

Damit wollen wir diese statistische Untersuchung über die Stärke der Winter abschließen. Es mag für gewisse Zwecke richtiger sein, die homogen gemachten Beobachtungen direkt zu nehmen, ohne daß der wachsende

Stadteinfluß ausgeschaltet wurde. Aus diesem Grunde wurden die nicht an die jetzige Stationslage angeglichenen Reihen auch veröffentlicht.

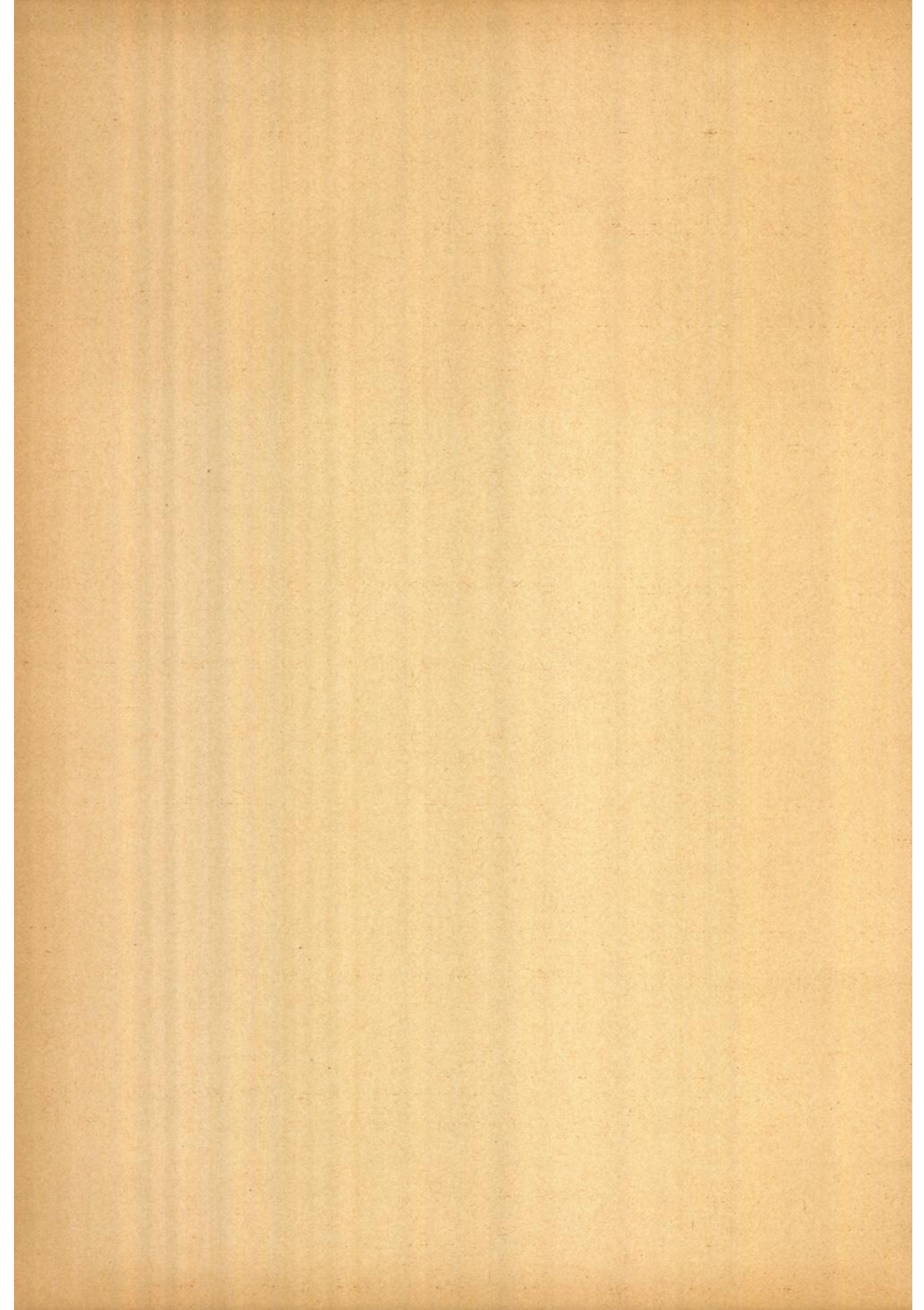
Diese vorliegende Arbeit möchte dazu anregen, daß noch weitere homogene Reihen von Kältesummen aufgestellt und berechnet werden. Gegebenenfalls wäre der Verfasser den Stellen dankbar, wenn man ihm diese Reihen übermitteln würde. Es könnte dann festgestellt werden, ob die hier vorgenommene Reduktionsmethode einwandfrei ist. Andererseits wäre es dann besser möglich, inhomogene Reihen zu korrigieren. Zum dritten wäre es denkbar, daß sich die Reduktionsfaktoren damit verbessern lassen. Und zuletzt könnte eine bessere gegenseitige Stützung der verschiedenen Reihen vorgenommen werden.

Im übrigen scheint es angebracht zu sein, jetzt noch wieder einige Jahre verstreichen zu lassen. Damit wäre die Ausgangsbasis für die Reduktionen der jetzt noch beobachtenden Stationen besser fundiert. Man brauchte dann keine Homogenisierung wie dieses Mal durchführen, sondern in der Hauptsache nur eine Reduktion. Vielleicht ändern sich dabei einige Mittelwerte um geringe Beträge.

Trotz dieser Mängel hofft der Verfasser, den Meteorologen der verschiedensten Arbeitsrichtungen ein wertvolles Material an die Hand geben zu haben.

Literatur:

1. Hellmann, G.: Über strenge Winter.
Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin, 1917, S. 738
2. Knoch, K.: Über die Strenge der Winter in Norddeutschland.
Meteor. Rdsch. 1 (1947) S. 137
3. Knoch, K.: Der milde Winter 1947/48 innerhalb der 180jährigen Beobachtungsreihe
Meteor. Rdsch. 2 (1949) S. 101
4. Richter, J.: Über Hamburger Winter, ihre Intensität und Reihenfolge
Ann. Meteor. 1 (1948) S. 193
5. Müller, Hans: Über die Behandlung von Mittelwerten aus einem Beobachtungsmaterial von geringem Umfang
Teil 1: Ann. Hydrogr. u. Marit. Meteor. 62 (1934) S. 418
Teil 2: " " " " 63 (1935) S. 155
Teil 3: " " " " 63 (1935) S. 224
6. Scherhag, R.: Die größte Kälteperiode seit 223 Jahren.
Berliner Wetterkarte, Beilage Nr. 29/63 SO 7/63 (1963)
7. Wahl, E.: Die Differenz- und Summenfunktion von Beobachtungsreihen
Meteor. Z. 60 (1943) S. 295
8. Wetterkarte des Seewetteramtes 11 (1963) Nrn. 45, 46, 92 - 94
9. Müller-Annen, H.: Über die Schwankungen der Zonal-Zirkulation
Meteor. Rdsch. 13 (1960) und 14 (1961) (6 Teile)
10. Lamb, H. H., and A. I. Johnson: Climatic variation and observed changes in the general circulation
Geogr. Ann. 41 (1959) S. 94



Verzeichnis der Tabellen

- Tab.1 $Q(x_i)$ in Abhängigkeit von der Kältesumme (x_i) der Ausgangsstation (Raum Hamburg und Raum Berlin, benachbarte Stationen)
- " 2 $Q(x_i)$ in Abhängigkeit von der Kältesumme (x_i) der Ausgangsstation (Raum Berlin gegen Norddeutschland)
- " 3 Beispiel zur Ermittlung unbekannter Kältesummen. ($Q(x_i)$ Raum Hamburg-Norddeutschland)
- " 4a Beispiel zur Korrektur einer inhomogenen Teilreihe aus der Hauptstation ($Q(x_i)$ Raum Hamburg)
- " 4b Beispiel zur Korrektur einer inhomogenen Teilreihe nach dem Gang dieser Teilreihe
- " 5 Beispiel zur Ermittlung der unstetigen Stellen in einer Reihe mit Hilfe der Summenfunktion
- " 6 Originalbeobachtungen der verschiedenen Berliner, Hamburger und Schleswiger Stationen
- " 7a Unterschiede in den Mittelwerten aus der Zeit 1880-1962
- " 7b D 500 für einige Stationspaare aus der Zeit 1880-1962
- " 8 Die homogenisierten Reihen der Kältesummen 1880-1962 (Berlin, Hamburg und Schleswig)
- " 9 Die homogenen Berliner und die daraus reduzierten Hamburger Reihen der Kältesummen, 1766-1879
- " 10a Reihen der Kältesummen nach Angleichung auf gleichbleibende Stationslage (1766-1962)
- " 10b Reihen der Kältesummen nach Angleichung auf gleichbleibende Stationslage (1880-1962)
- " 11 Häufigkeitsverteilungen der Kältesummen in 197 Wintern
- " 12 Zusammenstellung der kältesten und mildesten Winter (Berlin und Hamburg)

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb.1 Beziehungskurven der Kältesummen zweier Stationen
- " 2 Beziehung zwischen Mittelwert, Zentralwert und Streuung der Kältesummen
- " 3 Diagramm zur Ermittlung des Wintercharakters aus der Kältesumme
- " 4 Summenfunktion der Kältesummen von Berlin und Hamburg (1766-1962)
- " 5 Zusammenhängende Abschnitte überwiegend kalter bzw. milder Winter in Hamburg

x_1	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$Q(x_1)$	0,113	0,128	0,143	0,158	0,173	0,187	0,201	0,216	0,230	0,245
x_1	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$Q(x_1)$	0,259	0,273	0,286	0,300	0,313	0,327	0,340	0,353	0,366	0,379
x_1	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
$Q(x_1)$	0,392	0,404	0,417	0,429	0,442	0,454	0,466	0,478	0,489	0,501
x_1	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
$Q(x_1)$	0,513	0,524	0,535	0,546	0,557	0,568	0,578	0,589	0,599	0,610
x_1	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
$Q(x_1)$	0,620	0,630	0,639	0,648	0,658	0,668	0,677	0,686	0,696	0,705
x_1	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
$Q(x_1)$	0,714	0,723	0,731	0,740	0,748	0,756	0,764	0,772	0,780	0,788
x_1	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$Q(x_1)$	0,796	0,804	0,811	0,818	0,825	0,832	0,840	0,847	0,854	0,861
x_1	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395
$Q(x_1)$	0,868	0,874	0,880	0,886	0,892	0,898	0,902	0,907	0,913	0,918
x_1	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445
$Q(x_1)$	0,923	0,928	0,933	0,937	0,941	0,946	0,950	0,954	0,958	0,962
x_1	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495
$Q(x_1)$	0,966	0,970	0,974	0,977	0,980	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997
x_1	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545
$Q(x_1)$	1,000	1,003	1,006	1,009	1,012	1,014	1,017	1,020	1,023	1,026
x_1	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595
$Q(x_1)$	1,029	1,031	1,033	1,036	1,038	1,040	1,042	1,044	1,047	1,049
x_1	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645
$Q(x_1)$	1,051	1,053	1,055	1,057	1,059	1,061	1,063	1,065	1,067	1,069
x_1	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695
$Q(x_1)$	1,071	1,073	1,075	1,076	1,078	1,080	1,082	1,084	1,085	1,087
x_1	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745
$Q(x_1)$	1,089	1,090	1,092	1,093	1,095	1,096	1,097	1,099	1,100	1,102

$$750 = 1,103$$

Tabelle 1: $Q(x_1)$ in Abhängigkeit von der Kältesumme (x_1) der Ausgangsstation
(Raum Hamburg und Raum Berlin, benachbarte Stationen)

x_i	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$Q(x_i)$	0,068	0,083	0,098	0,114	0,129	0,144	0,158	0,173	0,187	0,202
x_i	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$Q(x_i)$	0,216	0,230	0,244	0,258	0,271	0,285	0,298	0,311	0,325	0,338
x_i	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
$Q(x_i)$	0,351	0,363	0,376	0,389	0,402	0,414	0,426	0,439	0,450	0,462
x_i	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
$Q(x_i)$	0,474	0,486	0,497	0,509	0,520	0,531	0,542	0,554	0,564	0,575
x_i	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
$Q(x_i)$	0,586	0,596	0,606	0,616	0,626	0,636	0,646	0,656	0,666	0,676
x_i	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
$Q(x_i)$	0,685	0,694	0,703	0,712	0,721	0,730	0,738	0,747	0,755	0,764
x_i	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$Q(x_i)$	0,773	0,781	0,788	0,796	0,803	0,811	0,819	0,826	0,833	0,840
x_i	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395
$Q(x_i)$	0,847	0,854	0,861	0,868	0,875	0,881	0,887	0,893	0,899	0,905
x_i	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445
$Q(x_i)$	0,910	0,916	0,921	0,926	0,931	0,937	0,940	0,947	0,952	0,957
x_i	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495
$Q(x_i)$	0,962	0,966	0,970	0,974	0,978	0,982	0,986	0,990	0,994	0,997
x_i	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545
$Q(x_i)$	1,000	1,003	1,006	1,009	1,011	1,013	1,016	1,019	1,021	1,024
x_i	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595
$Q(x_i)$	1,027	1,029	1,031	1,033	1,034	1,035	1,036	1,037	1,039	1,040
x_i	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645
$Q(x_i)$	1,041	1,041	1,042	1,042	1,042	1,043	1,043	1,043	1,044	1,044
x_i	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695
$Q(x_i)$	1,044	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,046	1,046	1,046	1,046
x_i	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745
$Q(x_i)$	1,046	1,047	1,047	1,047	1,047	1,047	1,048	1,048	1,048	1,048
x_i	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795
$Q(x_i)$	1,048	1,049	1,049	1,049	1,049	1,049	1,050	1,050	1,050	1,050

$$800 = 1,050$$

Tabelle 2: $Q(x_i)$ in Abhängigkeit von der Kältesumme (x_i) der Ausgangsstation
(Raum Berlin gegen Norddeutschland)

i	x_i	y_i	$y_i - x_i$	$Q(x_i)$	$D_{500} \cdot Q(x_i) = (y-x)_i$	y_i
1	125	105	-20	0,454	(-20)	(105)
2	330	300	-30	0,840	(-38)	(292)
3	150	125	-25	0,513	(-23)	(127)
4	490	445	-45	0,993	(-45)	(445)
5	220	185	-35	0,658	(-29)	(191)
6	300			0,796	-36	264
7	180			0,578	-26	154
8	250			0,714	-32	218
9	400			0,923	-41	359
10	600			1,051	-47	553

Tabelle 3: Beispiel zur Ermittlung unbekannter Kältesummen.
($Q(x_i)$ Raum Hamburg-Norddeutschland)

i	x_i	$Q(x_i)$	y'_i	$(y' - x)_i$	$y - y'$	$\frac{(y - y')^*}{d_{500} \cdot Q(x_i)} = (y - x)_i$	y_i
1	100	0,392	65	- 35		- 7	58
2	200	0,620	148	- 52		-11	137
3	300	0,796	235	- 65		-14	221
4	400	0,923	325	- 75		-16	309
5	500	1,000	420	- 80		-18	402
Σ	1500	3,731	1193	-307	-66	-66	1127

Tabelle 4a: Beispiel zur Korrektur einer inhomogenen Teilreihe aus der Hauptstation. ($Q(x_i)$ Raum Hamburg)

i	x_i	y_i	$Q(y_i)$	$(y-y')_i^{**}$	y_i
1	100	65	0,300	- 6	59
2	200	148	0,508	-10	138
3	300	235	0,686	-14	221
4	400	325	0,832	-17	308
5	500	420	0,941	-19	401
Σ	1500	1193	3,267	-66	1127

Tabelle 4b: Beispiel zur Korrektur einer inhomogenen Teilreihe nach dem Gang dieser Teilreihe.

i	x_i	y_i	$y_i - x_i = \Delta_1$	$Q(x_i)$	$(y-x)_i = \Delta_2$	$\Delta_2 - \Delta_1$	$\Sigma f(\Delta_2 - \Delta_1)$
1	123	75	-48	0,449	-41	+ 7,0	+ 7,0
2	250	186	-64	0,714	-65	- 1,0	+ 6,0
3	350	255	-95	0,868	-79	+16,0	+22,0
4	150	94	-56	0,513	-46,5	+ 9,5	+31,5
5	450	362	-88	0,966	-88	0,0	<u>+31,5</u>
6	100	65	-35	0,392	-35,5	- 0,5	+31,0
7	200	148	-52	0,620	-56	- 4,0	+27,0
8	300	235	-65	0,796	-72	- 7,0	+20,0
9	400	325	-75	0,923	-84	- 9,0	+11,0
10	500	420	-80	1,000	-91	-11,0	0,0
Σ	2823	2165	-658	7,241	-658	0,0	

Tabelle 5: Beispiel zur Ermittlung der unstetigen Stellen in einer Reihe mit Hilfe der Summenfunktion.

Jahr	Berlin		Hamburg	Schleswig	Jahr	Berlin		Hamburg			Schleswig	
	Da	St	S	KF		Da	St	S	F	A	KF	KH
1880	247	206	249		1910	57	36	12			24	
1881	46	27	31		1911	195	162	137			156	
1882	165	128	149		1912	75	55	33			43	
1883	57	36	31		1913	108	87	49			43	
1884	173	136	112		1914	102	73	42			58	
1885	324	268	219		1915	87	61	56			68	
1886	205	167	147		1916	288	237	164			182	
1887	302	249	244		1917	141		78			96	
1888	278	228	204		1918	110		78			69	
1889	140	106	104		1919	125		80			76	
1890	384	321	311		1920	109		58			34	
1891	195	158	157		1921	350		248			225	
1892	398	339	274		1922	81		52			44	
1893	149	118	93		1923	328		226			239	
1894	287	237	225		1924	66		43			36	
1895	158	123	68		1925	174		147			136	
1896	240	196	164		1926	62		29			28	
1897	31	15	7		1927	176		143			124	
1898	73	49	44		1928	503		385			338	
1899	241	197	155		1929	44		31			24	
1900	274	228	187		1930	138		91			100	
1901	84	60	74	102	1931	140		74			76	
1902	249	205	126	102	1932	191		126			98	
1903	122	92	55	57	1933	153		104	114		43	
1904	100	77	58	55	1934	119		66	86		54	
1905	72	53	57	65	1935	59		41	48		49	
1906	248	205	160	166	1936	162		119	132		109	
1907	124	92	70	97	1937	92		44	46	47	30	
1908	273	223	161	182	1938	128		114	118 (122)		94	
1909	42	24	32	35	1939	636		526	574 (582)		500	

Tabelle 6, Blatt 1.: Originalbeobachtungen der verschiedenen Berliner, Hamburger und Schleswiger Stationen.

	Berlin			Hamburg					Schleswig		
	Da	Sp	St	A	F	S	B	J	WA	KH	KF
Berlin (Da)	-10,3	-35,7		-33,0		-48,6		-67,3	-45,4	-53,5	
Hamburg (A)				-6,9	-15,6	-23,9	-34,3		-12,4	-20,5	-22,5
Hamburg (S)						-9,2	-20,8				
Hamburg (B)							-10,4				
Schleswig (WA)								-21,8		-8,1	-11,6

Tabelle 7 a: Unterschiede in den Mittelwerten aus der Zeit 1880-1962

Jahr	B e r l i n			H a m b u r g					S c h l e s w i g				
	Da	St	Tp	S	F	A	B	J	KF	KH	FL	BE	WA
1940	331			303	312(321)					306			
1941	474			459	480(492)					473			
1942	78			66	76 (81)					64			
1943	53			31	39 (42)					(16) 20			
1944	170			106	113(118)					(100)108			
1945	123			104(109)						(106)114			
1946	567			492	505	479(452)				(452)	455		
1947	90		84		62	50(43)				(59)	60		
1948	75		65		61	39(33)				(44)	45		
1949	131		122		76	61(53)				(66)	67		
1950	119		111		80	60(53)				(63)	64		
1951	54		42		46	28(23)				(38)	38		
1952	127		109		107	78(70)				96	95		
1953	306		298		218	191(174)				166	167		
1954	197		180		185	139	130			169	176		
1955	322		307		292	244				256	277		
1956	86		79		50	41				36	40		
1957	125		112		136	95				136	148		
1958	91		81		82	60				78	82		
1959	169		159		112	94				84	94		
1960	80		80		62	49				51	56		
1961	185		174		152	108				114	121		
1962	497		477		436	349				402	406		
1963	277		257		180	138				(132)	141		

Tabelle 6, Blatt 2.: Originalbeobachtungen der verschiedenen Berliner, Hamburger und Schleswiger Stationen.

	B e r l i n			H a m b u r g					Schleswig		
	Da	Tp	St	A	F	S	B	J	WA	KH	KF
Berlin (Da)	-20	-65		-66		-96		-132	-89	-105	
Hamburg (A)				-12	-33	-52	- 72		-26	- 43	-53
Hamburg (S)						-21	- 42				
Hamburg (B)							- 25				
Schleswig (WA)							- 49		- 18	-29	

Tabelle 7 b: D 500 für einige Stationspaare aus der Zeit 1880-1962

Jahr	Berlin		Hamburg		Schleswig		Jahr	Berlin		Hamburg	
	Da	Tp	A	J	KH	WA		Da	Tp	A	J
1880	247	234	260	207	229	241	1910	57	52	29	15
1881	46	41	34	19	25	28	1911	195	183	184	142
1882	165	155	158	120	135	144	1912	75	69	56	36
1883	57	52	34	19	25	28	1913	108	100	74	51
1884	173	162	118	87	99	107	1914	102	94	69	47
1885	324	308	228	182	199	211	1915	87	80	85	60
1886	205	193	155	117	133	141	1916	288	273	218	171
1887	302	287	256	204	225	237	1917	141	132	111	81
1888	278	264	213	167	185	196	1918	110	102	88	62
1889	140	131	111	81	93	100	1919	125	116	90	64
1890	384	367	324	264	288	302	1920	109	101	66	44
1891	195	183	166	127	142	152	1921	350	333	267	213
1892	398	380	325	265	289	303	1922	81	74	60	39
1893	149	139	122	90	103	110	1923	328	312	242	192
1894	287	272	270	216	238	251	1924	66	60	50	31
1895	158	148	95	68	79	85	1925	174	163	160	121
1896	240	227	203	158	176	187	1926	62	56	34	19
1897	31	27	19	7	12	15	1927	176	165	150	113
1898	73	67	62	41	49	54	1928	503	484	396	330
1899	241	228	193	149	167	177	1929	44	39	33	18
1900	274	260	228	180	199	211	1930	138	129	104	75
1901	84	77	97	69	106	113	1931	140	131	85	60
1902	249	235	157	119	107	116	1932	191	180	140	105
1903	122	114	74	51	60	66	1933	153	143	114	86
1904	100	93	77	53	58	64	1934	119	111	86	56
1905	72	66	77	53	68	74	1935	59	54	48	31
1906	248	235	195	151	172	182	1936	162	152	132	100
1907	124	115	106	77	101	108	1937	92	85	47	32
1908	273	259	215	168	189	200	1938	128	119	122	94
1909	42	38	52	33	38	43	1939	636	616	582	498

Tabelle 8, Blatt 1: Die homogenisierten Reihen der Kältesummen 1880 - 1962
(Berlin, Hamburg und Schleswig)

Jahr	Schleswig		Jahr	Berlin		Hamburg		Schleswig		
	KH	WA		Da	Tp	A	J	KH	WA	
1910	26	29	1940	331	315	321	265	306	320	
1911	162	172	1941	474	455	492	420	473	490	
1912	46	51	1942	78	72	81	54	64	70	
1913	46	52	1943	53	48	42	24	16	20	
1914	61	66	1944	170	159	118	87	100	107	
1915	72	78	1945	123	114	109	78	106	113	
1916	189	200	1946	567	547	505	452	452	469	
1917	100	107	1947	90	84	62	43	59	64	
1918	73	79	1948	75	65	61	33	44	49	
1919	80	86	1949	131	122	76	53	66	72	
1920	37	42	1950	119	111	80	53	63	69	
1921	233	246	1951	54	42	46	23	38	42	
1922	47	52	1952	127	109	107	70	96	104	
1923	246	258	1953	306	298	218	174	166	177	
1924	39	43	1954	197	180	185	130	169	176	
1925	142	151	1955	322	307	292	244	256	277	
1926	30	34	1956	86	79	50	41	36	40	
1927	129	138	1957	125	112	136	95	136	148	
1928	347	363	1958	91	81	82	60	78	82	
1929	26	30	1959	169	159	112	94	84	94	
1930	104	111	1960	80	80	62	49	51	56	
1931	80	86	1961	185	174	152	108	114	121	
1932	103	111	1962	497	477	436	349	402	406	
1933	47	54	Summe:							
1934	58	64	15130		12371		10669			
1935	49	53	14255		9527		11339			
1936	109	117	1963	277	257	180	138	132	141	
1937	30	34								
1938	94	102								
1939	500	518								

Tabelle 8, Blatt 2: Die homogenisierten Reihen der Kältesummen 1880 -
(Berlin, Hamburg und Schleswig)

Jahr	Berlin		Hamburg		Jahr	Berlin		Hamburg	
	Da	St	A	J		Da	St	A	J
1766	240	201	194	150	1796	177	140	180	103
1767	270	222	217	170	1797	74	48	52	33
1768	96	72	72	50	1798	661	567	572	500
1769	233	188	184	142	1799	638	546	550	478
1770	338	280	276	222	1800	157	125	122	90
1771	123	91	92	66	1801	193	158	152	116
1772	145	112	110	81	1802	483	414	409	342
1773	170	135	132	98	1803	318	263	259	206
1774	320	267	262	209	1804	603	516	518	446
1775	433	369	364	300	1805	109	78	80	56
1776	336	280	275	220	1806	88	63	64	43
1777	211	171	167	128	1807	227	184	180	139
1778	84	66	63	43	1808	528	450	448	380
1779	202	164	160	122	1809	248	202	198	154
1780	186	151	146	110	1810	304	253	248	196
1781	290	241	236	186	1811	217	174	171	132
1782	143	109	108	80	1812	480	407	404	338
1783	484	411	408	342	1813	477	404	401	336
1784	331	278	272	218	1814	282	235	229	180
1785	263	216	211	165	1815	298	246	242	190
1786	232	195	187	145	1816	169	137	132	99
1787	172	133	132	98	1817	155	123	120	89
1788	755	652	662	589	1818	114	89	87	62
1789	51	31	36	20	1819	457	387	384	318
1790	46	26	32	16	1820	355	296	292	236
1791	295	241	238	188	1821	21	13	21	8
1792	208	167	164	125	1822	546	469	466	397
1793	95	71	70	48	1823	37	18	24	10
1794	537	458	456	388	1824	92	71	70	48
1795	87	65	65	44	1825	231	194	186	144

Tabelle 9, Blatt 1: Die homogenen Berliner und die daraus reduzierten Hamburger Reihen der Kältesummen, 1766 - 1879

Jahr	Berlin		Hamburg		Jahr	Berlin		Hamburg	
	Da	St	A	J		Da	St	A	J
1826	357	301	295	238	1856	210	167	257	205
1827	322	268	263	210	1857	299	246	219	172
1828	430	363	359	296	1858	105	79	49	31
1829	791	683	695	622	1859	188	149	144	108
1830	283	236	230	182	1860	336	285	268	215
1831	191	151	148	112	1861	203	162	128	95
1832	214	172	139	104	1862	101	76	41	25
1833	64	41	32	17	1863	282	235	252	201
1834	78	53	49	31	1864	391	327	284	229
1835	233	190	103	75	1865	37	20	27	13
1836	240	195	154	117	1866	135	104	122	90
1837	590	509	374	309	1867	166	135	127	90
1838	218	175	171	132	1868	102	76	73	50
1839	247	201	167	128	1869	279	228	205	160
1840	538	460	348	286	1870	483	413	387	321
1841	183	151	115	84	1871	132	103	81	57
1842	107	79	68	46	1872	78	57	58	38
1843	162	129	160	122	1873	49	31	34	19
1844	590	505	536	461	1874	254	207	226	178
1845	101	77	68	46	1875	255	209	153	116
1846	400	337	398	332	1876	175	137	133	98
1847	453	386	415	347	1877	43	26	32	17
1848	240	197	236	187	1878	193	155	224	177
1849	460	390	392	326	1879	296	245	226	179
1850	108	77	62	42	Summe	29739	24539	24324	19498
1851	86	60	95	68					
1852	190	152	261	208					
1853	228	186	252	201					
1854	407	344	469	397					
1855	321	266	310	252					

Tabelle 9, Blatt 2: Die homogenen Berliner und die daraus reduzierte Hamburger Reihen der Kältesummen, 1766 - 1879

Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J
1766	197	158 118	1786	192	154 114	1806	66	48 31	1826	316	263 207	1846	364	372 306
1767	220	178 135	1787	135	106 75	1807	190	152 113	1827	283	233 182	1847	414	384 319
1768	70	52 33	1788	650	580 508	1808	457	392 325	1828	381	321 260	1848	216	219 169
1769	188	150 112	1789	31	25 10	1809	208	167 126	1829	706	636 564	1849	420	363 297
1770	278	228 178	1790	26	21 7	1810	258	211 173	1830	251	203 157	1850	90	51 32
1771	92	70 47	1791	243	198 152	1811	182	145 107	1831	165	131 96	1851	72	87 60
1772	111	85 60	1792	168	133 98	1812	418	355 291	1832	186	120 85	1852	171	249 196
1773	134	105 74	1793	70	52 33	1813	416	353 290	1833	48	21 9	1853	207	237 186
1774	264	216 167	1794	457	392 325	1814	242	197 151	1834	62	38 23	1854	374	445 375
1775	364	306 246	1795	64	46 29	1815	255	208 160	1835	204	82 54	1855	293	289 231
1776	278	228 178	1796	140	110 78	1816	142	112 80	1836	210	133 96	1856	188	243 191
1777	170	135 99	1797	50	35 21	1817	130	101 72	1837	536	334 270	1857	272	200 153
1778	62	45 28	1798	570	501 429	1818	94	71 48	1838	192	153 114	1858	93	42 24
1779	162	128 94	1799	550	481 410	1819	402	340 278	1839	220	149 110	1859	171	134 97
1780	148	117 84	1800	126	98 69	1820	309	256 202	1840	487	311 249	1860	313	250 197
1781	238	194 148	1801	159	126 92	1821	16	14 4	1841	164	100 69	1861	185	117 83
1782	110	85 59	1802	416	353 290	1822	483	417 348	1842	90	56 36	1862	90	33 19
1783	410	348 285	1803	267	219 170	1823	23	18 5	1843	142	146 108	1863	261	237 176
1784	277	228 177	1804	524	456 386	1824	76	57 37	1844	538	499 426	1864	361	264 209
1785	216	175 132	1805	83	63 41	1825	204	164 123	1845	88	59 37	1865	28	23 10

Tabelle 10 a, Blatt 1: Reihen der Kältesummen nach Angleichung auf gleichbleibende Stationslage (1766-1962)

Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J	Jahr	Berlin Da	Hamburg A J
1866	122	114 83	1886	195	146 109	1906	239	187 144	1926	58	31 17	1946	562	500 448
1867	154	119 84	1887	287	244 194	1907	116	101 73	1927	170	145 109	1947	89	61 42
1868	92	67 44	1888	264	201 157	1908	261	206 160	1928	495	388 322	1948	74	60 32
1869	259	193 147	1889	130	104 75	1909	36	48 30	1929	42	31 17	1949	129	74 51
1870	453	367 301	1890	365	309 251	1910	50	23 13	1930	135	102 73	1950	117	78 51
1871	120	73 49	1891	186	158 120	1911	190	177 136	1931	137	83 58	1951	53	45 22
1872	70	52 33	1892	380	308 251	1912	70	50 31	1932	187	136 102	1952	127	107 70
1873	41	28 15	1893	140	114 83	1913	105	68 46	1933	149	111 83	1953	306	218 174
1874	236	215 166	1894	273	258 206	1914	94	64 43	1934	116	83 53	1954	197	185 130
1875	240	144 105	1895	148	88 62	1915	80	80 56	1935	57	47 30	1955	322	292 244
1876	162	126 89	1896	228	193 150	1916	276	209 163	1936	158	129 97	1956	86	50 41
1877	36	28 14	1897	25	18 7	1917	136	107 78	1937	89	44 30	1957	125	136 95
1878	180	215 167	1898	66	57 37	1918	105	83 58	1938	135	120 92	1958	91	82 60
1879	279	217 169	1899	232	185 142	1919	120	86 60	1939	626	572 488	1959	169	112 94
1880	234	247 196	1900	264	218 172	1920	105	62 41	1940	328	319 263	1960	80	62 49
1881	38	28 16	1901	78	93 66	1921	340	258 205	1941	470	489 417	1961	185	152 108
1882	152	149 112	1902	240	148 111	1922	77	57 37	1942	77	80 53	1962	497	436 349
1883	48	27 15	1903	114	68 46	1923	319	233 184	1943	52	41 23	<u>Summe:</u>		
1884	160	108 79	1904	95	71 49	1924	62	47 28	1944	168	116 85	40413	33296	
1885	308	215 171	1905	68	72 49	1925	168	155 117	1945	121	108 77		25881	
												<u>Mittel:</u>		
												205,1	169,0	
													131,4	

Tabelle 10 a, Blatt 2: Reihen der Kältesummen nach Angleichung auf gleichbleibende Stationslage (1766-1962)

Jahr	Schleswig		Jahr	Schleswig		Jahr	Schleswig	
	KH	WA		KH	WA		KH	WA
1880	217	229	1910	21	23	1940	304	318
1881	20	22	1911	156	165	1941	470	487
1882	127	136	1912	41	46	1942	63	69
1883	20	22	1913	41	47	1943	15	19
1884	90	98	1914	57	61	1944	98	105
1885	187	199	1915	68	73	1945	105	112
1886	125	133	1916	181	192	1946	447	464
1887	214	226	1917	96	103	1947	58	63
1888	174	185	1918	69	74	1948	43	48
1889	87	94	1919	76	82	1949	64	70
1890	274	288	1920	34	38	1950	61	67
1891	135	145	1921	225	237	1951	37	41
1892	273	287	1922	44	49	1952	96	104
1893	96	103	1923	238	250	1953	166	177
1894	227	240	1924	36	40	1954	169	176
1895	73	79	1925	137	146	1955	256	277
1896	167	178	1926	27	31	1956	36	40
1897	11	14	1927	125	133	1957	136	148
1898	45	49	1928	339	355	1958	78	82
1899	160	170	1929	24	28	1959	84	94
1900	190	202	1930	102	109	1960	51	56
1901	102	109	1931	78	84	1961	114	121
1902	99	108	1932	99	107	1962	402	406
1903	55	61	1933	44	51	Summe:	10291	10946
1904	53	58	1934	55	61			
1905	64	69	1935	48	52			
1906	165	175	1936	106	114			
1907	97	103	1937	27	31			
1908	181	191	1938	92	100			
1909	34	39	1939	490	508			

Tabelle 10 b.: Reihen der Kältesummen nach Angleichung auf gleichbleibende Stationslage (1880-1962).

Kältesumme:	0 -49	50 -99	100 -149	150 -199	200 -249	250 -299	300 -349	350 -399	400 -449	450 -499	500 -549	550 -599	über 600	
Berlin (Da) f	13	40	32	33	19	20	9	7	7	8	3	3	3	197
" " %	6,6	20,3	16,2	16,8	9,6	10,2	4,6	3,6	3,6	4,1	1,5	1,5	1,5	100 %
Hamburg (A) f	27	41	41	23	26	8	9	10	3	4	2	2	1	197
" " %	13,7	20,8	20,8	11,7	13,2	4,1	4,6	5,1	1,5	2,0	1,0	1,0	0,5	100 %
Hamburg (J) f	51	50	27	31	9	11	8	2	5	1	1	1		197
" " %	25,9	25,4	13,7	15,7	4,6	5,6	4,1	1,0	2,5	0,5	0,5	0,5		100 %

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilungen in 197 Wintern.

I. Kälteste Winter						II. Mildeste Winter					
Berlin, Da		Hamburg, A		Hamburg, J		Berlin, Da		Hamburg, A		Hamburg, J	
Jahr	KS	Jahr	KS	Jahr	KS	Jahr	KS	Jahr	KS	Jahr	KS
1829	706	1829	636	1829	564	1821	16	1821	14	1821	4
1788	650	1788	580	1788	508	1823	23	1823	18	1823	5
<u>1939</u>	626	<u>1939</u>	572	<u>1939</u>	488	<u>1897</u>	25	<u>1897</u>	18	1790	7
1798	570	1798	501	<u>1946</u>	448	1790	26	1790	21	<u>1897</u>	9
<u>1946</u>	562	<u>1946</u>	500	1798	429	1865	28	1833	21	1789	10
1799	550	1844	499	1844	426	1789	31	1865	23	1833	10
1844	538	<u>1941</u>	489	<u>1941</u>	417	1877	36	<u>1910</u>	23	1865	10
1837	536	1799	481	1799	410	<u>1909</u>	36	1789	25	<u>1910</u>	13
1804	524	1804	456	1804	386	<u>1881</u>	38	<u>1883</u>	27	1877	14
<u>1962</u>	497	1854	445	1854	375	1873	41	1873	28	1873	15
<u>1928</u>	495	<u>1962</u>	436	<u>1962</u>	349	<u>1929</u>	42	1877	28	1883	15
1840	487	1822	417	1822	348	1833	48	<u>1881</u>	28	<u>1881</u>	16
1822	483	1794	392	1794	325	1883	48	<u>1926</u>	31	<u>1926</u>	17
<u>1941</u>	470	1808	392	1808	325	1797	50	<u>1929</u>	31	<u>1929</u>	17
1794	457	<u>1928</u>	388	<u>1928</u>	322	1910	50	1862	33	1862	19
1808	457	1847	384	1847	319	1943	52	1797	35	1797	21
1870	453	1846	372	1846	306	<u>1951</u>	54	1834	38	<u>1951</u>	22
1849	420	1870	367	1870	301	<u>1935</u>	57	<u>1943</u>	41	1834	23
1812	418	1849	363	1849	297	<u>1926</u>	58	1858	42	<u>1943</u>	23
		1812	355	1812	291			<u>1937</u>	44	1858	24

Tabelle 12: Zusammenstellung der kältesten und mildesten Winter
(Berlin und Hamburg)

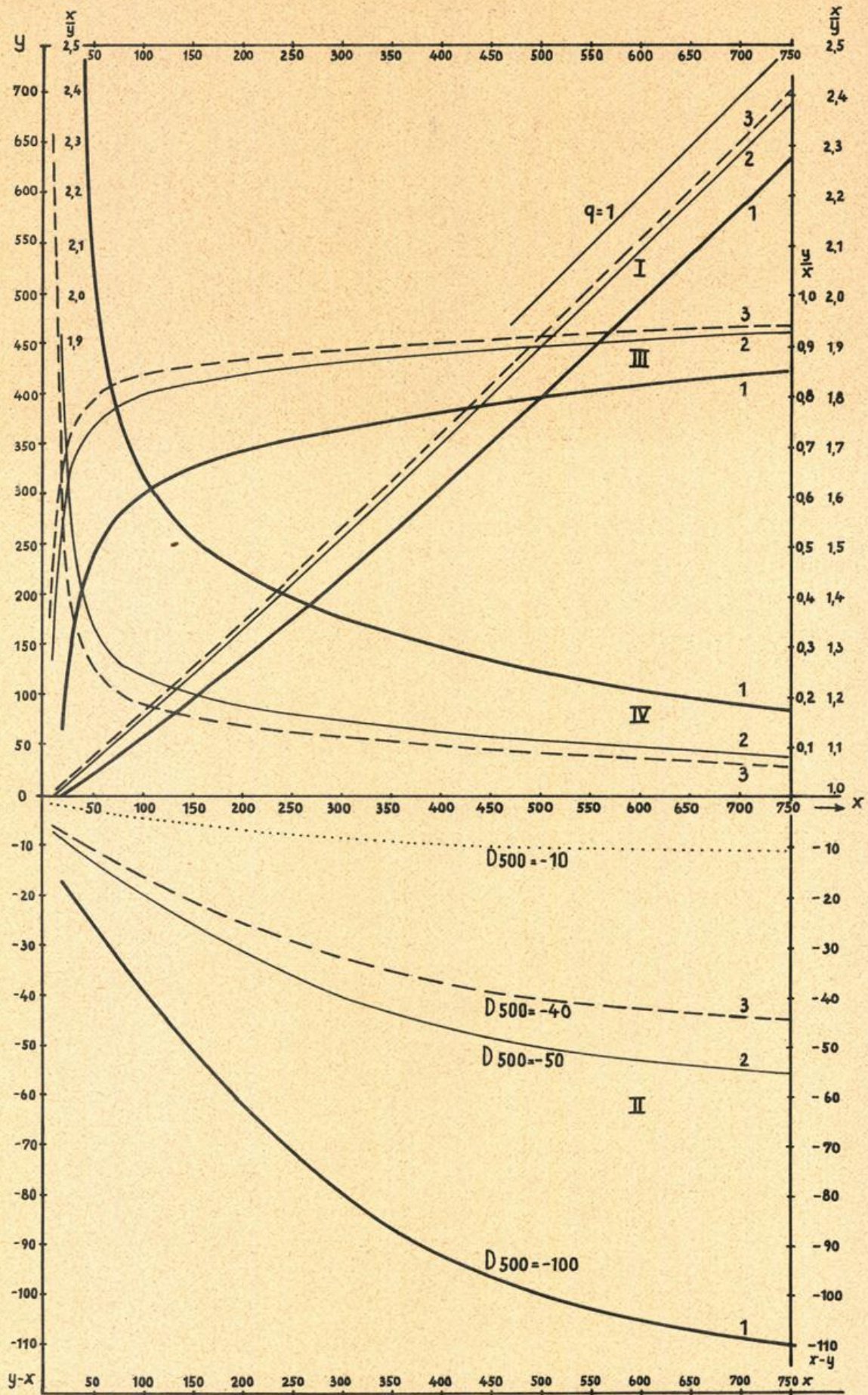
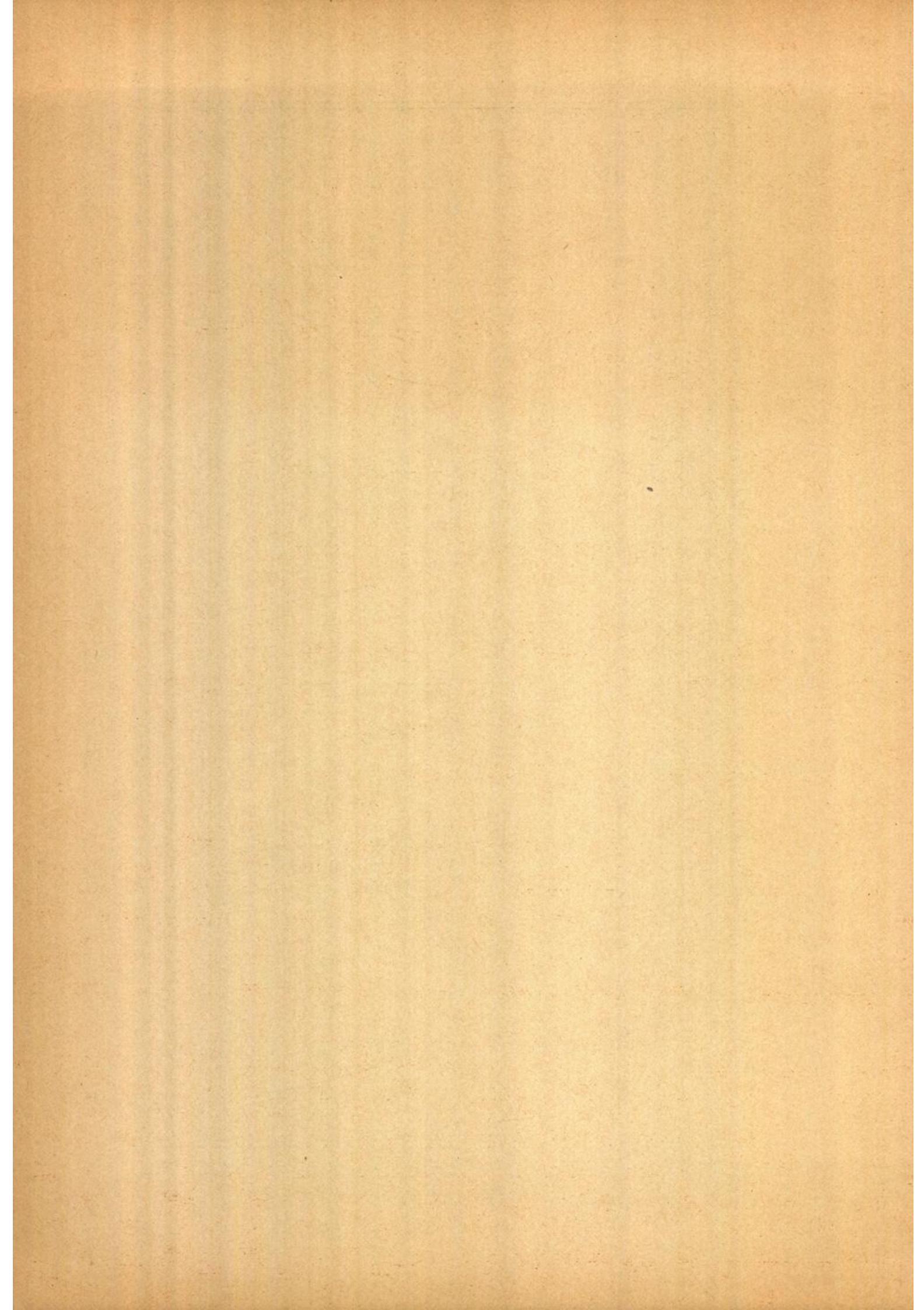


Abb.1 Beziehungskurven d. Kältesummen zweier Stationen (x kälter als y)

I: $x \rightarrow y$, II: $x \rightarrow (y-x)$, III: $x \rightarrow \frac{y}{x}$, IV: $x \rightarrow \frac{x}{y}$



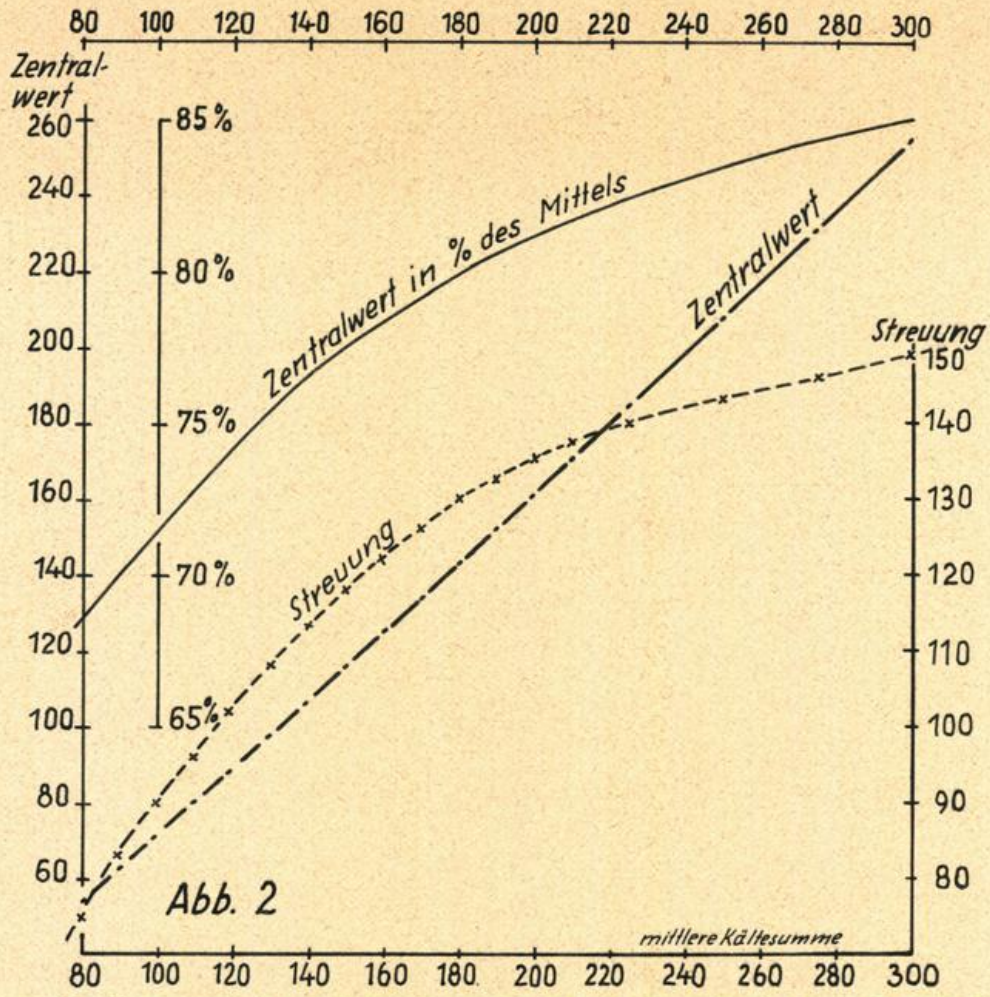


Abb. 2
Beziehung zwischen Mittelwert, Zentralwert und Streuung der Kältesummen

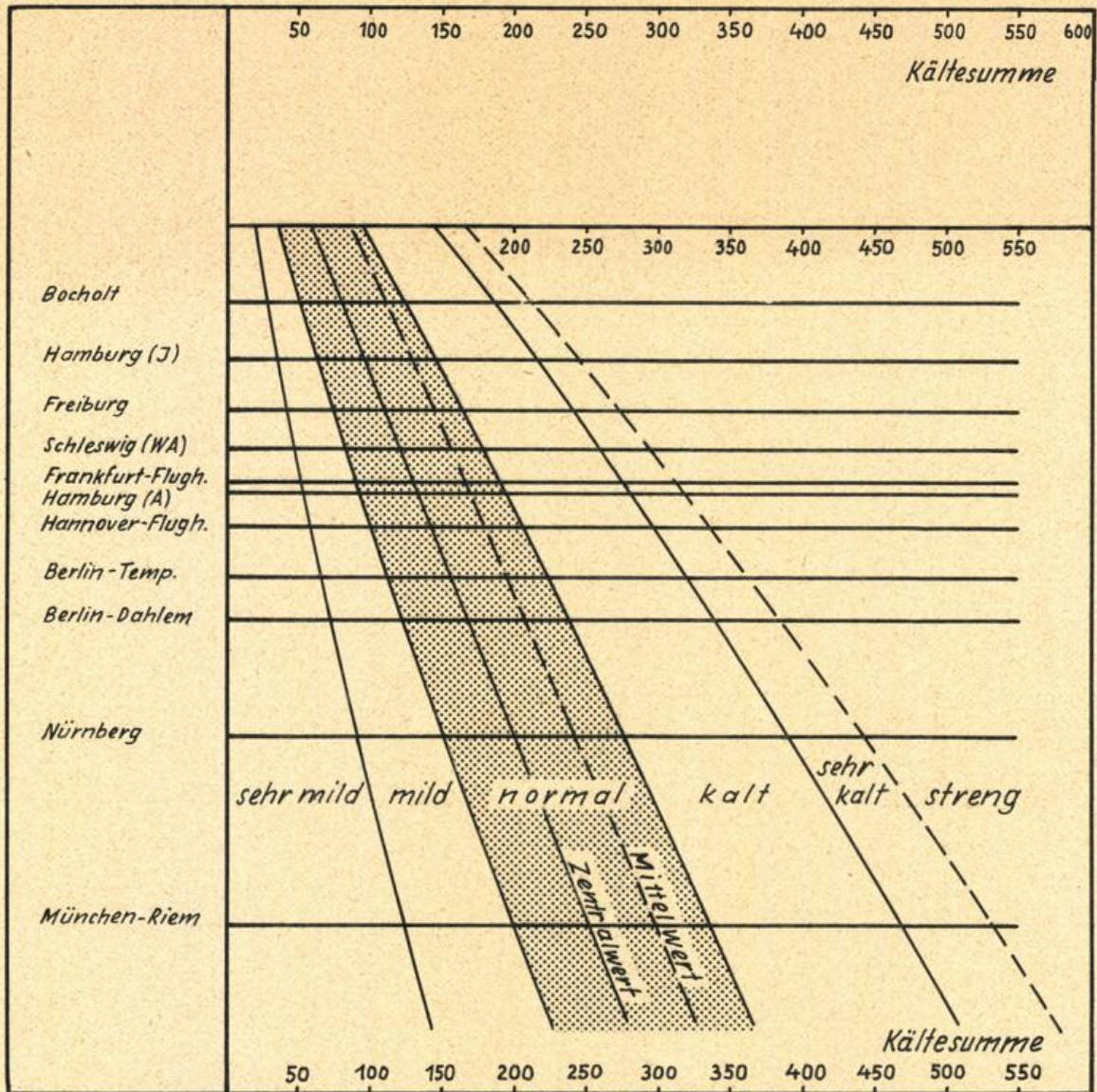


Abb. 3 Diagramm zur Ermittlung des Wintercharakters aus der Kältesumme

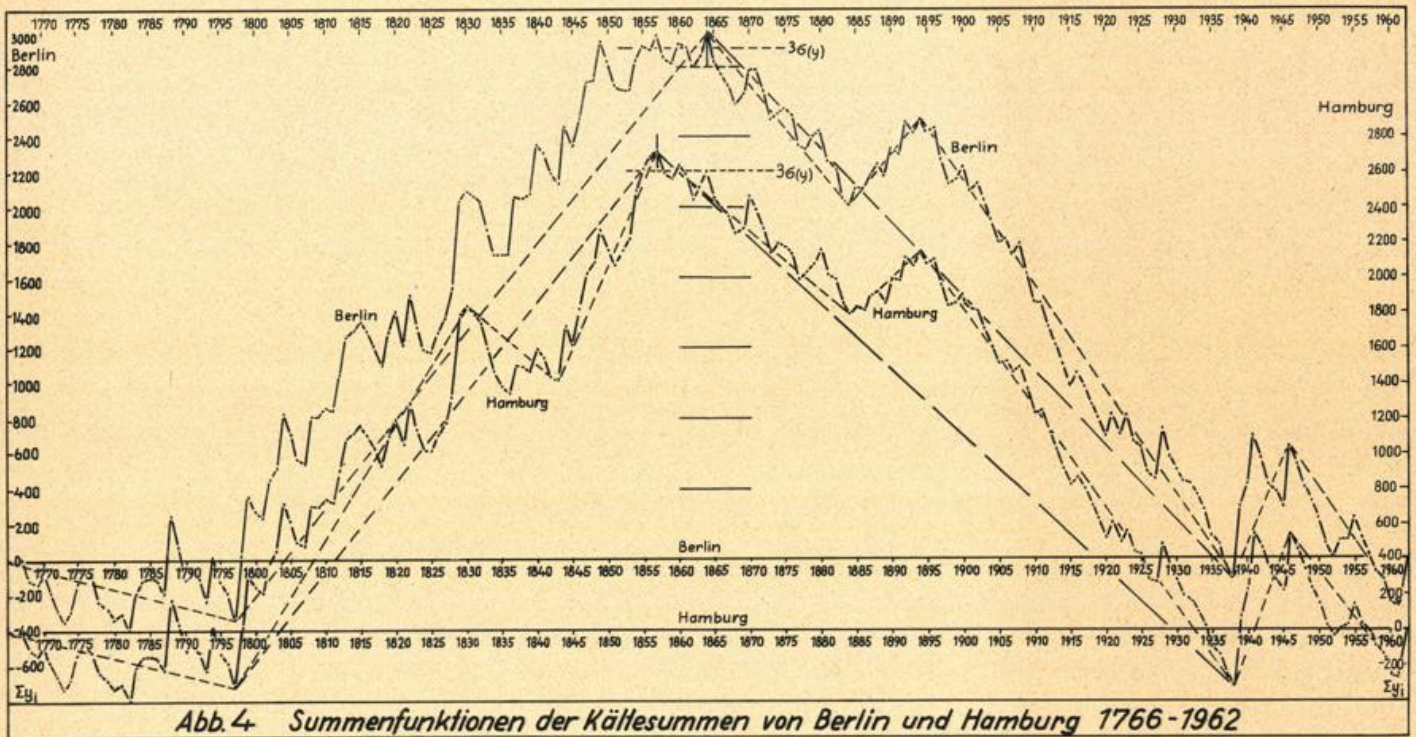


Abb. 4 Summenfunktionen der Kältesummen von Berlin und Hamburg 1766-1962

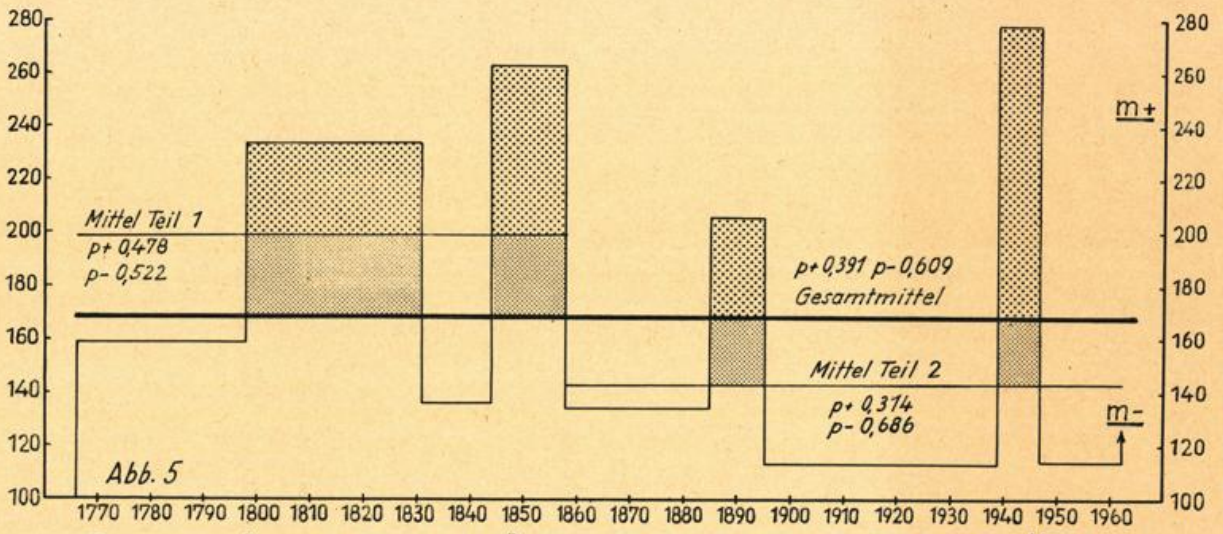
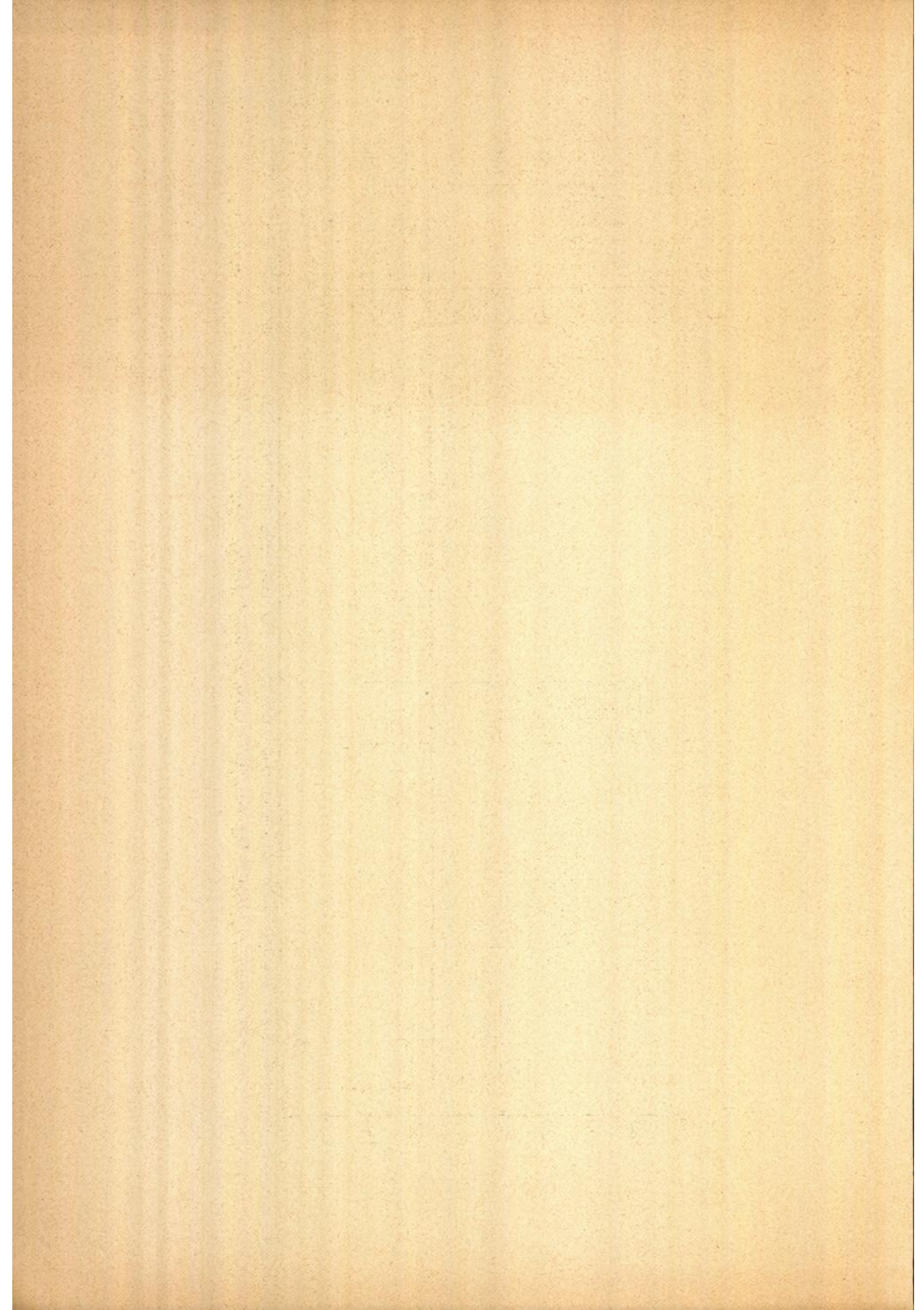
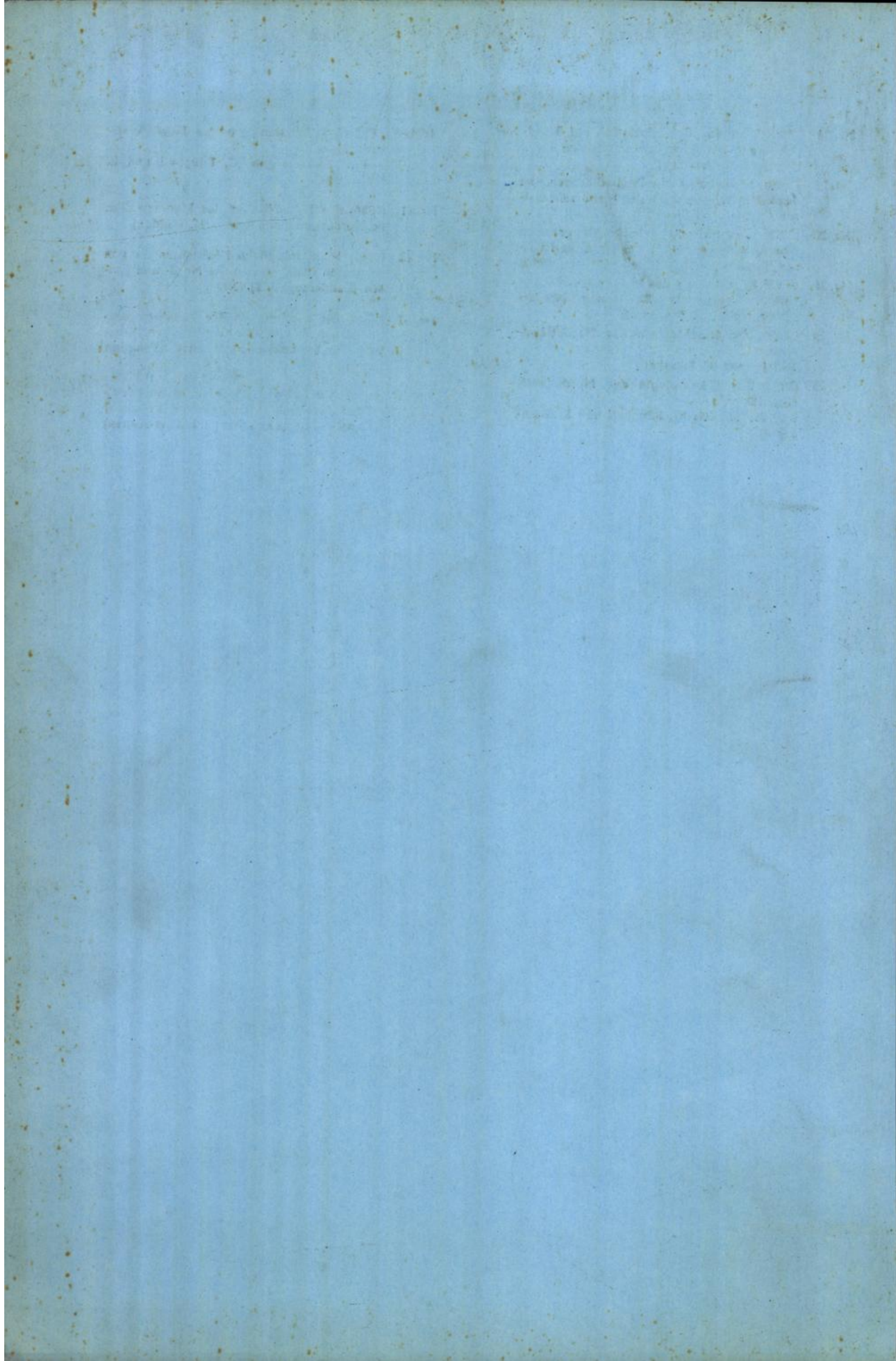


Abb. 5
Zusammenhängende Abschnitte überwiegend kalter bzw. milder Winter in Hamburg



- Nr. 34 (1962) Über den Geländeeinfluß auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg (E. Franken)
- Nr. 35 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1958
- Nr. 36 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1959
- Nr. 37 (1963) Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 2: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel (H. Markgraf)
- Nr. 38 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 1: Text (C. Pflugbeil)
- Nr. 39 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 2: Tabellen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 40 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 3: Abbildungen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 41 (1964) Die Eigenschaften der Meereswellen im Nordatlantischen Ozean (H. Walden)
- Nr. 42 (1964) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1960
- Nr. 43 (1964) Die Bestimmung des Tiefwasserseegangs aus seinen skalar-spektralen Komponenten bei bekannten Windverhältnissen (J. Piest)
- Nr. 44 (1964) Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum; Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen (H. Müller-Annem)



DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 48

Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum

Teil 2

Herstellung langjähriger Reihen der Zahl der Wintertage.
Ableitung einer Winter- und Kältezahl.

von

Dr. Hans Müller-Annem



Hamburg
1965

EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN

des Seewetteramtes

- Nr. 1 (1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 2 (1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939-1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf)
- Nr. 3 (1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf)
- Nr. 4 (1954): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer
Teil 1: Temperatur des Oberflächenwassers und Temperatur-Differenz Luft — Wasser (H. J. Bullig und P. Bintig)
Teil 2: Windverhältnisse (H. Markgraf und P. Bintig)
- Nr. 5 (1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa—Südamerika (H. J. Bullig)
- Nr. 6 (1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 7 (1955): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im Januar und Juli nach Beobachtungen deutscher Schiffe aus dem Zeitraum 1925—1939 (H. Markgraf)
- Nr. 8 (1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll)
- Nr. 9 (1956): Laderaum-Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg (vergriffen)
- Nr. 10 (1956): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer
Teil 3: Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel.
Tabellen-Anhang zu den Teilen 1 bis 3 (H. Markgraf u. P. Bintig)
- Nr. 11 (1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Samlenski und G. Kerner)
- Nr. 12 (1957): Sturmwetterlagen bei Island 1950—1954 (H. O. Mertins)
- Nr. 13 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953
- Nr. 14 (1957): Nebel in der Deutschen Bucht
A: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen (P. Bintig)
B: Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee (H. Markgraf)
- Nr. 15 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1954
- Nr. 16 (1958): Zur Niederschlagsmessung auf See: Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf Feuerschiffen und benachbarten Inseln (H. U. Roll)
- Nr. 17 (1958): Statistik der Meereswellen in der Nordsee (O. Petri)
- Nr. 18 (1958): Die winderzeugten Meereswellen. Teil I: Beobachtungen des Seeganges und Ermittlung der Windsee aus den Windverhältnissen (H. Walden).
Heft 1: Text; Heft 2: Abbildungen
- Nr. 19 (1958): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1955
- Nr. 20 (1959): Statistisch-synoptische Untersuchung über das Verhalten von Tiefdruckgebieten im Bereich von Grönland (H. Walden)
- Nr. 21 (1959): Zur Theorie der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche (W. Brogmus)
- Nr. 22 (1959): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1956
- Nr. 23 (1959): Hamburger Wetterdaten für das Bauwesen (R. Reidat)
- Nr. 24 (1960): 1. Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern für Seegangsmessungen. — 2. Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln, insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen (A. Lang)
- Nr. 25 (1960): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im April und Oktober (H. Markgraf)
- Nr. 26 (1960): Der Seegang bei den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ (H. Walden)
- Nr. 27 (1960): Ergebnisse der 3. Laderaum-meteorologischen Forschungsfahrt auf TS „Düsseldorf“ an die Westküste Südamerikas, 1958 (E. Höller)
- Nr. 28 (1960): Beiträge zur Meteorologie Mittelamerikas (insbesondere El Salvadors) (W. H. Portig)
- Nr. 29 (1961): Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 1: Windkarten (H. Markgraf)
- Nr. 30 (1961): Vergleichsmessungen des Seeganges mit verschiedenen Meßgeräten und ihre Auswertung (H. Walden u. J. Piest)
- Nr. 31 (1961): Die Luft- u. Wassertemperaturen auf den Fischfangplätzen bei Island (H. U. Roll)
- Nr. 32 (1961): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1957
- Nr. 33 (1962): Einige Methoden und Probleme aus dem Bereich der Maritimen Klimatologie (H. Markgraf)
- Nr. 34 (1962) Über den Geländeeinfluß auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg (E. Franken)

DEUTSCHER WETTERDIENST
Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen
Nr. 48

Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum

Teil 2

Herstellung langjähriger Reihen der Zahl der Wintertage.
Ableitung einer Winter- und Kältezah.

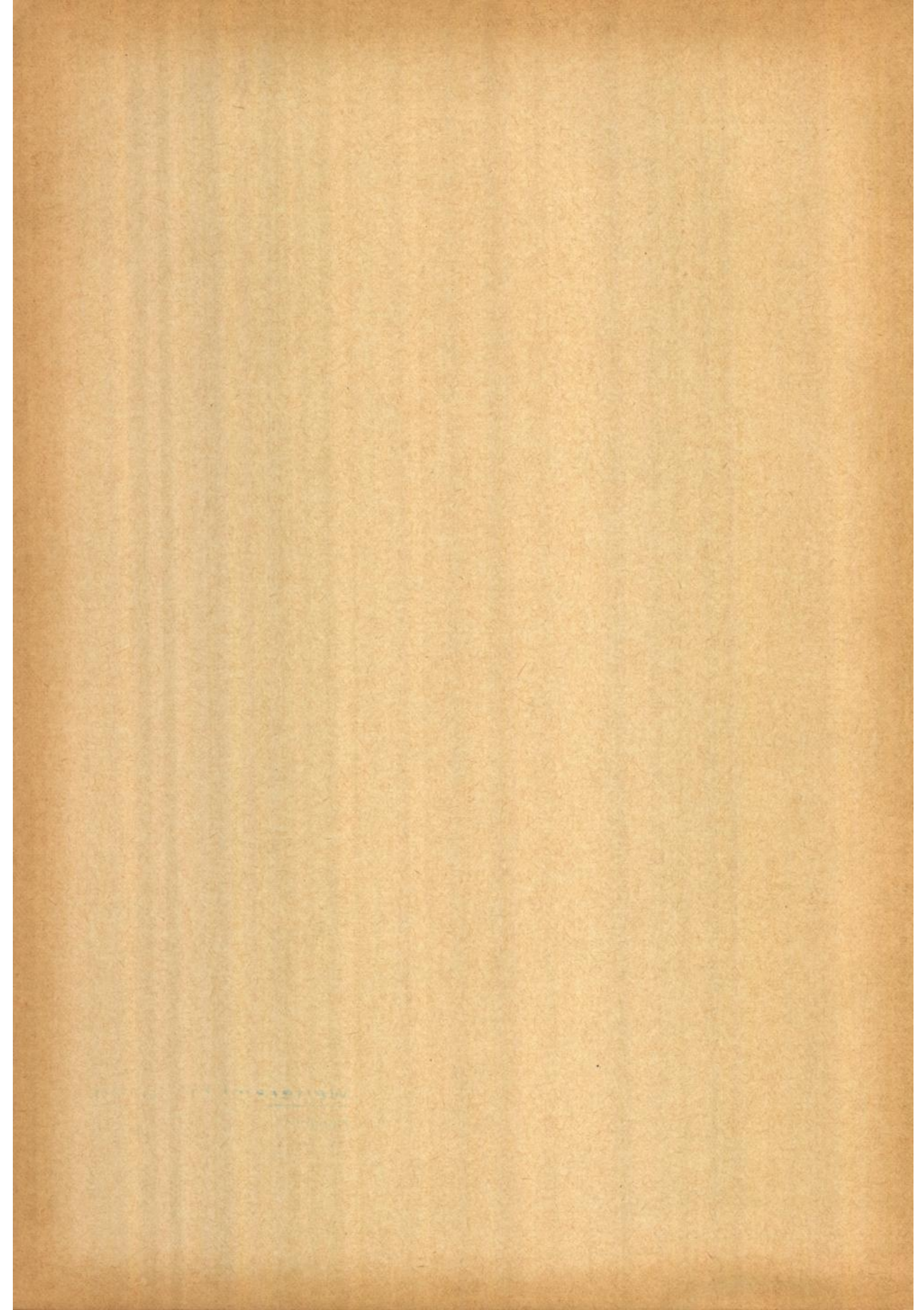
von

Dr. Hans Müller-Annen



Hamburg
1965

Wetteramt München
Handbücherei Nr. 43.18



B e r i c h t i g u n g e n

zu

"Einzelveröffentlichungen" Nr.48

(Müller-Annem, Kälte der Winter, Teil 2)

Seite 13

2.Absatz von oben, 5.Zeile:

lies: mitgeteilte statt: mittgeteilte

Seite 21

Die letzte Formel lies: $k = \frac{\bar{x} \left(\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - 1 \right)}{\bar{y} - \bar{x}} .$

Seite 29

7.Zeile von unten

lies: Verwendung statt: Verwndung

Seite 30

3.Zeile von oben

ergänze: Werte von η , daß ...

2.Absatz, 3.Zeile von unten

streiche am Schluß der Zeile: = 0,

Seite 31

5.Zeile von oben

lies: 1823 statt: 1832

6.Zeile von oben

ergänze: ... Fehler von $\sigma_{\Delta z} = \pm 6.072, \dots$

7.Zeile von oben

ergänze: $\eta_z = 0,949. \dots$

Seite 41

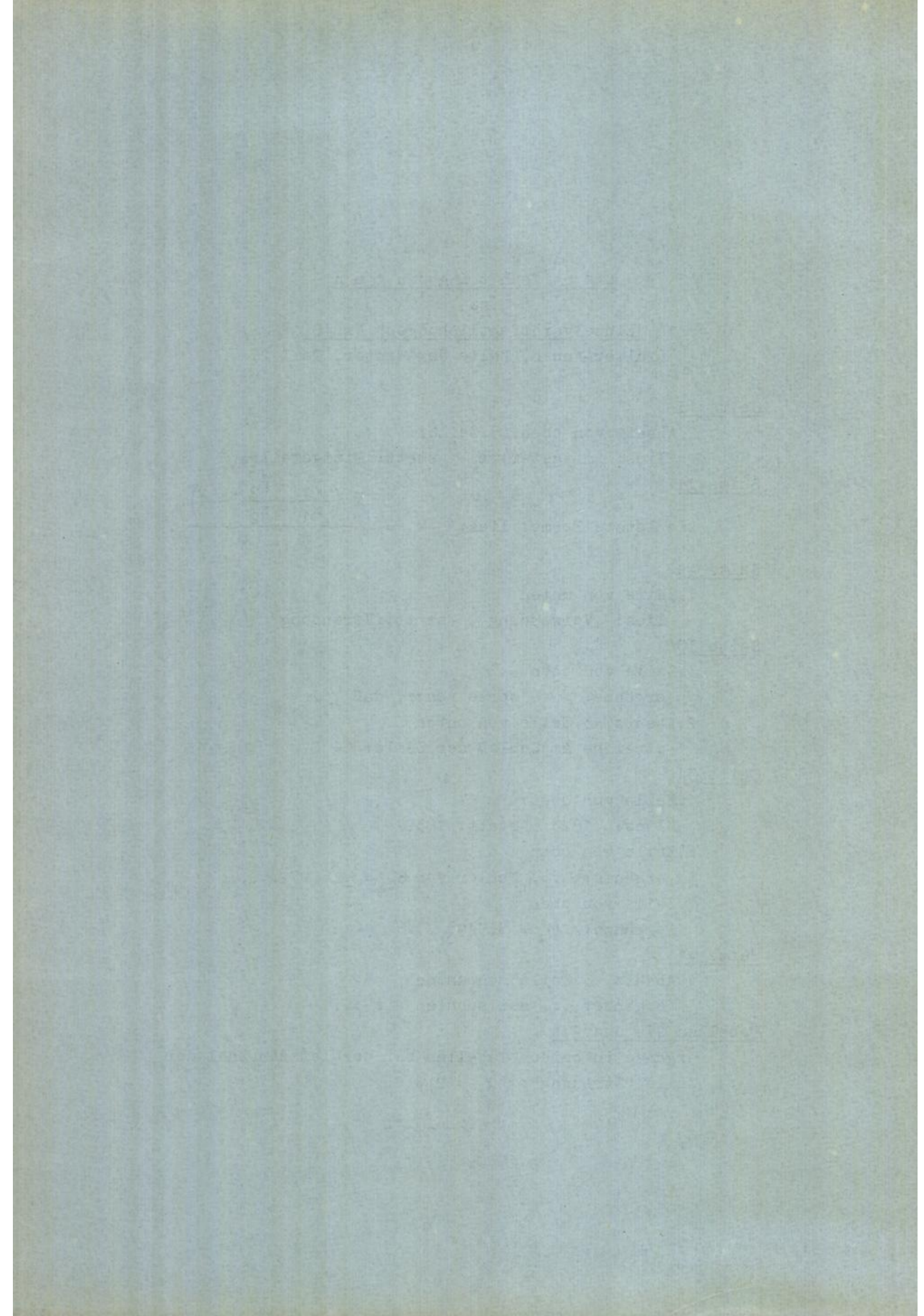
1.Absatz, 3.Zeile von unten

ergänze: ... sei auch an die ...

Tabellen 27a und 27b

ergänze in beiden Tabellen bei der letzten Zahl der Zeile "Streuung": $\bar{\chi} = 2,6$

- - - - -



I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Einleitung	5
I. Aussagewert der Kältesummen und der Zahl der Wintertage ...	5
II. Homogenisierung der Reihen der Zahl der Wintertage	6
1. Das Material	6
2. Die Homogenisierungsverfahren	8
a. Ableitung von Beziehungen zwischen Kältesumme und Zahl der Wintertage	8
b. Die Homogenisierung mit Hilfe der homogenisierten Werte der Kältesummen	10
3. Ergänzung von fehlenden Werten	11
a. Ableitung von Beziehungen der Wintertage über die Kältesummen	12
b. Unmittelbare Beziehungen der Zahl der Wintertage an Stationspaaren	13
4. Angleichung der Reihen der Zahl der Wintertage an eine gleichbleibende Stationslage (Egalisierung)	16
III. Reduktion von langjährigen Mitteln	16
1. Ermittlung von langjährigen Mitteln von egalisierten Reihen an Stationen mit homogenisierten Reihen	17
2. Reduktion langjähriger Mittel für Stationen mit nur kurzen Reihen	18
a. Reduktion mit Hilfe des Verhältnisses: (Wintertage/Kältesumme)	18
b. Ableitung einer allgemeinen Reduktionsformel	20
IV. Verteilung der Zahl der Wintertage auf die 5 beteiligten Monate	24
V. Statistische Auswertungen	28
1. Fehler bei der Homogenisierung und der Ergänzung der Einzelwerte	28
a. Berechnung der verschiedenen Gesamtfehler	28
b. Die Fehler bei unterschiedlicher Zahl der Wintertage	31
2. Art der Verkleinerung der Fehler bei der Verwendung mehr- jähriger Mittelwerte	32
3. Fehlerabschätzung bei der Reduktion langjähriger Mittel	34
4. Schwankungen der Differenzen der Wintertage an Stations- paaren und der Streuungen dieser Differenzen	36
5. Der säkulare Gang der Zahl der Wintertage	38
a. Die Summenfunktionen und ihre Fehler	38
b. Abschnitte mit großer und kleiner Zahl der Winter- tage	39
6. Mittlere Streuungen der Zahl der Wintertage	41
7. Mittel- und Zentralwerte	42
8. Häufigkeitsverteilungen der Zahl der Wintertage	43
9. Darstellung durch Gauß'sche Normalverteilungen	45
VI. Der Charakter des Winters nach der Zahl der Wintertage	47
1. Festlegung von Sextilen bei bekannten Verteilungen	47
2. Ableitung der Grenzen für Stationen ohne vorliegende Verteilungen	49

VII. Ableitung weiterer Größen zur Beurteilung der Winterkälte	52
1. Ermittlung von kalten Tagen mit variabler Grenze	52
2. Vergleich der kalten Tage mit Kältesumme und Zahl der Wintertage	53
3. Ableitung einer Winterzahl für Intensität und Dauer der Winterkälte	53
4. Häufigkeitsverteilungen der Winterzahl	55
5. Bestimmung der Sextilgrenzen zur Festlegung des Wintercharakters nach der Winterzahl	57
VIII. Versuche zur Ableitung einer 100teiligen Skala von winterlichen Kälteziffern	59
1. Abschätzung der stärksten Winter	60
2. Ableitungen einer 100teiligen Skala der Winterkälte mit quadratischer Abszisse. Reduktion auf gleichen Zentralwert	61
3. Diskussion verschiedener Maße der Winterkälte	65
IX. Die extremen Winter	69
1. Längste und kürzeste Winter (Zahl der Wintertage)	69
2. Leichteste und stärkste Winter (Winterzahl und Kälteziffer)	69
X. Fragen der Interpretierbarkeit der verschiedenen Größen der Winterkälte. Schluß	70
Zusammenfassung	72
Literatur	74
Anhang: Tabellen 7, 27, 31, 32, 37 und 39	
Abb. 1 - 8	

Einleitung

Seit der bekannten Arbeit von Hellmann (1) hat man die Summe der Tagesmittel der Temperatur unter 0°C , die sog. "Kältesumme", als eine charakteristische Zahl für die Strenge des Winters bzw. für die Stärke der Winterkälte angesehen. In einer vorangehenden Arbeit (2) habe ich mit Hilfe einer speziell für diese Aufgabe entwickelten Methode homogene Reihen dieser Kältesumme für einige norddeutsche Stationen abgeleitet und auch für andere Stationen des Bundesgebietes langjährige Mittel reduziert. Die Hamburger Reihen, für die Beobachtungen bis 1832, neuerdings bis 1823 zurück vorliegen, wurden mit Hilfe der Berliner Reihe Hellmanns bis 1766 verlängert. Durch den wachsenden Großstadteinfluß war speziell die Berliner Beobachtungsstation einer stetigen Erwärmung unterworfen. Diese wurde in einem besonderen Verfahren bestimmt und rechnerisch ausgeglichen. Die bei der Homogenisierung und Reduktion gemachten Fehler wurden berechnet und diskutiert. Es konnte festgestellt werden, daß sie von der Stärke der Zonal-Zirkulation abhängig sind. Die Häufigkeitsverteilungen der Kältesummen wurden in Sechstel (Sextile) unterteilt und daraus eine Definition des Wintercharakters in bezug auf die Stärke seiner Kälte abgeleitet.

I. Aussagewert der Kältesumme und der Zahl der Wintertage

Aus der Berechnung der Kältesumme geht hervor, daß eine bestimmte Summe durch ganz verschiedene Abläufe der Wintertemperaturen entstanden sein kann. Das gilt eigentlich für den größten Teil der Winter. Nur in sehr extremen Wintern ist eine mehr oder weniger eindeutige Beziehung zwischen der Länge und der Stärke des Winters vorhanden. Ein sehr milder Winter mit einer recht kleinen Kältesumme kann nur durch verhältnismäßig wenig Tage mit Temperaturmitteln unter 0°C ("Wintertage") zustandekommen. Und auch strenge Winter mit einer recht hohen Kältesumme müssen auch schon ziemlich lang sein, da in unserem Klima die Tagesmittel der Temperatur nicht beliebig weit absinken können. So muß sich eine hohe Kältesumme aus hohen, meist auch vielen Tagesbeträgen zusammensetzen. Auf diese Mehrdeutigkeit wurde auch in der Diskussion im Anschluß an einen Vortrag über dieses Thema im geophysikalischen Kolloquium der Universität Hamburg deutlich hingewiesen. Es wurde noch erwähnt, daß die Reihe der Kältesummen mit der Reihe des Eisvorkommens nicht so gut korreliert sei. Wahrscheinlich spielt für die Eisverhältnisse auch die Länge des Winters eine Rolle, wenn man die Vorbereitungszeit bis zur ersten Eisbildung für sich betrachtet. Es kam in der Diskussion weiter zum Ausdruck, daß lange, wenn auch nicht so kalte Winter empfindungsgemäß als kalt eingestuft werden. Die Folgen eines solchen Winters für die Wirtschaft im ganzen und den Verkehr sind ebenfalls ähnlich denen eines kalten Winters. Es wurde noch erwähnt, daß die Zeiten zwischen den Kälteabschnitten recht verschieden ausfallen können, z.B. in einem Fall mit Tagesmitteln nur wenig über Null, im anderen Fall mit

relativ hohen positiven Mitteln. In beiden Fällen ändert sich die Kältesumme nicht, während der Eindruck und die wirtschaftlichen Folgen unterschiedlich sind. In dem erwähnten konstruierten Beispiel ist der Unterschied ziemlich groß. In einem wirklichen Witterungsablauf stellt sich in dem Fall mit Tagesmitteln nur wenig über Null eher wieder eine kältere Zeit ein. Man denke in diesem Zusammenhang auch an die Erhaltungs- und Wiederholungsneigung bestimmter Temperaturabweichungen.

Fassen wir alle diesbezüglichen Überlegungen zusammen, so ergibt sich, daß man der Länge des Winters bzw. der Andauer der Kälteabschnitte sein Augenmerk zuwenden muß. Was diese Dauer anbetrifft, so dürfte die Kältesumme nicht in der Lage sein, sie mit richtigem Gewicht zu charakterisieren; denn es scheint so zu sein, daß die Kältesumme eher eine Zahl allein für die Intensität der Winterkälte ist. Es ist daher notwendig, sich Gedanken zu machen, wie man die Länge des Winters, also die Dauer der Kälte, jeweils erfassen kann. Da bietet sich unmittelbar die Zahl der "Wintertage" an. Es sind das die Tage, deren Temperaturmittel unter 0°C liegt. Es ist eigentlich verwunderlich, daß darüber kaum etwas bekannt geworden ist. M.W. ist nur von Hellmann (1) die Reihe der Wintertage von Berlin veröffentlicht. Außerdem bearbeitete Richter(12, 13) die Wintertage von Hamburg in Form einer Singularitätendarstellung und ermittelte die relative Häufigkeit eines Wintertages für jede Dekade der Monate November bis März (1880-1957). Dazu brachte Richter auf der Wetterkarte des Seewetteramtes vom 4.2.1961 eine graphische Darstellung der Wintertage von Hamburg von 1880-1960. Aus diesem Grunde hatte ich im Zusammenhang mit den Kältesummen keine Reihen der Zahl der Wintertage mitgeteilt. Inzwischen habe ich mir weitere Reihen beschafft und bin der Meinung, daß sich daraus verlässliche Reihen entwickeln lassen. Darüber möchte ich in dieser Arbeit berichten. Letzten Endes aber möchte ich daraufhinaus, eine sog. "Winterzahl" und eine "Kälteziffer" zu definieren und zur Diskussion zu stellen, die m.E. in der Lage ist, sowohl die Dauer als auch die Intensität des Winters d.h. der Kälte des Winters zu erfassen. Diese Zahl müßte also den Gesamteindruck der Winterkälte richtig wiedergeben.

II. Homogenisierung der Reihen der Zahl der Wintertage

1. Das Material

Als Ausgangsmaterial lagen nur die Wintertage für Berlin (Stadt), nach Hellmann, für die Zeit von 1766-1916 vor. Die Winter sind wieder nach der Jahreszahl des Winterbeginns bezeichnet. Außerdem hatte ich die Zahl der Wintertage für eine Auswahl von Stationen des Bundesgebietes und Berlin zur Verfügung, die im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Winter in den letzten 11 Jahren auf der Vorderseite der

Wetterkarte des Seewetteramtes veröffentlicht sind. Aus den deutschen meteorologischen Jahrbüchern konnte ich nun die Wintertage für Berlin (Dahlem) von 1918-1943 entnehmen. Die Jahre 1917 und 1944-46 mußten leider durch Vergleich mit anderen Stationen ergänzt werden. Ab 1947 liegen nun wieder die Werte der Säkularstation Berlin (Dahlem) bis 1962 und ab 1950 die Beobachtungen der Station des Meteorologischen Institutes der Freien Universität Berlin in Dahlem vor. Zum Vergleich und zur Reduktion bekam ich auch noch die entsprechenden Werte der Station Berlin-Tempelhof (Zentralflughafen). Ich möchte dem Wetteramt Berlin und dem Meteorologischen Institut der Universität für die Errechnung und Übermittlung dieser Werte an dieser Stelle besonders danken. Leider sind die Beobachtungen an der Säkular-Station im März 1963 eingestellt worden. Glücklicherweise kann die Reihe durch die Beobachtungen am Meteorologischen Institut fortgesetzt werden. Die Zahl der Wintertage ist an beiden Stationen praktisch gleich. In den letzten 3 Wintern wurden schon die Zahlen des Meteorologischen Instituts eingesetzt, da die alte Säkular-Station zweifellos hier schon etwas wärmer geworden war.

Für Hamburg lagen außer den letzten 11 Wintern, für die die Zahl der Wintertage in Fuhlsbüttel und in der Stadt berechnet waren, keine Werte vor. Aus den met. Jahrbüchern konnte ich die Zahl der Wintertage für Fuhlsbüttel ab 1933 berechnen, in gleicher Weise aus den Beobachtungsbögen der Klima-Abteilung des Seewetteramtes die Zahlen für die Station Botanischer Garten (1946-53) und für die jetzige Klimastation beim Instrumentenamt (St. Pauli) ab 1954. Von 1876-1933 wurden zu einem anderen Zweck früher die Tagesmittel der Temperatur bei der Seewarte aus $(\text{Max.} + \text{Min.}) : 2$ berechnet, da in den Jahrbüchern der Seewarte keine Tagesmittel der Temperatur veröffentlicht wurden. Diesen Werten wurde die Zahl der Wintertage entnommen. Durch Vergleiche der Werte der Station Fuhlsbüttel, einmal nach der Formel $(\text{Max.} + \text{Min.}) : 2$ und zum andern nach der üblichen Klimaformel, $(\text{I} + \text{II} + 2 \times \text{III}) : 4$, berechnet, ergab sich, daß bei Verwendung der üblichen Formel die Zahl der Wintertage im Mittel um 0,17 höher war. Es sei daran erinnert, daß die mittlere Kältesumme auch etwas größer war. Der eben erwähnte Unterschied bei den Wintertagen ist erstens unerheblich und zweitens wird er durch die Reduktion noch eliminiert. Aus den in der Arbeit über die Kältesummen schon erwähnten Beobachtungen des Arztes Dr. Zimmermann konnten die Wintertage nach der gleichen Formel von 1832-1872 und aus den Beobachtungen der alten Sternwarte für die Jahre 1867-1876 ermittelt werden. Somit liegen für Hamburg wieder Werte ab 1832 vor.

Das Wetteramt Schleswig stellte mir die Zahl der Wintertage seiner Klimastation für die Jahre 1901 bis jetzt zur Verfügung, wofür ich ebenfalls meinen Dank aussprechen möchte. Die Veränderungen der Thermometeraufstellung sind in der früheren Arbeit im einzelnen schon

erwähnt. Die Beobachtungen auf dem Gelände der alten Klimastation liegen mir ab 1955 wieder vor. Es sind dies Parallelbeobachtungen zu denen am jetzigen Wetteramt. Wegen des gleichen Beobachtungsgeländes in den Jahren ab 1955 und vor 1942 war seinerzeit angenommen worden, daß die Kältesummen in beiden Zeitspannen als gleichwertig anzusetzen seien. Die Zahl der Wintertage ist wahrscheinlich in der jetzigen Aufstellung etwas zu niedrig. Die Werte wurden daher zunächst einmal geringfügig erhöht, da sich dann diese Schleswiger Reihe den in dieser Arbeit aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten besser einpaßt. Es wäre allerdings möglich, daß die Station am jetzigen Wetteramt etwas kälter ist im Vergleich zur Klimastation als bisher angenommen. Das müßte in der nächsten Zeit durch weitere Vergleiche noch überprüft werden.

2. Die Homogenisierungsverfahren

Für die Bearbeitung liegen zwar von Berlin die Zahlen der Wintertage ab 1766, von Hamburg ab 1832 und von Schleswig ab 1901 vor. Aber an keinem dieser Orte ist eine durchlaufende, homogene Reihe vorhanden. Es ist also selbst mit diesem ergänzten Material sehr schwierig, homogene Reihen herzustellen, zumal auch längere Parallelreihen an gleichbleibenden Stationen nicht herauskommen. Es war dies auch der Grund, daß ich bisher eine Homogenisierung der Zahlen der Wintertage für nicht möglich hielt. Nach entsprechenden Überlegungen erschien eine Homogenisierung nur dadurch möglich, daß man diese Reihen der Wintertage an die Reihen der Kältesummen anschloß, da diese durch die vorige Untersuchung homogenisiert vorlagen. Damit ist der Gang der Bearbeitung in den Grundzügen vorgegeben.

Die erste Aufgabe besteht darin, nach entsprechenden verwertbaren Beziehungen zwischen den beiden Elementen zu suchen. Die Beziehungen müssen derart benutzt werden, daß sie den für die Wintertage charakteristischen Gang belassen. Die Wintertage dürfen nicht so weit korrigiert werden, daß sie schließlich den Verlauf der Kältesummen widerspiegeln.

a. Ableitung von Beziehungen zwischen Kältesumme und Zahl der Wintertage

Zuerst wurden von den Beobachtungen an den Stationen Korrelationsdiagramme (Punktwolken) aufgestellt, um überhaupt einmal zu sehen, wie die direkte Beziehung zwischen der Kältesumme (x) und der Zahl der Wintertage (y) sich gestaltet. Es zeigte sich, daß die Punkte sehr streuten, ein Beleg dafür, daß Winter gleicher Stärke (Kältesumme) deutlich verschieden lang sein können. Bei dieser großen Streuung war die Ermittlung einer mittleren Beziehungskurve erstens sehr schwierig und zweitens recht unsicher. Ich unterstellte dann zunächst einmal die Hypothese, daß die gewünschte Beziehung für einen bestimmten Ort bzw. Raum charakteristisch sei, unabhängig von der Aufstellung des Thermometers. Mit anderen Worten: Es wurden alle verfügbaren Berliner,

Hamburger und Schleswiger Kältesummen und Zahlen der Wintertage in je einem Diagramm zusammengefaßt, um die größtmögliche Zahl von Punkten in dem Diagramm zu bekommen und damit die Beziehungskurve am besten zu fundieren. Die gemachte Annahme schien auch bei der großen Streuung der Einzelwerte berechtigt. Für sämtliche Hamburger Stationen wurden außerdem noch die Beziehungskurven versuchsweise im einzelnen hergestellt. Es zeigten sich keine auffälligen systematischen Unterschiede. Zum anderen sollten auch bei der anzubringenden Korrektur nicht die absoluten Werte der Wintertage benutzt werden, sondern nur die Differenz der Zahl der Wintertage für 2, im allgemeinen nicht sehr unterschiedliche Kältesummen. Aus diesen Gründen wurde die Zusammenfassung als vertretbar angesehen. Zum Schluß der Untersuchung stellte sich im übrigen heraus, daß man so vorgehen konnte. So betrug im Mittel die Unterschiede der Wintertage bei gleicher Kältesumme zwischen den betrachteten Stationen weniger als 0,5 Tage. Die Differenzen scheinen auch im Verlauf der gesamten Beziehungskurve nicht konstant zu sein, sie streuen vielmehr.

Aus den 3 Punktwolken wurden nun nach den Methoden des Zusammenfassens in entsprechend genügend belegte Klassen und des graphischen Ausgleichs 3 Beziehungskurven ermittelt. Ein rechnerischer Ausgleich nach der Methode der kleinsten Quadrate hätte eine so große Arbeit erfordert, daß sie in keinem Verhältnis zu dem zu erzielenden Ergebnis gestanden hätte.

Es wurde daher auf eine Formeldarstellung verzichtet, und die Beziehung wurde in Form einer Tabelle zusammengestellt. Daraus konnten die notwendigen Werte entnommen oder interpoliert werden.

Für die 3 Stationen sei die mittlere Zahl der Wintertage für einige ausgewählte Kältesummen in Tab.1 mitgeteilt.

Kältesumme	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Berlin	24,0	36,1	44,6	51,3	57,8	63,7	68,9	73,4	77,4	81,0	87,5
Hamburg	24,4	36,8	46,4	54,4	61,3	66,9	71,9	76,4	80,5	84,3	91,3
Schleswig	25,5	39,5	49,9	58,4	64,8	70,3	75,5	80,3	84,8	88,9	96,1

Tab.1: Mittlere Zahl der Wintertage für bestimmte Kältesummen

In dieser und der ausführlichen Tabelle, die bei der Reduktion benutzt wurde, sind die Zehntel noch mit angegeben. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die mittleren Werte nicht so genau sind. Aber um bei der Reduktion die Fehler durch die notwendige Abrundung möglichst klein zu halten, wurde erst die Differenz auf Zehntel bestimmt und erst dann abgerundet. Besonders die höheren Werte sind nicht sicher, da sie sich auf relativ wenige und weitauseinander liegende Werte stützen.

Aus einer Arbeit von Rentschler (16) können nach der Abb.8 für Stuttgart-Hohenheim folgende Zahlen der Wintertage bei verschiedenen Kältesummen abgelesen werden: Kältesumme 100/Wintertage 39, 200/56, 300/67, 400/73 und 500/76. Die Verteilung ist etwas anders als in Tab.1, in milden Wintern sind die Zahlen der Wintertage größer, in kalten Wintern auf jeden Fall kleiner.

Auf den ersten Blick scheinen die Werte in Tab.1 nicht zu stimmen, denn für Berlin werden in jeder Spalte die kleinsten Zahlen der Wintertage beobachtet, obwohl Berlin im Winter der kälteste Ort ist. Bei dieser Betrachtung wird aber außer acht gelassen, daß eben eine Kältesumme von 500 in Berlin viel eher erreicht wird als z.B. in Schleswig. Dies läßt sich schnell klären, wenn man ausrechnet, welche mittlere Kältesumme jeweils auf 1 Wintertag an den 3 Stationen entfällt. Dies ist in Tab.2 geschehen.

Kältesumme	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Berlin	2,1	2,8	3,4	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,8	6,2	6,9
Hamburg	2,0	2,7	3,2	3,7	4,1	4,5	4,9	5,2	5,6	5,9	6,6
Schleswig	1,9	2,5	3,0	3,4	3,9	4,3	4,6	5,0	5,3	5,6	6,2

Tab.2: Mittlere Kältesummen für einen Wintertag

Nun erkennt man sofort, daß an der kältesten Station Berlin auf 1 Wintertag jeweils die größte mittlere Kältesumme entfällt. Für Stuttgart ergab sich als mittlere Kältesumme (für 500) pro Wintertag 6,6. Man ersieht weiter, daß bei großen Kältesummen der Betrag jeweils größer wird, d.h. in kalten Wintern (nach der Kältesumme) wird diese hohe Kältesumme hauptsächlich durch hohe tägliche Beträge erreicht. Diese Gesetzmäßigkeit sei jetzt schon erwähnt, da sie uns später noch beschäftigen wird.

b. Die Homogenisierung mit Hilfe der homogenisierten Werte der Kältesummen

In der eben ermittelten Beziehung (Tab.1) wurden die Beobachtungen der Kältesummen mit den entsprechenden Zahlen der Wintertage in Zusammenhang gebracht, ohne daß irgendeine Korrektur vorgenommen wurde. Es wurden also sowohl bei den Kältesummen als auch bei den Wintertagen einfach die Originalwerte benutzt. Das ist auch aus dem Grunde zulässig, weil in jedem Fall die gleiche Thermometeraufstellung verwendet wird. Und außerdem wurden ja sämtliche Stationen eines Ortes zusammen betrachtet.

Wir gehen nun bei der Homogenisierung von der ursprünglichen Kältesumme aus und stellen ihr die in der früheren Arbeit berechnete homogenisierte Kältesumme gegenüber. Für diese beiden Werte wurde aus der ausführlichen Tab.1 jeweils die mittlere Zahl der Wintertage ermittelt. Die Differenz wurde der beobachteten Zahl der Wintertage hinzugefügt, wenn die homogenisierte Kältesumme größer war u.u.

Dieses Verfahren konnte natürlich nur dann angewandt werden, wenn überhaupt Beobachtungen vorlagen.

So wurde zunächst die Station Berlin-Stadt(St) ab 1917 mit Hilfe der aus Berlin-Dahlem(Da) homogenisierten Kältesummen bis 1963 verlängert. Für die Zeit vor 1917 wurden umgekehrt die Zahlen der Wintertage für Berlin-(Da) berechnet durch Vergleich der Kältesummen von Berlin-Stadt(St) mit den homogenisierten Werten von Berlin(Da). In entsprechender Weise wurde bei der Station Berlin-Tempelhof (Tp) vorgegangen, für die auch die Werte vor 1946 ergänzt werden mußten.

In Hamburg konnte das Verfahren ab 1832 benutzt werden. Hier wurden ebenfalls alle 3 Reihen (Fuhlsbüttel, Seewarte und Klimastation St.Pauli, A,S,J) vollständig ergänzt, indem von den jeweiligen Originalwerten ausgegangen wurde, an denen die Wintertage beobachtet waren.

Für Schleswig konnte ab 1901 so vorgegangen werden. Es wurden daraus 2 Reihen reduziert, eine für die Aufstellung am jetzigen Wetteramt (WA) und eine für die Klimastation (KH). Über die Parallelbeobachtungen ab 1955 auf dem Gelände des Landeskrankenhauses, jetzt Stadtfeld genannt, wurde schon weiter oben berichtet.

3. Ergänzung von fehlenden Werten

Es mußten nun die Wintertage für die 3 Hamburger Stationen in der Zeit von 1766-1831 noch ergänzt werden. Die Schleswiger Reihen wurden noch bis 1863 ergänzt, um wenigstens 100 Jahre zusammen zu haben. Für diese Zeiten, an denen an den genannten Stationen keine Beobachtungen vorlagen, mußte nun anders vorgegangen werden. Es schien nicht vertretbar, einfach aus der tabellierten Beziehung Kältesumme-Wintertage für die früher ermittelten homogenisierten Reihen der Kältesummen die mittlere Zahl der Wintertage zu entnehmen. Denn damit hätte man eine Reihe der Wintertage ermittelt, die im ganzen derjenigen der Kältesummen parallel verlaufen wäre, was, wie oben schon erwähnt, sicher nicht der Fall ist.

Es war also nötig, irgendwie auf die Zahl der Wintertage selbst einzugehen. Aber in der Zeit ab 1766 liegen nur die Beobachtungen von Berlin(St) vor. Man muß also notgedrungenerweise an diese Reihe anschließen.

Nun gilt es also, eine Beziehung zwischen den Wintertagen an den verschiedenen Stationspaaren abzuleiten. Dazu waren 2 Wege gegeben, die beide durchgeführt wurden. Zunächst wurde aber bei der Ergänzung der Zahl der Wintertage auf die Kältesummen zurückgegriffen und daraus die wahrscheinlichste Zahl der Wintertage abgeleitet. Dann wurden mit den 2 Möglichkeiten zur Ableitung der Wintertage aus den Beobachtungen der Wintertage in Berlin(St) zwei Werte für die Zahl der Wintertage gewonnen. Diese 3 Werte wurden schließlich gemittelt. Das läuft letzten Endes darauf hinaus, daß man bei der Ergänzung der

Wintertage für die frühere Zeit die Beziehung zwischen den Wintertagen mit doppeltem Gewicht ansetzt, die Beziehung zwischen Kältesumme und Wintertagen mit einfachem Gewicht. Das schien mir bei den gegebenen Verhältnissen das beste Verfahren zu sein.

a. Ableitung von Beziehungen der Wintertage über die Kältesummen

Bei dem ersten Verfahren benutzten wir die Beziehung zwischen den Kältesummen von 2 Stationen, wie wir sie in Teil 1 der Arbeit (2) abgeleitet haben. Wir benötigen dazu das dort abgeleitete D_{500} , also die mittlere Differenz der Kältesummen zwischen den beiden Stationen, wenn an der kälteren Station eine Kältesumme von 500 gegeben war. Für jedes gewünschte Stationspaar können so die korrespondierenden Kältesummen abgeleitet werden. Mit diesen Kältesummen gehen wir in die Beziehung zwischen den Kältesummen und der Zahl der Wintertage für den betr. Ort ein (Tab.1). Für die mittlere Zahl der Wintertage an der Ausgangsstation läßt sich daraus die Differenz der Zahl der Wintertage zwischen den betrachteten Stationen ermitteln. Diese mittlere Differenz wurde graphisch dargestellt. Schließlich wurde daraus für jede Zahl der Wintertage der Ausgangsstation die Zahl der Wintertage für die 2.Station tabelliert.

Zwischen Berlin(Da) und den 3 Hamburger Stationen (A,S,J) wurden auf diese Weise folgende Differenzen der Zahl der Wintertage festgestellt. In Tab.3 ist in der 2.Zeile die mittlere Zahl der Wintertage für Berlin (Da) eingetragen, die aus den Werten der Kältesumme in Zeile 1 abgeleitet waren. In den nächsten Zeilen sind die Differenzen eingetragen, die für die 3 Hamburger Stationen aus den betr. Kältesummen berechnet wurden. Die Differenzen für das Stationspaar Da-A sind in Abb.1 aufgetragen in Form eines Quadrates.

Berlin(Da)		50	100	150	200	250	Kältesumme
Berlin(Da)		24,0	36,1	44,6	51,3	57,8	Wintertage
Hamburg(A)-Da	- 4,8	- 3,9	- 4,9	- 4,1	- 3,0	- 2,8	Wintertage
Hamburg(S)-Da	- 8,0	- 6,4	- 7,4	- 7,0	- 6,2	- 6,0	" "
Hamburg(J)-Da	-10,8	-10,0	-10,9	-11,0	-10,2	-10,0	" "
Berlin(Da)		300	350	400	450	500	Kältesumme
Berlin(Da)		63,7	68,9	73,4	77,4	81,0	Wintertage
Hamburg(A)-Da	- 2,7	- 2,7	- 2,6	- 2,3	- 1,9		Wintertage
Hamburg(S)-Da	- 5,8	- 5,6	- 5,4	- 5,0	- 4,4		" "
Hamburg(J)-Da	- 9,9	- 9,3	- 8,8	- 8,4	- 7,7		" "

Tab.3: Beziehung zwischen der Zahl der Wintertage in Berlin(Da) und 3 Hamburger Stationen, gewonnen über die Kältesummen

Der Gang der Differenzen ist verhältnismäßig unruhig. Die später festgestellten mittleren Differenzen betragen für das Stationspaar Da-A: -3,7, für Da-S: -6,7 und für Da-J: -10,5. Wir sehen, daß die auf die eben geschilderte Weise abgeleiteten Differenzen in dieser Größenordnung liegen. Aus diesen Differenzen wurden dann die Beziehungen zwischen den Wintertagen tabelliert.

Die mittlere Differenz zwischen den Stationen Hamburg(A) und (J) ergab sich nach den eben mitgeteilten Zahlen zu -6,8. Rechnet man die einzelnen Differenzen aus den Kältesummen der beiden Stationen direkt, so sehen wir, daß die Differenzen durchschnittlich etwas über -6,5 liegen, wie die eben mitgeteilte mittlere Differenz. Die gleiche Größenordnung ergibt sich auch, wenn man in Tab.3 den Unterschied zwischen den Zeilen 3 und 5 bestimmt. Durch diesen Vergleich zwischen der direkten und indirekten Ableitung wird nahegelegt, daß die angewandte Methode berechtigt ist. Man kann im übrigen die beiden Stationen S und J also gleich an Da anschließen wie A. Es scheint das auch besser zu sein, als wenn man erst die Zahl der Wintertage für A bestimmen und daraus schließlich diejenigen für S und J ableiten würde.

Es sei nun noch die Beziehung der Wintertage zwischen der Station Hamburg(A) und den beiden Schleswiger Stationen entsprechend abgeleitet. Wir gehen von den gleichen Kältesummen bei A aus wie vorher.

Hamburg(A)		24,4	36,8	46,4	54,4	61,3	Wintertage	
KH-A		-4,5	-2,8	-1,5	-0,9	-0,3	-0,2	Wintertage
WA-A		-2,2	-1,4	+0,3	+0,9	+1,5	+1,3	Wintertage
Hamburg(A)		66,9	71,9	76,4	80,5	84,3	Wintertage	
KH-A		-0,3	-0,2	+0,1	+0,5	+1,1	Wintertage	
WA-A		+1,1	+1,3	+1,7	+2,0	+2,5	Wintertage	

Tab.4: Beziehung zwischen der Zahl der Wintertage in Hamburg(A) und den beiden Schleswiger Stationen (KH und WA)

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Zahl der Wintertage an der Station KH im allgemeinen kleiner ist als an der Station A. Nur bei sehr hoher Zahl der Wintertage kehrt sich das Vorzeichen um. Bei der Station WA ist mit Ausnahme der beiden ersten Spalten bei kleiner Zahl der Wintertage die Differenz positiv, d.h. an der Station WA ist die Zahl der Wintertage etwas höher als in A. Die später abgeleitete mittlere Differenz ergibt sich zu: KH-A: -1,0 und WA-A: +0,9. Sie liegen also in der erwarteten Größenordnung und Richtung.

b. Unmittelbare Beziehungen der Zahl der Wintertage an Stationspaaren

Bei dem 2. Weg zur Bestimmung der Zahl der Wintertage aus den Wintertagen an der Parallel-Station gehen wir, wie sonst auch üblich, ganz empirisch vor. Wir vergleichen die oben schon abgeleiteten

Wintertage für alle jeweils gleichzeitig an beiden Stationen belegten Winter. Für die Stationspaare Berlin-Hamburg liegen also 131 Parallel-Beobachtungen vor, für die Stationspaare Hamburg-Schleswig nur 63.

Für die ersten Stationspaare wurden Klassen zu 22, 33 und 44 Werten jeweils zusammengefaßt. Es ergaben sich für die Stationen Da und A folgende Differenzen in Abhängigkeit von der mittleren Zahl der Wintertage in Berlin(Da).

Berlin(Da)	26,2	34,3	43,4	50,8	60,8	76,9	Wintertage (22 J.)
Hamburg(A)-Da	-4,2	-5,2	-3,7	-4,3	-0,3	-3,1	" "
Berlin(Da)	28,2	41,1	53,2	72,7			Wintertage (33 J.)
Hamburg(A)-Da	-4,5	-4,2	-3,0	-2,1			" "
Berlin(Da)	30,2	47,1	68,9		48,8		Wintertage (44 J. u.Ges.)
Hamburg(A)-Da	-4,7	-4,0	-1,6		-3,4	" "	

Tab. 5: Empirische Beziehung der Wintertage zwischen Berlin(Da) und Hamburg(A).

Wir erkennen, daß diese empirische Beziehung einen viel unruhigeren Gang der Differenzen ergibt. Im ganzen aber sieht man, daß sie meistens zwischen -3 und -5 liegen. Im Mittel ergab sich -3,4. Beim späteren Gesamtittel über 197 Jahre wurde, wie schon mitgeteilt, -3,7 errechnet. Berücksichtigt man die zufälligen Streuungen der Differenzen, so läßt sich hier in gewisser Weise auch der charakteristische Gang ablesen, wie er sich aus den Differenzen in Tab.3 ergab. Entsprechend waren die Differenzen für die Stationspaare Da-S und Da-J. Die eben ermittelten Differenzen wurden in ein Diagramm eingetragen, und es wurde daraus eine möglichst einfache stetige Kurve abgeleitet. Für das Stationspaar Da-A ist das in Abb.1 dargestellt. Die Werte dieser Kurve wurden schließlich benutzt, um eine direkte Beziehungstabelle zwischen der Zahl der Wintertage in Berlin(Da) und den Hamburger Stationen A,S und J aufzustellen, die bei der Ergänzung der Wintertage in Hamburg für die Jahre 1766-1831 unmittelbar benutzt werden konnte.

Der Vergleich zwischen der Zahl der Wintertage an der Station Hamburg(A) mit den beiden Schleswiger Stationen (KH und WA) fiel folgendermaßen aus (63 Paare): (siehe Tab.6 auf folg.Seite)

In den Rubriken der zweiten Kolonne sind jeweils 2 der vorhergehenden Klassen zusammengefaßt. Wir sehen, daß im allgemeinen die Station WA mehr Wintertage hat als die Station A. Der Übergang zu mehr positiven Differenzen bei höherer Zahl der Wintertage ist auch hier zu erkennen, wie in Tab.4. Allerdings sind die Differenzen auch bei den Klassen mit der kleinsten Zahl der Wintertage bei beiden Stationspaaren positiv, im Gegensatz zu den Differenzen in Tab.4, die aus dem Vergleich mit den Kältesummen abgeleitet waren. Es liegt das wahr-

Hamburg(A)	19,0	24,5	29,2	32,9	39,2	45,4	57,1	75,2	Wintertage	
KH-A	+0,9	+1,0	-1,6	-1,1	-0,3	-3,0	+1,8	-0,1	"	"
WA-A	+2,9	+2,6	-0,1	+0,7	+1,6	-1,0	+3,3	+2,0	"	"
Hamburg(A)	21,9	31,1	42,3	66,2		26,5	54,2	40,4	"	"
KH-A	+1,0	-1,4	-1,9	+0,8		-0,2	-0,4	-0,3	"	"
WA-A	+2,7	+0,3	+0,3	+2,6		+1,5	+1,5	+1,5	"	"

Tab.6: Empirische Beziehung zwischen der Zahl der Wintertage an der Station Hamburg(A) und den beiden Schleswiger Stationen

scheinlich daran, daß die eingesetzte Beziehung zwischen den Kältesummen bei diesen Stationspaaren im Bereich milder Winter ein wenig anders verläuft als nach unserer Formel mit dem entsprechenden D_{500} .

Es liegen somit die besprochenen 3 Beziehungen vor: 1. Wintertage aus der Kältesumme an der gleichen Station(Ort), 2. die Beziehung zwischen den Wintertagen an den betreffenden Stationspaaren, indirekt abgeleitet über die Beziehung der Kältesummen des gleichen Stationspaares und 3. die direkte Beziehung der Wintertage für die entsprechenden Stationspaare, abgeleitet aus den homogenisierten Beobachtungen.

Nun wurden für die 3 Hamburger Stationen die Wintertage für die Zeit von 1766-1831 ermittelt. Ausgangsgrößen sind die homogenisierten Kältesummen der 3 Stationen (A,S und J) und die homogenisierten Zahlen der Wintertage der Station Berlin(Da). Die sich ergebenden 3 Werte für jede Station wurden schließlich gemittelt. Für Schleswig wurden nur die Jahre 1863-1900 ergänzt. Dazu wurden zunächst aus Hamburg(A) die Kältesummen für KH und WA errechnet. Dann standen noch die homogenisierten Zahlen der Wintertage von Hamburg(A) zur Verfügung. Die resultierenden je 3 Werte wurden ebenfalls gemittelt.

Nach diesen Rechenprozessen stehen nun für die 3 Berliner Stationen (Da, Tp und St) und für die 3 Hamburger Stationen (A,S und J) homogenisierte Zahlen der Wintertage ab 1766 zur Verfügung, für die beiden Schleswiger Stationen (KH und WA) ab 1863.

Den Bemühungen Dr.Reidat's von der Klima-Abteilung des Seewetteramtes ist es inzwischen gelungen, Original-Beobachtungen der Temperatur in Hamburg aus den Jahren 1807-1832 ausfindig zu machen. Bis 1822 liegen nur Monatsmittel, dann sogar Tagesmittel (Max.+Min.): 2 vor. Diese Tageswerte habe ich nun für die Reihen der Kältesummen und Wintertage entsprechend reduziert. Die Zahlen der Wintertage, bei denen sich nur geringe Änderungen gegenüber den aus den Berliner Daten reduzierten ergaben, sind in der entsprechenden Tab.7 schon enthalten. Die neuen Werte der Kältesummen, seien hier mitgeteilt. Damit können die Zahlen in (2) verbessert werden.

I. Homogenisierte Reihen			II. Egalisierte Reihen		
Winter	A	J	Winter	A	J
1823	38	23	1828	380	315
1824	68	47	1829	635	561
1825	186	145	1830	238	190
1826	309	252	1831	154	119
1827	261	210			

Der Winter 1829 bleibt damit der kälteste, wenn er anscheinend in Hamburg auch nicht ganz so kalt war wie der Winter in Berlin. Der Winter 1823 aber war in Hamburg nicht so mild wie in Berlin. Er rangiert in Tab.12 in (2) nun an 9. bzw. 12.Stelle.

4. Angleichung der Reihen der Zahl der Wintertage an eine gleichbleibende Stationslage (Egalisierung).

In Teil 1 der Arbeit über die Kältesummen (2) wurde an den homogenisierten Reihen eine weitere Korrektur vorgenommen, die die Erwärmung der Stationen durch die zunehmenden Stadteinflüsse und die Industrialisierung rechnerisch wieder rückgängig machen soll. Diese so bereinigten Reihen hatten wir "egalisiert" genannt. Wir wollen diesen Ausdruck auch hier verwenden. Es erscheint im Anschluß an die Herstellung der homogenisierten Reihen angebracht zu sein, für eine Auswahl unserer Stationen auch für die Zahl der Wintertage eine ähnliche "Egalisierung" vorzunehmen. Es wurde damals an die heutige Stationslage angeglichen, so daß die höchsten Korrekturen in der frühesten Zeit, also im 18.Jahrhundert angebracht werden mußten. Es wurde so vorgegangen, daß sowohl für die homogenisierten als auch für die egalisierten Kältesummen der betr. Stationen die entsprechende Zahl der Wintertage aus den ausführlichen Tabellen (wie Tab.1) entnommen wurden. Die sich ergebenden Differenzen der Wintertage wurde von der Zahl der homogenisierten Wintertage abgezogen, da alle egalisierten Kältesummen, wie gesagt, kleiner waren als die homogenisierten. Dieser Prozeß wurde für die Stationen Berlin(Da), Hamburg(A), Hamburg(J) ab 1766 und für die Stationen Schleswig (KH und WA) ab 1863 durchgeführt. Die gesamten homogenisierten und egalisierten Reihen sind nun in Tab.7 zusammengestellt (s.Anhang). Die oben geschilderten Berechnungen erstreckten sich bis zum Winter 1962. Die Werte des Winters 1963 sind noch hinzugefügt. Damit liegen maximal Werte für 198 Winter vor.

III. Reduktion von langjährigen Mitteln

Die nächste Aufgabe besteht nun darin, für die im einzelnen nicht egalisierten Reihen langjährige Mittelwerte zu errechnen bzw. zu reduzieren, und auch für einige andere Stationen des Bundesgebietes.

1. Ermittlung von langjährigen Mitteln von egalisierten Reihen an Stationen mit homogenisierten Reihen

Wir wollen uns zunächst mit der Ergänzung der langjährigen Mittel für die egalisierten Reihen befassen. Es liegen dabei für die Hauptstationen die entsprechenden Mittel der Wintertage vor. Es wären daran für die übrigen Stationen am Ort nur entsprechende Korrekturen anzubringen. Diese sind nun zu bestimmen. Da es sich hier nicht um Einzelwerte, sondern um langjährige Mittelwerte handelt, sind neue Beziehungen für mehrjährige Mittel abzuleiten. Es wurden dabei aus den homogenisierten Reihen 10, 30, 50 und 100 Jahre jeweils zusammengefaßt. Schon die 10jährigen Mittel streuen nicht mehr so stark, und man kann sie leicht durch eine Gerade ausgleichen. Für die langjährigen Mittel trifft das umsomehr zu. Für die Zeit 1766-1772 wurden die Mittel auf 10 Jahre erweitert. Auf diese Weise wurden schließlich 4x50 und 2x100-jährige Summen bzw. Mittel erzielt. Aus diesen beiden letzten Mitteln konnte die Gleichung der Beziehungsgeraden sofort berechnet werden. Es zeigte sich, daß die Mittelwerte der kürzeren Zeitspannen auch durch diese Gerade ausgeglichen werden konnten. So ergab sich z.B. für die Ermittlung der Zahl der Wintertage von Tempelhof aus Dahlem die Gleichung: $y = 0,9886 x - 1,90$, wobei x die Zahl der Wintertage von Dahlem ist. Damit wurde das egalisierte 200jährige Mittel von Tempelhof zu 47,12 Tagen bestimmt. Entsprechend konnten auch die 100- bzw. 50jährigen Mittel errechnet werden. Für die Stadt-Station geschah dies mit der Formel: $y = 0,9969 x - 5,44$. Das 200jährige Mittel der egalisierten Reihe berechnet sich damit zu 44,00. Die Gleichung für die Zahl der Wintertage der Seewarte aus den Werten der Station Fuhlsbüttel (A) hieß: $y = 0,98 x - 2,00$. Das Seewartenmittel der egalisierten Reihe wird damit gleich 42,88 Wintertage.

Die Schleswiger Reihen waren nach dem oben geschilderten Verfahren in den Einzelwerten bis 1863 zurück gerechnet. Für die Zeit bis 1766 wurden keine Einzelwerte mehr bestimmt, sondern nur noch die 10jährigen Mittel, die an die Wintertage der Hamburger(A) Reihe angeschlossen wurden. Die empirische Bestimmung der Ausgleichsgeraden geschah aus den 10-Jahres-Paaren (A-KH und A-WA) für die 100 Jahre von 1863-1962. Mit Hilfe dieser Beziehungen wurden beide Reihen sowohl für die homogenisierten als auch für die egalisierten Werte ergänzt (10jährige Mittel). Daraus konnten dann die langjährigen Mittel sofort berechnet werden. Damit liegen für alle 8 Stationen die Mittel für 50, 100 und 200 Jahre für beide Reihen vor. Aus den auf 200 Jahre ergänzten Mitteln wurden die Mittel für die beobachteten 197 bzw. 198 Jahre zurückgerechnet.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß auch für die Kältesummen sich bei den langjährigen Mitteln eine Beziehungsgerade ergab. Ich habe daher in der gleichen Weise, wie eben für die Wintertage geschildert, für die Kältesummen die langjährigen Mittelwerte noch einmal neu bestimmt,

bei den Stationen Tempelhof, Berlin-Stadt und Seewarte für die egalisierten Reihen, bei den Schleswiger Stationen für beide Reihen. Bei der Abrundung auf ganze Grad änderten sich die seinerzeit reduzierten Mittelwerte gelegentlich um 1 Grad.

Zusammengefaßt ergeben sich folgende Mittelwerte für die 198 Jahre von 1766-1963 sowohl für die homogenisierten als auch egalisierten Reihen. Die Mittelwerte für die Kältesummen seien, auch zum Vergleich, noch mit hinzugefügt. Die damaligen Mittel der Kältesummen bezogen sich auf 197 Jahre.

Stationen	Berlin			Hamburg			Schleswig		
	Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA	
homog.Reihen	52,1	49,6	46,5	48,4	41,6	45,4	47,3	49,2	Wintertage
egal. Reihen	49,7	47,3	44,1	45,9	39,2	43,0	44,9	46,7	" "
homog.Reihen	228	216	187	186	147	168	162	171	Kältesumme
egal. Reihen	206	195	168	169	131	152	147	155	" "

Tab.8: Mittelwerte über 198 Jahre für die Wintertage und Kältesummen

2. Reduktion langjähriger Mittel für Stationen mit nur kurzen Reihen

Wir wollen uns jetzt der Reduktion der langjährigen Mittelwerte der anderen Stationen des Bundesgebietes zuwenden. Es handelt sich um die gleichen Stationen wie bei den Kältesummen, da mir nur von diesen Stationen Beobachtungen der letzten 11 Jahre vorliegen. Solche 11jährigen Mittel sind an und für sich noch nicht hinreichend, aber in Ermanglung längerer Reihen soll die Reduktion trotzdem vorgenommen werden. Im übrigen sind die zu entwickelnden Reduktionsmethoden unabhängig von der Länge des vorhandenen Materials.

Da aus der ersten Arbeit langjährige Mittelwerte der Kältesummen vorlagen, schien es naheliegend, die neuen Mittelwerte der Zahl der Wintertage daran anzuschließen. In Tab.1 war die mittlere Beziehung für die einzelnen Jahre mitgeteilt. Es ist anzunehmen, daß bei einer Zusammenfassung von vielen Jahren die Kurven flacher verlaufen müssen. Für die vollständig vorliegenden Stationen von Berlin und Hamburg wurden nun solche graphischen Darstellungen für 10, 50 und 100 zusammengefaßte Jahre gemacht, und es wurden auch entsprechende Formeln abgeleitet. Das quadratische Glied, das die Krümmung bestimmt, wurde mit wachsender Zahl der zusammengefaßten Jahre kleiner.

a. Reduktion mit Hilfe des Verhältnisses Wintertage/Kältesumme

Nachdem jetzt die Reihen für unsere Hauptstationen vollständig vorliegen, können diese formelmäßigen Darstellungen für alle Stationen mit gleicher Sicherheit gemacht werden. Da der erste Teil der Kurve für kleine Kältesummen bei der Herleitung langjähriger Mittel uninteressant ist und hier auch die größte Krümmung der Kurven auf-

tritt, wurde der Koordinatenanfangspunkt um 100 Einheiten auf der Abszisse nach rechts verschoben. Wir versuchten jetzt also eine Darstellung der allgemeinen Form: $y = a + b(x-100) + c(x-100)^2$. Dabei ist x die Kältesumme und y die Zahl der Wintertage. Es ergab sich, daß die Konstante b an den 3 Orten (Berlin, Hamburg und Schleswig) nahezu gleich war, $b \approx 0,23$. Die Konstante c war für Berlin $c = - 0,00046$, für Hamburg $c = - 0,00049$ und für Schleswig $c = - 0,00053$. Um eine möglichst allgemeine Form zu finden, wurde nun auch c für alle 3 Stationen gleich angesetzt, $c = - 0,0005$. Dies ist auch zulässig, wenn man keine zu große Genauigkeit verlangt, die bei unserem Ausgangsmaterial sicher auch nicht vorhanden ist. Diese Formel gilt allerdings nur für Kältesummen zwischen 100 und 250.

Setzen wir nun allgemein $b = 0,23$ und $c = - 0,0005$ an, ist nur noch das a unbestimmt. Es läßt sich für jede unserer Stationen für die 200 Jahre der homogenisierten und auch egalisierten Reihen berechnen. Das Gleiche können wir nun auch aus den 11jährigen Mitteln aller verfügbaren Stationen machen, da wir auch hier unterstellen wollen, daß die Konstanten b und c gleich bleiben.

Nach Einsetzen der Werte von b und c ergibt sich schließlich folgende Gleichung:

$$y = a-28,0 + 0,33x - 0,0005 x^2 = w + 0,33x - 0,0005 x^2. \text{ Dabei ist } w = a-28.$$

Station	Berlin			Hamburg		Schleswig	
	Da	Tp	St	A	J	KH	WA
Kältesumme	212,3	200,4	(172,9)	173,2	134,7	(147,6)	156,2
Wintertage	51,8	49,8	(46,5)	48,3	41,6	(48,0)	50,0
WT:KS	0,244	0,248	(0,269)	0,279	0,309	(0,325)	0,320

Station	Hannover	Bocholt	Frankfurt	Nürnberg	München	Freiburg
Kältesumme	187,2	105,2	164,5	254,2	311,9	143,4
Wintertage	45,5	33,3	43,6	56,2	61,8	36,9
WT:KS	0,243	0,317	0,265	0,221	0,198	0,257

Tab.9: Mittelwerte der Kältesummen und Zahl der Wintertage für die Jahre 1953-1963

Aus den beobachteten Werten (s.Tab.9) wurden die Werte für w gerechnet. Diese wurden mit den bekannten Werten w der Stationen in Hamburg, Berlin und Schleswig für die Jahre 1766-1962 verglichen. Es ergab sich, daß für die homogenisierten Reihen diese Werte im Mittel um 1,9, für die egalisierten Reihen um 1,6 höher lagen. Um diese Beträge müssen also die aus den 11 Jahren ermittelten Werte erniedrigt werden, um auf die langjährigen Konstanten zu kommen. Mit den auf diese Weise konstant korrigierten Werten von w der zu reduzierenden Stationen wurden nun die langjährigen Mittelwerte errechnet. Die Werte für München wurden nicht gerechnet, da die langjährigen Mittel der Kältesummen über 300 liegen, für welchen Bereich die benutzte Beziehungskurve nicht mehr gilt.

Bei der 2.Reduktionsmethode gehen wir von dem Verhältnis Wintertage: Kältesumme ($\frac{Y}{X}$) aus. Für unsere Ausgangsstationen ergaben sich folgende langjährige Werte für das eben genannte Verhältnis.

Station	Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA
homog.Reihen	0,228	0,230	0,248	0,259	0,282	0,270	0,292	0,287
egal. Reihen	0,242	0,243	0,262	0,271	0,297	0,282	0,306	0,301

Tab.10: Verhältnis Wintertage: Kältesumme für die Stationen in Berlin, Hamburg und Schleswig (197 Jahre)

Diese Quotienten werden nun verglichen mit denjenigen, die für diese Stationen aus den Beobachtungen der letzten 11 Jahre ermittelt wurden (Tab.9). Die errechneten Differenzen sind bei Dahlem am kleinsten, bei Schleswig am größten. In gleicher Richtung liegen aber auch die Quotienten selbst. Aus einer graphischen Darstellung, in der diese Differenzen den Quotienten für die bekannten letzten 11 Jahre gegenübergestellt wurden, ergab sich eine Art Parabel. Diese beiden Gleichungen (für die homogenisierten und egalisierten Reihen) erhielten folgende Werte:

$\Delta_h = -0,092 + 0,700 z - 1,585 z^2$ und $\Delta_e = -0,030 + 0,304 z - 0,811 z^2$
 Hier ist z der Quotient der letzten 11 Jahre. Mit Hilfe dieser Gleichungen wurden jetzt die Differenzen für die zu reduzierenden Stationen errechnet. Diese Differenzen wurden an die schon bekannten Quotienten $\frac{Y}{X}$ dieser Stationen angebracht und so die Quotienten für die 197 Jahre berechnet. Durch Multiplikation mit den langjährigen Mitteln der Kältesummen bekommen wir dann die langjährigen Mittel der Wintertage selbst.

b. Ableitung einer allgemeinen Reduktionsformel

Zum Schluß wollen wir eine ähnliche Reduktion versuchen, wie wir sie bei den Kältesummen vorgenommen haben. Es wurden in Teil 1 (2) 2 Formeln mitgeteilt, die inhaltlich identisch waren. Dabei wurden die Kältesummen der zweiten Station aus den Kältesummen der Ausgangsstation errechnet.

Es wurde weiter oben schon mitgeteilt, daß für mehrjährige Mittelwerte die Beziehung zwischen den Wintertagen zweier Stationen durch eine Gerade ausgeglichen werden kann. Bei langjährigen Mittelwerten ergibt sich diese Gerade ohne große Fehler. Diese Tatsache konnte durch unmittelbare Rechnungen auch für die Kältesummen gezeigt werden.

Nachdem nun bekannt ist, daß sowohl bei der Kältesumme als auch bei den Wintertagen die Beziehung vieljähriger Mittel zwischen 2 Stationen linear ist, können wir uns das zunutze machen. Wir wollen das langjährige Mittel der Ausgangsstation \bar{x} , das zu reduzierende Mittel \bar{y} nennen. Die entsprechenden Mittel für die kurzen Parallelreihen sind dann \bar{x} und \bar{y} . Wir nehmen an, daß die beiden Konstanten a und b der linearen Beziehungsgleichung bekannt seien. Dann haben wir fol-

gende 2 Gleichungen:

$\bar{y} = a + b \bar{x}$ und $\bar{\bar{y}} = a + b \bar{\bar{x}}$. Bei Identität der beiden Reihen (x und y) ist $b = 1$ und $a = 0$. Bei verschiedenen Mittelwerten der Reihen x und y liegt der Schnittpunkt der Beziehungsgeraden auf der x-Achse umsomehr von Nullpunkt des Koordinatensystems ab, je größer der Unterschied der Mittelwerte ist. Das Gleiche gilt für den Abstand a vom Nullpunkt auf der y-Achse. Wir setzen daher als Bedingung:

$a = (1-k)(\bar{y}-\bar{x})$, da wir bei der Reduktion von den kurzen Reihen ausgehen müssen. Mit diesem a lautet dann die Beziehungsgleichung:

$\bar{y} = (1-k)(\bar{y}-\bar{x}) + b \bar{x}$. Daraus wird $b = 1 + \frac{k(\bar{y}-\bar{x})}{\bar{x}}$. Bei Identität ist

$b = 1$. Das b weicht also vom Wert 1 umsomehr ab, je größer die Differenz $\bar{y}-\bar{x}$ wird. Von dieser Überlegung wurde in (2) ausgegangen. Es wurde angesetzt: $b = 1 + k'(\bar{y}-\bar{x})$. Dieser Ansatz ist, wie man sieht, nicht ganz korrekt, wenn auch im allgemeinen für die Praxis ausreichend. Er berücksichtigt nämlich nicht, daß bei einer Kältesumme von \bar{x} die Differenz $\bar{y}-\bar{x}$ eine doppelt so große Änderung des b gegen 1 zur Folge hat wie bei einer mittleren Kältesumme von $2\bar{x}$. Um die Änderung gleichbleibend zu halten, muß durch \bar{x} dividiert werden, wie es sich auch in der oben ausgeführten Rechnung ergibt.

Die Reduktionsgleichung erhalten wir nun auf folgende Weise:

$\bar{y} = a + b \bar{x}$ und $\bar{\bar{y}} = a + b \bar{\bar{x}}$. Aus der Differenz beider erhalten wir das zu ermittelnde $\bar{\bar{y}} = \bar{y} + b(\bar{\bar{x}} - \bar{x})$ und daraus:

$$\bar{\bar{y}} = \bar{y} + \left[1 + \frac{k}{\bar{x}} (\bar{y} - \bar{x}) \right] (\bar{\bar{x}} - \bar{x}).$$

Damit identisch ist die in der Praxis manchmal bessere Form:

$$\bar{\bar{y}} = \bar{\bar{x}} + \left[1 + \frac{k}{\bar{x}} (\bar{\bar{x}} - \bar{x}) \right] (\bar{y} - \bar{x}).$$

Für die Reduktion ist nun noch das k zu bestimmen. Wir benutzen dafür die je 2 100-jährigen Mittel der egalisierten Reihen, x_1 und x_2 für die jeweilige Ausgangsstation und y_1 und y_2 für die Station, deren Mittel berechnet werden soll. Das b läßt sich aus diesen Werten sofort bestimmen:

$b = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$. Damit wird $\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = 1 + \frac{k}{\bar{x}}(\bar{y}-\bar{x})$, wo-

bei $\bar{x} = (x_1+x_2):2$ und $\bar{y} = (y_1+y_2):2$ ist. Daraus läßt sich das k er-

$$\text{mitteln. } k = \frac{\left(\bar{x} \cdot \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - 1 \right)}{\bar{y} - \bar{x}}.$$

Mit Hilfe der 100- bzw. 200-jährigen Mittelwerte der Wintertage für alle 8 zur Verfügung stehenden Stationen wurden sämtliche 56 Kombinationen der Stationspaare durchgerechnet. Im Mittel ergab sich dafür ein $k = 0,19$.

Dieselbe Rechnung wurde nun auch für die Kältesummen noch einmal durchgeführt. Damit wurde ein $k = 0,67$ errechnet. In (2) erhielten wir aus einer geringeren Zahl von Kombinationen ein $k' = 0,00445$.

Aus diesem Material hätte sich im Mittel ein $k' = 0,0041$ ergeben und für die Wintertage entsprechend ein $k' = 0,0042$.

Bei der Reduktion von Temperaturmitteln wird das a als konstant angesetzt: $a = \bar{y} - \bar{x}$. Damit wird unser $k = 0$. Die oben berechnete allgemeine Reduktionsformel vereinfacht sich zu $\bar{y} = \bar{x} + (\bar{y} - \bar{x})$. Bei der Reduktion der Niederschlagsmengen ist es üblich, die Beziehungskurve durch den Koordinatennullpunkt zu legen. Es ist $a = 0$. Damit wird $k = 1$. Die allgemeine Reduktionsgleichung vereinfacht sich zu $\bar{y} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \bar{x}$. Diese beiden vereinfachten Formeln wurden in (2) auf S.8

und 9 schon mitgeteilt. Für die 4 Elemente erhalten wir also folgende Werte der Konstanten k : Temperatur $k=0$, Wintertage $k=0,19$, Kältesumme $K = 0,67$ und Niederschlagsmenge $k = 1$.

Sämtliche anderen meteorologischen Elemente können auf diese Weise ebenfalls leicht reduziert werden. Es ist lediglich notwendig, das k jeweils zu berechnen. Bei dieser Gelegenheit könnte man das für die Temperaturmittel und Niederschlagsmengen noch einmal machen, um festzustellen, ob der bisherige Ansatz, $k = 0$ und $k = 1$, berechtigt war.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß sich mit dieser allgemeinen Reduktionsformel auch die homogenisierten in die egalisierten Mittelwerte umrechnen lassen, indem man von einer Station, z.B. Berlin(Da) ausgeht, für die beide Mittelwerte vorliegen, während an der zweiten Station lediglich der entsprechende homogenisierte Mittelwert vorhanden ist.

Wir können jetzt also die Reduktion der Wintertage mit Hilfe dieser 3.Reduktionsformel durchführen. Dazu verwenden wir die 11jährigen Mittel. Für die Kältesumme führen wir die Reduktion ebenfalls noch einmal durch, sowohl für die homogenisierten als auch egalisierten Reihen. Dabei wird Nürnberg aus Berlin(Da) und München aus Nürnberg reduziert. Hannover wird sowohl aus Berlin(Da) als auch aus Hamburg (J) reduziert und gemittelt. Bocholt wird aus Hannover und Hamburg gemittelt, Frankfurt aus Bocholt und Hannover und schließlich Freiburg aus Frankfurt, Bocholt und Hannover. Durch die mehrfache Berechnung wird die Fehlerquelle etwas verkleinert.

Die Ergebnisse nach den 3 verschiedenen Methoden wurden gemittelt, um die wahrscheinlichsten langjährigen Mittelwerte festzulegen. Fügen wir jetzt noch die Beobachtungen des letzten Winters 1963/64 hinzu, so erhalten wir die folgenden 198jährigen Mittelwerte für die Wintertage und Kältesummen, sowie ihr Verhältnis zueinander. (Tab.11)

Zusammen mit den Werten aus Tab.8 erhalten wir damit die vollständige Liste der 198jährigen Mittel der Wintertage und Kältesummen aller benutzten Stationen.

Station	Hannover	Bocholt	Frankfurt	Nürnberg	München	Freiburg	
Wintertage	45,7	33,4	43,8	56,3	62,1	37,1	(homog.)
Kältesumme	201	114	177	273	335	154	"
Wintertage	43,4	31,1	41,4	54,0	59,8	34,9	(egal.)
Kältesumme	182	102	160	246	302	140	"
Wintertage	0,227	0,292	0,248	0,206	0,185	0,240	(homog.)
Kältesumme	0,238	0,305	0,258	0,219	0,198	0,251	(egal.)

Tab.11: Endgültige 198jährige Mittel der Wintertage und Kältesummen und ihr Verhältnis zueinander

Nach Fertigstellung der Arbeit ist inzwischen wieder ein Winter vergangen. Zusammen mit den Werten dieses Winters 1964 wurde eine nochmalige Reduktion der Mittelwerte nach der 3.Methode vorgenommen. Die folgende Tabelle enthält nun die 199-jährigen Mittelwerte unserer Ausgangsstationen und die neu reduzierten Mittelwerte der übrigen Stationen. Durch Brose(15) und Rentschler(16) sind für Frankfurt(Stadt) und Stuttgart-Hohenheim Reihen der Kältesummen veröffentlicht worden. Für Stuttgart (ab 1893) liegen auch noch die Zahlen der Wintertage vor, während für Frankfurt (ab 1826) außer den Kältesummen noch die sog. Eistage (Max. der Temperatur unter 0°C), aber nicht die Wintertage mitgeteilt wurden. Die Wintertage konnten daher für Frankfurt(St) nur näherungsweise durch entsprechende Vergleiche bestimmt werden. Bei der Bearbeitung der Frankfurter Reihe ergab sich, daß hier auch eine Er-

Station		Berlin			Hamburg			Schleswig	
		Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA
Wintertage	homog.	52,1	48,6	46,5	48,3	41,5	45,3	47,3	49,3
	egal.	49,7	47,3	44,1	45,9	39,1	43,0	44,9	46,7
Kältesumme	homog.	227	216	187	186	146	168	162	171
	egal.	205	194	168	169	130	152	147	155

Station		Hannover Flugh.	Bocholt	Frankfurt Flugh.	Frankfurt Stadt	Stuttgart Hohenheim
Wintertage	homog.	46,1	33,4	43,2	37,4	52,8
	egal.	43,6	31,0	40,7	35,1	50,4
Kältesumme	homog.	202	116	178	141	222
	egal.	182	102	158	124	200

Station		Nürnberg	München- Riem	Freiburg
Wintertage	homog.	56,8	63,1	37,9
	egal.	54,4	60,7	35,5
Kältesumme	homog.	275	340	158
	egal.	250	311	140

Tab.12: Mittelwerte der Kältesummen und Zahl der Wintertage (1766-1964)

wärmung durch den wachsenden Großstadteinfluß eingetreten ist, der zwar kleiner als derjenige von Berlin war, ohne daß aber der Unterschied bewiesen werden konnte. Aus diesen relativ langen Reihen konnten die 199-jährigen Mittel für diese beiden Stationen ebenfalls leicht reduziert werden. Die betr. Werte sind in der vorsteh. Tabelle 12 mit aufgeführt.

Diese 3. Reduktionsmethode ist verhältnismäßig einfach und scheint auch damit am besten zu sein. Daher wurde sie auch ausführlich beschrieben.

IV. Verteilung der Zahl der Wintertage auf die 5 beteiligten Monate.

Zum Abschluß dieses ersten Teils soll nun noch über die Verteilung der Wintertage auf die 5 Monate November bis März berichtet werden. Für eine Station in Schleswig lagen die Werte ab 1901 vor. Die Zahl der Wintertage ergab sich hier aus den Tagesmitteln der Temperatur, die mit der üblichen Klimaformel $(I + II + 2 \times III):4$ gerechnet wurden. Für eine Station in Hamburg wurde die Verteilung auf die einzelnen Monate bis 1832 und später bis 1823 zurück berechnet. Dabei wurde ab 1933 für die Station A die Klimaformel benutzt, in den früheren Jahren mußte auf die Formel $(\text{Max.} + \text{Min.}):2$ zurückgegriffen werden. Für Berlin lagen zunächst nur die Einzelwerte ab 1918 vor, dabei ab 1947 mit der Klimaformel gerechnet. Bis 1879 zurück wurden nach der Formel $(\text{Max.} + \text{Min.}):2$ aus den entsprechenden Jahrbüchern noch weitere Monatswerte ermittelt. Leider findet sich in der Hellmann'schen Arbeit (1) keine Aufteilung auf die einzelnen Monate, wie bei den Kältesummen.

Die Summen bzw. Mittel und die prozentualen Verteilungen mußten zunächst für jede Aufstellung des Thermometers, also für jede Station, gerechnet werden. Danach wurden diese Teilsummen jeweils auf eine bestimmte Station am Ort erweitert, in Berlin auf Dahlem(Da), in Hamburg auf Fuhlsbüttel(A) und in Schleswig auf die Klimastation(KH). Erst dann konnten die Zusammenfassungen für gleiche Zeiten an allen 3 Stationen vorgenommen werden.

Zunächst wurde die Verteilung für die Zeit 1918-1963 berechnet und dann für die Zeit 1901-1963. Diese Teilrechnung wurde vorgenommen, da sich gezeigt hatte, daß sich unterschiedliche Verteilungen ergaben, wenn man einerseits die Klimaformel, andererseits die Formel $(\text{Max.} + \text{Min.}):2$ benutzte. Es lagen aber so wenige Jahre mit Werten nach beiden Formeln gleichzeitig vor, daß keine fundierte Korrektur ermittelt werden konnte. Die weitaus größte Zahl der Jahre wurde nach der Formel $(\text{Max.} + \text{Min.}):2$ gerechnet, so daß sich praktisch eine Verteilung der Wintertage für diese Formel ergibt. In Schleswig war das aber nicht der Fall. Um eine gewisse Angleichung vorzunehmen, wurden die eben genannten 2 Teilabschnitte gerechnet und verglichen. Dabei beruht der jüngste

Abschnitt in der Hauptsache auf Werten nach der Klimaformel. In Berlin und Hamburg stützte sich der ältere Abschnitt auf die Berechnung nach der Formel (Max.+Min.):2. Es zeigte sich, daß die prozentuale Verteilung bei beiden Stationen sich nahezu gleichwertig veränderte, wenn man von dem jüngeren auf den älteren Abschnitt überging. Bei Schleswig ergaben sich davon abweichende Änderungen. Diese Änderungen wurden nahezu an die korrespondierenden, gleichwertigen Änderungen von Berlin und Hamburg angeglichen, so daß sich schließlich für die Zeit von 1901-1963 an allen 3 Orten eine Verteilung ergibt, die sich im wesentlichen auf die Berechnung nach (Max+Min.):2 abstützt. Für die Zeit von 1879-1900 wurde Schleswig dann an Hamburg angeschlossen. Damit lagen für die Zeit von 1879-1963 an allen 3 Stationen die Verteilungen auf die 5 Monate vor. Für diese, nur in Schleswig von 1879-1900 nicht beobachteten Werte, ergaben sich folgende Verteilungen (Tab.13).

	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	
Berlin(Da)	8,3	24,2	31,9	24,1	11,5 %	
Hamburg(A)	7,1	22,9	32,2	25,6	12,2 %	
Schleswig(KH)	6,5	20,9	31,4	26,1	15,1 %	

Tab.13: Prozentuale Verteilung der Wintertage auf die Monate November-März (1879-1963).

Man sieht, daß auch für die Wintertage der Januar den größten Anteil an der Gesamtsumme des Winters liefert, der November den geringsten. Das stimmt für alle 3 Stationen. Auf weitere Einzelheiten wollen wir weiter unten eingehen, wenn wir die Verteilungen für die Gesamtzeit 1766-1963 reduziert haben. Diese Verteilung für die rund 80 Jahre, die gut belegt ist, wurde mitgeteilt, um erkennen zu lassen, daß bei der weiteren Reduktion keine Charakteristika verwischt wurden.

Für Hamburg lagen nun noch die Monatswerte bis 1823 zurück vor. Die Prozentwerte der Verteilung für die Gesamtzeit 1823-1963 wurden nun mit denen für die Jahre 1879-1963 verglichen. Es zeigte sich, daß folgende Änderungen in den einzelnen Monaten aufgetreten waren: Nov. +1,0, Dez. +0,4, Jan. -0,3, Febr. -0,9 und März +0,2%. Im Hochwinter waren also in den früheren Jahren weniger Wintertage aufgetreten, in den ersten Monaten entsprechend mehr. Diese Beträge wurden nun auch an die Verteilungen der anderen Stationen angebracht. Es wurde schließlich noch versucht, für die gesamte Zeit 1766-1963 solche Verteilungen abzuleiten. Dazu wurde die Änderung der Verteilung bei den Kältesummen vom Mittel 1766-1963 auf das Mittel 1823-1963 berechnet. Diese Mittelwerte waren in Berlin vollständig durch Beobachtungen belegt. Die Änderungen bei den Kältesummen wurden nun monatsweise mit dem Verhältnis Wintertage / Kältesumme(%) multipliziert. Diese korrigierte Änderung wurde dann an die letzte Verteilung (1823-1963) angebracht: Nov. +0,2, Dez. +0,4, Jan. +0,6, Febr. -1,7 und März +0,5 %. Es

schien richtig, die Änderung, wie sie sich bei den Kältesummen ergeben hatte, etwas zu ändern, da die prozentuale Verteilung auf die Monate bei den Kältesummen doch anders war als bei den Wintertagen. Nach Anbringung dieser Korrektur ergaben sich nun folgende, auf ganze Prozente abgerundete Verteilungen (Tab.14). Die entsprechenden Werte für die Kältesummen wurden zum Vergleich noch hinzugefügt.

	Wintertage(%)					Kältesummen(%)				
	XI	XII	I	II	III	XI	XII	I	II	III
Berlin(Da)	9	25	32	22	11	5	24	40	23	8
Hamburg(A)	8	24	32	23	12	5	23	39	24	9
Schleswig(KH)	8	22	31	24	15	5	22	38	25	10

Tab.14: Prozentuale Verteilung der Wintertage und Kältesummen auf die Monate November-März (1766-1963).

Beim Vergleich zwischen den Kältesummen und der Zahl der Wintertage erkennt man, daß der Prozentsatz des Januar bei den Kältesummen beträchtlich höher liegt. In den Monaten November und März ist er entsprechend niedriger, während der Unterschied in den Monaten Dezember und Februar gering ist. Das ist ganz verständlich, da die Temperaturen nach dem Jahresgang im Januar allgemein am niedrigsten liegen, das gilt verstärkt für die Tagesmittel unter 0°C.

Vergleicht man die Anteile der einzelnen Monate an den 3 Stationen, sowohl bei den Wintertagen als auch bei den Kältesummen, so kann man feststellen, daß in den ersten beiden Monaten des Winters der Anteil in Schleswig geringer ist als in Hamburg, und in Hamburg wiederum geringer als in Berlin. In den beiden letzten Monaten des Winters ist es genau umgekehrt. Im Januar ist kein großer Unterschied festzustellen. Der Anteil nimmt vom Binnenland zur Küste nur geringfügig ab.

Nähert man die Prozentzahlen durch eine Kurve an, so hat das Binnenland das Maximum der Wintertage vor Mitte Januar, das Küstengebiet erst nach Mitte Januar. Das Maximum verschiebt sich also auf eine spätere Zeit, genau wie die Minima bei den Monatsmitteln der Lufttemperatur, die durch das später liegende Minimum der Wassertemperatur in gleicher Richtung verschoben werden. Zusammengefaßt ist also die verschiedene Verteilung auf die 5 Monate an unseren 3 Stationen durch die Lage bzw. den Abstand von der Küste bestimmt. Das gilt zunächst für den relativen Gang aufgrund der Prozentwerte. Ganz ähnlich verhalten sich auch die absoluten Werte, wenn diese auch von der Auswahl der Stationen abhängen. In der folgenden Tab.15 ist die wirkliche mittlere Anzahl der Wintertage für unsere 3 Stationen mitgeteilt.

Die entsprechende relative Häufigkeit der Wintertage für die Zeit von 1879-1963 ist für die Station Hamburg(A): XI 10, XII 32, I 45, II 40, und III 17 Prozent. Mit Ausnahme vom Februar, der seinen Wert von 40% behält, sind die Häufigkeiten in der letzten Zeit geringer als in der Gesamtzeit. Nach Reduktion der entsprechenden Werte von Richter (13,

	XI	XII	I	II	III	
Berlin(Da)	5	13	17	11	6	52,1 Wintertage
	17	42	54	40	20	% rel. Häufigkeit
Hamburg(A)	4	11	16	11	6	48,4 Wintertage
	14	37	51	40	19	% rel. Häufigkeit
Schleswig(KH)	4	10	15	11	7	47,3 Wintertage
	12	33	48	40	24	% rel. Häufigkeit

Tab.15: Mittlere Zahl und relative Häufigkeit der Wintertage in den Monaten November-März (1766-1963).

S.130) ergeben sich für Hamburg(A) folgende relative Häufigkeiten der Wintertage für die einzelnen Dekaden (1879-1963): XI 3 10 17 XII 25 32 40 I 43 44 49 II 45 40 34 III 28 17 7 Prozent. Die relativ größte Anzahl von Wintertagen hat die 3.Januardekade, gefolgt von der 1.Februardekade. Diese ausführliche Statistik bestätigt, daß das Maximum der Wintertage in Hamburg nach Mitte Januar liegt.

Zum Schluß wollen wir die Wintertage direkt mit den Kältesummen in den einzelnen Monaten vergleichen und feststellen, welcher Betrag als Kältesumme auf einen Wintertag entfällt. Daß im Hochwinter pro Wintertag eine größere Kältesumme auftritt als in den Übergangsmonaten, zeigt die folgende Tab.16. Im zweiten Teil der Tabelle ist noch das Verhältnis Wintertage:Kältesumme mitgeteilt, das wir früher schon benutzten.

	Kältesumme:Wintertag					Wintertag:Kältesumme						
	XI	XII	I	II	III	Mittel	XI	XII	I	II	III	Mittel
Berlin(Da)	2,5	4,2	5,4	4,7	3,0	4,38	0,40	0,24	0,19	0,21	0,33	0,228
Hamburg(A)	2,3	3,8	4,6	4,0	2,7	3,85	0,44	0,27	0,22	0,25	0,37	0,260
Schleswig(KH)	2,0	3,4	4,2	3,6	2,3	3,42	0,49	0,29	0,24	0,28	0,44	0,290

Tab.16: Mittleres Verhältnis zwischen Wintertagen und Kältesummen in den Monaten November bis März (1766-1963)

Aus dieser Tab.16 geht hervor, daß in jedem Monat die mehr binnenwärts gelegene Station pro Wintertag eine größere Kältesumme erzielt. Die höchsten Werte werden im Januar und Februar erreicht. Die Werte am Schluß des Winters sind höher als die zum Beginn. Das gilt ebenfalls für alle 3 Stationen. Je größer der absolute Betrag der Kältesumme ist, desto größer ist auch der Betrag pro Wintertag und desto kleiner ist das reziproke Verhältnis.

Zum Schluß sei noch einmal erwähnt, daß sich auch aus diesen Statistiken ergibt, daß die jährliche Kältesumme ihre Hauptprägung durch die Tage mit großen Tagesmitteln unter 0°C erfährt. Die vielen Temperaturmittel mit geringen Werten unter 0°C tragen zur Gesamtzahl nur wenig bei. Die beiden Hochwintermonate erreichen allein schon fast 2/3 der gesamten Kältesumme. Mit dieser Betrachtung sei der erste Teil der Untersuchung abgeschlossen.

V. Statistische Auswertungen

Die oben geschilderte Homogenisierung der verschiedenen Reihen wurde nach einem Prinzip vorgenommen, das sich aus der Art und Menge des vorliegenden Materials mehr oder weniger zwangsläufig ergab. Aufgrund von Zwischenrechnungen und Überlegungen erschien die geschilderte Methode als der beste Weg. Es soll nun im einzelnen noch gezeigt werden, daß das tatsächlich der Fall ist.

1. Fehler bei der Homogenisierung und der Ergänzung der Einzelwerte.

Wir müssen nun in den folgenden Abschnitten auf die Fehler eingehen, die bei der Homogenisierung auftreten. Diese Fehlerrechnung soll für sich erst jetzt behandelt werden, da der oben geschilderte Ablauf der Berechnungen ziemlich gestört worden wäre, wenn man gleich auf die Fehler mit eingegangen wäre. Die Fehlerrechnung soll sich anschließend auch auf die Reduktion der langjährigen Mittelwerte erstrecken.

Es handelt sich im wesentlichen darum, nachzuweisen, daß die Fehler bei den angewandten Rechenmethoden am kleinsten sind. Diese Fehler beziehen sich dabei auf die Differenz der Zahl der Wintertage zwischen 2 Stationen bzw. auf die Differenz zwischen den beobachteten und den aus der zweiten Station hergeleiteten Zahlen der Wintertage.

a. Berechnung der verschiedenen Gesamtfehler

Wir wollen zunächst das Stationspaar Hamburg(A) und Hamburg(J) behandeln. Unter Hinzunahme der korrigierten Werte des Botanischen Gartens liegen Parallelbeobachtungen an den beiden Stationen ab 1945 vor. Wir können daher nur diese 19 Jahre zur Berechnung verwenden. Die mittlere Differenz betrug 7,0 Wintertage. Die Streuung der einzelnen Differenzen um diese Mittelwerte betrug $\sigma_{\Delta} = \pm 3,728$ d.h. wenn man von der Zahl der Wintertage von A jeweils den konstanten Wert 7,0 subtrahiert hätte, läge der Fehler dieser so reduzierten Werte in der Größenordnung von $\sigma_{\Delta_K} = \pm 3,728$. Die (lineare) Korrelation zwischen den beiden Reihen der Wintertage betrug $r = 0,982$. Nähern wir die einzelnen Differenzen durch eine Gerade nach der Methode der kleinsten Quadrate an und fügen dann die sich jeweils ergebenden Differenzen an die Zahl der Wintertage von A an, um die Zahl von J zu erreichen, so ergibt sich noch ein Fehler von $\sigma_{\Delta_L} = \pm 3,683$. Dieser Fehler läßt sich auch anders berechnen. Er ist gleich dem Fehler der Schätzung bzw. der sog. bedingten Streuung unter Verwendung einer linearen Regressionslinie und ergibt sich zu $s_y = \sigma_y \sqrt{1 - r^2} = \pm 3,683$. Dieser Fehler ist schon etwas kleiner.

Wir hatten nun weiter oben eine Beziehung zwischen den Wintertagen zweier Stationen abgeleitet, indem wir die Beziehung der Kältesummen dieser beiden Stationen, wie sie in der ersten Arbeit (2) bestimmt wurde, benutzten (Tab. 3, Unterschied zwischen Zeile 3 und 5). Mit Hilfe dieser Tabelle wurden nun aus den Wintertagen von A diejenigen von

J gerechnet. Der Vergleich mit den wirklichen Werten ergab einen Fehler von $\sigma_{\Delta_m} = \pm 3,438$. Dieser Fehler ist schon merklich kleiner, obwohl der Umweg über die Kältesummen eingeschlagen wurde. Es wurde weiter oben auch noch die direkte Beziehung zwischen den Wintertagen der beiden Stationen abgeleitet. Damit konnten ebenfalls Werte für J ermittelt werden. Der entsprechende Fehler betrug $\sigma_{\Delta_d} = \pm 3,229$. Dieser Fehler kann mit dem σ_{Δ_e} verglichen werden, bei dem eine lineare Beziehung angesetzt war. Es ist klar, daß der zuletzt gerechnete Fehler kleiner sein muß als der aus der linearen Beziehung gewonnene. Es ist ähnlich wie beim Übergang von der (linearen) Korrelation r zum Korrelationsverhältnis η . Benutzen wir die σ_{Δ_m} und σ_{Δ_d} , so läßt sich ein η berechnen. Es ergaben sich folgende Werte $\eta_m = 0,984$ und $\eta_d = 0,986$.

Nun wurde noch die Zahl der Wintertage von J aus der Kältesumme direkt abgeleitet unter der Verwendung der Werte aus Tab.1. Der Fehler war $\sigma_{\Delta_x} = \pm 7,548$. Dieser Fehler ist relativ groß und zeigt deutlich die Tatsache, daß die Beziehung zwischen der Kältesumme und der Zahl der Wintertage nicht so eng ist.

Bei der Ermittlung der Zahl der Wintertage für Hamburg für die Jahre vor 1823 hatten wir 3 verschiedene Werte gerechnet und dann gemittelt. Die Berechnungsarten waren die zuletzt geschilderten: 1. Beziehung der Wintertage indirekt über die Kältesummen, 2. direkte empirische Beziehung der Wintertage und 3. Beziehung zwischen Kältesumme und Wintertagen. Mitteln wir zum Vergleich nun die eben für J aus diesen 3 Wegen errechneten Werte, so ergibt sich ein $\sigma_{\Delta_z} = \pm 3,169$ und ein $\eta_z = 0,987$. Wir sehen, daß dieser Fehler der bisher kleinste ist. Unter Nichtverwendung der letzten Beziehung wäre der Fehler noch etwas kleiner geworden, $\pm 3,07$. Trotzdem erschien es angebracht, die Beziehung mit den Kältesummen mitzuverwenden, denn es zeigte sich, daß in den Jahren, in denen die Wintertage an den beiden Stationen (das gilt speziell für das Stationspaar Berlin-Hamburg) ziemlich unterschiedlich waren und damit den Fehler erhöhten, die Beziehung zu den Kältesummen ihn meistens wieder verkleinerten. Darum wurde seinerzeit auf diese Beziehung nicht verzichtet.

Bei der Homogenisierung wurde so vorgegangen, daß die beobachtete Zahl der Wintertage mit Hilfe der Differenz der Kältesummen zwischen der zu reduzierenden und der gültigen Station korrigiert wurde (Tab.1). Den gleichen Prozeß haben wir für unser Stationspaar auch noch vorgenommen für die jetzt betrachtete Zeit der parallelen Beobachtungen. Es wurde also unter Verwendung der Kältesummen von A und J eine entsprechende Differenz der Zahl der Wintertage ermittelt und als Korrektur an die Beobachtungen von A angebracht. Diese neuen Werte von J wurden mit den Beobachtungen verglichen. Es ergab sich ein $\sigma_{\Delta_r} = \pm 2,98$. Dieser Fehler ist also der kleinste, und dies Ergebnis gibt uns das Recht, die Homogenisierung in der beschriebenen Form vorzunehmen. Unter Verwendung dieses σ_{Δ_r} ergibt sich ein $r' = 0,9883$.

Bei diesen hohen Werten von r muß die Beziehung praktisch linear sein. Denn bis zum Grenzwert $r = 1$ bleibt so wenig Spielraum für die Werte von r , daß das Linearitätskriterium stets erfüllt sein muß. Für den Hamburger Raum hätte also auch eine einfache lineare Beziehung genügt, zumal die Zahl der Wintertage auf ganze Werte abgerundet werden mußte. Die Verwendung der Beziehungen höherer Ordnung war aber jedenfalls nicht schlechter. Bei weiter auseinanderliegenden Stationspaaren ist die Korrelation geringer, so daß eine genauere Beziehungskurve eher größeren Vorteil bietet.

Für die Stationen Hamburg(A) und Schleswig(KH) konnten für die gleichzeitig beobachteten Jahre ab 1901 ebenfalls die Fehler bestimmt werden. Die Streuung der beobachteten Differenzen um den Mittelwert von 0,349 war $\sigma_{\Delta_K} = \pm 4,755$. Der (lineare) Korrelationskoeffizient betrug in diesem Fall $r = 0,966$, ist also auch noch verhältnismäßig hoch. Der Fehler der Schätzung unter Verwendung der linearen Regressionslinie war $\sigma_{\Delta_\ell} = \pm 4,752$. Er ist praktisch gleich dem Fehler bei konstanter Differenz. Die Beziehung zwischen den Wintertagen von A und KH liefert auf dem Umweg über die Kältesummen (Tab.6) einen Fehler von $\sigma_{\Delta_m} = \pm 4,755$. Der Fehler liegt in der gleichen Größenordnung. Die empirische Beziehung zwischen der Zahl der Wintertage an beiden Stationen (Tab.9) lieferte einen Fehler $\sigma_{\Delta_d} = \pm 4,632$. Er ist erwartungsgemäß etwas kleiner. Das η_d wird 0,968. Bei der Zahl der Wintertage, allein aus der Kältesumme von KH abgeleitet (Tab.1), ist der Fehler der Differenz gegenüber den Beobachtungen wieder größer, $\sigma_{\Delta_r} = \pm 6,509$. Mitteln wir die Wintertage aus den letzten 3 Methoden wieder, so ergibt sich zu den Beobachtungen ein Fehler von nur noch $\sigma_{\Delta_2} = \pm 4,043$. Er ist der bisher kleinste. Aus dem Vergleich der Abweichungen ergibt sich, daß der Fehler aus den beiden Beziehungen der Wintertage allein, kaum kleiner ist. Mit diesem σ_{Δ_2} wird das $\eta_2 = 0$, $\eta_1 = 0,976$. Man könnte also auch hier noch eine lineare Beziehung ansetzen.

Bei dem Stationspaar Berlin(Da) und Hamburg(A) ist die Bestimmung der Fehler der Differenzen relativ genau, da 132 Parallelbeobachtungen vorliegen. Es werden, wie auch vorher, die homogenisierten Werte benutzt. Die mittlere Differenz zwischen Da und A betrug + 3,909. Die Streuung um diesen Mittelwert erreichte den Betrag $\sigma_{\Delta_K} = \pm 7,191$, wofür sich $r = 0,928$ ergab. Aus diesem r und der entsprechenden Streuung erhalten wir die bedingte Schätzung zu $\sigma_{\Delta_\ell} = \pm 7,177$. Sie ist nur wenig kleiner. Unter Verwendung der Beziehung mit Hilfe der Kältesummen (Tab. 3) erhalten wir ein $\sigma_{\Delta_m} = \pm 7,208$. Er liegt wieder etwas höher in der Größenordnung wie bei der konstanten Differenz. Benutzen wir die empirische Beziehung zwischen den Wintertagen (Tab.5), wird der Fehler natürlich kleiner. Wir erhielten $\sigma_{\Delta_d} = \pm 7,130$ und ein $\eta_d = 0,929$. Aus der Kältesumme (A) allein wird der Fehler dieses Mal nicht wesentlich größer, nämlich $\sigma_{\Delta_r} = \pm 7,891$. Das liegt daran, daß die vorher genannten

Fehler wegen der großen Entfernung Berlin-Hamburg relativ groß ausfallen. In den früheren Fällen war die Schätzung der Wintertage aus der Nachbarstation besser als diejenige mit Hilfe der Kältesumme der gleichen Station. Mitteln wir die jeweils 3 Werte wieder, wie es für die Zeit vor 1832 tatsächlich auch gemacht wurde, so ergibt sich nur noch ein Fehler von $= \pm 6,072$, der bisher kleinste Wert mit einem $= 0,949$. Er ist auch kleiner als der nur aus den beiden Werten, die mit den Beziehungen zwischen den Wintertagen gewonnen wurden. Durch die direkte Hereinnahme einer spezifisch Hamburger Wintercharakteristik (durch die Kältesummen von A) wird der Fehler meistens verkleinert, der durch die Wintertag-Beziehung zwischen Berlin und Hamburg auftrat, wenn der Winter in Berlin eine andere Dauer hatte als in Hamburg.

b. Die Fehler bei unterschiedlicher Zahl der Wintertage

Bei dem Vergleich zwischen Hamburg(A) und Schleswig(KH) können wir aus den 63 Parallelbeobachtungen etwas über die Verteilung der Streuung der Differenz der Wintertage bei verschiedener mittlerer Zahl der Wintertage aussagen. Wir benutzen dazu die Werte, die oben zur Tab.6 führten. Für 4 Bereiche der Wintertage von A ergaben sich folgende Streuungen, im Mittel $\sigma_{da} = \pm 4,632$.

Wintertage Hamburg(A)	18-26	27-35	36-48	über 49
Mittel Wintertage	21,9	31,1	42,3	66,2
Differenz(A-KH)	-1,0	+1,4	+1,9	-0,8
Streuung der Differenz	$\pm 4,92$	$\pm 5,35$	$\pm 3,88$	$\pm 3,99$

Tab.17: Streuung der Differenz der Wintertage in Hamburg und Schleswig in Abhängigkeit von der Zahl der Wintertage in Hamburg (1900-1963)

In dem Bereich der Zahl der Wintertage von 27-35 wird die größte Unruhe festgestellt, dagegen ist besonders bei der höheren Zahl der Wintertage die Streuung kleiner. Ein gewisses Absinken ist auch bei der geringen Zahl der Wintertage zu beobachten, d.h. bei kurzen und langen Wintern ist der Unterschied in der Zahl der Wintertage an unseren beiden Stationen meist von gleicher Größenordnung, ist also relativ gleichmäßig.

Für die 132 Beobachtungen, gleichzeitig in Berlin und Hamburg, können wir ebenfalls die Streuung der Differenzen der Zahl der Wintertage wieder differenzieren. Wir benutzen dazu die Unterlagen der Tab.5 und unterteilen das Material in 6 Klassen zu je 22 Beobachtungen. (Siehe Tab.18)

Diese ausführlichere Tabelle, die in den einzelnen Klassen auch einigermaßen gut belegt ist, zeigt ein charakteristisches Bild. Die kleinste Streuung wird bei kurzen Wintern erreicht, d.h. in Wintern mit wenigen Wintertagen ist der Unterschied zwischen Berlin und Hamburg relativ konstant um 4,2 Tage. Je mehr die Zahl der Wintertage

Wintertage in Berlin(Da)	22-29	30-39	40-47	48-54	55-66	über 67
Mittel der Wintertage	26,2	34,3	43,4	50,8	60,8	76,9
Differenz (Da-A)	+4,2	+5,2	+3,7	+4,3	+0,3	+3,1
Streuung der Differenzen	$\pm 4,02$	$\pm 4,56$	$\pm 6,91$	$\pm 7,22$	$\pm 9,84$	$\pm 7,72$

Tab.18: Streuung der Differenz der Wintertage in Berlin und Hamburg in Abhängigkeit von der Zahl der Wintertage in Berlin

in Berlin ansteigt, desto größer wird die Streuung der Differenz der Wintertage gegenüber Hamburg, wenn auch die mittlere Differenz selbst vom Maximalwert 5,2 in der Klasse 30-39 Wintertage in Berlin im ganzen abnimmt. Das Maximum der Streuung wird aber in der vorletzten Klasse (55-66) erreicht. In der Klasse mit der größten Zahl der Wintertage in Berlin (und auch in Hamburg) wird die Streuung um den mittleren Wert von 3,1 wieder merklich kleiner, d.h. also, daß in sehr langen Wintern der Unterschied zwischen Berlin und Hamburg wieder gleichmäßiger wird. Dieses Ergebnis ist relativ günstig, deutet es doch an, daß man bei der Reduktion und auch bei der Ergänzung von fehlenden Werten gerade im Bereich einer hohen Zahl von Wintertagen, also meist in kalten Wintern, relativ geringe Fehler macht.

2. Art der Verkleinerung der Fehler bei der Verwendung mehrjähriger Mittelwerte

Wir müssen nun auf die Verkleinerung der Streuungen eingehen, die zwangsläufig eintritt, wenn man mehrere Jahre zu Mitteln zusammenfaßt. Bei unabhängigen Werten gilt das Gesetz $\sigma_{\Delta} = \frac{\sigma_{\Delta}}{\sqrt{N}}$, wobei sich das Mittel $\bar{\Delta}$ auf N Beobachtungen stützt. Es ist bei den Wintertagen nicht sicher, ob nicht doch eine Bindung von Jahr zu Jahr vorhanden ist. Außerdem sind die Beobachtungen an Stationspaaren mehr oder weniger korreliert.

Wir wollen diese Abnahme der Streuungen für die Differenz der Wintertage an einzelnen Stationspaaren prüfen. Es werden fortschreitend mehr Jahre gemittelt. Es können nur die Jahre mit wirklich vorhandenen doppelten Beobachtungen verwendet werden. Wir erstrecken die Untersuchung nur auf die wirkliche Differenz Δ , rechnen also nur $\sigma_{\Delta\kappa}$ bzw. $\sigma_{\Delta\bar{\kappa}}$. Bei dem Stationspaar Hamburg(A und J) war $\sigma_{\Delta\kappa} = \pm 3,728$. Für ein Mittel von Δ über 10 Jahre ergibt sich abgeschätzt etwa $\sigma_{\Delta_{10}} \approx \pm 0,6$, während nach der Theorie sich ein $\sigma_{\Delta_{(10)}}^{\circ} = \pm 1,179$ ergeben müßte. Ähnlich ist es beim Stationspaar Berlin (Da und Tp). Hier wird $\sigma_{\Delta_{(10)}}^{\circ} = \pm 0,54$, während sich empirisch schätzungsweise $\sigma_{\Delta_{(10)}} \approx \pm 0,25$ ergeben würde. Bei dicht benachbarten Stationen scheint also der Fehler des Mittels schneller abzusinken als nach dem \sqrt{N} -Gesetz, etwa mit $2\sqrt{N}$.

Eine genauere Prüfung ist nur bei den Stationspaaren Hamburg-Schleswig und Berlin-Hamburg möglich. Für das erste Paar ergaben sich folgende Werte, die den theoretischen Werten in Tab.19 gegenübergestellt werden.

Zahl der Beobachtungen	1	5	10	20	30	40	50
Streuung (theoretisch)	4,76	2,13	1,50	1,06	0,87	0,75	0,67
Streuung (empirisch)	4,76	1,96	1,64	1,19	0,94	(0,38)	(0,36)

Tab.19: Streuung der mittleren Differenzen der Zahl der Wintertage zwischen Hamburg und Schleswig

Wir sehen, daß bei $N=5$ die empirische Streuung kleiner ist als die erwartete. Bei $N = 30$ ist sie dann etwas größer. Oberhalb $N = 30$ scheint sie wieder stärker abzusinken. Die Streuungen bei großem N sind nur Näherungswerte, die z.T. durch Hinzunahme älterer Werte gewonnen wurden. Die übrigen Streuungen mit $N > 5$ wurden aus mehreren Zusammenfassungen errechnet, bei denen die Zeitspanne von N Jahren jeweils etwas verschoben wurde. Es ist aber zweifellos so, daß die Streuung der mittleren Differenzen bei einem $N > 50$ ziemlich rasch abfällt, so daß die langjährigen Mittel der Differenz der Wintertage relativ sicher zu bestimmen sind. Sonst aber kann man das \sqrt{N} -Gesetz als erfüllt ansehen, da die empirischen Bestimmungen der Streuungen ja noch mit Fehlern behaftet sind.

Diese Feststellungen werden im ganzen durch den Abfall der Streuungen bestätigt, der sich beim Stationspaar Berlin-Hamburg ergibt. Diese Werte sind, da sie auf mehr Beobachtungen beruhen, sicherer. Die Ergebnisse sind in Tab.20 zusammengestellt mit den theoretischen Streuungen nach dem \sqrt{N} -Gesetz.

Zahl d. Beobachtg.	1	5	10	20	30	40	50	100
Streuung (theor.)	7,19	3,22	2,27	1,61	1,31	1,14	1,02	0,72
Streuung (emp.)	7,19	4,00	3,57	2,71	2,26	2,06	1,59	(0,1)

Tab.20: Streuung der mittleren Differenzen der Zahl der Wintertage zwischen Berlin und Hamburg

Bei einem $N = 5$ ist die empirische Streuung nur wenig größer. Bei allen weiteren Mitteln bis zu einem $N = 50$ ist sie immer größer, besonders bei $N = 40$. Darüber nimmt der Abfall der empirischen Streuungen stärker ab.

Die Streuung der Differenzen ($N = 1$) bei dem Stationspaar Hamburg (A und J) war $\sigma_{\Delta} = \pm 3,73$, allerdings nur für 19 Paare. Der entsprechende Wert für das Stationspaar Hamburg-Schleswig war $\sigma_{\Delta} = \pm 4,76$ und für das Paar Berlin-Hamburg $\sigma_{\Delta} = \pm 7,19$. Soweit es die wenigen Werte zuließen, war das σ_{Δ} für $N = 10$ beim ersten Paar kleiner als nach der Theorie. Bei dem zweiten Paar war es nur wenig größer. Am größten war der Unterschied beim letzten, weitvoneinander entfernten Paar Berlin-Hamburg. Die gewöhnliche Streuung der Differenzen war ebenfalls beim letzten Paar am größten. Es ist naheliegend anzunehmen, daß bei einem Stationspaar mit einer kleinen Anfangsstreuung der Differenzen, also bei großer Korrelation der beiden Stationen (Wintertage), der Abfall mit wachsendem N sehr schnell erfolgt. Dafür sprechen auch die Werte, die aus den Stationen Berlin(Da und Tp) gewonnen wurden. Unter dieser

plausiblen Annahme könnte man ansetzen, daß bei einer Streuung der Differenzen von etwa $\sigma_{\Delta} \approx \pm 4,5$ das Gesetz mit \sqrt{N} gilt. Darunter ist der Abfall schneller, darüber entsprechend langsamer.

3. Fehlerabschätzung bei der Reduktion langjähriger Mittel

Diese Überlegungen brauchen wir zur Abschätzung der Fehler der Differenzen bei den anderen Stationspaaren, aus denen wir die langjährigen Mittel der Wintertage reduzierten. Dafür haben wir nur jeweils 11 Jahre zur Verfügung. Beim Stationspaar Berlin-Hamburg betrug nun das σ_{Δ} , gerechnet aus den letzten 11 Jahren $\sigma_{\Delta} = \pm 4,16$. Aus dem Gesamtmaterial ergab sich ein $\sigma_{\Delta} = \pm 7,19$. Beim Vergleich Hamburg-Schleswig erhielten wir aus den letzten 11 Jahren ein $\sigma_{\Delta} = \pm 3,08$, aus den 63 Jahren aber $\sigma_{\Delta} = \pm 4,76$. In beiden Fällen war also die Streuung der Differenz in den letzten 11 Jahren kleiner als in der Gesamtzeit von 132 bzw. 63 Jahren. Diese geringe Streuung in den letzten Jahren ist ein glücklicher Umstand, weil er die Sicherheit der Bestimmung der Differenz der Zahl der Wintertage erhöht. Denn bei relativ kleiner Streuung der Differenz war auch der Fehler der Differenzenmittel für 10(11) Jahre entsprechend kleiner, wie eben aufgeführt. Bei der Streuung der einfachen Differenzen $\sigma_{\Delta} \leq 4,5$ ist der Fehler des Mittels der Differenz bestimmt kleiner als nach dem \sqrt{N} -Gesetz zu erwarten. Bei $\sigma_{\Delta} > 4,5$ ist er größer.

Für die letzten 11 Jahre haben wir für die zur Reduktion benutzten Stationspaare die Streuungen der Differenzen ihrer Wintertage berechnet. Diese Streuungen ergeben schon an sich einen Überblick über die Temperaturbindung dieser Stationen. Sie ist umso größer, je kleiner die berechneten Streuungen. In der folgenden Tab.21 werden diese Streuungen und die für $N = 11$ daraus gerechneten theoretischen Fehler der Mittel zusammengestellt. Im ersten Teil der Tabelle befinden sich die Streuungen der schon bekannten Stationspaare, die z.T. schon besprochen wurden.

Stationspaar	Da A	A J	A WA	Da Hann	A Hann	J Hann	A Boch	J Boch
Streuung d. Differenz	4,16	4,05	3,08	4,52	4,20	2,69	7,26	5,72
Streuung d. Mittel	1,26	1,22	0,93	1,36	1,26	0,81	2,19	1,73

Stationspaar	Hann Boch	Hann Frkf	Boch Frkf	Da Nübg	Nübg Müch	Müch Frbg	Hann Frbg	Frkf Frbg	Boch Frbg
Streuung d. Differenz	5,57	7,71	5,99	6,23	3,33	10,2	10,9	7,52	9,19
Streuung d. Mittel	1,68	2,32	1,81	1,88	1,01	3,07	3,28	2,26	2,77

Tab.21: Streuungen der Differenzen und ihrer Mittel. Zahl der Wintertage, abgeleitet aus den Jahren 1953/1963.
(Wegen der Stationsnamen siehe Tabelle 12, Seite 23/24)

Die größten Streuungen haben die Stationspaare München-Freiburg, Hannover-Freiburg, Hannover-Frankfurt, Frankfurt-Freiburg, Hamburg(A)-Bocholt und Berlin(Da)-Nürnberg, was bei der großen Entfernung und der unterschiedlichen Lage verständlich ist. Schlecht zu erklären ist die große Streuung beim Stationspaar Frankfurt-Freiburg. Eine relativ kleine Streuung hat das Paar Hamburg(J)-Hannover.

Die Streuungen der Differenzen mit der Station Hannover liegen unter der oben festgelegten Grenze von $\sigma_{\Delta} = \pm 4,5$. Benutzen wir die Station Hamburg(J), so wird der Fehler der mittleren Differenz sicher kleiner als $\pm 0,8$. Für die Station Bocholt ist Hannover als Vergleichsort am besten geeignet. Die Streuung ist allerdings hier noch $\pm 5,6$. Der Fehler des Mittels ist also $> \pm 1,7$, schätzungsweise $\pm 2,2$. Ähnlich liegt die Bestimmung des Mittels der Differenz bei der Station Frankfurt. Mit Hannover ist der Fehler mindestens $\pm 1,8$, schätzungsweise $\pm 2,5$. Bei Nürnberg aus Berlin würde der Fehler der Differenz bei $\pm 2,6$ liegen. Der Fehler für München aus Nürnberg ist sicher $< \pm 1,0$. Der größte Fehler wird bei Freiburg zu erwarten sein, da hier die größten Streuungen auftreten. Mit Frankfurt wäre der Fehler immer noch etwa $\pm 3,8$. - Aus diesem Grunde wurden die für Freiburg zu reduzierenden langjährigen Mittelwerte aus mehreren Stationspaaren gebildet und gemittelt. Es zeigte sich aber, daß diese praktisch alle gleich waren, so daß das endgültige Mittel einigermaßen verlässlich erscheint. Nach dieser Fehlerabschätzung wird es also genügen, die langjährigen Mittel auf ganze Tage abzurunden.

Im übrigen tritt bei dieser Reduktion noch folgender günstiger Umstand auf. Unsere Reduktionsformel lautete: $y = \bar{x} + \left[1 + \frac{0,19}{\bar{x}} (\bar{x} - \bar{x})\right] \times (\bar{y} - \bar{x})$. Unsere mittlere Differenz (11 Jahre) steht hier als letzter Faktor $(\bar{y} - \bar{x})$. Ihr Fehler wird also verkleinert, wenn das Glied in der eckigen Klammer < 1 ist und umgekehrt. Nun geht bei der Bestimmung des Klammerwertes das $(\bar{x} - \bar{x})$ ein, die Differenz zwischen dem langjährigen und dem kurzen Mittel der Ausgangsstation. Vergleichen wir die Werte der Mittel in den Tab. 8 und 9, so können wir feststellen, daß an unseren Ausgangsstationen Berlin und Hamburg diese Differenz unter 0,3, in Schleswig bis 0,8 ist. Diese Werte sind also zufällig sehr klein, so daß die eckige Klammer näherungsweise ≈ 1 wird. Wir müssen also bei der Reduktion mit dem oben ermittelten Fehler rechnen. Wegen des zufällig bei 1 liegenden Klammerausdrucks wird unsere Reduktionsformel näherungsweise zu: $\bar{y} = \bar{x} + (\bar{y} - \bar{x})$. Das ist die Gestalt der Reduktionsformel, die bei den Temperaturmitteln immer verwendet wird, wie in der ersten Arbeit(2) ausgeführt wurde.

Bei der Reduktion der egalisierten Mittelwerte wird der Ausdruck in der eckigen Klammer < 1 , weil die Differenz $\bar{x} - \bar{x}$ negativ wird. In diesem Fall wird der Fehler der Bestimmung dieser egalisierten Mittel kleiner als oben angegeben.

4. Schwankungen der Differenz der Wintertage an Stationspaaren und der Streuungen dieser Differenzen.

Zur Beschreibung der Schwankungen der Differenzen der Zahl der Wintertage in Berlin und Hamburg und deren Streuung berechnen wir die sog. "Summenfunktion" (fortlaufende Summe der Abweichungen vom Mittel) der Differenzen der Wintertage des Stationspaars Hamburg-Berlin (1832-1962). Außerdem wird die Summenfunktion gerechnet für die absoluten Beträge der Differenzen, als Darstellung für den Gang der Streuung, da die durchschnittlichen Fehler proportional der Streuung sind.

Im ganzen verlaufen die Summenfunktionen der Differenzen und der absoluten Beträge der Differenzen ziemlich ähnlich. Ein Unterschied tritt in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf. Im übrigen ist die Summenfunktion der Differenzen von etwa 1845-1865 oder 1872 relativ unruhig. Wendepunkte in den Summenfunktionen liegen in folgenden Jahren:

1. Differenz: Max.1845, Min.1856, Max.1865 (dann schwacher Abfall bis 1873), Min.1917, Max.1938.
2. Streuung : Max.1841, Min.1849, Max.1862 (dann schwacher Abfall bis 1883), Min.1917, Max.1937.

Wie schon oben erwähnt, haben beide Kurven im ganzen einen gleichartigen Gang, wenn man von den wenigen Jahren Unterschied einmal abieht. Die absoluten Maxima und Minima sind unterstrichen. Das Maximum liegt bei der Streuung allerdings später, d.h. bei der Differenz haben demgegenüber die beiden ersten Maxima ihre Rolle vertauscht. Zusammengefaßt kann man folgende Abschnitte einteilen:

Zeitraum	Differenz	Streuung
1832-1862	+0,9	+3,1
1863-1917	-2,4	-2,1
1918-1938	+5,3	+3,2
1939-1963	-0,4	-2,2
1918-1963	+2,2	+0,3

In den mittleren Abschnitten ist die Abweichung vom Mittel negativ. Der Abfall in den Summenfunktionen ist ziemlich gleichmäßig. In den äußeren Abschnitten ist die Abweichung positiv. Der Gang der Summenfunktion ist sehr unruhig, bei der Differenz besonders in den Jahren 1832-1862, bei der Streuung besonders in der Zeit 1917-1963. Es wurden in dieser letzten Zeit die beiden Abschnitte zusammengefaßt. Die Unterschiede in diesen Abschnitten lassen sich durch eine verschiedene Zonalzirkulation (nach Trenkle, 4) erklären. In der früheren Arbeit(2) war abgeleitet worden, daß wahrscheinlich in den Jahren 1831-1877 eine abgeschwächte Zonal-Zirkulation (mit hohen Maxima der Sonnenflecken-Relativzahlen), in den Jahren 1878-1932 eine verstärkte (mit niedrigen

Maxima der Sfl.-Rz.) und in den Jahren ab 1933 wieder eine abgeschwächte Zonal-Zirkulation (mit hohen Sfl.-Max.) auf der Nordhalbkugel vorhanden gewesen sind. Vergleichen wir unsere eben abgeleiteten Abschnitte mit diesen Zeiten, so ist im großen eine Übereinstimmung festzustellen, allerdings mit der Einschränkung, daß die Trennungsjahre jeweils 15 Jahre auseinanderliegen (1862 → 1877 und 1917 → 1932). Die Änderung bei den Wintertagen setzte also jeweils schon früher ein. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß das Sfl.-Max. 1860 etwa normal war und ihm noch ein letztes hohes Maximum 1870 folgte. Es wäre möglich, daß mit dem schwächeren Sfl.-Max. 1860 schon eine Änderung in der Zirkulation bzw. bei den Wintertagen einsetzte, eine Änderung, die das folgende hohe Maximum 1870 nicht mehr wettmachen konnte. Einen Versuch in dieser Richtung stellt der oben erwähnte sehr schwache Abfall bis 1873 (1883) dar, den man auch als normale Zeit (mit horizontaler Summenfunktion) ansehen kann. Ähnlich war es am Schluß der Epoche mit niedrigen Sfl.-Max.. Das letzte niedrige Maximum ist auf jeden Fall dasjenige von 1906. Das Maximum von 1917 ist schon groß, das folgende von 1928 war aber noch einmal niedrig. Die Epoche mit den hohen Sfl.-Max. wurde nach diesem niedrigen Maximum, also ab 1933 angesetzt. Man könnte den Schnitt auch etwa 1913/14 machen und das noch einmal niedrigere Maximum 1928 schon mit zu dem Abschnitt der hohen Maxima rechnen. Dann würde der Bruch im Jahre 1917 schon besser hineinpassen. Es kommt nun darauf an, ob das bevorstehende Sfl.-Max. 1968/69 wieder hoch wird oder nicht. Besonders im ersten Falle besteht die Möglichkeit, daß die Differenz der Wintertage Berlin-Hamburg und ihre Streuungen noch einmal ansteigen. Ab 1946 ist ohnehin in der Summenfunktion der Differenz wieder ein leichter Anstieg festzustellen.

Fassen wir die Zeit mit positiver Abweichung zusammen, so ergeben sich als Abweichungen bei der Differenz: + 1,7 und bei der Streuung: + 1,5. Gegenüber den Werten für die dazwischenliegende Zeit 1863-1917 sind dann die Unterschiede 4,1 bzw. 3,6. Setzen wir nach den oben gemachten Ausführungen über den Fehler der Differenz bei dem Stationspaar Berlin-Hamburg für im Mittel 60 Jahre ungefähr 1 an, so wäre das t nach dem Student-Test (5) gerade gleich den eben angegebenen Unterschieden. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Mittelwerte unterschiedlich sind, geht also gegen 1.

Zusammenfassend könnte man sagen, daß eine gewisse Beziehung zwischen der Zonal-Zirkulation und den Eigenschaften der Differenzen der Zahl der Wintertage zwischen Berlin und Hamburg besteht, derart, daß bei erhöhter Zonal-Zirkulation die Differenzen kleiner und gleichmäßiger (kleine Streuungen) sind. Das würde mit den früheren Feststellungen bei den Kältesummen übereinstimmen, d.h. bei abgeschwächter Zonal-Zirkulation würde der Fehler bei einer Reduktion von Hamburg aus Berlin größer sein. Es sei ausdrücklich vermerkt, daß dieser Zusammenhang nicht überzeugend bewiesen ist. Er scheint aber plausibel zu sein.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß sich zwischen den Zirkulationsgrößen nach Lamb(6), wie sie in (2) benutzt wurden, und den Differenzen der Wintertage dieses Mal keine eindeutige Beziehung ergibt.

5. Der säkulare Gang der Zahl der Wintertage

Wir wollen uns nun mit dem Gang der Wintertage selbst befassen. Dazu berechnen wir wieder die fortlaufende Summe der Abweichungen vom jeweiligen Mittelwert über die gesamte Zeit von 198 Jahren. Es werden dazu die homogenisierten Reihen genommen und für Hamburg auch die egalisierten. Durch den Vergleich bei den beiden Arten der Reihen in Hamburg ergibt sich, daß keine wesentlichen Unterschiede auftreten, so daß wir uns auf die homogenisierten Reihen im wesentlichen beschränken können.

a. Die Summenfunktionen und ihre Fehler

Sämtliche Summenfunktionen haben ihre Maxima in den Jahren 1857 bis 1864, etwa in der Nähe des mittleren Jahres der Gesamtreihe. Da Summenfunktionen dazu neigen, in diesem mittleren Jahr ihr Maximum zu haben, muß eine Fehlerrechnung aufgestellt werden. Bezeichnen wir die Ordinate der Summenfunktion mit y , so ist der Fehler nach einer von mir durchgeführten Rechnung im Punkt $N/2$: $\sigma_{y=\frac{N}{2}} = \frac{\sigma}{2} \sqrt{1 - \frac{2y^2}{\sigma^2 N}} \sqrt{N}$. Dabei ist σ die Streuung der betr. Reihe und N die Zahl der Beobachtungen (198). Für irgendwelche anderen Punkte i ergibt sich all-

gemein: $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sigma_1^2(N-i) + \sigma_2^2 i}{N}} \sqrt{\frac{i(N-i)}{N}}$. Hierbei sind σ_1 und σ_2 die

Streuungen der beiden Teile über i und $N-i$ Beobachtungen. Es ergeben sich für die Maxima der Summenfunktionen der homogenisierten Reihen folgende Werte mit ihrem 3fachen Fehler: Berlin(Da)500(383), Berlin(St) 499(398), Hamburg(A)487(413), Hamburg(J)473(411), Schleswig(KH)481(417) und Schleswig(WA)478(418). In jedem Fall wird der 3fache Fehler überschritten. Ein Nebenmaximum im Jahre 1896 hat ebenfalls eine deutlich größere Ordinate als der zuständige 3fache Fehler.

Bei den egalisierten Reihen wird das Hauptmaximum etwas niedriger, weil die Zahl der Wintertage in den früheren Jahren mit überwiegend positiven Abweichungen verkleinert wurde. Es zeigt sich nun, daß die Maxima bei den egalisierten Reihen in den Jahren 1857 bis 1864 gerade den 3fachen Fehler erreichen, z.B. Hamburg(A)403(406). Die Nebenmaxima im Jahre 1896 überschreiten den 3fachen Fehler, Hamburg(A)401(370). Ein weiteres Nebenmaxima im Jahre 1820, das besonders in Berlin ausgeprägt ist, überschreitet ebenfalls den 3fachen Fehler. Insgesamt können wir sagen, daß bei der Zahl der Wintertage verschiedene Abschnitte mit deutlich unterschiedlichen Mitteln vorhanden sind, z.B. hat die erste Hälfte aller Reihen mehr Wintertage als die zweite Hälfte.

Die Summenfunktionen von Berlin(Da) und Hamburg(A) sind in Abb.2 gezeichnet, für Hamburg auch noch die der egalisierten Reihe. Betracht-

ten wir alle Reihen gemeinsam, auch die nicht dargestellten Reihen der anderen Stationen, so finden wir übereinstimmende Unstetigkeiten in den Jahren: 1768, 1788, 1797, 1820, 1835, 1857, 1877, 1896 und 1960. In jedem dieser Jahre änderten die Kurven ihre Steigungen von positiven zu negativen Werten und umgekehrt. In nahezu den gleichen Jahren fanden wir auch Unstetigkeiten in den entsprechenden Kurven der Kältesummen. Fassen wir alle Zeiten mit ansteigender Tendenz und alle mit fallender Tendenz zusammen, so ergeben sich folgende Mittelwerte für die Zahl der Wintertage: 1. homogenisierte Reihen: Berlin (Da) 61,0 gegen 45,1 und Hamburg(A) 58,6 gegen 40,4 und für die egalisierte Reihe von Hamburg: 55,3 gegen 38,6. Beim Übergang zur egalisierten Reihe verringert sich der Unterschied von 18,2 auf 16,6 Tage. Selbst die Mittelwerte für die ersten 99 Jahre weisen gegen diejenigen der letzten 99 Jahre noch deutliche Unterschiede auf: 1. homogenisierte Reihen: Berlin(Da) 57,5 gegen 47,4 und Hamburg(A) 54,2 gegen 43,3 und 2. egalisierte Reihe: Hamburg(A) 50,3 gegen 42,1 Tage. Die Gesamtmittel waren in der gleichen Reihenfolge: 52,1, 48,4 und 45,9 Wintertage. In der Abb.3 sind nun die Mittelwerte der einzelnen Abschnitte für alle 3 Reihen dargestellt, dazu sind noch die Gesamtmittel und die Mittel der ersten und zweiten Hälfte mit eingezeichnet. Die Mittel für die zusammengefaßten Zeiten mit positiven bzw. negativen Abweichungen, wie sie zuerst mitgeteilt wurden, sind am rechten Rand jeweils mit + bzw. - gekennzeichnet.

Bei den positiven Abweichungen wurden 87 Jahre, bei den negativen 111 Jahre zusammengefaßt. Das entspricht einer relativen Häufigkeit des positiven Vorzeichens von 44%. Die Auszählung in den einzelnen Abweichungen selbst ergab für Berlin 47% und für Hamburg 46%. Wir sehen also, daß bei der Zusammenfassung die relative Häufigkeit der Vorzeichen kaum verändert wurde. Die Unterschiede zwischen der Zahl der positiven und der negativen Vorzeichen ist nicht allzu groß. Bei den Kältesummen war die relative Häufigkeit der positiven Vorzeichen nur 39%. In der ersten (kälteren) Hälfte glichen sich dabei die Zahlen der beiden Vorzeichen aus. Bei den Wintertagen ist in dieser Hälfte die Zahl der positiven Vorzeichen jetzt doppelt so groß wie die der negativen. Beim Übergang von der kalten zur milden Hälfte erhöht sich bei den Wintertagen die Zahl der negativen Vorzeichen auf das 3fache, die Zahl der positiven Vorzeichen erniedrigt sich auf ein Drittel. Auf weitere Eigenschaften der verschiedenen Abschnitte kommen wir später noch zurück.

b. Abschnitte mit großer und kleiner Zahl der Wintertage

Wir hatten in Teil 1 festgestellt, daß die Stärke der Winter(Kältesumme) von der Stärke der Zonal-Zirkulation auf dem Atlantik abhängig war. Als Maßzahl für die Zirkulation benutzte ich entsprechend für die Wintertage wieder den Druckgradienten zwischen 40° - 50° N bei 40° W und den allgemeinen Druckgradienten auf dem Nordatlantik, allerdings nur

für Januar, wie Lamb(6) sie veröffentlicht hat. Es handelt sich um die Maxima bzw. Minima der 10jährigen Mittelwerte. Nur für die Zeit von 1874-1894 wurden zwei, in den Lamb'schen Kurven verschieden liegende Maxima zusammengefaßt, genau so wie es bei dem Kältesummenvergleich gemacht wurde. Die Abweichungen vom Gesamtmittel der jeweiligen Reihen werden für die einzelnen Abschnitte verstärkter und abgeschwächter Zonal-Zirkulation in der folgenden Tab.22 zusammengestellt.

I. Verstärkte Zirkulation

Abschnitte	1816-25	1844-53	1864-73	1922-31	1947-56	Mittel
Berlin (Da)	-7,9	+8,4	-8,0	-3,5	-8,9	-3,9 (hom.)
Hamburg(A)	-6,6	+12,1	-8,3	-10,5	-10,9	-4,8 (hom.)
Hamburg(A)	-7,7	+12,8	-7,8	-9,0	-8,5	-4,0 (egal.)

II. Abgeschwächte Zirkulation

Abschnitte	1829-38	1854-63	1874-94	1937-46	Mittel
Berlin (Da)	+5,6	+2,3	+1,7	+0,7	+2,4 (hom.)
Hamburg(A)	+1,2	+1,9	+5,8	+1,7	+3,3 (hom.)
Hamburg(A)	+1,5	+2,1	+6,4	+3,9	+4,1 (egal.)

Tab.22: Abweichungen der Zahl der Wintertage vom Gesamtmittel in Abhängigkeit von der Zonal-Zirkulation auf dem Nordatlantik

Wie bei den Kältesummen zeigt sich auch hier bei der Zahl der Wintertage eine Abhängigkeit, derart, daß bei verstärkter Zonal-Zirkulation die Zahl der Wintertage unternormal, bei abgeschwächter Zonal-Zirkulation dagegen übernormal ist. Das bei den Kältesummen unentschiedene Verhalten (Abweichung ≈ 0) in den Jahren 1874-94 tritt dieses Mal nicht auf. Das erwartete Verhalten zeigt sich besonders in den Hamburger Reihen. Es verbleibt, wie auch bei den Kältesummen, die Ausnahme in der Zeit von 1844-53. Es würde hier dieselbe Erklärung gelten und zwar: Blockierendes Hoch über dem nördlichen Europa bei verstärkter Zonal-Zirkulation auf dem Nordatlantik.

In meinen Arbeiten(3) hatte ich die Hypothese zu beweisen versucht, daß auf der Nordhalbkugel in den Epochen mit hohen Sonnenflecken-Maxima die Zonal-Zirkulation abgeschwächt war. Legen wir diese Annahme zugrunde, so müßte bis 1765, von 1798-1832 und von 1878-1932 jeweils verstärkte, von 1766-1797, von 1833-1877 und ab 1933 im ganzen abgeschwächte Zonal-Zirkulation geherrscht haben. Vergleichen wir diese Abschnitte mit dem Gang der Summenfunktionen, so ist direkt keine Beziehung festzustellen. Es tritt keine systematische Abweichung in den gleichartigen Zirkulationsepochen auf. Es ist vielmehr so, daß in den Epochen mit abgeschwächter Zonal-Zirkulation zunächst die Summenkurven abfallen, d.h. es sind kürzere bzw. mildere Winter vorhanden. Es folgt dann ein Anstieg mit stärkeren Wintern. Zum Schluß der Epoche folgen noch einmal mildere Winter. In den Epochen mit verstärkter

Zonal-Zirkulation sind zunächst kältere bzw. längere Winter in der Überzahl vorhanden. Erst im zweiten Teil folgen die zu erwartenden schwächeren Winter, die in der folgenden Epoche mit abgeschwächter Zirkulation, wie beschrieben, noch andauern. Nur der mittlere Abschnitt bei abgeschwächter und der zweite Abschnitt bei verstärkter Zonal-Zirkulation zeigen das erwartete Verhalten. Man könnte das damit erklären, daß die neu einsetzende Zirkulationsform erst einige Zeit braucht, um eine Änderung bei der Andauer der Winter in unserem Raum hervorzurufen. Setzt man daher eine Verschiebung der Epochen der verschiedenen Zirkulationsformen an in der Größenordnung von etwa $1/4$ bis $1/3$ der Gesamtzeit des jeweiligen Abschnittes, so passen sich die Abweichungen vom Mittel bzw. die Richtungen der Summenfunktionen erheblich besser an. Von etwa 1780-1815, von 1843-1894 und größtenteils ab 1939 finden wir bei jeweils abgeschwächter Zirkulation ansteigende Summenkurven und in den Zwischenzeiten bei verstärkter Zirkulation jeweils abfallende Summenkurven. Unter der Voraussetzung einer entsprechenden Verzögerung könnte man auch allgemein von einer Abhängigkeit der Zahl der Wintertage von der Zonal-Zirkulation der Nordhalbkugel sprechen. In dieser Form könnte man auch eine Beziehung zu den Kältesummen interpretieren, da die Summenfunktionen dieses Elementes mit denen der Wintertage ziemlich gleichartig verlaufen. Eine ähnliche, eigentlich empfindlichere Reaktion konnten wir auch bei den Differenzen der Zahl der Wintertage und deren Streuung bei dem Stationspaar Berlin-Hamburg feststellen. Es sei auch an die Wirkung der intermittierenden Sonnenflecken-Maxima 1860 und 1917 erinnert, die sich auch bei den Wintertagen selbst teilweise zeigte.

6. Mittlere Streuungen der Zahl der Wintertage

Wir müssen uns nun mit den Streuungen der Zahl der Wintertage und mit ihren Verteilungen befassen. Diese Verteilungen wurden zunächst so vorgenommen, daß die Häufigkeit jedes einzelnen Wintertages innerhalb der gesamten Beobachtungszeit festgestellt wurde. Erst später wurden je 5 Tage zusammengefaßt. Die aus den ursprünglichen Verteilungen berechneten Streuungen sind also genau. Wir erhielten zunächst folgende Streuungen für die 198 Jahre und ihre beiden Hälften, wobei die Streuungen bei den Schleswiger Stationen von den letzten 100 Jahren auf 198 Jahre reduziert wurden aufgrund des Verhaltens bei den Hamburger Stationen. Die entsprechenden Mittelwerte sind hinzugefügt. Die folgende Tabelle 23 ist unterteilt nach den homogenisierten und egalisierten Reihen.

Eine direkte Beziehung zwischen den Mittelwerten und den Streuungen, wie sie bei den Kältesummen gefunden wurde, ist hier nicht vorhanden. In den letzten 99 Jahren mit kleinen Mittelwerten, also relativ kurzen Wintern, sind die Streuungen relativ klein. Entsprechend größer sind sie für die ersten 99 Jahre mit höherer Zahl der Winter-

I. Homogenisierte Reihen

	Berlin(Da)			Berlin(St)			Hamburg(A)		
	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963
Mittel	57,1	47,0	52,1	51,5	41,4	46,5	53,3	43,4	48,4
Streuung	19,1	17,1	18,8	19,4	17,5	19,1	20,6	18,4	20,2
	Hamburg(J)			Schleswig(KH)			Schleswig(WA)		
Mittel	46,4	36,8	41,6	52,2	42,5	47,3	54,1	44,3	49,2
Streuung	20,5	18,4	20,0	(20,9)	18,6	(20,4)	(20,9)	18,6	(20,4)

II. Egalisierte Reihen

	Berlin(Da)			Berlin(St)			Hamburg(A)		
	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963	1766 -1864	1865 -1963	1766 -1963
Mittel	53,4	46,0	49,7	47,8	40,4	44,1	49,5	42,3	45,9
Streuung	19,3	17,3	18,7	(19,5)	(17,6)	(18,9)	20,3	18,5	19,7
	Hamburg(J)			Schleswig(KH)			Schleswig(WA)		
Mittel	42,6	35,7	39,2	48,5	41,4	44,9	50,4	43,1	46,7
Streuung	20,3	18,3	19,6	(20,5)	18,7	(20,0)	(20,6)	18,8	(20,1)

Tab.23: Mittelwerte und Streuungen der Zahl der Wintertage für die Zeiten 1766-1864, 1865-1963 und 1766-1963.

tage. Eine gewisse Abhängigkeit vom Mittel ist also vorhanden, aber nur für jeden Ort, nicht für alle zusammen, wie bei den Kältesummen. Es scheint, wie auch bei den Mitteln selbst, so zu sein, daß die Streuungen bei den küstennahen Stationen relativ größer sind als bei der Binnenlandstation Berlin. Der mittlere Fehler der Mittelwerte ist etwa $\pm 1,4$ Wintertage.

7. Mittel- und Zentralwerte

Die Verteilungen sind nicht symmetrisch. Sie sind aber nicht so schief wie bei den Kältesummen, worauf schon bei den Häufigkeiten der Vorzeichen der Abweichungen hingewiesen wurde. Daher müßten die Median- oder Zentralwerte dichter beim arithmetischen Mittel liegen. Bei den Kältesummen betragen die Zentralwerte bei unseren Stationen 72-82% des Mittels. Bei den Wintertagen liegen sie zwischen 89-98%. Die einzelnen Vergleiche zwischen den Zentralwerten und den arithmetischen Mitteln sind in der folgenden Tab.24 in gleicher Weise wie Tab.23 zusammengestellt.

Hier erkennt man einen guten Zusammenhang zwischen den Mitteln und den Zentralwerten. Allerdings gilt jeweils eine gute Beziehung, wenn man die Reihen zu 99 Jahren und die Reihen zu 198 Jahren für sich betrachtet. Wir benötigen im wesentlichen eine Beziehung zwischen den beiden Werten für die Gesamtzeit. Für die bereinigten egalisierten Reihen ergab sich folgende Beziehung:

$$ZW = 0,9668 M + 0,0006 M^2 - 1,21.$$

I. Homogenisierte Reihen

	Berlin(Da)			Berlin(St)			Hamburg(A)		
	1766	1865	1766	1766	1865	1766	1766	1865	1766
	-1864	-1963	-1963	-1864	-1963	-1963	-1864	-1963	-1963
Zentralwert	55,7	45,0	50,8	49,7	39,0	44,6	51,4	40,1	46,4
% d.Mittels	97,5	95,8	97,5	96,5	94,2	95,9	96,4	92,3	95,9

	Hamburg(J)			Schleswig(KH)			Schleswig(WA)		
Zentralwert	44,0	32,8	39,4	(50,0)	38,8	(45,3)	(52,3)	41,0	(47,3)
% d.Mittels	94,8	89,8	94,7	(95,8)	91,3	(95,9)	(96,6)	92,6	(96,1)

II. Egalisierte Reihen

	Berlin(Da)			Berlin(St)			Hamburg(A)		
	1766	1865	1766	1766	1865	1766	1766	1865	1766
	-1864	-1963	-1963	-1864	-1963	-1963	-1864	-1963	-1963
Zentralwert	51,4	43,9	48,3	(46,3)	(38,0)	(42,6)	47,9	39,8	44,4
% d.Mittels	96,2	95,3	97,2	(96,9)	(94,1)	(96,5)	96,7	94,0	96,7

	Hamburg(J)			Schleswig(KH)			Schleswig(WA)		
Zentralwert	40,0	31,8	37,5	(46,6)	38,7	(43,4)	(48,8)	40,7	(45,3)
% d.Mittels	93,8	89,2	95,8	(96,2)	93,6	(96,6)	(96,8)	94,3	(97,0)

Tab.24: Zentralwerte und ihre Beziehungen zu den Mitteln der Zahl der Wintertage für die beiden Hälften und die Gesamtzeit.

8. Häufigkeitsverteilungen der Zahl der Wintertage

Die eben berechnete Beziehung wird bei der Klassifizierung der Winter zugrundegelegt. In der folgenden Tab.25 sind zunächst die Häufigkeitsverteilungen für die homogenisierten Reihen mitgeteilt. Sie wurden aus den ursprünglichen Reihen durch Zusammenfassung zu 5 Wintertagen in 1 Klasse gewonnen.

Klassen	bis 5	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61
	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	
Berlin(Da)	0	0	1	0	12	16	15	13	<u>22</u>	18	<u>21</u>	<u>21</u>	12
Berlin(St)	0	1	1	14	14	19	9	<u>22</u>	<u>22</u>	20	17	13	15
Hamburg(A)	0	1	3	9	17	12	<u>20</u>	17	14	<u>20</u>	15	10	<u>21</u>
Hamburg(J)	1	4	11	18	16	17	16	<u>21</u>	18	10	14	15	10

Klassen	66	71	76	81	86	91	96	101	Summe	Mittel	Zentralwert
	-70	-75	-80	-85	-90	-95	-100	-105			
Berlin(Da)	16	3	10	7	6	1	3	1	198	52,1	50,8
Berlin(St)	5	8	7	6	1	3	1	0	198	46,5	44,6
Hamburg(A)	8	13	3	6	5	2	2	0	198	48,4	46,4
Hamburg(J)	9	5	6	3	2	2	0	0	198	41,6	39,4

Tab.25: Häufigkeitsverteilung der homogenisierten Reihen der Wintertage von Berlin und Hamburg (1766-1963).

Die Klassen mit der stärksten Belegung liegen im allgemeinen links vom Mittelwert und auch vom Zentralwert. Trotz des geringen Unterschiedes dieser beiden Werte sind die Verteilungen schief, wenn die Schiefe auch durch Nebenmaxima rechts der Mittelwerte gemildert wird. Die Streuung ist relativ groß. Darauf kommen wir noch zurück.

Wir erinnern uns, daß nach den Summenfunktionen die Jahre bis 1857 bzw. 1864 überwiegend positive Abweichungen hatten, daß also die erste Hälfte der Gesamtzeit meistens länger andauernde Winter hatte. Da es gerade die Hälfte des Gesamtmaterials ist, wollen wir bei den egalisierten Reihen auch die Häufigkeitsverteilungen der beiden Teilabschnitte mitteilen, da sie uns weitere Einblicke gestatten. Als Muster nehmen wir die Stationen Berlin(Da) und Hamburg(A).

Klassen	6 -10	11 -15	16 -20	21 -25	26 -30	31 -35	36 -40	41 -45	46 -50	51 -55	56 -60
Berlin(Da)											
1766-1864	1	0	<u>4</u>	2	4	5	9	9	12	<u>14</u>	5
1865-1963	0	0	1	9	<u>12</u>	11	9	<u>11</u>	9	8	8
1766-1963	1	0	5	11	<u>16</u>	16	18	<u>20</u>	21	<u>22</u>	13
Hamburg(A)											
1766-1864	1	2	<u>7</u>	3	4	9	9	<u>10</u>	8	<u>9</u>	8
1865-1963	0	4	7	10	10	<u>13</u>	7	<u>9</u>	<u>9</u>	3	5
1766-1963	1	6	<u>14</u>	13	14	<u>22</u>	16	<u>19</u>	17	12	13

Klassen	61 -65	66 -70	71 -75	76 -80	81 -85	86 -90	91 -95	96 -100	101 -105	Mittel	ZW
Berlin(Da)											
1766-1864	<u>8</u>	6	5	<u>6</u>	3	2	1	<u>2</u>	1	53,4	51,4
1865-1963	6	<u>7</u>	1	1	<u>4</u>	1	1	0	0	46,0	43,9
1766-1963	14	13	6	<u>7</u>	<u>7</u>	3	2	2	1	49,7	48,3
Hamburg(A)											
1766-1864	7	4	<u>7</u>	3	<u>4</u>	2	1	1	0	49,5	47,9
1865-1963	<u>8</u>	6	4	1	<u>2</u>	1	0	0	0	42,3	39,8
1766-1963	<u>15</u>	10	<u>11</u>	4	<u>6</u>	3	1	1	0	45,9	44,4

Tab.26: Häufigkeitsverteilung der egalisierten Reihen der Wintertage von Berlin und Hamburg

Die Zeit von 1766-1864 mit den überwiegend langanhaltenden Wintern wollen wir kurz "kontinentale" Zeit, die letzten 99 Jahre "ozeanische" Zeit nennen. In Tab.26 sind auch die Nebenmaxima unterstrichen worden. Wir sehen, daß in Berlin das erste Maximum (26-30) durch den ozeanischen Anteil erzeugt wurde, desgleichen das folgende Maximum (41-45). Das Hauptmaximum ist im wesentlichen durch den kontinentalen Anteil hervorgerufen. Die beiden folgenden Maxima rühren von beiden Abschnitten her, während das letzte wieder aus der kontinentalen Zeit stammt.

Ähnlich ist es auch in Hamburg. Das erste Maximum (16-20), das in Berlin nicht auftritt, kommt von der kontinentalen, das folgende aus der ozeanischen Epoche. Das (eigentliche) Hauptmaximum, das mit 19 Werten relativ niedrig erscheint, stammt aus den beiden Abschnitten. Die beiden nächsten Maxima wechseln in ihrer Herkunft. Das Maximum bei 81-85 Tagen wird, wie auch in Berlin, aus beiden Abschnitten erzeugt. Insgesamt erscheint die Hamburger Verteilung etwas schief als die Berliner. Relativ schief sind an beiden Stationen die Verteilungen aus der letzten sog. ozeanischen Zeit.

9. Darstellung durch Gauß'sche Normalverteilungen

Die Streuungen der eben erwähnten Verteilungen sind relativ groß. Wegen ihrer Schiefe sind sie auf keinen Fall Gaußverteilungen. Auch lassen sie sich nicht durch eine binomische Reihe mit einer Wahrscheinlichkeit für das Auftreten kurzer Winter $p < 0,5$ irgendwie darstellen. Es handelt sich bei diesen Verteilungen um sog. "Mischverteilungen", was auch aus der synoptischen Entstehung der Winterdauer verständlich wird. Die überwiegenden Großwetterlagen der einzelnen Winter sind sehr unterschiedlich, bzw. typische Großwetterlagen sind in den einzelnen Wintern jeweils verschieden häufig. Es erscheint daher angebracht, auf diese beiden letzten Verteilungen von Berlin und Hamburg (1766-1963) die von Essenwanger (7) vorgeschlagene Methode der Zerlegung in Gauß'sche Normalkurven anzuwenden. Da jeweils nur 198 Werte vorliegen, und die Belegung der Klassen daher noch relativ zufällig ist, schien eine rohe Analyse ohne letzten Fehlerausgleich der betr. Gaußverteilungen für ausreichend. Es wurden, nach der Vorschrift von Essenwanger, jeweils von den Rändern her die einzelnen Verteilungen eliminiert. Bei der Berliner Reihe verblieb zum Schluß eine Verteilung, die sich leicht durch eine einfache Gaußkurve annähern ließ und 53% des gesamten Materials enthielt. Damit scheint diese Analyse vernünftig zu sein, da sie auf diese Weise die Essenwanger'schen Vorbedingungen erfüllt. Bei den Hamburger Werten verblieb nach Abtrennung der Randkollektive ebenfalls eine Verteilung, die ohne große Fehler durch eine einfache Normalverteilung hätte angenähert werden können. Da die Restordinaten aber noch eine geringe Schiefe aufwiesen, wurde zunächst noch eine Normalverteilung (32% des Gesamtmaterials) vom linken Rand her ermittelt und eliminiert. Es verblieb dann noch eine Normalverteilung mit 19% des Materials. Die beiden letzten Verteilungen zusammen ergeben also auch etwa die Hälfte der Gesamtreihe, wie in Berlin. Insgesamt erhielten wir für Berlin 5, für Hamburg 6 Normalverteilungen, deren Einzelheiten in den Tab. 27 a und 27 b am Schluß der Arbeit zusammengestellt sind. Eine Darstellung der Werte zeigt Abb. 4. Die Kreuze in der Abb. sind die zusammengesetzten Ordinaten. Die ausgezogene Kurve ist die empirische Ausgangsverteilung. Die zusammengesetzten Teilkollektive geben die Ausgangsverteilungen gut wieder. Die Streuung der Differenz

betrug nur $\pm 1,6$ bzw. $\pm 1,8$. Das $\bar{\chi}^2$ (7) erreichte nur einen Wert von 2,6. Die Wahrscheinlichkeit, daß beide Verteilungen übereinstimmen, ist nach (5) $P \cong 0,99$.

In den beiden letzten Spalten der Tab.27 sind die maximalen Ordinaten der Teilkollektive (in Wintertagen) herausgeschrieben. Dabei sind diese mittleren Werte bei der jeweils letzten verbleibenden Gaußverteilung gleich den Zentralwerten. Hinter den Ordinaten sind noch die Abkürzungen "oz." bzw. "kt." vermerkt, für ozeanisch bzw. kontinental. Diese Angaben sollen, bei Berlin, angeben, aus welcher Zeit die Teilkollektive stammen, entnommen den Maxima aus den betr. Zeiten der Tab.26.

Für Hamburg(A) wurde noch eine zusätzliche Untersuchung vorgenommen. Aus der Summenfunktion der egalisierten Reihe wurden die Abschnitte mit ansteigender Kurve und diejenigen mit abfallender Tendenz zusammengefaßt, wie oben beschrieben; dieses Mal aber genau die Abschnitte der Kurve, nicht diejenigen Abschnitte, die als Kompromiß aus allen diesgezüglichen Kurven gewonnen wurden. Wir erhalten jetzt 82 Jahre mit langen und 116 mit kurzen Wintern. Für diese beiden Kollektive wurden besondere Häufigkeitsverteilungen angefertigt, die in Klassen zu 5 Tagen zusammengefaßt und in Abb.5 dargestellt sind. Es soll damit versucht werden, die Verhältnisse in den verschiedenen Epochen klarer herauszuarbeiten. Die entsprechenden Vermerke in Tab.27 b für Hamburg sind aus diesen Kurven abgeleitet. Es sei besonders daraufhingewiesen, daß das kleine Maximum bei 19,5 Wintertagen ausgerechnet aus der kontinentalen Zeit stammt. Das bedeutet, daß in dieser Zeit sporadisch sehr kurze milde Winter aufzutreten pflegen. Die Maxima oberhalb der Zentralwerte stammen in der Hauptsache aus dem kontinentalen Zeitabschnitt.

Wir wollen aber die Kurven in der Abb.5 noch näher diskutieren. Bei der Kurve der kontinentalen Zeit(a) fällt auf, daß Mittelwert und Zentralwert zusammenfallen, 55,5 Wintertage. Es ist also eine symmetrische Verteilung geworden mit einer Streuung von $\sigma = \pm 3,702 \times 5 = \pm 18,55$. Unter der Annahme einer Gaußverteilung würde sich daraus eine maximale Ordinate von 8,84 ergeben. Die aus diesen Werten berechnete Gaußverteilung ist in Abb.5 a mit eingezeichnet. Wir sehen aus dem Vergleich der empirischen Verteilung mit der Gaußverteilung, daß die Klassen um den Mittelwert meistens zu gering, die Randklassen vielfach zu häufig besetzt sind. Die Verteilung ist also flacher als eine Normalverteilung. Aus einem $\chi^2 = 22$ ergibt sich ein $P = 0,20$, daß beide Verteilungen aus einem Kollektiv stammen. Ein deutlicher Unterschied ist zwar nicht nachweisbar, eine Übereinstimmung aber unter keinen Umständen.

In Abb.5 b ist die Häufigkeitsverteilung für die ozeanische Zeit mit kurzen Wintern dargestellt. Hier sieht man auf den ersten Blick

die deutliche Links-Schiefe. Der Zentralwert beträgt 91,6% des Mittels. Er ist deutlich kleiner als nach den oben mitgeteilten Beziehungen zu erwarten. Fassen wir jeweils 2 Klassen zusammen, so erhalten wir schon eine relativ stetige Verteilung, die in Abb. 5 b gestrichelt ist. Diese Verteilung läßt sich mit einer binomischen Verteilung vergleichen. Ich setzte dafür $p = 2/3$ und $m = 9$, also $m + 1 = 10$ Klassen. Diese Verteilung ist die punktierte Kurve in der Abbildung. Das Maximum ergibt sich in beiden Kurven in der 6. Klasse von rechts ($k = m \times 2/3$), so daß die Kurven gut verglichen werden können. Beim Mittelwert stimmen beide Kurven überein. In den Bereichen unterhalb des Mittels sind die empirischen Klassen zu gering, darüber zu stark belegt. Diese Abweichungen verstärken sich noch, wenn man berücksichtigt, daß bei unserer empirischen Verteilung das $p > 2/3$ ist. Es sind jedenfalls charakteristische Unterschiede von der binomischen Verteilung vorhanden. Als Streuung für die zu 5 zusammengefaßten Klassen ergibt sich $\sigma = \pm 3,7$, für die Einzelwerte ergibt sich das $\sigma = \pm 18,6$. Sie ist also gleich der Streuung der Werte der kontinentalen Zeit. Durch die genaue Zusammenfassung der beiden Kollektive nach der Summenfunktion wurde die Streuung der Wintertage der kalten Abschnitte auf diejenige der milden Abschnitte verkleinert. Diese beiden Streuungen sind immer noch groß im Verhältnis zur erwarteten Bernoulli-Streuung. Das Lexis'sche Verhältnis (8) ist bei den Einzelwerten ~ 3 .

VI. Der Charakter des Winters nach der Zahl der Wintertage

Zur Ableitung des Wintercharakters hatten wir bei den Kältesummen jede Reihe bzw. deren Häufigkeitsverteilung in Sextile unterteilt. Damit erhalten wir 6 Klassen mit der gleichen empirischen relativen Häufigkeit von 16,67%. Wegen der Schiefe der Verteilung war für diese Einteilung das arithmetische Mittel unwesentlich. Dagegen kam man bei dieser Einteilung zwangsläufig zum Zentralwert, unter dem bzw. über dem nun jeweils 3 Klassen liegen. Es bleibt darüberhinaus unbenommen, die beiden mittleren Sextile zu einer "normalen" Klasse von $1/3$ des Gesamtmaterials zusammenzufassen.

1. Festlegung von Sextilen bei bekannten Verteilungen

Für die Wintertage läßt sich aus den detaillierten Verteilungen (Einheit 1 Wintertag) wie auch für die Kältesummen (2) eine Aufteilung in Sextile vornehmen. Es wurde dies für sämtliche verfügbaren Reihen durchgeführt, sowohl für die beiden 99jährigen Teilreihen als auch für die Gesamtzeit der homogenisierten und egalisierten Reihen. Für die Schleswiger Stationen lagen nur die letzten 99 Jahre im einzelnen vor. Durch Vergleich mit den Hamburger Stationen konnten dann auch die Grenzen für die früheren 99 Jahre und die Gesamtzeit reduziert werden. Die ermittelten Grenzen sind in der folgenden Tab. 28 zusammengestellt.

I. Homogenisierte Reihen

		[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]
Berlin(Da)	1766-1864	39,5	48,5	55,7	64,5	76
	1865-1963	28	36	45,0	54	65,5
	1766-1963	32	42	50,8	59	69,5
Berlin(St)	1766-1864			49,7		
	1865-1963			39,0		
	1766-1963	26	37	44,6	53,5	64
Hamburg(A)	1766-1864	31,5	43,5	51,4	61,5	74
	1865-1963	24,5	31,5	40,1	49,5	63,5
	1766-1963	26,5	37,5	46,4	58	69,5
Hamburg(J)	1766-1864	25	36	44,0	54,5	67
	1865-1963	19	25,5	32,8	42	57,5
	1766-1963	20,5	30,5	39,4	50,5	63,5
Schleswig(KH)	1766-1864			50,0		
	1865-1963	22,5	30,5	38,8	47,5	63
	1766-1963	24	36,5	45,3	56	69
Schleswig(WA)	1766-1864			52,3		
	1865-1963	24,5	32,5	41,0	49,5	65
	1766-1963	26	38	47,3	58	71

II. Egalisierte Reihen

		[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]
Berlin(Da)	1766-1864	35	45	51,4	62	74,5
	1865-1963	27	35,5	43,9	53	65
	1766-1963	30,5	40	48,3	56	68
Berlin(St)	1766-1864			46,3		
	1865-1963			38,0		
	1766-1963	25	34,5	42,6	50,5	62,5
Hamburg(A)	1766-1864	28,5	38,5	47,9	58,5	70,5
	1865-1963	24	31	39,8	49,5	62,5
	1766-1963	25	35	44,4	55	67,5
Hamburg(J)	1766-1864	21	32,5	40,0	50,5	65
	1865-1963	18	24,5	31,8	41,5	56,5
	1766-1963	19,5	28	37,5	46,5	61,5
Schleswig(KH)	1766-1864			46,6		
	1865-1963	21,5	30	38,7	46,5	64
	1766-1963	22,5	34	43,4	52	67,5

		[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]
	1766-1864			48,8		
Schleswig(WA)	1865-1963	23,5	32	40,7	48	66,5
	1766-1963	24,5	36	45,3	54	69,5

Tab.28: Empirische Grenzen in verschiedenen Reihen für die Einteilung in 6 gleichwahrscheinliche Klassen (Sextile).

2. Ableitung der Grenzen für Stationen ohne vorliegende Verteilungen

Um für die übrigen Stationen des Bundesgebietes auch solche Grenzen abstecken zu können, müssen zunächst die Zentralwerte bestimmt werden. Da wir als endgültige Darstellung die egalisierten Reihen nehmen, erstrecken sich die folgenden Untersuchungen auf diese Werte. Die Zentralwerte ermitteln wir schnell mit Hilfe der mitgeteilten Beziehungsgleichung aus den oben reduzierten Mittelwerten für die Gesamtzeit 1766-1963. Es ergaben sich folgende Zentralwerte, in Klammern das Verhältnis zum Mittelwert: Berlin(Tp) 45,8(96,9), München 58,8(98,4), Nürnberg 52,8(97,7), Freiburg 33,3(95,4), Frankfurt 39,8(96,2), Bocholt 29,5(95,0) und Hannover 41,8(96,4%).

Es gilt nun, die Grenzen für die Sextile zu ermitteln. Dazu müssen wir einen anderen Weg gehen als bei den Kältesummen, da bei den Wintertagen weniger Reihen vorlagen. Wir gehen dazu auf die Streuung zurück. Dies wird dadurch nahegelegt, daß bei den Wintertagen die Verteilungen nicht sehr schief sind und die Zentralwerte nur wenig von den Mittelwerten abweichen. Innerhalb der Grenzen der Streuungen liegen rund 68% aller Werte, während zwischen unseren beiden äußeren Grenzen 2/3 des Materials liegen. Daher können wir die Streuung mit den äußeren Grenzen direkt in Beziehung setzen. Die Streuung ist nun wesentlich besser zu bestimmen als die Grenzen, zumal wenn eben keine umfangreichen Häufigkeitsverteilungen vorliegen.

Aus den letzten 11 Jahren, für die weiter oben schon die Mittelwerte mitgeteilt wurden, rechnen wir nun die Streuungen aus. Es ergaben sich folgende Werte, in Klammern noch einmal die Mittelwerte: Berlin(Da) 18,1(51,8), Berlin(Tp) 18,6(49,7), Berlin(St) 18,5(46,3), Hamburg(A) 19,8(48,3), Hamburg(J) 19,1(41,6), Schleswig(KH) 19,6(48,0), Schleswig(WA) 20,7?(50,0), Hannover 19,8(45,4), Bocholt 17,4(33,3), Frankfurt 18,2(43,6), Nürnberg 18,3(56,2), München 17,6(61,8) und Freiburg 15,8(36,9). Der Wert für Schleswig(WA) ergibt sich relativ hoch, da die Zahl der Wintertage im Winter 1963 ungewöhnlich hoch angegeben ist. Wir stellten diese Werte nun in einem Diagramm zusammen. Der herausfallende Wert von Schleswig wurde nicht berücksichtigt. Es zeigte sich hier nun eine Beziehung zwischen den Mittelwerten und Streuungen, wenn man die Stationen unterteilte in Binnenlandstationen und solche in Küstennähe. Es ergab sich zwanglos, daß Bocholt und auch

noch Hannover zu den küstennahen Stationen paßten. Diese Beziehung höherer Ordnung können wir nun für unsere Grenzen verwenden. Es ist zufällig so, daß die Mittelwerte der 11 Jahre (1953-1963) nur sehr wenig von den homogenisierten langjährigen Mittelwerten abweichen. Sie liegen an der Küste um 0,5, in Berlin um 0,7 höher. Um diese Werte erhöhten wir nun die 11jährigen Streuungen und stellten die Beziehungen erneut dar. Diesen Kurven wurden dann die reduzierten Streuungen der egalisierten Reihen für 198 Jahre entnommen. Damit konnte nun weitergearbeitet werden.

Für unsere bekannten Stationen wurden nun im einzelnen die äußeren Sextil-Grenzen mit Werten verglichen, die man erhält, wenn man den Betrag der Streuung an die Mittelwerte oder Zentralwerte nach unten und oben abtrug. Es zeigte sich bei den Berliner Stationen, daß die Spanne der Streuungen etwa gleich dem Abstand der äußeren Grenzen war. Man mußte sie an einen Wert anbringen, der um 1 Einheit über dem Zentralwert lag. Bei den Hamburger Stationen lagen der Fixpunkt und die untere Grenze wie in Berlin, die obere Grenze lag um 1,5 höher als der entsprechende Streuungswert. Für die rein binnenländischen Stationen wurden nun die Grenzen wie in Berlin angesetzt. Für die Übergangsstationen Bocholt und Hannover wurde die obere Grenze um 0,7 erhöht.

Nach Festlegung der Zentralwerte und der äußeren Grenzen verbleiben noch die inneren Grenzen. Bei den Hamburger und Berliner Stationen konnte festgestellt werden, daß der Abstand zwischen dem Zentralwert und der linken inneren Grenze etwa 47% des gesamten Abstandes vom Zentralwert bis zur äußeren Grenze betrug. Bei der rechten Seite erreichte der innere Abstand 40% des gesamten. Somit erhalten wir endgültig folgende Grenzen für alle Sextile. Die Tab.29 enthält im linken Teil die wirklichen Werte, im rechten Teil das Verhältnis zum Zentralwert in Prozenten, unterteilt nach küstennahen und binnenländischen Stationen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der schnellen Feststellung des Wintercharakters sollen diese Werte, wie auch bei den Kältesummen, graphisch dargestellt werden. Zur Begründung dieser Darstellung darf ich auf die frühere Arbeit(2) verweisen. Die Zahl der Wintertage wird auf der Abszisse aufgetragen. Die Stationen werden entsprechend ihrem Zentralwert auf der Ordinate nach unten aufgetragen, wobei der Maßstab 4mal so groß ist wie derjenige der Abszisse, um die einzelnen Stationen gut getrennt aufzeichnen zu können. Die Leitlinie des Zentralwertes hat danach die Funktion $Z = - 4M$, $y = - 4x$. Die in Tab.29 mitgeteilten Grenzen wurden nun in Höhe der einzelnen Stationslinien nach rechts aufgetragen. Schließlich wurden die entsprechenden Werte durch leicht gebogene Linien verbunden. Die Linien für die küstennahen Stationen wurden in Abb.6 gestrichelt, die Binnenlandstationen,

I. Küstennahe Stationen

	[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]	[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]	Mittel
Hamburg(A)	24	35	44,4	54	68	54	79	100	121	153%	45,9
Hamburg(J)	19	28,5	37,5	46	59	49	73	100	123	157%	39,2
Schleswig(KH)	23	33,5	43,4	52	67	53	77	100	120	154%	44,9
Schleswig(WA)	25	35,5	45,3	54,5	69	55	78	100	119	152%	46,7
Bocholt	13	22	29,5	37	48,5	43	73	100	125	164%	31,1
Hannover	22	32,5	41,8	50,5	64,5	52	78	100	121	154%	43,4

II. Binnenland-Stationen

	[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]	[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]	Mittel
Berlin(Da)	30,5	40	48,3	56,5	68,5	63	82	100	117	141%	49,7
Berlin(Tp)	28	37,5	45,8	54	66	61	81	100	117	144%	47,3
Berlin(St)	25	34,5	42,6	50,5	62,5	58	81	100	119	146%	44,1
Freiburg	17,5	26	33,3	40,5	51	53	78	100	121	153%	34,9
Frankfurt	22,5	31,5	39,8	47,5	59	57	80	100	119	148%	41,4
Nürnberg	34,5	44,5	52,8	61	73	66	84	100	115	138%	54,0
München	41	50,5	58,8	66,5	78,5	70	86	100	113	133%	59,8

Tab.29: Zusammenstellung der Grenzen für die Sextile (198 Jahre)

deren Namen unterstrichen sind, wurden durchgehend gezeichnet. Die größere Streuung bei den Küstenstationen kommt in der größeren Spreizung der Grenzen sinnfällig zum Ausdruck.

Die Winter mit einer Zahl der Wintertage unterhalb der ersten Grenze [-2] nennen wir "sehr kurz", die Winter in dem nächsten Feld "kurz". Entsprechend kann man die rechts außen und davor liegenden Felder als "sehr lang" und "lang" bezeichnen. Die beiden mittleren Sextile fassen wir am besten wieder zusammen und nennen das ganze Feld dann "normal". Die Festlegung des Wintercharakters nach seiner Länge bzw. Dauer geschieht im einzelnen nun wieder so, daß die Zahl der Wintertage auf der Stationslinie nach rechts aufgetragen wird. Nach der Lage des Endpunktes kann man dem Winter als Charakter den Namen des betr. Feldes geben. In Abb.6 ganz rechts sind die bisher beobachteten höchsten Zahlen der Wintertage eingetragen. Für diese Zahlen des Winters 1844 läßt sich das Maximum durch folgende Formel bestimmen: $Max.^* \approx 12,4 \cdot \sqrt{[+2]}$, d.h. der Wurzelwert der obersten Grenze [+2] ist etwa mit 12,4 zu multiplizieren, um das bisher beobachtete Maximum zu erhalten. Danach ist die Kurve in Abb.6 gezeichnet. Für die größten bisher beobachteten Kältesummen (1829) ergab sich in gleicher Weise $Max.^* \approx 38,5 \sqrt{[+2]}$.

Legt man auf große Genauigkeit keinen besonderen Wert, - was wegen der lokalen Einflüsse an den einzelnen Stationen z.T. berechtigt ist - so kann man gegebenenfalls die gestrichelten und ausgezogenen Grenzen

zusammenfassen und nach unten angleichen, womit man nur noch ein Liniensystem bekommt. Diese Vereinfachung möchte ich den Benutzern der Darstellung für ihre Zwecke selbst überlassen.

VII. Ableitung weiterer Größen zur Beurteilung der Winterkälte

In der Zahl der Wintertage hat man ein Maß für die Andauer des Winters, da der Gefrierpunkt des Wassers eine natürliche Grenze darstellt. Es wurde gelegentlich nun vorgeschlagen, statt 0°C eventuell 5°C als Grenze zu nehmen, da Tage mit einem Temperaturmittel zwischen 0 und 5 Grad durchaus noch winterliches Gepräge haben können. Das läßt sich natürlich in gleicher Weise bearbeiten wie die Zahl der Wintertage. Doch wollen wir auf diese Ausarbeitung hier verzichten.

1. Ermittlung von kalten Tagen mit variabler Grenze

Eine andere Möglichkeit ist die, variable Grenzen von Tag zu Tag zu verwenden. Dabei hätte man den Vorteil, daß man sofort einen Vergleich mit dem langjährigen Mittel hätte.

Ich habe diese Möglichkeit für die Station Hamburg(J) einmal durchgeführt, da solche Auszählungen für einen anderen Zweck im wesentlichen schon vorlagen. Für sämtliche Temperaturbeobachtungen des Klimatermins I eines jeden Tages ab 1880 wurden Häufigkeitstabellen angefertigt. Aus diesen Tabellen wurden täglich wieder Sextile abgeteilt und diese Grenzen etwas ausgeglichen. Sie seien für einige Tage der Monate Dezember bis Februar in Tab.30 mitgeteilt.

	1.Dez.	10.Dez.	20.Dez.	31.Dez.	10.Jan.	20.Jan.	31.Jan.
Grenze [-2]	6,2	5,6	5,1	4,7	4,5	4,3	4,1
Grenze [-1]	3,8	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8	1,6
Grenze [+1]	0,7	0,2	-0,4	-1,1	-1,6	-1,8	-1,6
Grenze [+2]	-1,6	-2,2	-3,0	-4,2	-5,1	-5,6	-5,5

	10.Feb.	20.Feb.	28.Feb.
Grenze [-2]	4,1	4,2	4,3 °C
Grenze [-1]	1,6	1,7	1,9
Grenze [+1]	-1,3	-1,0	-0,6
Grenze [+2]	-4,9	-4,3	-3,5

Tab.30: Grenzen bei der Ableitung von Sextilen an Tageswerten der Temperatur in Hamburg(J) für die Jahre ab 1880.

Daß hier, weil sie gerade vorlagen, die Frühtemperaturen genommen wurden, spielt prinzipiell keine Rolle. Für die Tagesmittel läßt sich das genau so machen. Es wurden nun für jeden Tag der Monate Dezember bis Februar diejenigen Tage ausgezählt, deren Frühtemperatur niedriger lag als die mitgeteilte Grenze [+1] (\underline{k}) und die Tage, die kälter waren als die unterste Grenze [+2] (\underline{k}). Durch die Zusammenfassung für den ganzen Winter werden die Unterschiede zwischen den Frühtemperaturen

und den Tagesmitteln im übrigen weitgehend ausgeglichen. Diese Zahlen wurden noch homogenisiert. Es ergaben sich schließlich die Werte, die in Tab.31 mitgeteilt sind. Es wurden noch die Zahlen (k) und (\underline{k}) zusammengezählt. Man erreicht damit, daß sehr kalte Tage mit doppeltem Gewicht eingehen. Näher sei darauf nicht eingegangen. Dafür kann ich auf die Darlegungen in meinen Arbeiten (9) u. (10) hinweisen. Zum Teil kommen wir bei der folgenden Diskussion noch darauf zu sprechen.

2. Vergleich der kalten Tage mit Kältesumme und Wintertagen

Jede der 3 Reihen (k , \underline{k} und $k+\underline{k}$) deren Verteilungen ebenfalls links-schief sind, ist für sich in der Lage, eine Art Winterzahl abzugeben. Wir wollen sie daher mit den entsprechenden Kältesummen und den Zahlen der Wintertage vergleichen. Wir erhielten zunächst folgende Streuungen: für $k = 13,8$, $\underline{k} = 11,7$, $k+\underline{k} = 25,0$ KS(Kältesumme) 97,2 und WT(Wintertage) 18,0. - Die Beziehung zwischen den Kältesummen bzw. Wintertagen einerseits und den kalten Tagen andererseits ist meist nicht linear, sondern leicht gebogen. Es wurden nun folgende Korrelationskoeffizienten r berechnet: $r_{k,KS} = 0,94$, $r_{\underline{k},KS} = 0,99$, $r_{k+\underline{k},KS} = 0,98$, $r_{KS,WT} = 0,90$, $r_{k,WT} = 0,92$, $r_{\underline{k},WT} = 0,86$ und $r_{k+\underline{k},WT} = 0,91$. Die beste Korrelation ergab sich zwischen \underline{k} und KS, also zwischen der Zahl der sehr kalten Tage und der Kältesumme, d.h. daß die Zahl der Tage mit Temperaturen unter der untersten Grenze genau dasselbe besagt wie die Kältesumme, daß also die Kältesumme fast ausschließlich durch die sehr kalten Tage bestimmt ist. Umgekehrt, die größte Korrelation mit den Wintertagen haben die einfachen kalten Tage k . Das ist auch verständlich, da die Grenze für k nahe 0°C lag. Die variable Grenze scheint danach keinen allzugroßen Vorteil zu bringen. Die kombinierten kalten Tage ($k+\underline{k}$) haben zu den beiden anderen Größen, KS und WT, ebenfalls eine recht hohe Korrelation. Sie ist höher als zwischen KS und WT. Durch diese Vergleiche ist die Bedeutung der einzelnen Größen gut geklärt: In der Kältesumme kommen besonders die sehr kalten Tage zum Ausdruck, sie ist also eine Maßzahl für die Strenge (Kälte) der Winter. In den Wintertagen und in den einfachen kalten Tagen hat man eine Maßzahl für die Andauer der Winter. Die zusammengesetzten Werte ($k+\underline{k}$) sind eine kombinierte Maßzahl für die Intensität und auch für die Dauer der Winter, wie es auch bei der Herstellung dieser Zahl gedacht war (10).

3. Ableitung einer Winterzahl für Intensität und Dauer der Winterkälte

Die Ermittlung dieser kalten Tage für andere Stationen ist mit sehr großer Arbeit verbunden. Man müßte eigentlich zuerst die Tageswerte homogenisieren und dann aus den täglichen Häufigkeitsverteilun-

gen die Sextile oder andere Grenzen ableiten. Diese Arbeit kann höchstens mit Hollerith oder anderen Maschinen bewerkstelligt werden, wie es z.B. Wachter(14) für einen anderen Zweck für Frankfurt(Stadt) vorgenommen hat. Der Erfolg und Nutzen scheinen aber nicht im Verhältnis zur aufgewandten Arbeit zu stehen. Es soll daher zum Schluß dieser Untersuchung versucht werden, eine andere, einfacher zu gewinnende Maßzahl abzuleiten, in der sowohl Stärke als auch Dauer der Winterkälte zum Ausdruck kommen. Diese Zahlen, die in Tab.31 in der letzten Spalte für einen Vergleich schon mitgeteilt sind, sollen begründet und dann auch für unsere langen Reihen berechnet werden. Über andere Maßzahlen der Winterkälte soll in Kap.VIII noch berichtet und diskutiert werden.

Die Winter in unserem Raum sind vielgestaltig. In den Extremen haben wir lange, strenge und kurze, milde Winter. Es gibt aber auch kurze, strenge Winter und solche, in denen für eine längere Zeit geringe Kälte auftritt. Die langen Winter haben, auch wenn sie keine extreme Kälte bringen, ihre entsprechende Auswirkung auf die gesamte Wirtschaft und Lebensführung. Es scheint dabei wenig auszumachen, daß die Tagesmittel der Temperatur oft nicht ganz so niedrig sind, wie meistens in sehr kalten Wintern. So hatte der Winter 1962 in Hamburg(A) 85 Wintertage. Dieser Anzahl entspricht im Durchschnitt nach Tab.1 eine Kältesumme von 510 mit einer mittleren Kältesumme von 6,0 pro Wintertag. In Wirklichkeit wurde in diesem Winter nur eine Kältesumme von 349 festgestellt, welchem Wert im Mittel 71,8 Wintertage entsprechen. Dieser Winter hatte pro Wintertag nur eine Kältesumme von 4,1. Aber wegen seiner Länge hatte er etwa die gleichen Auswirkungen bzw. den gleichen allgemeinen Eindruck wie ein weniger langer, aber kälterer Winter. Es scheint auch verständlich, daß in einem relativ langen Winter mit im allgemeinen mäßiger Kälte einige extremkalte Tage, die sich in der Kältesumme deutlich niederschlagen, keine besonderen Wirkungen hervorrufen bzw. keinen so großen Eindruck machen. Der Haupteindruck ist eben die Länge. Andererseits wirkt sich größere Kälte, die aber nicht so lange dauert, etwa so aus wie mäßige, aber länger anhaltende Kälte.

Alle diese Vorstellungen und Überlegungen führten dazu, bei der Charakterisierung der Kälte des Winters die Länge mit hereinzunehmen. Es schien angebracht, eine kombinierte Zahl zu entwickeln, in der beide Größen enthalten sind. Nach verschiedenen Versuchen hielt ich folgende Kombination für die zweckmäßigste: Man multipliziert die Wahrscheinlichkeit eines Wintertages mit der entsprechenden Kältesumme.

Da die Kältesumme für die Zeit vom 1.November bis 31.März gerechnet wird, ist also die Zahl der Tage in jedem Winter 151(152). Wir können damit jeweils die Wahrscheinlichkeit eines Wintertages gewinnen, die dann mit der Kältesumme multipliziert wird:

$W_z = \frac{WT}{N} \cdot KS = p_t \cdot KS$. (WT = Wintertage, KS = Kältesumme, p_t = Wahrscheinlichkeit eines Wintertages, $N = 151(152)$). Diese neue Zahl wollen wir "Winterzahl" (W_z) nennen. Es wurde auch "Winterstärkezahl" vorgeschlagen, wobei "Winter" ausnahmsweise im Sinne von "Kälte" gebraucht würde.

Soll sich der Betrag der "Winterzahl" nicht ändern und ändert sich die Zahl der Wintertage um 1 so muß sich die Kältesumme in entgegengesetzter Richtung um einen bestimmten Betrag ändern. Diese Beträge sind gleich denjenigen für die mittleren Kältesummen/Wintertag, die in Tab.2 mitgeteilt wurden.

Diese Beträge erhöhen sich mit dem Kälterwerden der Winter. Es läßt sich aber nachweisen, daß die Kältesumme in unserer Winterzahl trotzdem immer noch eine große Rolle spielt. Die Korrelation zwischen der Winterzahl und den kalten Tagen (k) $r_{W_z, k} = 0,91$. Die Korrelationen

mit den sehr kalten Tagen (\underline{k}) und der Zusammenfassung ($k+\underline{k}$) sind beide $r_{W_z, \underline{k}} = r_{W_z, k+\underline{k}} = 0,94$. Wir hatten oben abgeleitet, daß die Zahl \underline{k} mit der Kältesumme, die Zahl k besser mit der Zahl der Wintertage korreliert war. Die größere Korrelation mit der Winterzahl hat jetzt \underline{k} , ein Zeichen für den noch großen Einfluß der Kältesumme. Die zusammengesetzte Zahl $k+\underline{k}$, die mit beiden Größen (Wintertage und Kältesumme) hoch korreliert war, hat jetzt die gleiche Größe 0,94 wie die Beziehung zwischen Winterzahl und \underline{k} . Das läßt den Schluß zu, daß in der Winterzahl beide Größen in entsprechender Weise zum Ausdruck kommen.

4. Häufigkeitsverteilungen der Winterzahl

Für die 3 egalisierten Reihen Berlin(Da), Hamburg(A) und (J) wurden nun die Winterzahlen nach der oben mitgeteilten Formel für die Jahre ab 1766 gerechnet. Sämtliche Werte sind in Tab.32 zusammengestellt. Dabei wurde auf ganze Ziffern abgerundet. Die Zahlen unter 1 wurden auf 1 vergrößert. Die 0 sollte für Winter freigelassen werden, die keinen Wintertag und damit auch keine Kältesumme hatten, was an unseren Stationen bislang nicht vorgekommen ist.

Aus diesen Winterzahlen wurden nun wieder Häufigkeitsverteilungen aufgestellt, getrennt nach den beiden Abschnitten zu je 99 Jahren und zusammen für je 198 Jahre. Die Winterzahlen wurden in Tab.33 zu je 15 zusammengefaßt. Die zum Schluß mitgeteilten Mittelwerte, Zentralwerte und Streuungen wurden aus der vollständigen Verteilung (Einheit 1 Winterzahl) berechnet.

Durch die Zusammenfassung werden besonders bei den kleinen Winterzahlen Einzelheiten verwischt. Bei Berlin erscheint die maximale Ordinate bei den Winterzahlen 9-12, bei Hamburg(A) bei 6-9 und bei Hamburg(J) zwischen 1 und 6. Es handelt sich jetzt um recht schiefe Ver-

Winterzahl	Mittel	Zentralwert	ZW/Mi.	Streuung
Berlin I: 1766 (Da) -1864	99,8	72	72,1%	
II: 1865 -1963	66,0	41	62,1	
III: 1766 -1963	82,9	54	65,1	83,96
Hamburg I: 1766 (A) -1864	80,6	54	67,0%	
II: 1865 -1963	51,7	30	58,0	
III: 1766 -1963	66,1	39	59,0	73,27
Hamburg I: 1766 (J) -1864	57,8	34	58,8%	
II: 1865 -1963	35,7	16	46,2	
III: 1766 -1963	46,7	24	51,4	58,70

Tab.33: Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte, Zentralwerte und Streuungen der Winterzahlen von Berlin und Hamburg

teilungen, beinahe e-Funktionen. Aus den detaillierten Verteilungen lassen sich unter Verwendung eines logarithmischen Maßstabs auf der Abszisse (Winterzahl) beinahe Normalverteilungen entwickeln, doch ist dann auf dem unteren Teil anscheinend noch eine dichtere Belegung der Klassen zu beobachten, was wahrscheinlich auf die "Grenze 0" zurückzuführen ist.

5. Bestimmung der Sextilgrenzen zur Festlegung des Wintercharakters nach der Winterzahl.

Wie bei den Kältesummen und der Zahl der Wintertage wurden aus allen Verteilungen wieder Sextile abgeteilt, um daraus den Charakter des Winters abzuleiten. Diese Grenzen wurden zur späteren Verwendung nur aus den gesamten egalisierten Reihen abgeleitet. Zur Entwicklung einer entsprechenden graphischen Darstellung, aus der für alle verwendeten Stationen der Charakter der Winterkälte abgeleitet werden kann, helfen uns die Zentralwerte weiter. Es ließ sich zeigen, daß die Zentralwerte der Winterzahlen berechnet werden können aus den Zentralwerten der Wintertage und Kältesummen, wenn man dabei dieselbe Rechenvorschrift anwendet, wie bei den Einzelwerten. Durch diesen Umstand, der für die Zentralwerte und auch für die Sextilgrenzen - nicht aber für die arithmetischen Mittel - gilt, lassen sich nun für alle benutzten Stationen die Zentralwerte und Grenzen aus den früher mitgeteilten Werten der Kältesummen und Wintertage sofort berechnen.

Die arithmetischen Mittel müssen indirekt über die Zentralwerte und deren Quotienten zu den Mittelwerten berechnet werden. Diese Quotienten sind für unsere Stationen in Tab.33 mitgeteilt. Da außer dem Nullpunkt nur 3 Werte vorliegen ist eine Beziehung zwischen den benötigten Werten sehr unsicher. Es wurden 2 graphische Darstellungen mit stetigen Kurven entworfen: Mittel/Zentralwert und Zentralwert/Zentralwert:Mittel(%). Aus diesen Darstellungen wurden die unbekanntesten Werte für die fehlenden Stationen entnommen und daraus schließlich die Mittelwerte gemittelt. Die entwickelten Kurven lagen aber so gut, daß sich nur geringe Unterschiede in den Schätzungen der Mittelwerte ergaben. Aus diesen Darstellungen liegen nun auch die langjährigen Mittelwerte und das Verhältnis der Zentralwerte zu den Mitteln vor. Formelmäßig ergibt sich: $M = \sqrt{250 \cdot Zw + 1600} - 40$. Zur Ableitung der Mittelwerte dieser Winterzahlen muß man von den Zentralwerten der Kältesummen und Wintertage ausgehen. Der daraus gewonnene Zentralwert der Winterzahl wird mit Hilfe dieser Formel dann in den betr. Mittelwert umgerechnet.

Sämtliche Werte, wie Sextilgrenzen, Zentralwerte usw. sind für alle benutzten Stationen in Tab.34 zusammengestellt. Sie sind nach der Größe des Zentralwertes geordnet. Wir erinnern uns, daß wir bei der Festlegung der entsprechenden Grenzen bei den Wintertagen zwei verschiedene Darstellungen bekamen, für die küstennahen und binnenländischen Stationen. Ein solcher Unterschied tritt bei der Winterzahl auch noch auf. In Abb.7 a sind die Grenzkurven leicht ausgeglichen worden, damit man mit einer, für alle Stationen gültigen Darstellung, auskommen konnte. Die Grenzwerte lassen sich als Funktion von Mittel- und Zentralwert darstellen: Grenze [-2] : = $0,54(M-11)+Zw$, Grenze [-1] : = $-0,24(M+6) + Zw$, Grenze [+1] : = $0,37(M+6)+Zw$, Grenze [+2] : = $1,099(M+6) + Zw$. In der folgenden Tab.34 sind noch die Original-Grenzen angegeben.

Die Ordinatenskala in Abb.7 a ist wieder 4mal so groß angesetzt worden wie diejenige der Abszisse. Wir müssen nun den einzelnen Feldern noch Bezeichnungen geben, die von den früher benutzten abweichen müssen, da es sich dieses Mal um eine kombinierte Zahl handelt, in der sowohl Stärke als auch Dauer des Winters stecken. Berücksichtigen wir alle 6 Felder, so könnte man folgende Einteilung vorschlagen: sehr leicht, leicht, mäßig leicht, mäßig-stark, stark und sehr stark. Fassen wir die beiden mittleren Klassen, wie früher auch, zusammen, so käme dafür die Bezeichnung: "mittel-mäßig" in Frage. Ein anderer Vorschlag wäre: leicht, schwach, mäßig, stark und hart, wobei, wie eben, "mäßig" ein Ersatzausdruck für "normal" sein würde, die beiden zusammengefaßten mittleren Klassen. Zur Beurteilung dieser Ausdrücke müßte man stillschweigend "Kälte" bzw. "Winterkälte" ergänzen, nicht so sehr "Winter", es sei denn als oft auch gebrauchtes Synonym für "Kälte".

Grenzen	[-2]	[-1]	ZW	[+1]	[+2]	Mittel	ZW:M(%)
Bocholt	2	6,5	14,5	27,5	55,5	32	45
Freiburg	4,5	12	23,5	41,5	78,5	46	71
Hamburg(J)	4,5	11,5	24	43,5	81,5	46,8	51,3
Hamburg(S)	6,5	16,5	32,5	56	106	59	55,5
Schleswig(KH)	6,5	16,5	32,5	56	107	59	55,5
Frankfurt	7,5	17,5	33	56,5	103	59	56
Berlin(St)	8,5	20,5	37	63	113,5	64	57,5
Schleswig(WA)	8	19,5	37	63,5	117,5	64	57,5
Hamburg(A)	9	22	39	68	119	66,2	58,9
Hannover	9	22	41	69	125	68	59
Berlin(Tp)	12,5	27,5	48	77,5	136	77	62,5
Berlin(Da)	14,5	32	54	87	152	82,9	65,1
Nürnberg	22	45,5	71	110	187	99	72
München	35	67,5	99	145	239	122	81

Tab.34: Grenzen zur Festlegung des Wintercharakters nach der Winterzahl, egalisierte Reihen, 198 Jahre

Durch diese Darstellung hätten wir die Möglichkeit, den Charakter der Winterkälte durch 6 bzw. 5 Gesamtzensuren auszudrücken. Das mag im allgemeinen genügen. Will man mehr Details, so müßte man bei den Einzelwerten bleiben und sie zu ihrem Zentralwert in Beziehung setzen.

VIII. Versuche zur Ableitung einer 100teiligen Skala von winterlichen Kälteziffern.

Eine logische Weiterentwicklung der Ableitung der "Winterzahl" wäre es, die Stärke der Winterkälte in einer 100teiligen Skala zum Ausdruck zu bringen. In einer solchen, leicht überschaubaren Skala sind genügend Möglichkeiten auch für kleinere Unterschiede gegeben. Der andere Vorteil wäre der, daß man mit einer solchen Ziffer verschiedene Stationen unmittelbar vergleichen könnte; denn die Skala müßte ja für alle Stationen in gleicher Weise aufgestellt werden. Es findet dabei ein indirekter Vergleich mit den unterschiedlichen Mitteln oder Zentralwerten statt.

Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht einfach, weil es die verschiedensten Möglichkeiten gibt. Es ist aber letzten Endes eine Frage der End-Häufigkeitsverteilung. Man kann sie 1. so schief lassen wie das Ausgangsmaterial, 2. man kann sie in eine symmetrische Verteilung verwandeln, 3. man kann nahezu eine Normalverteilung entwickeln und man kann 4. einen Mittelweg beschreiten, der die Schiefe

wenigstens stark reduziert. Jede dieser Lösungen hat Vor- und Nachteile, die man gegeneinander abwägen muß.

1. Abschätzung der stärksten Winter.

Bei allen diesen Lösungen muß zunächst einmal festgelegt werden, bei welcher Winterzahl man den Endwert 100 ansetzt. Der andere Grenzwert 0 ist eindeutig klar; es darf kein Wintertag auftreten. In unseren 3 Reihen war der Winter 1829 der kälteste. Die Winterzahlen waren in Berlin(Da) 448 und daraus reduziert Hamburg(A) 396 und Hamburg(J) 334. Die wirklichen Werte erreichten nur 366 bzw. 308. Der Berliner Winter 1829 ist also der bisher kälteste. Er liegt schon beim 4,5-fachen Wert der Streuung. In Tab.33 waren die letzten 5 Klassen schon leer vor diesem Wert. Wir setzen nun voraus, daß dieser Winter 1829 in der Stärke wie in Berlin der stärkste überhaupt ist, und wollen nun versuchen, die Stärke dieses Winters zu bekannten Größen in Beziehung zu setzen. Nach verschiedenen Versuchen ergab sich folgende einfache Abschätzungsmöglichkeit: Die Quadratwurzel aus der Winterzahl der äußeren Grenze (Tab.34, [+2]) wird mit 36,4 multipliziert. Mit dieser Formel erhielten wir für Berlin(Da) 448, für Hamburg(A) 397 und für Hamburg(J) 331, die mit den eben genannten Zahlen gut übereinstimmen.

Für alle unsere Stationen ergaben sich nun folgende Werte: (Max.*) Bocholt 274, Frankfurt(St) 311, Freiburg 328, Hamburg(J) 331, Hamburg (S) 371, Schleswig(KH) 371, Frankfurt(Flgh.) 372, Berlin(St) 389, Schleswig(KH) 389, Hamburg(A) 397, Hannover 404, Berlin(Tp) 429, Stuttgart(Hohhm.) 444, Berlin(Da) 448, Nürnberg 497 und München-Riem 564.

Setzt man diese Zahlen nun mit 98 an, so ist für etwas kältere Winter noch Spielraum gelassen. Außerdem kann man noch die Bedingung einführen, daß alle Winter, die sich dann noch über 100 ergeben sollten, als 100 angesetzt werden.

Dieser Ansatz scheint insofern berechtigt zu sein, da nach dem Easton'schen Wintertemperaturkoeffizienten (11) der Winter 1829 ebenfalls der kälteste seit 1766 war. Er bekam die Ziffer 4. Diese Ziffer 4 ist die niedrigste, die Easton in der seit 1204 vollständigen Reihe vergeben hat. Es erscheinen zwar noch 4 Winter mit der gleichen Ziffer: 1407, 1564, 1607 und 1708. Drei dieser Winter liegen in der Epoche des sog. "Klimapessimums" bzw. der "kleinen Eiszeit" im 16. und 17. Jahrhundert. Die Easton'sche Skala hat noch einen Spielraum bis 0, die unsrige bis 100. Das dürfte nach der fast 800-jährigen Reihe von Easton vorerst genügen, so daß die Festlegung unseres Maximums auch von dieser Seite her begründet ist.

2. Ableitung einer 100teiligen Skala der Winterkälte mit quadratischer Abszisse. Reduktion auf gleichen Zentralwert.

Es sei darauf verzichtet über die verschiedenen Transformierungsmöglichkeiten, wie sie eingangs dieses Kapitels erwähnt wurden, im einzelnen zu berichten. Nach Abwägen der verschiedenen Vor- und Nachteile schien folgender Kompromiß am zweckmäßigsten und den Verhältnissen am besten angepaßt zu sein.

Wir reduzieren bei dieser Lösung die Skala derart, daß wir die Ausgangswerte (Winterzahlen) quadratisch fortschreiten lassen. Um auf den Maximalwert 100 zu kommen, muß jede Reihe mit einem bestimmten Faktor multipliziert werden. Dieser Faktor $f = 100 : \sqrt{\text{Max.} \cdot \text{Wz.}}$ Wir hatten oben die bisher stärksten Winter (Max.*) mit der Ziffer 98 belegt. Daraus können wir den Faktor $f = 98 : \sqrt{\text{Max.} \cdot \text{Wz.}}$ berechnen und ihn dann gleich $100 : \sqrt{\text{Max.} \cdot \text{Wz.}}$ setzen. Die maximalen Winterzahlen, die in der neuen Skala die Ziffer 100 bekommen, errechnen sich auf diese Weise:

$$\text{Max.} = \left(\frac{100}{98}\right)^2 \cdot 36,4 \cdot \sqrt{[+2] \text{ Grenze}} = 37,9 \cdot \sqrt{1.0993(M+6) + Zw}$$

Es ergaben sich damit folgende Werte, zusammen mit den entsprechenden Faktoren f.

	Bocholt	Franfurt(St)	Freiburg	Hamburg(J)
Maxima	285	325	341	344
Faktor f	5,924	5,550	5,415	5,392
	Frankfurt(Flgh)	Hamburg(S)	Schleswig(KH)	Berlin(St)
Maxima	388	386	386	405
Faktor f	5,077	5,090	5,090	4,969
	Hamburg(A)	Schleswig(WA)	Hannover(Flgh)	Berlin(Tp)
Maxima	413	405	421	447
Faktor f	4,921	4,969	4,874	4,730
	Stuttgart-H.	Berlin(Da)	Nürnberg	München
Maxima	462	467	518	587
Faktor f	4,651	4,627	4,394	4,127

Tab.35: Maxima der Winterzahlen und Reduktionsfaktor für eine 100-teilige Skala.

Kombiniert man die größten beobachteten Kältesummen (1829) und die größte beobachtete Zahl der Wintertage (1844) zu einer entsprechenden Winterzahl, so ergeben sich interessanterweise ziemlich genau diese eben berechneten Höchstwerte.

Aus den bisherigen Winterzahlen werden also die Quadratwurzeln gezogen und mit den eben mitgeteilten Faktoren f multipliziert.

Diese Transformation wurde für die 3 Stationen Berlin(Da), Hamburg(A) und (J) durchgeführt. Daraus erhielten wir entsprechende

Häufigkeitsverteilungen, von denen die für Hamburg(A) als Muster in Tab.36 mitgeteilt wird.

Skala	0	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Häufigkeit	0	1	13	20	21	18	22	21	11	17	11
Skala	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100
	-55	-60	-65	-70	-75	-80	-85	-90	-95	-99	
Häufigkeit	12	7	7	5	1	3	4	3	1	0	0

Tab.36: Häufigkeitsverteilung der Winterzahl von Hamburg(A) in einer 100teiligen Skala, quadratische Verkleinerung.

Mit Hilfe dieser Transformation erhielt der Zentralwert von Hamburg(A) die Ziffer 31. Wir erkennen noch eine leicht schiefe Verteilung, aber die maximalen Ordinaten liegen wenigstens in der Nähe des Zentralwertes. Bei den starken Wintern sind noch genügend Details zu erkennen. Der Zentralwert rückt einigermaßen weit nach oben, in unserem Beispiel für Hamburg(A) auf 31. Bei der wärmsten Station Bocholt würde er auf 23 ansteigen. Für Berlin(Da) ergibt sich 34, für Hamburg (J) 26 als Zentralwert. In den Hauptbereichen der neuen Skala liegen die Kälteziffern etwa um den Unterschied zwischen den Zentralwerten verschieden.

Wir wollen uns mit dieser Skala noch beschäftigen. Für unsere 3 Stationen Berlin(Da), Hamburg(A) und (J) wurden die Ziffern für alle Jahre ab 1766 gerechnet. Es sind das die Zahlen, die in Tab.32 ohne weitere Erklärung schon mitgeteilt wurden. Wenn man diese Umrechnung von vorneherein vornehmen will, wird es zweckmäßig sein, bei den kleinen Winterzahlen (≤ 3 bzw. 4) die Ausrechnung auf Dezimalen zu erstrecken. Wir erhalten bei den neuen Ziffern mehr Details. Für diese neuen Ziffern möchte ich den Ausdruck "Kälteziffern" vorschlagen und verwenden.

Aus Tab.32 ersieht man, daß die Ziffern bei Hamburg(A) und besonders bei (J) mehr oder weniger niedriger liegen als bei Berlin(Da). Die Mittelwerte der ganzen Reihe fallen von 37,4 über 34,8 auf 30,6 ab. Daß in den meisten Klassen die Ziffern an den wärmeren Stationen niedriger liegen, hängt damit zusammen, daß bei ihnen auch die Zentralwerte kleiner sind, wie schon erwähnt, wenn auch der Abfall dieser Werte stark gedämpft wurde. Der Quotient Zentralwert:Mittel(%) senkt sich nur noch von 90,9 über 89,2 auf 86,5%. Letzten Endes kann man es bei diesen Unterschieden belassen, man müßte nur bei Verwendung der einzelnen Kälteziffern auf die Unterschiede in den Zentralwerten hinweisen.

Man wird aber zweckmäßigerweise noch weitergehen und auf eine Weise transformieren, daß sich bei allen Stationen der gleiche Zentralwert ergibt. Der Vorteil wäre, daß alle Kälteziffern unmittelbar verglichen und zusammengefaßt werden können. Es ist naheliegend, den Unterschied in den Zentralwerten dadurch zu erklären, daß bei den wärmeren Stationen gewissermaßen eine untere Grenze 0 vorhanden ist, die die Ziffern an einer weiteren Ausdehnung hindert. Denn negative Wintertage bzw. -zahlen gibt es ja nicht.

Die Häufigkeitsverteilung bei Berlin(Da) hat nun den Anschein, als ob die Grenze 0 die Ausdehnung der Werte hier nicht wesentlich behindert. Die letzten Klassen vor 0 sind nur schwach belegt. Für diese Station wäre die Transformation auf die 100teilige Skala ziemlich richtig. Es erscheint damit zweckmäßig, alle Stationen an diese gerade unbeeinflusste Station anzuschließen. Wir müssen die Zentralwerte der übrigen Stationen auf den von Berlin(Da) irgendwie korrigieren.

Für die im wesentlichen ungestörte Station Berlin(Da) ergab sich der Zentralwert der Kälteziffern zu 34. Man kann ihn, um eine gut unbeeinflusste untere Grenze zu bekommen auf 35 festsetzen. Auf diesen Zentralwert müßte man dann auch die der anderen Stationen bringen. Für die Station Hamburg(A) war der Zentralwert genau 30,7; er müßte also um 4,3 erhöht werden. Bei den meisten Stationen muß der Wert ebenfalls vergrößert werden. Nur bei den kälteren Stationen Nürnberg und München müßten die Werte verkleinert werden. Da die Zentralwerte für alle Stationen mit Hilfe des Faktors f aus Tab.35 gerechnet werden können, liegen auch die Korrekturen auf den Wert 35 fest.

Es ist nun zu bestimmen, in welcher Weise die Korrektur auf den ganzen Bereich der Kälteziffern zu verteilen ist. Dafür scheint es zweckmäßig zu sein, bei allen Stationen die Grenzen ($[-2]$, $[-1]$, $[+1]$ und $[+2]$) und, wie gesagt, auch den Zentralwert wie in Berlin(Da) festzusetzen. Diese Grenzen sind in der neuen Skala: $[-2] = 19$, $[-1] = 27$, $Zw = 35$, $[+1] = 44$ und $[+2] = 58$. Die nach der Formel $f\sqrt{Wz}$ berechneten Grenzwerte werden auf die eben genannten Werte verbessert und daraus die entsprechenden Korrekturen gewonnen. Für die Extremwerte 0 und 100 sind natürlich die Korrekturen gleich 0. Die Korrekturen wurden nun für jede Station bestimmt und angebracht. Die Transformation in diese 100teilige Skala ist in Abb.7 a gleich mit vorgenommen. Es sind hier auf den Stationsgeraden kleine senkrechte Striche mit der entsprechenden Bezifferung eingezeichnet. Im Bereich kleinerer Winterzahlen ist diese Darstellung zur Ablesung der Kälteziffern zu ungenau. Daher ist eine vergrößerte Abb.7 b für diesen Bereich angefertigt worden. Zur Umrechnung für den kleinsten Bereich bis zu einer Winterzahl 5 ist noch Tab.37 berechnet worden. Damit ist es also möglich, für den ganzen Bereich, die Winterzahlen in die Käl-

teziffern der 100teiligen Skala umzuwandeln. Sollten sich die Zentralwerte einiger Stationen in den nächsten Jahren bei der Reduktion noch etwas ändern, so müßte man die Stationsgeraden entsprechend nach oben oder unten verschieben. Die Abschätzung der Kälteziffern ergibt sich dann aus dem Wertennetz genauso. Bei den kleinen Werten (Tab.37) werden sich die Werte nur unwesentlich ändern, so daß die Tabelle weiter benutzt werden kann.

Die Umrechnung auf diese korrigierte Kälteziffer wurde im einzelnen für die Station Hamburg(J) vorgenommen. Die Werte sind in der letzten Spalte der Tab.32 enthalten. Bei dem Zentralwert 35 ergibt sich der Mittelwert zu 38,35. Das Verhältnis $Zw:M = 91,3\%$. Den gleichen Wert würden wir auch für Berlin(Da) erhalten, wenn wir hier den Zentralwert von 34 auf 35 noch ändern würden.

Die für eine von 5 zu 5 fortschreitende Kälteziffer ausgezählten Häufigkeiten der Station Hamburg(J) wurden laufend addiert und jeweils in Prozenten ausgedrückt. Durch eine geringe Ausgleichung erhält man eine stetige Kurve (Abb.8). Aus ihr kann man ablesen, mit welcher Wahrscheinlichkeit Winter aufgetreten sind, deren Kälteziffer unter oder über einer bestimmten Zahl lag. Es ergaben sich folgende Werte:

Wahrscheinlichkeit (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Kälteziffer <u>unter</u>	10	15	18	20	23	25	27	30	32	35
Kälteziffer <u>über</u>	75	64	58	52	48	45	52	39	36	34

Tab.38: Wahrscheinlichkeit des Unter- bzw. Überschreitens einer bestimmten Kälteziffer (Zentralwert 35).

Aus der Tab.38 und der entsprechenden Abb.8 kann man z.B. ablesen, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 10% Winter unter einer Kälteziffer von 15 aufgetreten sind. Anders ausgedrückt: Winter unter 15 haben eine Wahrscheinlichkeit des Auftretens von 10%. Entsprechendes gilt für die starken Winter. Mit 10% Wahrscheinlichkeit sind die Winter kälter als 64 gewesen, oder Winter mit einer Kälteziffer über 64 hatten eine Wahrscheinlichkeit von 10%. Dies gilt zwar im wesentlichen für den Raum Hamburg. Größere Unterschiede dürften für die übrigen Gebiete höchstens an den Rändern auftreten.

Wegen der Umwandlung in eine 100teilige Skala kann man zusammenfassend sagen, daß die quadratische Transformation am günstigsten erscheint. Man kann darüberhinaus noch die erwähnte Korrektur anbringen, um bei allen Stationen auf den gleichen Zentralwert zu kommen.

3. Diskussion verschiedener Maße der Winterkälte.

In den vorliegenden beiden Arbeiten sind verschiedene Kältemaße teils übernommen, teils neu entwickelt worden. Wir hatten einmal ein Maß für die Intensität der Winterkälte, nämlich die Kältesumme, und zum andern ein Maß für die Dauer der Winterkälte, nämlich die Zahl der Wintertage. Beide werden aus dem gleichen Material, nämlich den Tagesmitteln der Temperatur unter 0°C gewonnen. Die Kombination dieser beiden Maßzahlen geschah aus dem Grunde, da zur Charakterisierung der Winterkälte nicht die Stärke, und auch nicht die Dauer allein, sondern beide zusammen wesentlich sind. So entstand die sog. "Winterzahl", die nun eine Maßzahl der Winterkälte schlechthin ist. Die weiter abgeleitete "Kälteziffer" besagt genau dasselbe in einer anderen, zweckmäßigeren Skala.

Es gibt nun noch andere Maße, die "Strenge des Winters", "Maßzahlen des Winters" oder "Maßzahlen der Wintertemperatur" genannt werden. Dabei handelt es sich im wesentlichen um dieselben Elemente. Am meisten interessiert am Winter die Kälte. Das geht sogar soweit, daß bei den Bezeichnungen und Definitionen "Winter" mit "Kälte" gleichgesetzt wird. Die Aufgabe in diesen beiden Arbeiten lag darin, die Kälte des Winters in einer Maßzahl anzugeben, und lange, homogene Reihen dieser Maßzahlen mit ihren kennzeichnenden statistischen Größen abzuleiten. Diese Aufgabe wurde streng durchgeführt.

Wenn man die Kälte eines Winters betrachtet, so stellt das eine ganz bestimmte Auswahl der Erscheinungen des Winters dar. Genauso kann man die "Milde" der Winter auswählen. Man kann aber auch die Temperatur des Winters behandeln. Dabei bedarf es keiner Auswahl, weil hier sämtliche Temperaturen oder Tage genommen werden müssen. Auf der anderen Seite muß eine ganz besonders scharfe Auswahl getroffen werden, wenn man von der "Strenge" des Winters spricht und dafür eine Maßzahl ableiten will. Hier ist die Auswahl schon so "streng", daß nur für eine kleine Zahl von Wintern solch eine Zahl festgelegt werden kann. Denn, wie man die "Strenge" auch definiert, es gibt eben nur wenige "streng" Winter, wenn da auch noch gewisse Unterschiede vorhanden sind. Man kann hier nicht alle Winter nehmen, denn "milde" Winter sind eben nicht "streng", man kann sie auch nicht als "sehr wenig streng" benennen.

Ausgehend von diesen grundsätzlichen Definitionen kann man die vorliegenden Größen gegeneinander abwägen und auswählen, je nachdem welche Aufgabe vorliegt.

In der schon erwähnten Arbeit von Rentschler(16) und einer Veröffentlichung von Baur(17) in der Berliner Wetterkarte wird nun über verschiedene Maße der Wintertemperatur und der Strenge eines Winters diskutiert. In der Veröffentlichung von Baur wird nicht eigentlich diskutiert, sondern es wird nur behauptet, daß die Mitteltemperatur

des Winters (Dezember-Februar) in der sog. Mitteleuropareihe (De Bilt, Berlin, Wien, Basel) die richtige Maßzahl für die "Strenge" eines Winters ist, weil diese Mitteltemperatur den ganzen Winter erfaßt. Dabei wird "Strenge" noch mit "Kälte" des Winters gleichgesetzt. Abgesehen von dieser Ungenauigkeit ist die zu treffende Entscheidung doch klar: interessiert mich die Temperatur, nehme ich die sog. Mitteltemperatur. Will ich die Kälte oder Strenge behandeln, muß ich auswählen. Baur trifft nun seine Entscheidung, daß die Mitteltemperatur das richtige Maß für die Strenge ist durch die Behauptung, daß die Kältesummen für diese Aufgabe irreführend seien, ohne dieses zu beweisen. Er führt nur als Musterbeispiel den Winter 1955 an. Er behauptet, daß dieser Winter einer der strengsten der letzten 100 Jahre gewesen sei, obwohl Dezember und Januar mild gewesen wären. Diese Behauptung ist aber nicht zu beweisen, denn in keiner der in diesen Arbeiten benutzten Stationen war der Winter "streng", wenn man von Hellmann's Definition (siehe 2, S.45) ausgeht. Also kann er auch nicht einer der strengsten gewesen sein (siehe auch 18). Im Mittel ergab sich für unsere Kälteziffer in diesem Winter 1955 der Wert 53. Er liegt damit zwischen den Grenzen [+1] und [+2]. Die von Baur gegebene Abweichung von $-1,4^{\circ}\text{C}$ liegt $0,4^{\circ}\text{C}$ oberhalb der unteren Grenze der Streuung von $-1,8^{\circ}\text{C}$, also in der gleichen Größenordnung wie die Kältesummen, die Wintertage und die Kälteziffer. Mit der nicht bewiesenen Behauptung entfällt auch das letzte Argument für die Entscheidung, daß die Mitteltemperatur das beste Maß für die Strenge (Kälte) eines Winters ist.

Handelt es sich nun aber wirklich nur um "strenge" Winter, so muß eine scharfe Auswahl getroffen werden. Dies tut Baur auch, indem er strenge Winter so definiert, daß die Abweichung der Mitteltemperatur mindestens $-2,8^{\circ}\text{C}$ betragen müßte. Soweit ist das richtig. Aber in solchen Wintern mit einer solch großen Abweichung muß schon sehr starke Kälte, meistens auch von langer Dauer geherrscht haben. Aber dann sind auch Kältesumme und Zahl der Wintertage groß, weil in solchen Wintern deutliche milde Perioden fehlen müssen. In diesem Fall geben also alle Maße im wesentlichen dasselbe. Wir erkennen das auch daran, daß alle in (17) aufgeführten strengen Winter auch in unseren Tabellen der Kälteziffern vorkommen, wenn man als Grenze für strenge Winter etwa 66 ansetzt. Lediglich der Winter 1890 erscheint dann nicht, weil er im südlichen Mitteleuropa stärker war als im nördlichen. Das Fehlen ist also auf die Stationsauswahl zurückzuführen. Andere Winter, die in Baur's Aufstellung fehlen, waren im Norden etwas kälter. Zusammenfassend kann man also sagen, daß in "strengen" Wintern die betrachteten Maße etwa gleichwertig sind, wobei aber Kältesumme und Wintertage für jeden Winter einen Wert für die Kälte angeben.

Diese Auffassung wird durch die Ergebnisse von Rentschler(16) direkt bestätigt. Rentschler betrachtet die Korrelation zwischen Kälte-

summe und Mitteltemperatur, und zwar an mehreren Stationen, und für Berlin auch in mehreren Zeitabschnitten. Er kann feststellen, daß der Regressionskoeffizient zwischen beiden Größen von der Kältesumme abhängig ist. Die besten Korrelationen mit einem Regressionskoeffizienten nahe 1 zeigen die binnenländischen (kalten) Stationen und die kalten Abschnitte in Berlin, während die schwächste Beziehung für Frankfurt(St) gilt. Scheidet man in Frankfurt die milden Winter aus, wie es Rentschler auch durchführt, so nähert sich die Beziehung den Berliner Werten. Damit ist also klar geworden, daß eine enge Beziehung zwischen Kältesumme und Mitteltemperatur im wesentlichen für die kalten Winter gilt. Rentschler führt als Grund für dieses Verhalten zwar an, daß insbesondere der März, der in der Mitteltemperatur nicht enthalten ist, dieses Ergebnis beeinflussen kann. Aber andererseits enthalten die Monate Dezember bis Februar schon 87% der gesamten Kältesumme. Es scheint doch eher so zu sein, daß an Stationen (wie z.B. Frankfurt) an denen die ozeanischen Warmluftvorstöße ungeschwächt eintreffen können, die Beziehung zwischen Kältesumme und Mitteltemperatur schwächer ist. Weiter im Binnenland sind diese Vorstöße schon abgeschwächt, sie lassen die Temperatur oft nicht mehr über Null ansteigen. Beide Größen sind daher m.E. doch nicht gleichwertig, wie Rentschler zusammenfassend meint, was sich bei ihm allerdings auf die Nichtlinearität des Zusammenhanges bezieht, der s.E. nicht so wichtig sei.

Für meine Schlußfolgerung sprechen auch noch folgende Korrelationen aus dem Stuttgarter Material. Es ist $r_{ET,WT} = 0,83$. Das heißt die Eistage sind mit den Wintertagen nicht besonders hoch korreliert. Das entspricht dem Ergebnis $r_{k,WT} = 0,86$ der Hamburger Reihe (siehe Kap.VII). Dagegen ist $r_{ET,KS} = 0,89$ wesentlich höher, ähnlich wie $r_{k,KS} = 0,99$ sowie $r_{k+k,KS} = 0,98$ aus der Hamburger Reihe. Die Korrelation zwischen den Eistagen, den sehr kalten Tagen bzw. den kalten und sehr kalten Tagen einerseits und der Kältesumme andererseits ist sehr hoch. Die Wintertage sind mit der Kältesumme in Stuttgart mit $r_{WT,KS} = 0,80$ (in Hamburg $r = 0,90$) korreliert. Die absoluten Beiträge sind in Hamburg und Stuttgart verschieden. Aber ihr Verhalten zueinander ist genau gleichartig, so daß die für Hamburg getroffenen Feststellungen und Deutungen auch für Stuttgart und damit für unser Klimagebiet überhaupt gelten.

Zusammenfassend wäre also zu sagen: Die Mitteltemperatur ist von den sog. Kältemaßen zu unterscheiden. Sie kann daher bei Betrachtung der Winterkälte, außer im Fall großer Strenge, nicht als Kältemaß benutzt werden, und ist daher in diesem Zusammenhang auszuschalten. Die verschiedenen sog. Kältemaße sagen, gemäß ihrer Definition, Unterschiedliches aus. Aber unter Berücksichtigung der durchgeführten Vergleiche kann man die diskutierten Elemente in 2 Gruppen ein-

teilen. In die erste Gruppe gehören die Kältesumme, die Summe der Tagesmittel an Eistagen, die Zahl der Eistage und die Zahl der sehr kalten Tage. Zur zweiten Gruppe gehören im wesentlichen die Wintertage und die kalten Tage. Die Maße in jeder Gruppe sind miteinander so stark korreliert, daß sie austauschbar und damit gleichwertig sind. Die erste Gruppe gibt eindeutig die Intensität der Winterkälte an, was sich auch aus der hohen Korrelation ($r = 0,99$) zwischen der Kältesumme und der Temperatursumme der Eistage (Rentschler), die noch nicht erwähnt wurde, klar ergibt. Die Zahlen der zweiten Gruppe entsprechen der Dauer der Winterkälte.

Man kann nun aus jeder Gruppe als Repräsentant eine Maßzahl auswählen. Da bietet sich aus der ersten Gruppe die leicht zu bestimmende Kältesumme an, die Hellmann auch nach diesem Gesichtspunkt mit auswählte. Die Zahl der Eistage ist zwar auch einigermaßen schnell bestimmbar, aber wegen ihrer geringen Streuung bekommt man zu wenig Details. Wenn man allerdings darauf verzichten will, sind die Eistage durchaus ein echtes Maß für die Intensität der Kälte. Aus der zweiten Gruppe sind die Zahlen der Wintertage unmittelbar und schnell zu bestimmen. Damit könnte man es belassen. Aber Rentschler kommt auch zu dem Schluß, daß ein Zusammenfassen zweier oder mehrerer verschiedener Kältemaße wohl das richtige sei, den Wintercharakter (sprich Kälte) zu beschreiben. Man kann nun diese mehr allgemeine Schlußfolgerung Rentschler's dahin präzisieren, daß nicht beliebige Maßzahlen kombiniert werden, sondern, daß man je eine Maßzahl aus jeder der beiden Gruppen nimmt und diese beiden Zahlen zusammenfaßt. Das ist schließlich in dieser Arbeit geschehen, indem Kältesumme (aus Gruppe 1) und Zahl der Wintertage (aus Gruppe 2) in der sog. "Winterzahl" kombiniert wurden. Dabei kommt noch der günstige Umstand hinzu, daß beide Größen aus den einfachen Tagesmitteln der Temperatur ausgewählt und abgeleitet werden. Die schließlich entwickelte "Kälteziffer" bedeutet die gleiche Kombination in einer praktischeren (100teiligen) Skala. Damit scheinen diese, hier vorgeschlagenen neuen Maßzahlen sich auch aus dieser Diskussion als vernünftig zu ergeben. Da diese neue Maßzahl die Kälte des Winters zum Ausdruck bringt, habe ich dafür "Kälteziffer" vorgeschlagen.

Diese zuletzt vorgeschlagene 100teilige Skala läßt sich nun leicht in die Easton'sche 100teilige Skala der Wintertemperaturkoeffizienten (11) umwandeln, da von 1766-1916 beide Ziffern vorhanden sind. Allerdings ist es dazu zweckmäßig, erst die Kälteziffern aus den verfügbaren Stationen zu bestimmen und zu mitteln, was wegen der beschriebenen Umrechnung ohne Fehler möglich ist. Eine solche Transformation wurde inzwischen durchgeführt und die Easton'sche Reihe bis zur Jetztzeit vervollständigt. Über einige Eigenschaften dieser Reihe, speziell ihre Abhängigkeit von der Art und Höhe der Sonnenflecken-Zyklen und über einen Symmetriepunkt etwa im Jahre 1200 konnte ich am 11.2.1965 im Geophysikalischen Kolloquium der Universität Hamburg berichten.

IX. Die extremen Winter

1. Längste und kürzeste Winter (Zahl der Wintertage)

In der Tab.39 am Schluß der Arbeit sind nun noch die extremen Winter zusammengestellt. Im ersten Teil sind sie eingeteilt nach der Zahl der Wintertage, d.h. es sind hier die am längsten und am kürzesten andauernden Winter zu finden. Der längste Winter ist an allen 3 Stationen der von 1844. Der nach den Kältesummen kälteste Winter 1829 ist auf den 2. Platz verdrängt. Der zweitkälteste, 1788, ist in Berlin auf den 11., in Hamburg auf den 8. Platz verschoben. Diese Winter waren also nicht entsprechend lang. Als relativ lang erweist sich der Winter von 1804, der jetzt auf den 3. bzw. 4. Platz liegt, während er bei den Kältesummen erst den 9. Platz einnimmt. Ähnlich ist es mit dem langen Winter 1962, der jetzt an 5. bzw. 3. Stelle liegt. Nach der Kälte allein rangierte er an 10. bzw. 11. Stelle. Der erste kalte Kriegswinter 1939 war zwar streng, aber nicht entsprechend lang. Er rutschte in unserer Tabelle merklich nach unten ab. Der kalte Winter 1928 ist in der Tabelle für Hamburg nicht mehr zu finden. Man erkennt insgesamt, daß zwischen Strenge und Dauer doch vielfach deutliche Unterschiede bestehen.

Der milde Winter 1821 erscheint nun auch bei den kürzesten Wintern an 1. Stelle. Der seinerzeit zweitmildeste Winter 1823 in Berlin verschiebt sich um einen Platz nach unten, während er sich in Hamburg von der 9. beziehungsweise 12. Stelle auf den 15. Platz verschlechtert. Ähnlich ist es mit dem milden Winter 1897, der jetzt erheblich weiter unten rangiert. Dagegen erscheint der Winter 1873 in Hamburg jetzt an 2. bzw. 3. Stelle, während er bei den Kältesummen erst an 10. Stelle kam. So lassen sich noch weitere Unterschiede ablesen.

2. Leichteste und stärkste Winter (Winterzahl und Kälteziffer)

Im zweiten Teil der Tab.39 sind nun die extremen Winter zusammengestellt, indem beide Eigenschaften, Intensität und Dauer, zusammengefaßt wurden. Es erscheinen hier sowohl die Winterzahl als auch die 100-teilige Kälteziffer ohne zusätzliche Korrektur. Hier liegt nun wieder der Winter 1829 an erster Stelle, weil er der kälteste und auch der zweitlängste war. Der längste Winter 1844 tritt nun an die 2. bzw. 3. Stelle. Die geringere Kälte dieses Winters wird eben durch die große Länge gut kompensiert. Der zweitkälteste Winter 1788 erreicht den 2. und 3. Rang, da seine Dauer entsprechend hoch lag. Der Winter 1928 erscheint bei der Winterzahl auch wieder in der Hamburger Tabelle, aber ziemlich weit unten. Er war jedenfalls in Berlin stärker als in Hamburg. Der Winter 1849 ist gerade noch bei den Kälteziffern und bei den Winterzahlen aufgeführt, wenn er auch in der Tabelle der Wintertage mit 74, 69 bzw. 63 Tagen nicht mehr aufgenommen werden konnte. Der Winter 1812 tritt jedes Mal am Schluß der Tabelle auf. Der Winter 1962, der relativ

lang war, erreicht nun die 9.Stelle. Gegenüber seiner Stelle bei den Kältesummen ist er 1 bis 2 Ränge nach oben versetzt.

Die letzten Kälteziffern bei den starken Wintern erreichen bei Berlin(Da) 65, bei Hamburg(A) 63 und bei Hamburg(J) 60. Würden wir bei den Stationen die oben erwähnte zusätzliche Korrektur anbringen, so ergäbe sich an allen Stationen der Wert 67.

Bei den leichten Wintern liegt in allen 3 Reihen der Winter 1821 an erster Stelle, da er sowohl der mildeste als auch der kürzeste Winter war. Der zweitmildeste Winter 1823 erreicht trotz seiner etwas größeren Länge in Berlin wieder den 2.Rang, wie bei den Kältesummen allein. In Hamburg rangiert er nach den neuen Beobachtungen an 10. bzw. 12.Stelle. Der drittmildeste Winter 1897 erscheint wegen seiner etwas größeren Länge in Hamburg an 4./6., in Berlin an 5.Stelle. Der Winter 1833 steht bei allen 3 Stationen jetzt an höherer Stelle als bei den Kältesummen. Er ist aber weiterhin in Hamburg leichter als in Berlin. Der Winter 1834 ist in den Hamburger Tabellen vertreten, in der Berliner nicht. Die höchsten Kälteziffern der leichten Winter sind 15, 12 und 8. Bringt man hier noch die Korrekturen an, so kommt man auf einen mittleren Wert von 16. Die verschiedenen Abstände zur äußeren Grenze, bei den leichten Wintern von 16 bis 0 und bei den stärksten Wintern von 67 bis 100 sind ein Ausdruck der noch vorhandenen Schiefe unserer Häufigkeitsverteilungen.

X. Fragen der Interpretierbarkeit der verschiedenen Größen der Winterkälte. Schluß.

Die Angaben über die Kälte des Winters haben alle einen bestimmten Inhalt: Die Kältesumme ist eine charakteristische Zahl für die Strenge oder die Kälte des Winters. Die Zahl der Wintertage ist ein Ausdruck für seine Dauer. Entsprechend ist es mit den nur nebenbei erwähnten sog. kalten und sehr kalten Tagen. Die kalten Tage verhalten sich dabei wie die Wintertage, die sehr kalten Tage wie die Kältesumme. Bei der Winterzahl wurde versucht, beide Angaben zu kombinieren, um durch eine Zahl eine Vorstellung von Intensität und Dauer zu erhalten. Die sog. Kälteziffer beinhaltet dasselbe in einer anderen Skala.

Diese verschiedenen Darstellungen der Kälte des Winters wurden angeregt durch kritische Bemerkungen über die Wertigkeit und den Inhalt der Kältesumme, wie eingangs ausgeführt. Dazu muß aber jetzt noch einiges über die Interpretierbarkeit der verschiedenen Größen gesagt werden. Bei der Kältesumme ist das, wie die Erfahrung im praktischen Wetterdienst zeigt, nicht sehr schwierig. Man kann den Benutzern einfach sagen, daß dabei alle negativen Tagesmittel der Temperatur während des Winters addiert werden. Je größer sie sind und auch je mehr

davon vorhanden sind, desto höher wird die Summe. Sie gibt also eine Vorstellung von der Intensität des Winters, da große Tagessummen am stärksten zu Buch schlagen. Allerdings ist der Wert nicht eindeutig, da z.B. viele kleine und wenige große Tageswerte insgesamt denselben Wert ergeben können. Das läßt sich aber verständlich vortragen.

Noch einfacher ist es bei der Zahl der Wintertage, also der Zahl der Tage mit negativen Temperaturmitteln. Je größer die Zahl, desto länger der Winter. Über die verschiedene Kälte an den einzelnen Tagen sagt diese Zahl aber nichts aus. Es gibt nur jeweils einen Wintertag, ganz gleich, ob das betr. Tagesmittel $-0,1^{\circ}$ oder -10°C war. Das aber kann man noch verständlich machen, zumal die Unterschiede über den ganzen Winter nicht immer so kraß sind, wie eben erwähnt, und sie sich ausgleichen. Insofern sind die Wintertage nicht ganz so mehrdeutig wie die Kältesummen.

Zur Beurteilung des Gesamtcharakters eines Winters kann man nun beide Zahlen angeben, Kältesumme und Zahl der Wintertage, und kann sagen, daß der Winter z.B. eine übernormale Kältesumme und eine stark übernormale Zahl von Wintertagen hatte. Man muß also auf jeden Fall mit den Normalwerten vergleichen, wobei ich vorschlagen möchte, die Zentralwerte als solche anzusetzen. Der Begriff Zentralwert kann ja auch einfach interpretiert werden, daß unter und über ihm jeweils eine Hälfte aller Winter liegen. Oder man benutzt für beide Größen, Kältesumme und Zahl der Wintertage, unsere graphischen Darstellungen und liest dort für beide Größen des Winters die Charakteristik ab.

Schwierig wird die Interpretation bzw. Erklärung der sog. Winterzahl. Man kann natürlich sagen, daß es sich um eine Zahl für die Stärke der Winterkälte handelt. Aber das ist ziemlich blaß, auch wenn man hier mit dem Zentral(Normal-)wert vergleicht. Wie aber kommt diese Zahl zustande? Kann man sich allgemein etwas darunter vorstellen, wenn man sagt, daß man die relative Häufigkeit der Wintertage mit der Kältesumme des Winters multipliziert? Oder man sagt, man multipliziert die Zahl der Wintertage mit der Kältesumme und teilt diese recht große Zahl deswegen durch eine bestimmte Zahl. Vielleicht ist diese letzte Aussage etwas verständlicher. Möglicherweise ist es am besten zu sagen, man bildet das Produkt aus einer Zahl für die Dauer und einer Zahl für die Stärke der Winterkälte. Ist der Winter lang und streng, wird diese Zahl damit besonders groß.

Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, wurde aus der Winterzahl die sog. Kälteziffer in der 100teiligen Skala entwickelt. Hier kann man sagen, daß ein praktisch frostfreier Winter die Ziffer 0 erhält und der kälteste und härteste Winter die Ziffer 100. Je größer also die Ziffer, desto kälter und beschwerlicher ist der Winter. In dieser Ziffer ist sowohl die Wirkung der Dauer als auch die Strenge des Winters enthalten. Man gibt dann auch wieder die Zentralwerte

als Normalwerte an, die in Deutschland ohne Korrektur zwischen 20 und 40, mit Korrektur bei 35 liegen. Die Korrektur braucht aber nicht extra erwähnt zu werden. Solch eine bezifferte Skala ist eigentlich gut vorstellbar, da man sie ja auch beim Thermometer selbst hat, und da in Industrie und Wirtschaft oft mit solchen Skalen gearbeitet wird, so daß auch Laien mit solcher Art der Darstellung schon vertraut sind. -

Jedenfalls liegen verschiedene Darstellungen der Winterkälte vor, so daß man sich diejenige aussuchen kann, die für den eigenen Gebrauch am geeignetesten erscheint. Es wäre nun an der Zeit, und ich möchte das noch einmal vorschlagen, daß versucht wird, weitere Reihen der Kältesummen, Wintertage usw. aufzustellen und zu homogenisieren. Man kann die Reihen dann auch gleich an die egalisierten Reihen anschließen. Die Methoden stehen nach diesen Ausführungen zur Verfügung. Wie schon bei der ersten Arbeit erwähnt, könnten die sog. Reduktionsverfahren für die langjährigen Mittel überprüft werden. Es wäre erfreulich, wenn sie sich als allgemein verwendbar erweisen würden, wie es sich bei der Frankfurter (15) und bei der Stuttgarter (16) Reihe schon gezeigt hat, zumal sie aus nicht gerade idealem Material erst mit einigen Kunstgriffen nach entsprechenden Überlegungen entwickelt werden konnten. Insgesamt aber dürften sie eine Erweiterung der bisher bekannten klimatologischen Bearbeitungsmethoden darstellen.

Zusammenfassung:

Da die sog. Kältesumme in der Hauptsache eine Maßzahl für die Intensität der Winterkälte ist, kann sie nicht die ideale Maßzahl zur Beurteilung des gesamten Wintercharakters sein. Diese Überlegungen führten dazu, die Zahl der Wintertage (Tage mit Temperaturmitteln unter 0°C) als Maßzahl für die Dauer des Winters zusätzlich zu bearbeiten. Es lag hierfür nur wenig Material vor. Die entsprechenden homogenen Reihen konnten nur dadurch hergestellt werden, weil durch die vorhergehende Arbeit (2) homogenisierte Reihen der Kältesummen vorlagen. Bei der Homogenisierung und der Ergänzung von Zahlen der Wintertage wurden Beziehungen zwischen der Zahl der Wintertage und der Kältesumme und der Zahl der Wintertage an Stationspaaren aufgestellt und benutzt. Die damit homogenisierten Reihen wurden noch an eine gleichbleibende Stationslage angeglichen (Egalisierung).

Für weitere Stationen des Bundesgebietes wurden nun langjährige Mittel reduziert, wobei im wesentlichen Beziehungen zwischen langjährigen Mittelwerten der Zahl der Wintertage verwendet wurden. Es wurde die Verteilung der Zahl der Wintertage auf die 5 beteiligten Monate berechnet und beschrieben.

Nach der Ermittlung der Reihen und der langjährigen Mittelwerte wurden statistische Untersuchungen zur Festlegung der Fehler bei der Homogenisierung und Ergänzung der Einzelwerte und für die langjährigen Mittelwerte angestellt.

Anschließend wurde der säkulare Gang der Zahl der Wintertage, der Differenz der Wintertage an Stationspaaren und deren Streuung mit Hilfe von Summenfunktionen ermittelt und durch Zirkulationsanomalien zu erklären versucht.

Die Häufigkeitsverteilungen der Zahl der Wintertage sind schief und stellen Mischverteilungen dar, die in Gauß'sche Normalverteilungen zerlegt werden konnten. Diese Häufigkeitsverteilungen wurden schließlich in Sextile aufgeteilt, um daraus eine 6teilige Charakteristik des Winters nach seiner Dauer aufzustellen. Nach entsprechenden Zwischenrechnungen konnte eine solche Einteilung auch für weitere Stationen, für die keine Verteilungen vorlagen, ermittelt werden.

In den letzten Kapiteln wurden weitere Größen zur Darstellung der Winterkälte abgeleitet, in der sowohl die Intensität als auch die Dauer zum Ausdruck kommen. Es wurden zunächst "kalte Tage" mit variabler Grenze ausgezählt und homogenisiert. Sodann wurde die Zahl der Wintertage und die Kältesumme zu einer sog. "Winterzahl" kombiniert. Aus den betreffenden Häufigkeitsverteilungen wurden wieder Sextile abgeteilt zur Festlegung von 6 Zensuren der Winterstärke. Für die weiteren Stationen konnten ebenfalls solche Sextil-Grenzen ermittelt werden.

Es wurden dann noch Versuche angestellt, eine 100teilige Skala der Winterstärke abzuleiten. Es wurde schließlich eine Skala entwickelt, bei der nur noch eine wenig schiefe Verteilung der Einzelwerte vorhanden war, und bei der, nach Anbringung einer Korrektur, die Zentralwerte an allen Stationen gleich waren. Somit können diese sog. "Kälteziffern" an allen Stationen unmittelbar verglichen werden. Die hier benutzten und sonst noch vorgeschlagenen Kältemaße wurden diskutiert mit dem Ergebnis, daß die "Kälteziffern" zur Beschreibung der Winterkälte am besten geeignet sind.

Eine Statistik der extremen Winter rundet die Studie ab. Zum Schluß wird noch zur Frage der Interpretierbarkeit der verschiedenen Maßzahlen der Winterkälte Stellung genommen und zur Aufstellung von Reihen solcher Werte an anderen Stationen angeregt, mit denen es möglich ist, die hier abgeleiteten Methoden zu verwenden oder zu überprüfen.

Literatur

1. Hellmann, G.: Über strenge Winter. S.-Ber. Preuß. Akad. Wiss., Berlin, 1917, S. 738
2. Müller-Annem, H.: Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum. Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen. DWD-Seewetteramt, Einzelveröffentlichung. Nr. 44 (1964)
3. Müller-Annem, H.: Über die Schwankungen der Zonal-Zirkulation, Meteor. Rdsch. 13 (1960) S. 169, S. 172; 14 (1961) S. 10, S. 38, S. 97, S. 144
4. Trenkle, H.: Näherungswerte der Zonalgeschwindigkeit im atlantisch-europäischen Sektor für den Zeitraum 1881-1955. Meteor. Rdsch. 9 (1956) S. 153
5. Fisher, R.A.: Statistical methods for research workers, Oliver & Boyd London.
6. Lamb, H.H. & Johnson, A.J.: Climatic variation and observed changes in the general circulation. Geografiska Ann. 41 (1959) S. 94
7. Essenwanger, O.: Tafeln zur Häufigkeitszerlegung mit Anwendungsbeispielen. Ber. Dt. Wetterdienst, Nr. 39 (1957)
8. Rietz-Baur: Handbuch der mathematischen Statistik, Teubner
9. Müller-Annem, H.: Zur Aufbereitung und Bearbeitung meteorologischer Reihen. Ann. Meteor. 3 (1950) S. 149
10. Müller-Annem, H.: Über die Anwendbarkeit der Kontingenzmethode bei Monatsvorhersagen. Ann. Meteor. 8 (1958) S. 193 (Besonders S. 194 ff)
11. Easton, C.: Die Winter im westlichen Europa. Meteor. Z. 45 (1928) S. 452
12. Richter, J.: Welche Wahrscheinlichkeit besteht für Winterwetter? Wetterlotse Nr. 142 (1959) S. 37 und Wetterkarte des Seewetteramtes, 13 (1961) Nr. 35
13. Richter, J.: Welche Wahrscheinlichkeit besteht für Sommertage? Wetterlotse Nr. 160/161 (1960) S. 129
14. Wachter, H.: Temperatursummen, ihr Verteilungsgesetz und der Winter 1962/63. Meteor. Rdsch. 16 (1963) S. 106
15. Brose, K.: Die Strenge der Winter im westlichen Deutschland. Meteor. Rdsch. 15 (1962) S. 54
16. Rentschler, W.: Vergleichende Untersuchungen verschiedener Maße für die Winterstrenge. Meteor. Rdsch. 15 (1962) S. 145
17. Baur, F.: Kann man aus der Strenge des Winters einen Schluß auf das zu erwartende Witterungsgepräge des Sommers ziehen? Berliner Wetterkarte 1963, Beilage 36/63 - SO 9/63
18. Wetterkarte des Seewetteramtes 4 (1956) Nr. 66

T a b e l l e n

7, Blatt 1 - 4
27, a - b
31
32, Blatt 1 - 3
39, a - b
37

Jahr	Homogenisiert			Egalisiert			Jahr	Homogenisiert			Egalisiert			Jahr	Homogenisiert			Egalisiert		
	Berlin Da Tp St	Hamburg A J S		Bln Da	Hmbg A J			Berlin Da Tp St	Hamburg A J S		Bln Da	Hmbg A J			Berlin Da Tp St	Hamburg A J S		Bln Da	Hmbg A J	
1766	39 35 33	40 32 37	34 35 28	1791	67 65 61	63 56 60	62 58 50	1816	44 41 39	41 44 37	40 37 30									
1767	51 48 45	51 42 47	45 46 37	1792	51 48 45	48 39 43	46 43 35	1817	43 41 38	39 32 36	40 35 28									
1768	23 21 18	23 16 20	19 18 13	1793	36 33 30	31 25 28	31 26 20	1818	41 39 36	36 29 33	38 32 25									
1769	67 64 61	61 54 58	62 55 48	1794	84 81 78	81 76 79	79 77 70	1819	77 75 72	75 69 72	74 71 65									
1770	76 73 70	70 64 67	71 64 58	1795	26 24 21	24 17 21	21 20 13	1820	67 65 62	65 58 62	63 61 54									
1771	53 51 47	45 37 41	48 40 32	1796	51 48 45	44 39 42	46 41 34	1821	13 10 8	10 4 7	10 8 4									
1772	45 42 39	40 33 37	39 35 28	1797	37 35 30	30 24 27	31 26 19	1822	61 59 56	66 58 63	57 62 56									
1773	45 42 39	41 34 38	39 36 29	1798	89 86 83	88 82 86	84 83 77	1823	23 21 15	22 16 19	18 19 13									
1774	60 58 55	59 51 56	56 53 46	1799	98 96 93	94 89 91	93 89 83	1824	32 28 26	26 19 23	28 23 16									
1775	59 57 54	61 54 58	54 56 49	1800	51 49 46	45 38 42	47 40 33	1825	40 36 34	43 35 40	36 40 33									
1776	79 77 74	73 67 71	75 68 62	1801	45 42 40	43 35 39	41 38 31	1826	58 56 53	56 48 53	55 52 45									
1777	57 54 51	52 45 49	52 47 40	1802	62 59 57	65 58 62	58 60 54	1827	49 47 44	44 37 41	47 41 34									
1778	25 22 20	23 16 20	21 18 12	1803	75 72 69	69 62 66	70 64 56	1828	76 74 71	71 65 68	73 67 61									
1779	59 57 54	53 46 50	55 48 41	1804	100 98 95	94 89 92	96 89 84	1829	98 97 94	98 94 96	96 95 91									
1780	54 52 49	49 42 46	49 44 37	1805	47 44 40	39 32 36	42 35 28	1830	56 54 51	55 48 52	54 52 44									
1781	63 60 57	59 52 56	58 55 46	1806	48 45 42	39 32 36	44 35 28	1831	48 45 42	51 43 47	44 48 41									
1782	49 46 43	43 38 40	44 38 34	1807	73 70 67	64 57 61	69 59 52	1832	54 51 48	42 35 39	50 38 31									
1783	90 88 85	85 80 83	86 80 74	1808	80 78 75	79 72 76	77 75 69	1833	34 30 27	24 17 21	29 19 12									
1784	90 88 85	81 75 78	86 76 69	1809	59 56 53	55 46 51	55 51 43	1834	30 28 24	25 19 23	26 22 16									
1785	45 43 40	46 38 42	40 41 33	1810	54 52 49	55 46 51	51 51 43	1835	59 55 52	37 30 34	56 32 26									
1786	56 52 50	52 44 49	51 47 39	1811	68 65 62	61 54 58	63 57 50	1836	55 52 49	51 43 47	52 48 39									
1787	57 55 51	50 43 47	51 45 38	1812	80 78 75	78 72 76	76 74 67	1837	72 70 67	62 55 59	70 59 51									
1788	87 84 81	88 82 86	82 84 78	1813	83 80 77	79 73 77	79 75 68	1838	70 67 64	57 50 54	67 54 46									
1789	23 21 16	19 13 17	16 15 9	1814	56 54 51	55 47 52	53 51 43	1839	54 51 48	48 41 45	50 45 37									
1790	26 23 18	21 14 13	19 17 10	1815	69 67 64	65 58 62	66 61 53	1840	82 80 77	65 58 62	80 62 55									

Tab.7 (Blatt 1): Homogenisierte und egalisierte Reihen der Zahl der Wintertage (1766-1963)

Jahr	Homogenisiert						Egalisiert			Jahr	Homogenisiert						Egalisiert										
	Berlin			Hamburg			Schles-	Bln	Hmbg		S'wig	Berlin			Hamburg			Schles-	Bln	Hmbg	S'wig						
	Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA	Da	A	J	KH	WA	Da	Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA	Da	A	J	KH	WA
1841	42	40	37	31	24	28			40	28	20			1866	47	44	41	47	40	44	44	46	44	45	38	42	44
1842	36	33	30	35	29	32			33	32	26			1867	42	39	37	38	31	35	38	40	40	36	29	37	38
1843	48	45	42	46	39	43			45	44	36			1868	34	32	28	32	27	30	30	32	32	30	25	28	30
1844	104	102	99	99	93	96			101	96	91			1869	58	55	52	58	51	55	57	59	56	56	49	55	56
1845	32	29	26	22	15	19			29	20	13			1870	67	65	62	65	59	62	68	70	65	63	57	66	68
1846	83	81	78	87	80	83			81	85	78			1871	41	39	36	29	23	27	28	30	39	27	21	26	28
1847	64	62	59	68	61	65			62	66	59			1872	28	26	23	30	24	27	27	29	26	28	22	25	27
1848	39	37	34	35	28	32			37	33	25			1873	23	21	17	14	8	12	15	17	21	12	6	13	14
1849	76	74	71	72	65	69			74	69	63			1874	67	65	62	81	73	77	74	75	66	79	71	72	74
1850	49	46	42	37	31	35			46	36	30			1875	52	50	47	48	41	45	46	48	51	46	39	45	47
1851	42	40	36	51	44	48			39	50	42			1876	39	36	33	36	29	33	37	39	37	35	27	36	38
1852	50	47	44	61	54	58			48	59	52			1877	24	21	17	26	19	23	22	24	22	24	18	20	22
1853	65	63	60	73	65	70			64	72	65			1878	60	57	54	74	67	71	69	71	58	73	65	68	70
1854	65	63	60	87	80	83			64	85	79			1879	67	65	62	64	58	61	62	63	66	63	56	61	62
1855	69	67	64	74	67	71			68	72	65			1880	52	49	47	55	48	52	57	59	50	53	46	56	58
1856	56	54	51	65	57	62			54	63	56			1881	29	27	22	21	14	18	19	20	27	19	12	17	18
1857	65	63	60	59	52	56			64	57	49			1882	56	54	50	63	56	60	58	59	54	61	54	56	57
1858	45	42	39	23	18	21			43	21	15			1883	25	22	18	17	10	14	17	19	23	14	8	15	16
1859	56	53	50	50	42	47			53	48	40			1884	47	44	41	47	40	44	43	45	45	45	38	41	43
1860	53	49	47	47	40	44			51	45	36			1885	82	80	77	73	66	70	68	70	81	71	64	67	69
1861	51	48	45	31	24	28			49	29	22			1886	54	52	49	52	45	49	50	52	53	50	43	48	50
1862	35	33	30	20	14	18			34	18	12			1887	70	67	64	72	64	68	69	71	68	70	62	68	70
1863	49	47	44	46	39	43	50	52	47	44	36	48	50	1888	65	62	59	63	56	60	61	62	63	61	54	59	60
1864	78	76	73	73	66	70	71	72	76	71	63	69	70	1889	49	47	43	52	46	50	47	49	48	50	44	45	47
1865	23	21	16	15	7	12	14	16	20	13	6	12	14	1890	69	67	64	70	64	68	70	71	68	68	62	68	70

Tab.7 (Blatt 2): Homogenisierte und egalisierte Reihen der Zahl der Wintertage (1766-1963)

Jahr	Homogenisiert						Egalisiert				Jahr	Homogenisiert						Egalisiert									
	Berlin			Hamburg			Schles-		Bln	Hmbg		S'wig	Berlin			Hamburg			Schles-		Bln	Hmbg	S'wig				
Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA	Da			A		J	Da	Tp	St	A	J	S	KH				WA	Da	A	J
1891	50	48	45	49	42	45	48	50	49	48	40	46	48	1916	66	63	60	61	54	58	58	60	65	60	53	57	59
1892	61	58	56	69	63	67	69	70	60	67	61	67	68	1917	45	42	39	45	39	42	43	45	44	44	38	42	44
1893	42	40	37	35	28	32	36	38	41	33	26	34	36	1918	38	36	32	25	19	23	38	40	37	24	18	37	38
1894	68	66	63	71	64	68	68	70	67	70	62	67	69	1919	48	45	42	31	25	29	32	34	47	30	24	31	33
1895	50	47	44	46	40	43	41	43	49	44	38	39	41	1920	40	37	34	29	23	26	28	30	39	28	22	27	29
1896	59	57	54	62	55	59	60	61	59	61	53	58	60	1921	69	67	64	67	60	64	70	72	69	66	59	69	71
1897	24	21	16	19	11	14	16	18	22	18	11	15	17	1922	26	24	21	20	14	18	17	19	26	19	13	16	18
1898	33	31	27	33	27	30	29	31	32	31	25	28	30	1923	79	77	74	59	52	56	67	68	79	58	51	66	67
1899	48	46	43	54	47	51	53	55	47	53	46	52	54	1924	26	24	20	23	17	20	24	26	25	22	16	23	25
1900	55	53	50	56	49	53	56	58	54	55	48	55	57	1925	41	38	35	39	32	36	41	43	40	38	31	40	42
1901	42	39	36	42	36	39	45	46	41	41	35	44	45	1926	30	27	24	22	15	19	22	24	29	21	14	20	22
1902	47	45	42	44	37	41	37	39	46	42	35	35	37	1927	60	57	54	46	39	43	47	49	54	45	38	46	48
1903	45	43	39	38	32	35	43	44	44	36	30	41	43	1928	82	80	78	69	63	66	66	68	82	68	62	65	67
1904	27	25	22	26	20	23	21	22	26	25	19	19	21	1929	28	26	23	15	8	12	17	19	27	14	7	16	18
1905	28	26	23	32	26	29	41	43	27	31	25	40	41	1930	54	51	48	46	39	43	47	49	53	46	38	46	48
1906	51	49	46	48	41	44	47	49	50	47	40	46	48	1931	60	58	54	40	33	37	37	39	59	39	32	36	38
1907	43	41	37	35	28	32	37	39	42	34	27	36	37	1932	48	46	42	40	33	37	38	40	47	39	32	37	39
1908	76	73	70	73	66	70	70	72	75	72	65	69	70	1933	36	33	30	32	26	30	24	27	35	31	25	23	25
1909	26	24	19	18	12	16	23	25	25	17	11	22	24	1934	35	33	29	33	25	28	23	25	34	32	24	22	24
1910	33	30	26	26	19	23	19	20	32	24	18	17	18	1935	25	23	19	28	23	26	29	30	24	28	23	28	30
1911	32	29	27	34	27	31	34	36	31	33	26	33	35	1936	62	59	56	45	39	42	36	38	61	41	38	35	37
1912	27	25	22	22	16	19	22	24	26	20	14	20	22	1937	41	39	36	31	26	30	25	27	41	30	25	24	26
1913	27	25	23	24	18	21	23	25	27	22	16	21	23	1938	32	29	26	27	21	25	28	30	31	27	21	27	29
1914	39	37	33	35	29	33	36	38	38	34	28	35	36	1939	86	84	82	84	78	80	84	85	85	83	77	83	85
1915	29	27	23	28	22	26	37	39	28	27	21	36	37	1940	62	60	57	63	57	61	73	75	62	63	57	73	74

Tab.7 (Blatt 3): Homogenisierte und egalisierte Reihen der Zahl der Wintertage (1766-1963)

Jahr	Homogenisiert						Egalisiert			Jahr	Homogenisiert						Egalisiert						
	Berlin		Hamburg		Schles- wig		Bln	Hmbg	S'wig		Berlin		Hamburg		Schles- wig		Bln	Hmbg	S'wig				
	Da	Tp	St	A	J	S	Da	A	J	Da	Tp	St	A	J	S	KH	WA	Da	A	J	KH	WA	
1941	81	79	77	75	69	72	81	82		81	75	69	81	82									
1942	25	23	19	25	18	21	22	24		24	25	18	22	24									
1943	31	28	25	31	24	27	22	24		30	31	24	21	23									
1944	40	37	34	35	28	33	34	36		39	35	28	34	35									
1945	44	41	38	46	39	43	43	45		43	46	39	43	45									
1946	86	84	82	84	79	82	82	83		86	84	79	81	83									
1947	34	31	29	24	20	22	33	34		34	24	20	32	34									
1948	34	28	29	31	22	29	25	26		34	31	22	24	26									
1949	33	31	27	23	20	20	24	26		33	23	20	23	25									
1950	45	41	39	40	30	39	31	33		44	40	30	30	32									
1951	28	27	22	29	20	27	27	29		27	29	20	27	28									
1952	53	47	47	43	30	40	39	41		53	43	30	39	41									
1953	56	56	51	49	41	46	49	51		56	49	41	49	51									
1954	62	60	56	61	55	58	61	62		62	61	55	61	62									
1955	55	52	50	56	45	53	57	60		55	56	45	57	60									
1956	32	30	27	18	17	17	18	20		32	18	17	18	20									
1957	56	53	50	58	42	55	60	62		56	58	42	60	62									
1958	36	34	30	31	23	28	30	30		36	31	23	30	30									
1959	42	39	36	40	36	35	39	42		42	40	36	39	42									
1960	22	20	16	18	15	14	20	22		22	18	15	20	22									
1961	51	46	43	50	42	48	46	45		51	50	42	46	45									
1962	92	92	87	88	85	86	88	95		92	88	85	88	95									
1963	66	66	63	62	57	60	60	61		66	62	57	60	61									
										Summe:	10310	9204	8232	9374		9847	7751	9254					
											9819	9573	8997	9741		9095	8892						
										Mittel:	52,1	46,5	41,6	47,3		49,7	39,2	46,7					
											49,6	48,4	45,4	49,2		45,9	44,9						

Tab.7 (Blatt 4): Homogenisierte und egalisierte Reihen der Zahl der Wintertage (1766-1963)

Klasse	Mittel	Häufig- keit	Teilkollektive			Summe	Diffe- renz	Maximum
1	8	1	.	.	.	0	+ 1	
2	13	0		1		1	- 1	
3	18	5		4		4	+ 1	
4	23	11		11	1	12	- 1	
5	28	16		16	3	19	- 3	28 (oz)
6	33	16		11	7	18	- 2	
7	38	18		4	13	17	+ 1	
8	43	20		1	19	20	0	
9	48	21			21	21	0	48 (oz,kt) = ZW
10	53	22			1 19	20	+ 2	
11	58	13			3 13	16	- 3	
12	63	14			6 7	13	+ 1	
13	68	13			7 3	10	+ 3	68 (oz)
14	73	6		2 6 1		9	- 3	
15	78	7		5 3		8	- 1	80,5 (oz,kt)
16	83	7		5 1		6	+ 1	
17	88	3	1	2		3	0	
18	93	2	2			2	0	95,5 (kt)
19	98	2	2			2	0	
20	103	1	1			1	0	
Summe		198	3% 24%	7% 13% 53%		202	- 4	
Streuung			0,6 1,5	0,8 2,1 4,0			1,6	= 2,6

Tab.27a: Zerlegung der Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage von Berlin(Da) 1766-1963 - egalisierte Reihe - in Gauß-Verteilungen

Kl.	Mit- tel	Häufig- keit	Teilkollektive				Summe	Diffe- renz	Maximum		
			.	.	1	.				.	.
1	8	1	.	.	1	.	.	1	0	19,5 (kt)	
2	13	6			4		1	5	+ 1		
3	18	14			9		2	11	+ 3		
4	23	13			8		7	15	- 2		
5	28	14			3		14	17	- 3		
6	33	22			1		18	1	20	+ 2	33 (oz)
7	38	16					14	6	20	- 4	45,5 (oz,kt) = ZW
8	43	19					7	12	19	0	
9	48	17				1	2	12	15	+ 2	
10	53	12		2		3	1	6	12	0	
11	58	13		5		6		1	12	+ 1	60,5 (kt,oz)
12	63	15		9		6			15	0	
13	68	10		10		3			13	- 3	68 (kt)
14	73	11		1	9		1		11	0	83 (kt,oz)
15	78	4		2	5				7	- 3	
16	83	6		5	2				7	- 1	
17	88	3		2					2	+ 1	
18	93	1		1					1	0	
19	98	1							0	+ 1	
Summe		198	5%	21%	13%	10%	32%	19%	203	- 5	
Streuung			2,0	2,5	1,2	1,2	2,2	0,8		1.8	= 2,6

Tab.27b: Zerlegung der Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage von Hamburg(A) 1766-1963 - egalisierte Reihe - in Gauß-Verteilungen

Jahr	Winterzahl			Kälte- corr. ziffer(ZW=35)				Jahr	Winterzahl			Kälte- corr. ziffer(ZW=35)			
	Bl Da	Hamburg A	J	Bl Da	Hamburg A	J	J		Bl Da	Hamburg A	J	Bl Da	Hamburg A	J	J
1766	44	37	22	31	30	25	34	1801	43	32	19	30	28	23	32
1767	66	54	33	38	36	31	40	1802	160	140	104	59	58	55	62
1768	9	6	3	14	12	9	15	1803	124	93	63	51	47	43	51
1769	77	55	36	41	37	32	41	1804	333	268	215	84	81	79	82
1770	130	97	68	53	49	44	53	1805	23	15	8	22	19	15	24
1771	29	19	10	25	21	17	26	1806	19	11	6	20	16	13	22
1772	29	20	11	25	22	18	27	1807	87	59	39	43	38	33	42
1773	35	25	14	27	25	20	29	1808	233	194	148	71	69	65	71
1774	98	76	51	46	43	38	47	1809	76	56	36	40	37	32	41
1775	130	113	80	53	52	48	57	1810	87	71	49	43	42	38	46
1776	138	103	73	54	50	46	55	1811	76	55	35	40	37	32	40
1777	59	42	26	36	32	27	36	1812	210	174	129	67	65	61	68
1778	9	5	2	14	11	8	14	1813	217	175	131	68	65	61	68
1779	59	41	26	36	32	27	36	1814	85	66	43	43	40	35	44
1780	48	34	21	32	29	25	33	1815	111	84	56	49	45	40	49
1781	91	71	45	44	42	36	45	1816	39	27	16	29	26	21	30
1782	32	21	13	26	23	19	28	1817	34	24	13	27	24	19	28
1783	233	184	139	71	67	63	69	1818	24	15	8	23	19	15	24
1784	158	115	81	58	53	48	58	1819	197	160	120	65	62	59	66
1785	57	48	29	35	34	29	37	1820	129	103	72	53	50	46	55
1786	65	48	29	37	34	29	37	1821	1	1	1	5	4	2	3
1787	46	32	19	32	28	23	32	1822	182	171	129	62	64	61	68
1788	352	322	262	87	88	87	89	1823	3	4	1	8	10	6	12
1789	3	2	1	8	8	4	6	1824	14	9	4	17	15	11	17
1790	3	2	1	8	8	3	6	1825	49	43	27	32	32	28	36
1791	100	76	50	46	43	38	47	1826	115	95	66	50	48	44	52
1792	51	38	23	33	30	26	34	1827	88	63	41	43	39	34	43
1793	14	9	4	17	15	11	19	1828	184	151	112	63	60	56	64
1794	239	200	151	72	70	66	72	1829	448	366	308	98	95	95	95
1795	9	6	3	14	12	9	14	1830	90	72	48	44	42	37	46
1796	43	30	18	30	27	23	32	1831	48	43	27	32	32	28	36
1797	10	6	3	15	12	9	15	1832	62	30	17	36	27	22	31
1798	317	275	218	82	82	79	83	1833	9	3	1	14	8	5	7
1799	338	283	225	85	83	80	84	1834	11	6	2	15	12	8	14
1800	39	26	15	29	25	21	30	1835	75	17	9	40	20	16	25

Tab.32: Winterzahl und Kälteziffer der Stationen Berlin(Da),
(Bl.1) Hamburg(A) und Hamburg(J) für die Jahre 1766-1963
- egalisierte Reihen.

Jahr	Winterzahl			Kälte- ziffer(ZW=35)				corr. J	Jahr	Winterzahl			Kälte- ziffer(ZW=35)				corr. J
	Bl. Da	Hamburg A	Hamburg J	Bl. Da	Hamburg A	Hamburg J	J			Bl. Da	Hamburg A	Hamburg J	Bl. Da	Hamburg A	Hamburg J	J	
1836	72	42	25	39	32	27	35		1871	31	13	7	26	18	14	23	
1837	248	130	91	73	56	51	60		1872	12	10	5	16	16	12	20	
1838	85	55	35	43	37	32	40		1873	6	2	1	11	7	4	6	
1839	73	45	27	40	33	28	36		1874	103	112	78	47	52	47	57	
1840	258	128	91	74	56	51	60		1875	81	44	27	42	33	28	36	
1841	43	19	9	30	21	16	25		1876	40	29	16	29	27	21	30	
1842	20	12	6	21	17	13	22		1877	5	5	2	10	11	7	11	
1843	42	43	26	30	32	27	36		1878	69	104	72	38	50	46	55	
1844	359	317	256	88	88	86	88		1879	122	95	63	51	48	43	51	
1845	17	8	3	19	14	10	16		1880	77	87	60	41	46	42	50	
1846	195	209	158	65	71	67	73		1881	7	4	1	12	9	6	10	
1847	170	168	124	60	64	60	67		1882	54	60	40	34	38	34	43	
1848	53	48	28	34	34	28	37		1883	7	3	1	12	8	5	7	
1849	206	166	124	66	63	60	67		1884	48	32	20	32	28	24	33	
1850	27	12	6	24	17	13	22		1885	165	101	72	59	49	46	55	
1851	19	29	17	20	27	22	31		1886	69	48	31	38	34	30	38	
1852	55	97	61	34	49	44	53		1887	129	113	80	53	52	48	57	
1853	88	113	80	43	52	48	57		1888	110	81	56	49	41	40	49	
1854	158	250	196	58	78	75	79		1889	41	34	22	30	29	25	34	
1855	132	138	99	53	58	53	62		1890	164	139	103	59	58	54	62	
1856	67	101	71	38	49	45	54		1891	60	50	32	36	35	30	39	
1857	115	76	50	50	43	38	47		1892	151	136	101	57	57	54	62	
1858	27	6	2	24	12	8	14		1893	38	25	14	29	25	20	29	
1859	60	43	26	36	32	27	36		1894	121	120	85	51	54	49	59	
1860	106	74	47	48	42	37	46		1895	48	26	16	32	25	21	30	
1861	60	23	12	36	24	19	28		1896	89	78	53	44	43	39	48	
1862	20	4	2	21	10	7	11		1897	4	2	1	9	7	4	6	
1863	81	69	42	42	41	35	43		1898	14	12	6	17	17	13	22	
1864	182	124	87	62	55	50	59		1899	72	65	43	39	40	35	44	
1865	4	2	1	9	7	3	5		1900	94	79	55	45	44	40	49	
1866	36	34	21	28	29	25	33		1901	21	25	15	21	25	21	30	
1867	41	28	16	30	26	21	30		1902	73	41	26	40	32	27	36	
1868	20	13	7	21	18	14	23		1903	33	16	9	27	20	16	25	
1869	96	71	48	45	42	37	46		1904	16	12	6	19	17	13	22	
1870	195	153	113	65	61	57	64		1905	12	15	8	16	19	15	24	

Tab.32: Winterzahl und Kälteziffer der Stationen Berlin(Da),
(Bl.2) Hamburg(A) und Hamburg(J) für die Jahre 1766-1963
- egalisierte Reihen.

Jahr	Winterzahl			Kälte- corr. ziffer(ZW=35)				Jahr	Winterzahl			Kälte- corr. ziffer(ZW=35)			
	Bl. Da	Hamburg A	J	Bl. Da	Hamburg A	J	J		Bl. Da	Hamburg A	J	Bl. Da	Hamburg A	J	J
1906	79	58	38	41	38	33	42	1941	252	243	190	73	77	74	78
1907	32	23	13	26	24	19	28	1942	12	13	6	16	18	13	22
1908	129	98	69	53	49	45	53	1943	10	9	4	15	15	10	18
1909	6	6	2	11	12	8	13	1944	43	27	16	30	26	21	30
1910	11	4	2	15	9	7	11	1945	34	33	20	27	28	24	33
1911	39	39	23	29	31	26	34	1946	320	278	234	83	82	82	85
1912	12	7	3	16	13	9	15	1947	20	10	6	21	16	13	22
1913	19	10	5	20	16	12	20	1948	17	12	5	19	17	12	20
1914	24	15	8	23	19	15	24	1949	28	11	7	24	16	14	23
1915	15	14	8	18	18	15	24	1950	34	21	10	27	23	17	26
1916	119	83	57	51	45	40	49	1951	10	9	3	15	15	9	15
1917	40	31	20	29	27	24	33	1952	45	30	14	31	27	20	29
1918	26	13	7	24	18	14	23	1953	113	71	47	49	42	37	46
1919	37	17	10	28	20	17	26	1954	81	75	47	42	43	37	46
1920	27	11	6	24	16	13	22	1955	118	108	73	50	51	46	55
1921	155	113	80	58	52	48	57	1956	18	6	5	20	12	12	20
1922	13	7	3	17	13	10	16	1957	46	52	26	32	36	27	36
1923	167	90	62	60	47	42	51	1958	22	17	9	22	20	16	25
1924	10	7	3	15	13	9	16	1959	47	30	22	32	27	25	34
1925	44	39	24	31	31	26	35	1960	12	7	5	16	13	12	20
1926	11	4	2	15	10	7	11	1961	62	50	30	36	35	29	38
1927	66	43	27	38	32	28	36	1962	302	254	196	80	78	75	79
1928	268	175	132	76	65	62	68	1963	121	74	52	51	42	39	48
1929	8	3	1	13	8	5	7	Summe	13086			7413			7594
1930	47	31	18	32	27	23	32		16415		9248		6880		
1931	54	22	12	34	23	19	28						6068		
1932	58	35	22	35	29	25	34	Mittel	66,1			37,4			38,4
1933	35	23	14	27	24	20	29		82,9		46,7		34,8		
1934	26	18	8	24	21	15	24							30,6	
1935	9	9	5	14	15	12	21	Streu- ung	73,27						
1936	64	35	24	37	29	26	35		83,96		58,70				
1937	24	9	5	23	15	12	21	Zentr. wert	54	39	24	34	31		35
1938	26	22	13	24	23	19	28							26,5	
1939	352	314	248	87	87	84	87	ZW:M	59,0			90,9			91,3%
1940	135	133	99	54	57	53	62		65,1		51,4		89,2		
													86,5		

Tab.32: Winterzahl und Kälteziffer der Stationen Berlin(Da),
(Bl.3) Hamburg(A) und Hamburg(J) für die Jahre 1766-1963
- egalisierte Reihen.

Längste Winter					Kürzeste Winter						
Jahr	Ber- lin Da	Jahr	Ham- burg A	Jahr	Ham- burg J	Jahr	Ber- lin Da	Jahr	Ham- burg A	Jahr	Ham- burg J
1844	101	1844	96	1844	91	1821	10	1821	8	1821	4
1829	96	1829	95	1829	91	1789	16	1873	12	1865	6
1804	96	1799	89	1962	85	1823	18	1865	13	1873	6
1799	93	1804	89	1804	84	1768	19	1883	14	1929	7
1962	92	1962	88	1799	83	1790	19	1929	14	1883	8
1783	86	1846	85	1854	79	1865	20	1789	15	1789	9
1784	86	1854	85	1946	79	1795	21	1790	17	1790	10
1946	86	1788	84	1788	78	1873	21	1909	17	1897	11
1939	85	1946	84	1846	78	1877	22	1768	18	1909	11
1798	84	1798	83	1798	77	1897	22	1778	18	1778	12
1788	82	1939	83	1939	77	1960	22	1862	18	1833	12
1928	82	1783	80	1783	74	1883	23	1897	18	1862	12
1846	81	1874	79	1874	71	1935	24	1956	18	1881	12
1885	81	1794	77	1794	70	1778	24	1960	18	1768	13
1941	81	1784	76	1784	69	1778	21	1823	19	1823	13
1840	80	1808	75	1808	69	1909	25	1833	19	1795	13
1794	79	1813	75	1941	69	1924	25	1881	19	1845	13
1813	79	1941	75	1813	68			1922	19	1922	13
1923	79	1812	74	1812	67			1795	20	1912	14
1808	77	1878	73					1845	20	1926	14
								1912	20		

Tab.39a: Liste der extremen Winter, egalisierte Reihen, 1766-1963
I: Längste und kürzeste Winter (Zahl der Wintertage)

Stärkste Winter			Leichteste Winter		
Jahr Berlin Da	Jahr Hamburg A	Jahr Hamburg J	Jahr Bln Da	Jahr Hmbg A	Jahr Hmbg J
1829 448 98	1829 366 95	1829 308 95	1821 1 5	1821 1 2	1821 1 1
1844 359 88	1788 322 88	1788 262 87	1823 3 8	1865 2 7	1865 1 1
1788 352 87	1844 317 88	1844 256 86	1790 3 8	1897 2 7	1790 1 1
1939 352 87	1939 314 87	1939 248 84	1789 3 8	1873 2 7	1897 1 1
1799 338 85	1799 283 83	1946 234 82	1897 4 9	1790 2 8	1789 1 2
1804 333 84	1946 278 82	1799 225 80	1865 4 9	1789 3 9	1873 1 2
1946 320 83	1798 275 82	1798 218 79	1877 5 10	1883 3 9	1833 1 2
1798 317 82	1804 268 81	1804 215 79	1873 6 11	1833 3 9	1833 1 3
1962 302 80	1962 254 78	1854 196 75	1909 6 11	1929 3 9	1929 1 3
1928 268 76	1854 250 78	1962 196 75	1881 7 12	1823 4 10	1881 1 6
1840 258 74	1941 243 77	1941 190 74	1883 7 12	1881 4 10	1823 1 6
1941 252 73	1846 209 71	1846 158 67	1929 8 13	1910 4 10	1862 2 7
1837 248 73	1794 200 70	1794 151 66	1778 9 14	1862 4 10	1910 2 7
1794 239 72	1808 194 69	1808 148 65	1768 9 14	1926 4 10	1926 2 7
1783 233 71	1783 184 67	1783 139 63	1795 9 14	1877 5 11	1877 2 7
1808 233 71	1813 175 65	1928 132 62	1935 9 14	1778 5 11	1909 2 8
1813 217 68	1928 175 65	1813 131 61	1833 9 14	1909 6 12	1778 2 8
1812 210 67	1812 174 65	1812 129 61	1951 10 15	1834 6 12	1858 2 8
1849 206 66	1822 171 64	1822 129 61	1924 10 15	1858 6 12	1834 2 8
1819 197 65	1847 168 64	1847 124 60	1797 10 15	1956 6 12	
	1849 166 63	1849 124 60	1943 10 15	1797 6 12	
				1795 6 12	
				1768 6 12	

Tab.39b: Liste der extremen Winter, egalisierte Reihen, 1766-1963
 II: Stärkste und leichteste Winter (Winterzahl u.Kälteziffer)

Winterzahl	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Bocholt	2,9	4,3	5,5	6,4	7,2	8,0	8,8	9,4	10,1	10,8	11,9	13,1	14,2	15,3	16,4	18,7	20,8	22,5	24,0	25,4	26,2
Freiburg	2,3	3,7	4,7	5,5	6,1	6,9	7,5	8,0	8,6	9,2	10,1	11,0	11,9	12,6	13,5	15,0	16,3	17,8	19,0	20,0	21,0
Hamburg(J)	2,3	3,5	4,5	5,3	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4	9,4	10,3	11,2	12,0	12,9	14,3	15,8	17,2	18,3	19,6	20,5
Schleswig(KH)	2,1	3,1	4,0	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,4	9,1	9,8	10,4	11,0	12,2	13,5	14,7	15,6	16,3	17,3
Frankfurt(Fl)	2,1	3,0	3,9	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,3	9,0	9,6	10,2	10,8	12,0	13,3	14,5	15,4	16,1	17,1
Schleswig(WA)	2,0	2,9	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,9	8,5	9,1	9,7	10,3	11,5	12,6	13,7	14,4	15,0	15,9
Hamburg(A)	2,0	2,9	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5	6,9	7,6	8,2	8,8	9,4	10,0	11,2	12,2	13,3	13,9	14,5	15,4
Hannover(Fl)	1,9	2,8	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	5,9	6,3	6,7	7,4	8,0	8,5	9,1	9,7	10,9	11,9	13,0	13,5	14,1	14,9
Berlin(Tp)	1,7	2,6	3,3	3,7	4,2	4,6	5,0	5,3	5,6	5,9	6,5	7,1	7,6	8,1	8,6	9,7	10,6	11,6	12,0	12,5	13,2
Berlin(Da)	1,6	2,4	3,0	3,4	3,8	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,8	6,4	6,8	7,3	7,7	8,8	9,6	10,5	10,8	11,2	11,8

Tab.37: Umrechnungstabelle der Winterzahlen in korrigierte Kälteziffern (Zentralwert: 35)

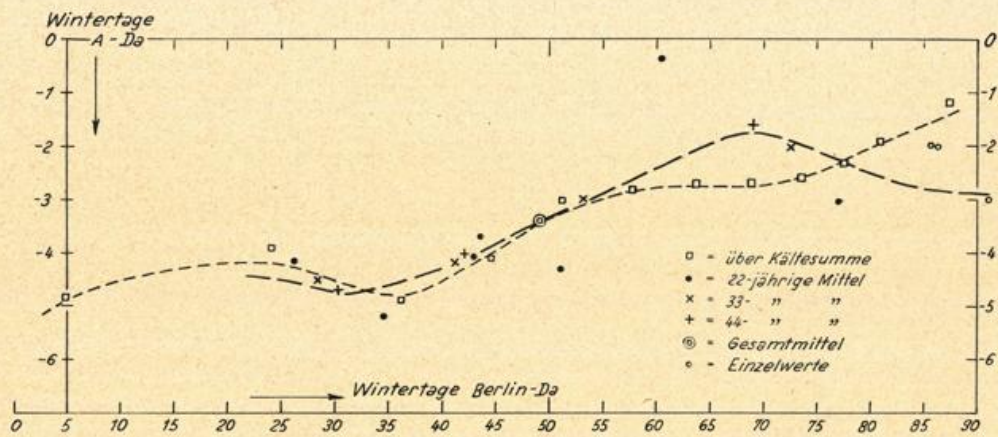
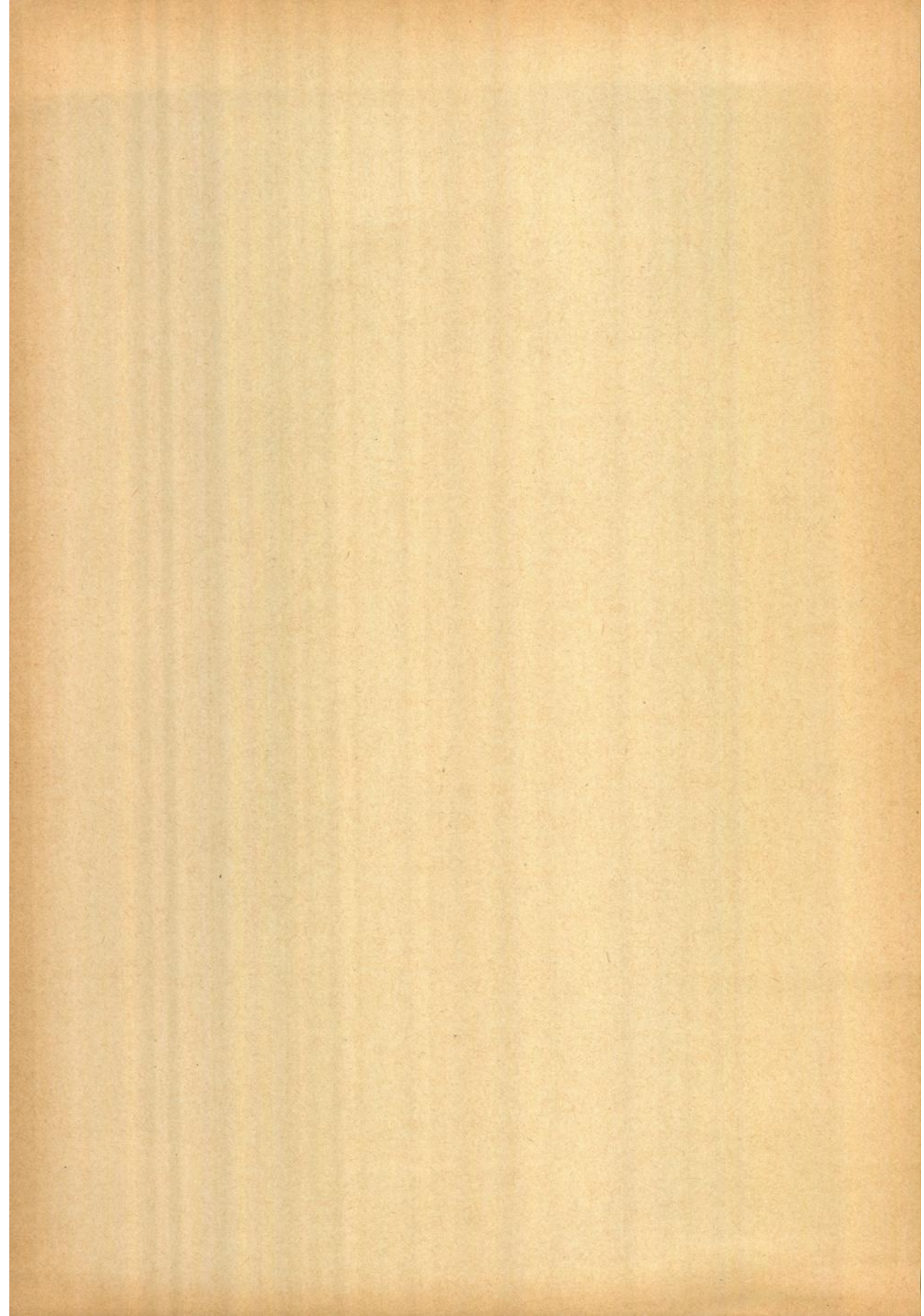


Abb.1: Beziehungen zwischen der Zahl der Wintertage an den Stationen Berlin (Da) und Hamburg (A)



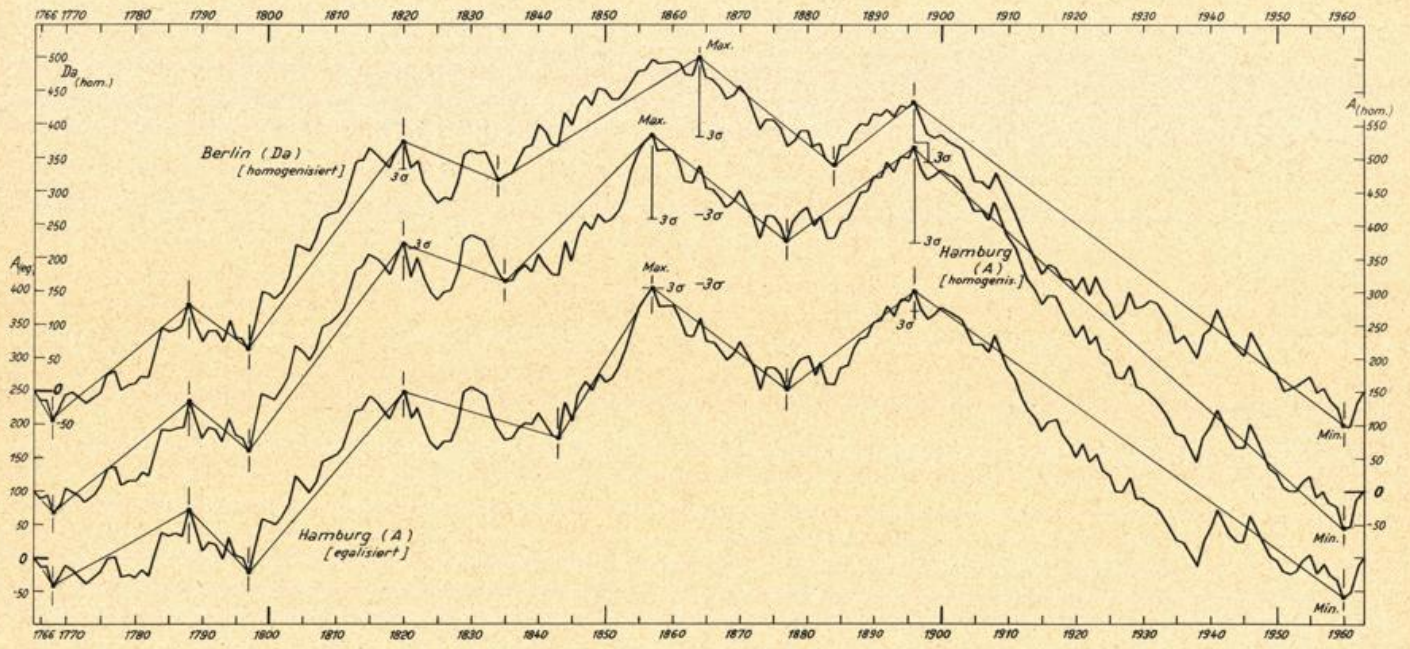


Abb. 2: Summenfunktionen (fortlaufende Summe der Abweichungen) der Zahl der Wintertage für Berlin (Da) und Hamburg (A) 1766 - 1963

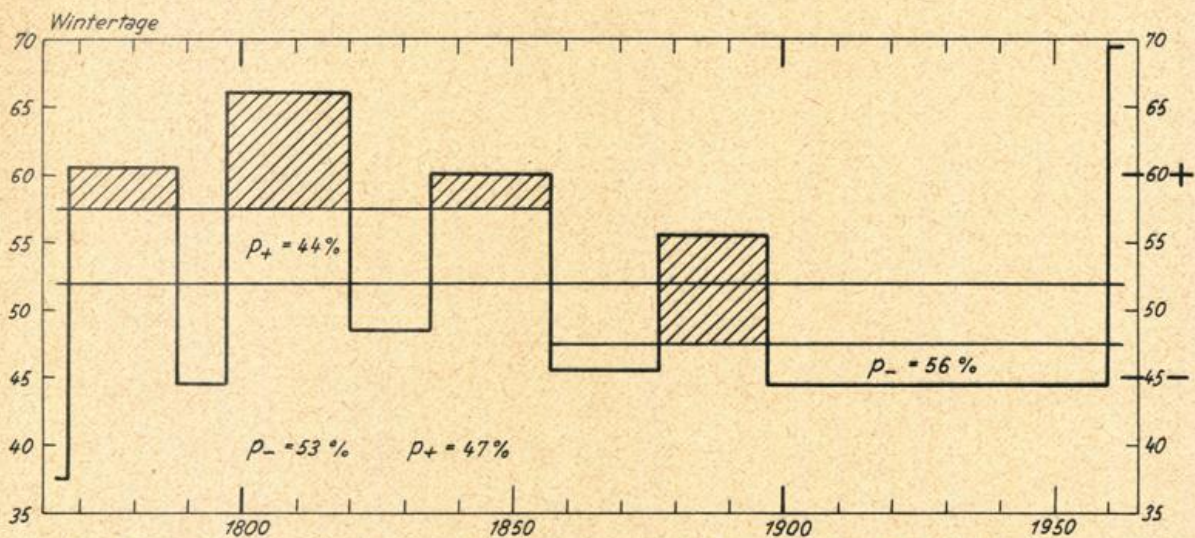


Abb. 3a: Abschnitte mit großer und kleiner Zahl der Wintertage in Berlin (Da) [homogenisierte Reihe]

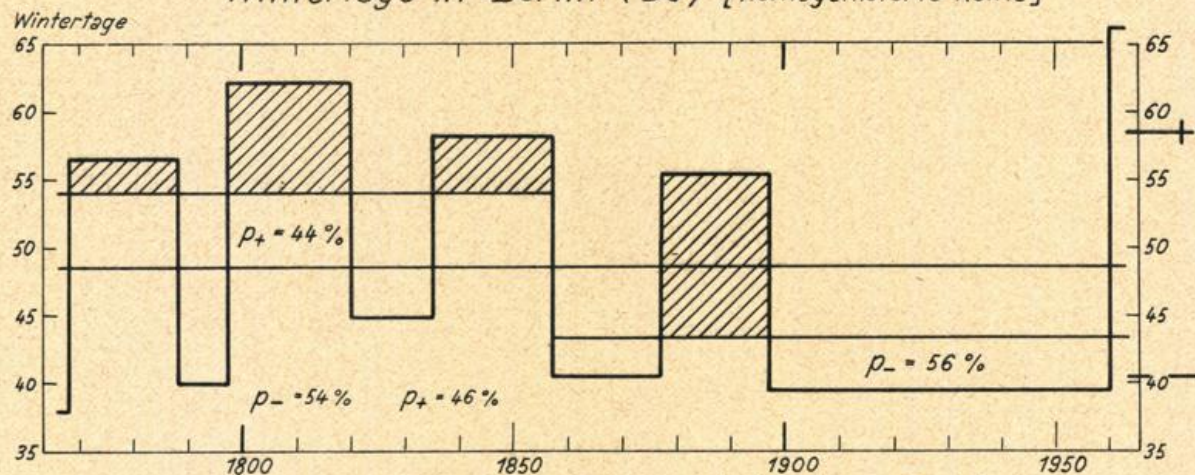


Abb. 3b: Abschnitte mit großer und kleiner Zahl der Wintertage in Hamburg (A) [homogenisierte Reihe]

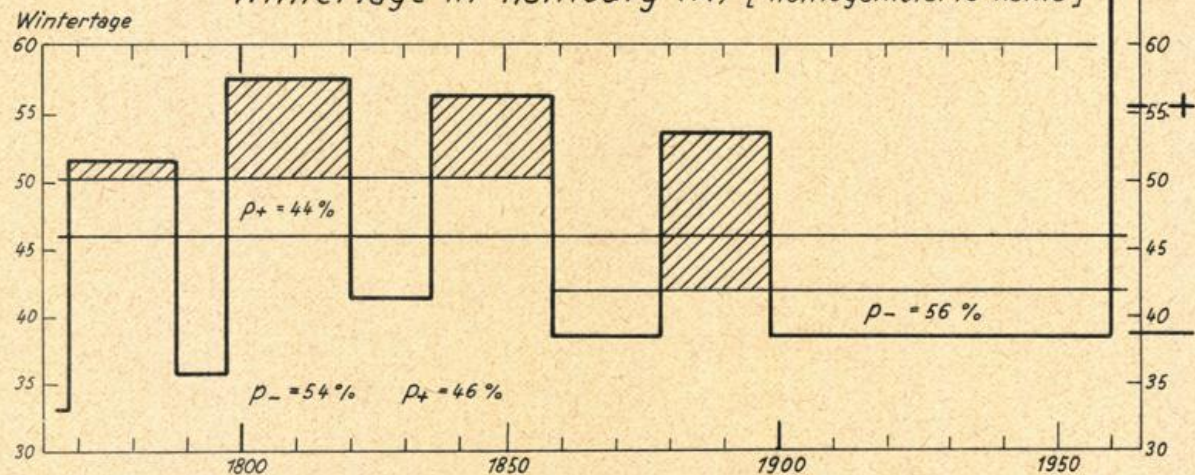


Abb. 3c: Abschnitte mit großer und kleiner Zahl der Wintertage in Hamburg (A) [egalisierte Reihe]

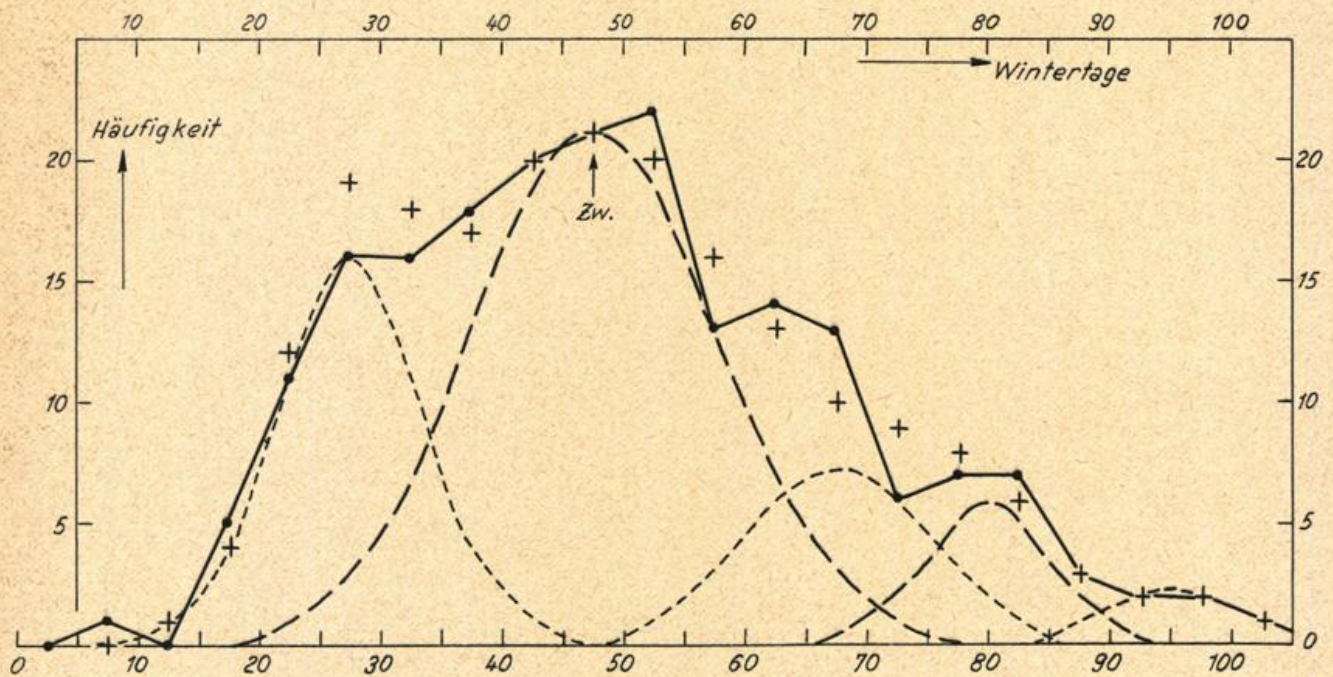


Abb. 4a: Zerlegung der Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage in Berlin (Da) in Gaußverteilungen

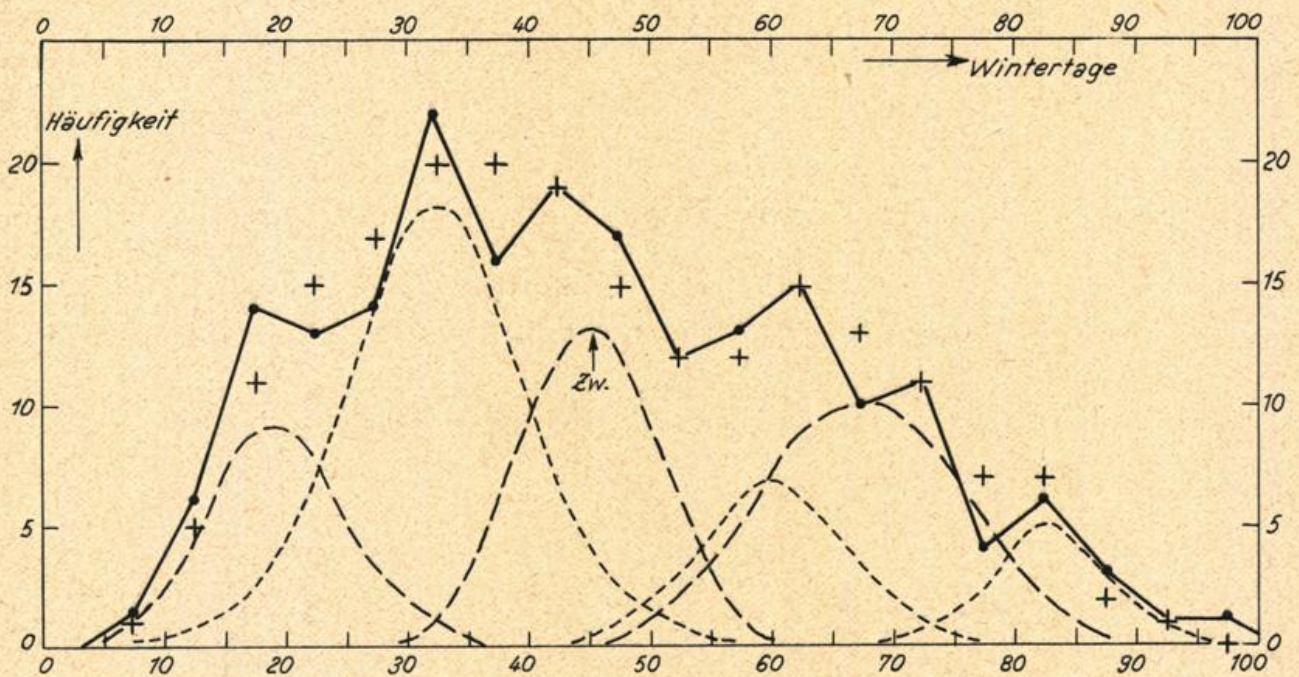


Abb. 4b: Zerlegung der Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage in Hamburg (A) in Gaußverteilungen

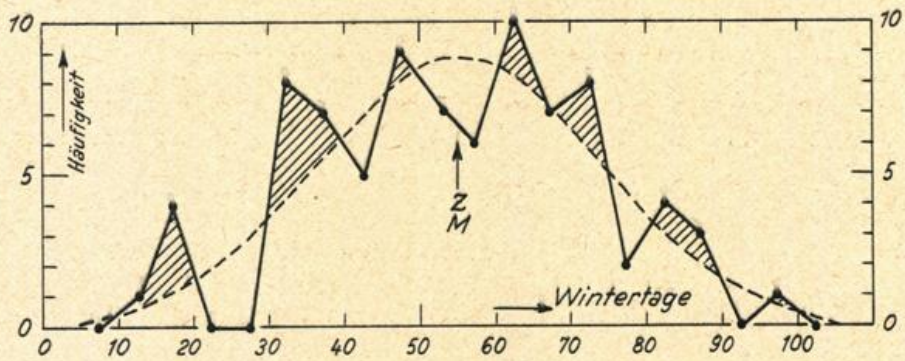


Abb.5a: Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage in Hamburg (A), kontinentale Zeitabschnitte

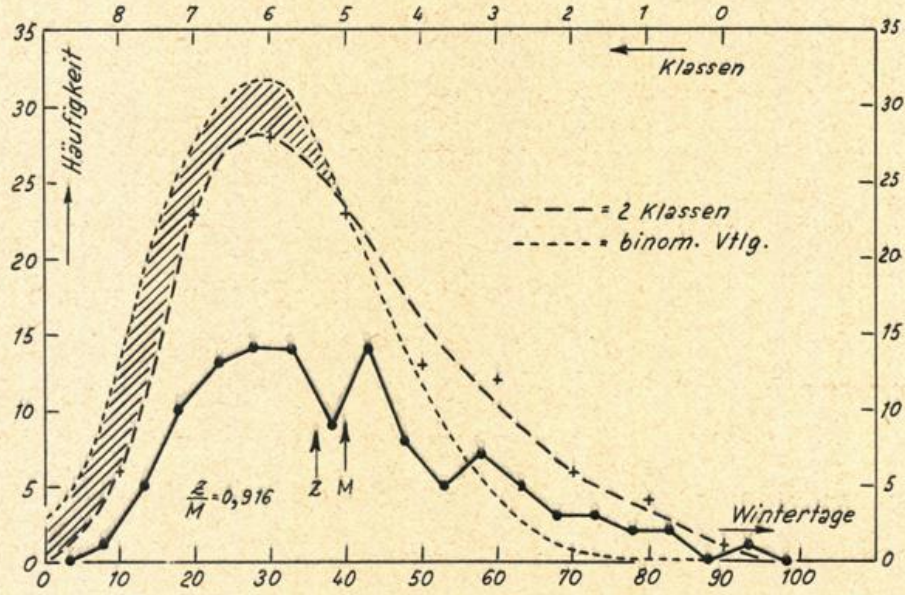
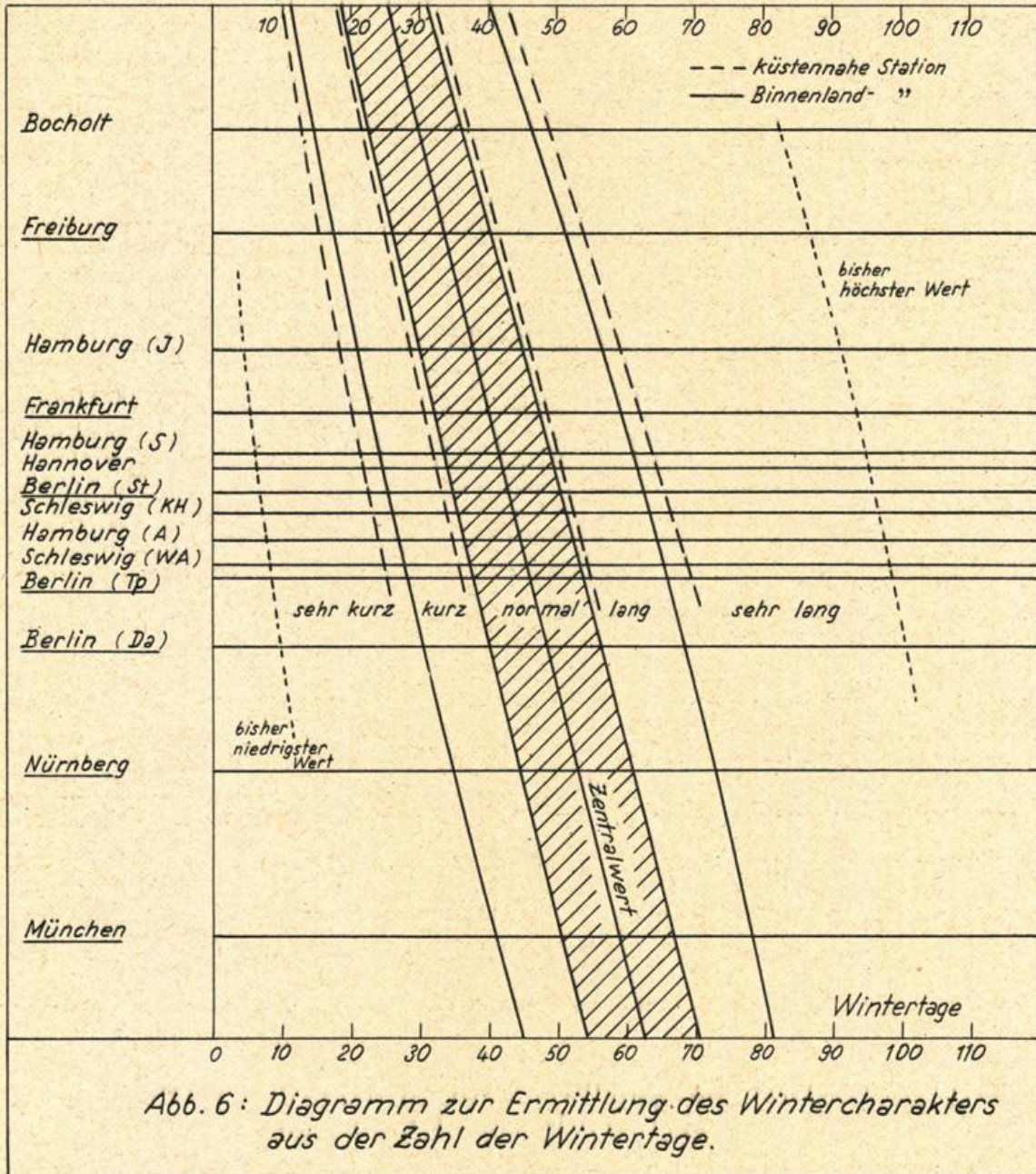
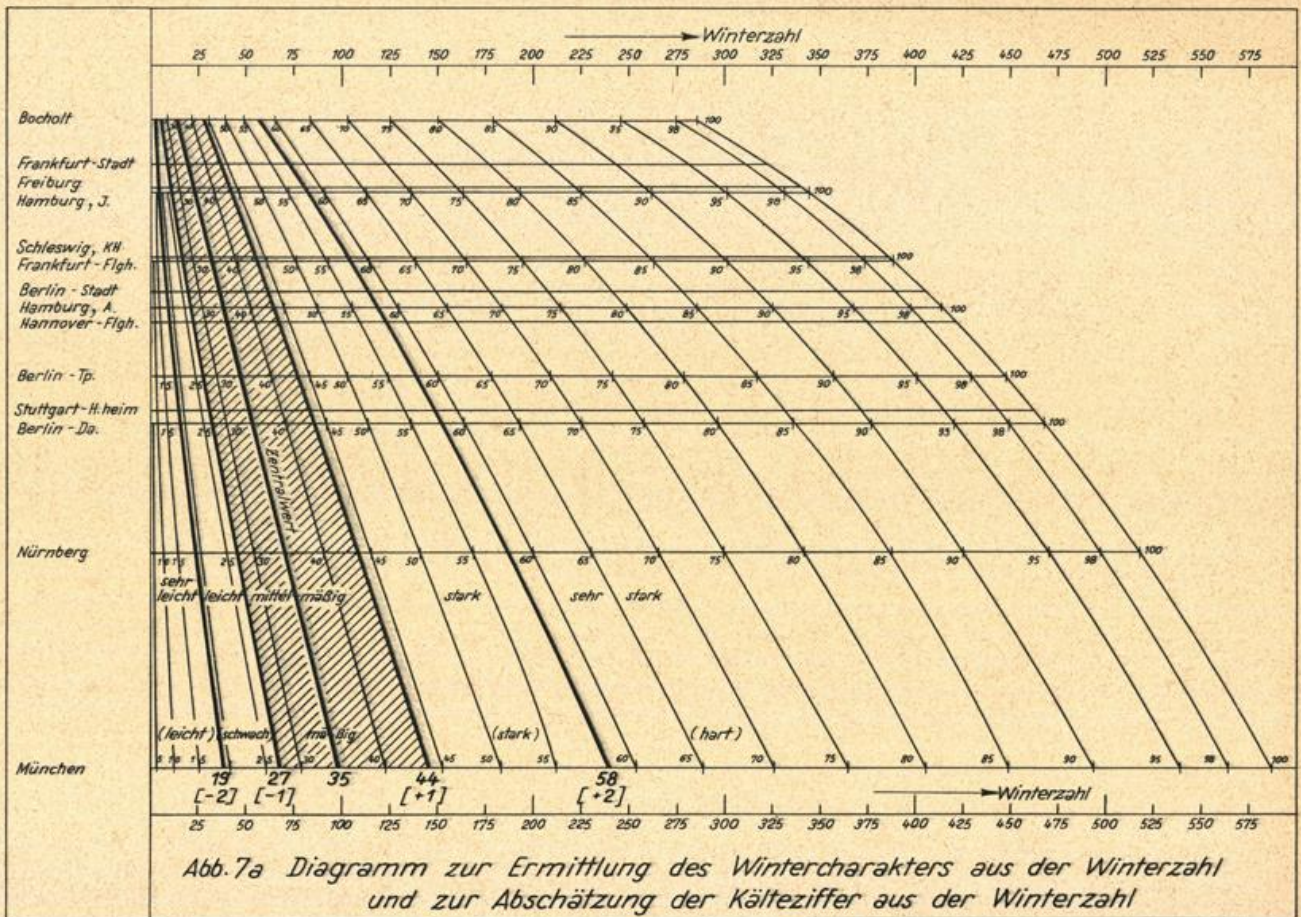
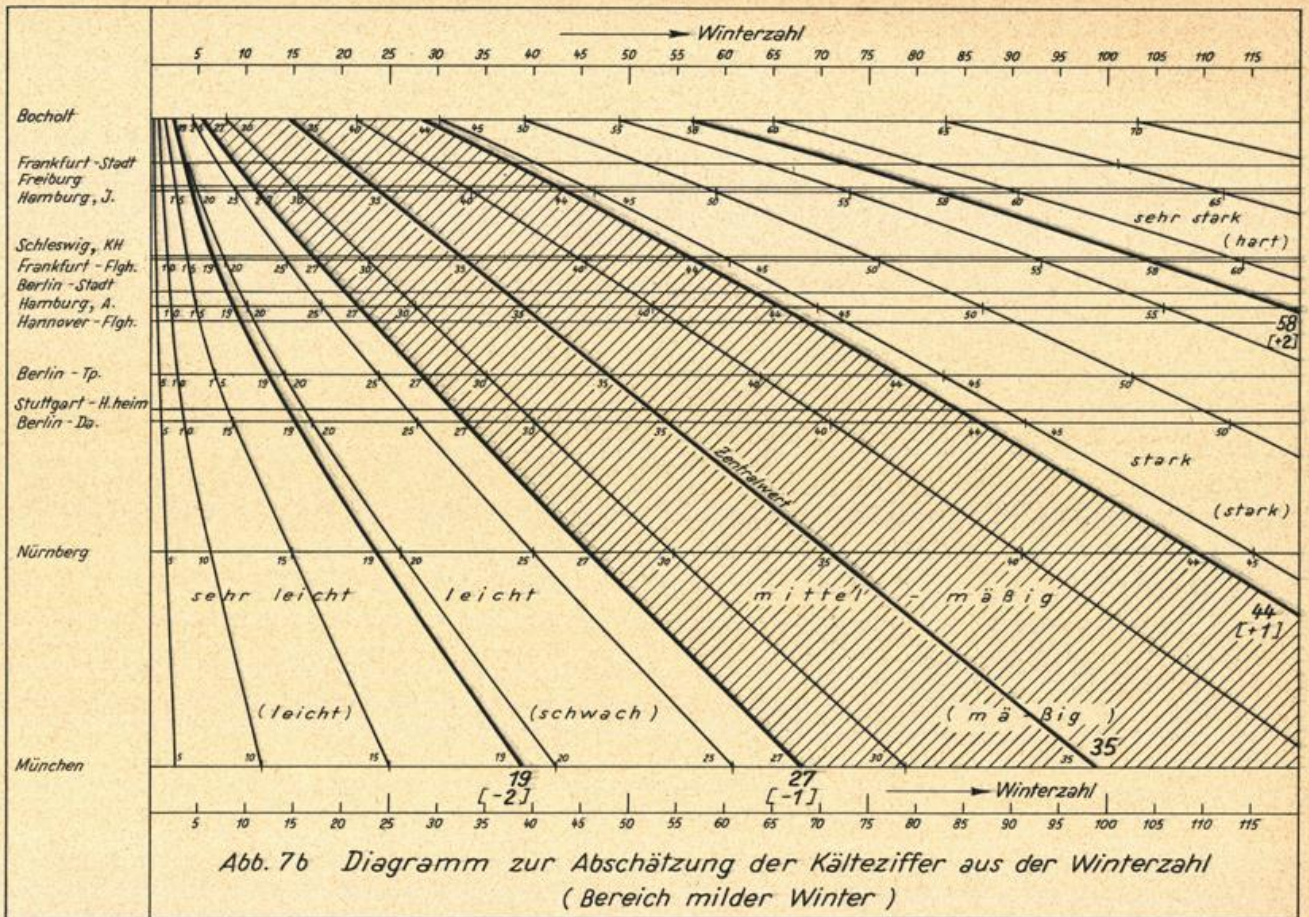


Abb.5b: Häufigkeitsverteilung der Zahl der Wintertage in Hamburg (A), ozeanische Zeitabschnitte







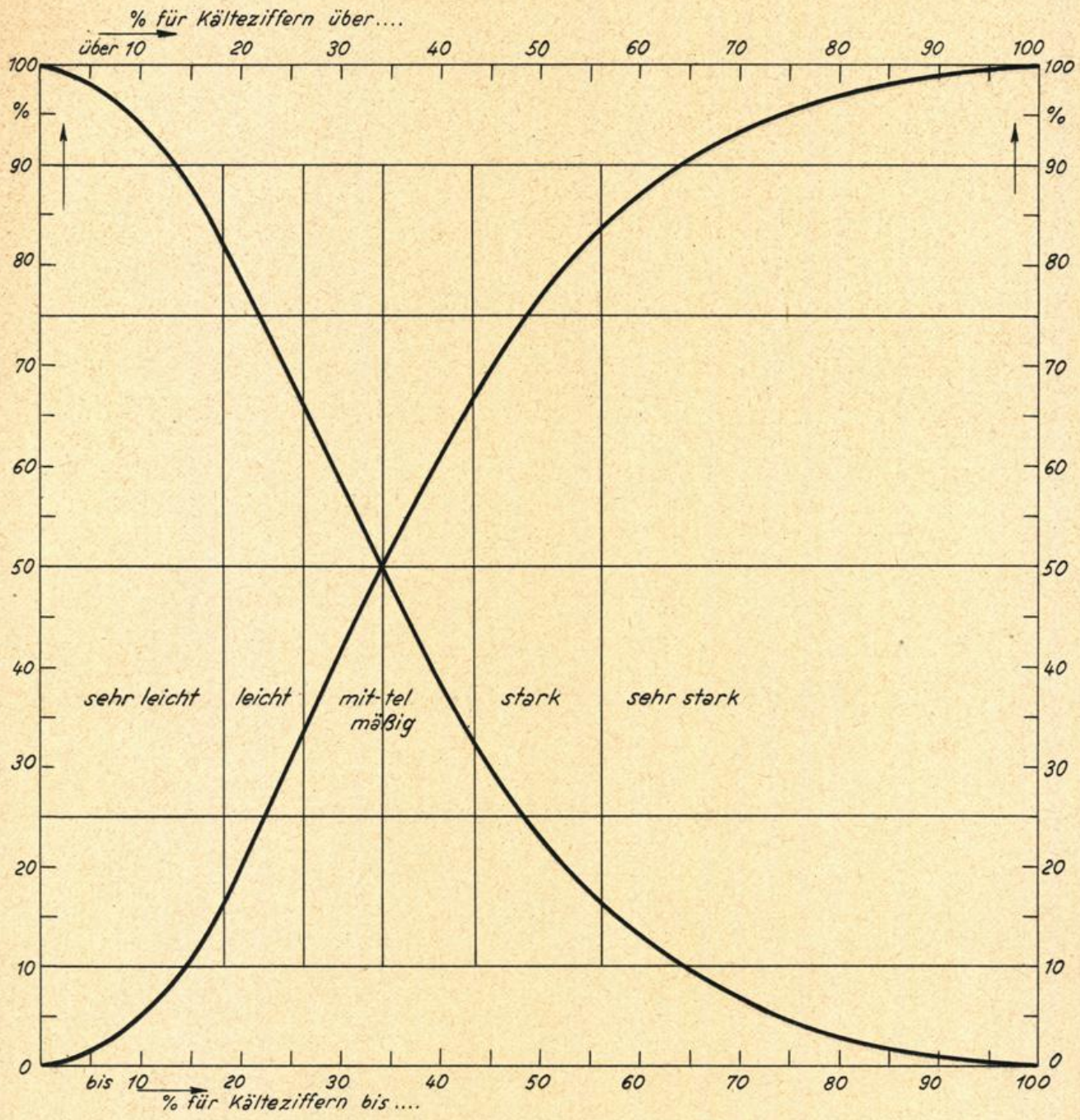
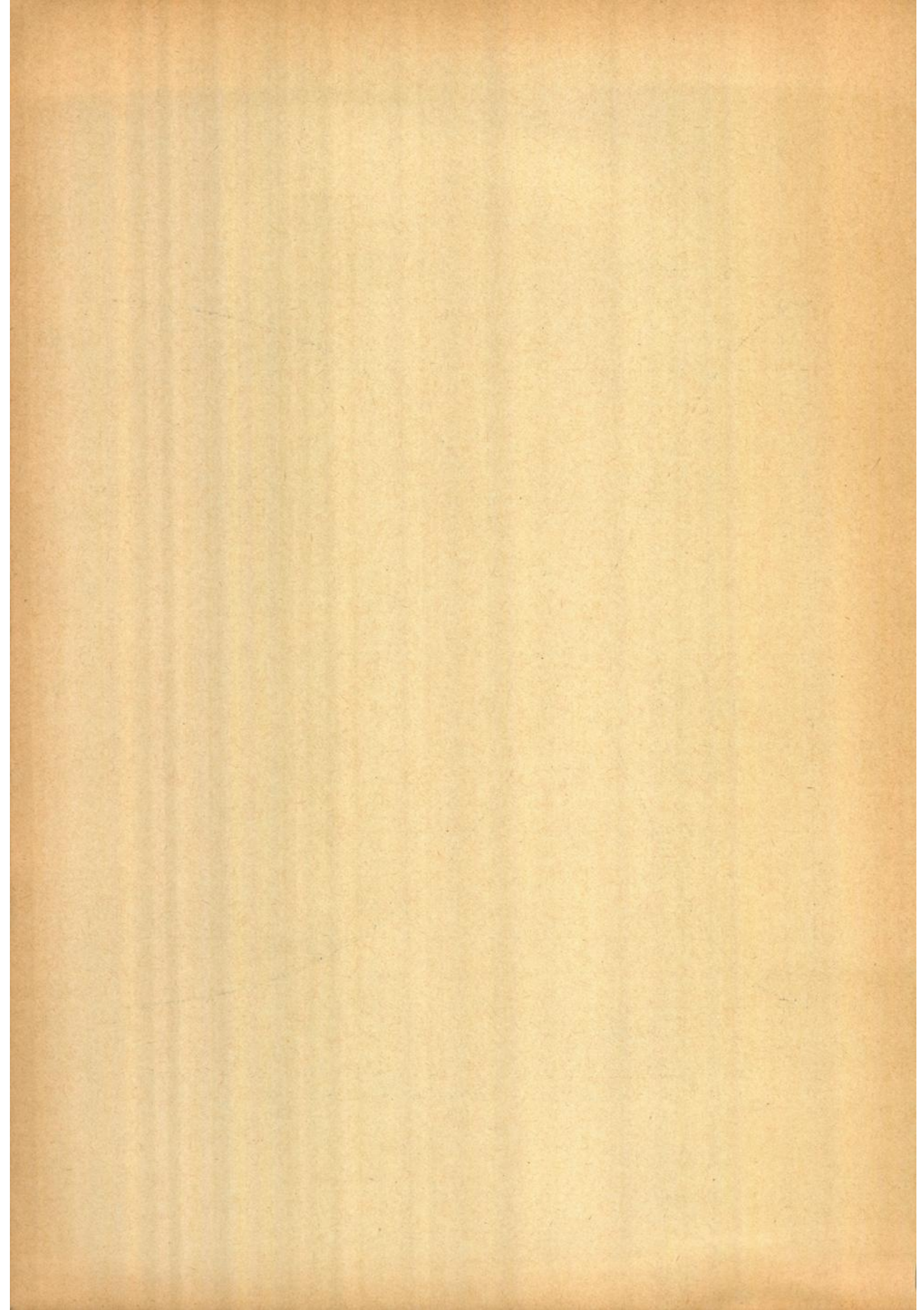


Abb. 8: Wahrscheinlichkeit für das Unter- bzw. Überschreiten einer bestimmten Kälteziffer (Hamburg)



- Nr. 35 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1958
- Nr. 36 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1959
- Nr. 37 (1963) Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 2: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel (H. Markgraf)
- Nr. 38 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 1: Text (C. Pflugbeil)
- Nr. 39 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 2: Tabellen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 40 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 3: Abbildungen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 41 (1964) Die Eigenschaften der Meereswellen im Nordatlantischen Ozean (H. Walden)
- Nr. 42 (1964) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1960
- Nr. 43 (1964) Die Bestimmung des Tiefwasserseegangs aus seinen skalar-spektralen Komponenten bei bekannten Windverhältnissen (J. Piest)
- Nr. 44 (1964) Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum; Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen (H. Müller-Annen)
- Nr. 45 (1965) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1961
- Nr. 46 (1965) Gleichzeitige Seegangsmessungen in der Deutschen Bucht mit dem „Seegangbeschleunigungsmessermittphotographischer Registrierung“ und ihre Auswertung zum Studium des Seegangs beim Einlaufen in das Wattenmeer (H. Walden, A. Lang u. J. Piest).
- Nr. 47 (1965) Die Windgeschwindigkeits-Äquivalente der Beaufortgrade nach Beobachtungen deutscher Bordwetterwarten (H. Walden)
- Nr. 48 (1965) Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum. Teil 2: Herstellung langjähriger Reihen der Zahl der Wintertage. Ableitung einer Winter- und Kältezah (H. Müller-Annen)

