

Berichte

des

Deutschen Wetterdienstes

Nr. 92
(Band 13)

DK 551.506.2 : 551.524.36

Untersuchung der ältesten Temperaturmessungen mit Hilfe des strengen Winters 1708—1709

von

Walter Lenke

(mit 13 Abbildungen im Text und 7 Tabellen im Anhang)

Offenbach a. M. 1964
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt	Seite
Zusammenfassung	3
Abstract	3
1. Die Temperaturmessungen in der zweiten Hälfte des 17. und der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts	3
1.1. Die Entwicklung der Thermometer bis 1750	3
1.2. Die Skalenwerte der Florentiner Thermometer	4
1.3. Die Weiterentwicklung der Florentiner Thermometer durch die französischen Physiker und das Thermometer Mariottes	5
1.4. Die Temperaturmessungen in Deutschland bis zum Jahre 1709	5
2. Beschreibung der Thermometer, von denen aus dem Winter 1708/09 Messungen vorliegen	6
2.1. Einiges über Herstellung und Vertrieb der alten Thermometer	6
2.2. Die in Deutschland verwendeten Thermometer	8
2.2.1. Königsberg	8
2.2.2. Danzig	9
2.2.3. Kiel	10
2.2.4. Hamburg	12
2.2.5. Berlin	13
2.2.6. Halle	17
2.2.7. Zeitz	18
2.2.8. Jena	18
2.2.9. Tübingen	19
2.2.10. Frankfurt am Main	19
2.2.11. Augsburg	20
2.3. Die Thermometer aus dem benachbarten Ausland	20
2.3.1. Paris	20
2.3.2. Montpellier	20
2.3.3. Zürich	20
2.3.4. Delft/Leiden	21
2.3.5. Den Haag	24
2.3.6. Upminster	24
2.3.7. London	24
2.3.8. Kopenhagen	24
3. Der Witterungsverlauf des Winters 1708/09 — eine Zusammenfassung von Einzelberichten unter Zuordnung der ausgewerteten Temperaturmessungen	27
3.1. Vorgeschichte und Verbreitung	27
3.2. Der Frühwinter der zweiten Oktoberhälfte 1708	28
3.3. Die vorweihnachtliche Frostperiode des Dezembers 1708 ..	29
3.4. Die beiden außergewöhnlichen Kaltluftvorstöße während des Hauptwinters 1709	30
3.5. Die Frostperiode der ersten Februarhälfte 1709	34
3.6. Der ungewöhnliche, Mitte Februar einsetzende Spätwinter und der anschließende Märzwinter	34
4. Vergleiche mit kalten Wintern der Neuzeit	36
4.1. Druck- und Temperaturverlauf der kalten Winter 1928/29, 1941/42 und 1962/63	36
4.1.1. Der Winter 1928/29	37
4.1.2. Der Winter 1941/42	38
4.1.3. Der Winter 1962/63	39
4.2. Die Ostwetterlagen des Winters 1708/09 und die relative Häufigkeit der Großwettertypen SE+E+NE in den kalten Wintern der Neuzeit	40
4.3. Monatswerte vom Januar bis März 1709, verglichen mit den entsprechenden Werten der Neuzeit	40
Literatur	43
Anhang: Tab. 1 — 7.	

Anschrift des Verfassers:

Dr. W. Lenke, Offenbach a. M., Frankfurter Straße 135
Deutscher Wetterdienst, Zentralamt, Abt. Klima

Zusammenfassung

Die ungewöhnliche Härte des Winters 1708/09 gab den damaligen Wissenschaftlern und Chronisten Anlaß zu einer größeren Zahl von Veröffentlichungen. Den allgemeinen Beschreibungen der Witterung und ihrer Folgen sind meist nur wenige und lückenhafte Temperaturangaben beigelegt, die mit den verschiedenartigsten Geräten gewonnen wurden. Diese Unterlagen konnten durch zwei bisher nicht bearbeitete Manuskripte aus Berlin und Delft wesentlich bereichert werden. Die Gesamtheit des verfügbaren Materials erlaubte es, den großräumigen Witterungsablauf zu beurteilen und dabei die hier durchgeführte Umrechnung der alten Temperaturwerte zu prüfen. Aus allem ergab sich, daß der Winter 1708/09 der kälteste bisher bekannte Mitteleuropas gewesen sein muß.

Abstract

The extraordinary hardness of the winter 1708/09 caused the scientists and chroniclers of that time to publish quite a number of papers on this subject. In most cases only few and gappy temperature data obtained by means of quite different apparatuses, are added to the general descriptions of the weather and its effects. Two manuscripts from Berlin and Delft which were not evaluated hitherto, considerably enrich the information. The whole of the papers available permitted to study the large scale weather development and to check the converted old temperature data which are given in this paper. Altogether it revealed that the winter 1708/09 must have been the coldest hitherto known in Central Europe.

1. Die Temperaturmessungen in der zweiten Hälfte des 17. und ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts

1.1. Die Entwicklung der Thermometer bis 1750

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts sind — auf den Versuchen Herons von Alexandria aufbauend — die Thermoskope erfunden worden (1). Im Laufe der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts begann man Skalen anzubringen, und ab 1641 wurden die oberen Enden der Kapillaren von der Florentinischen Academie del Cimento geschlossen (40, 49). Aus den Thermoskopen entwickelten sich so die ersten Thermometer. Die Möglichkeiten der Graduierung waren aber so vielfältig, daß selbst die Erbauer ihre Thermometerskalen wechselten. Hinzu kam die technische Unvollkommenheit der Geräte. Es vergingen deshalb nochmals fast 100 Jahre, bis man feststellen konnte, daß die Meßverfahren auf die heute gebräuchlichen Einteilungen zustrebten; auch die technischen Voraussetzungen für den Bau der Thermometer waren dann weit genug fortgeschritten. Erst unter diesen Voraussetzungen konnte man beginnen, die Meßergebnisse untereinander zu vergleichen bzw. aufeinander umzurechnen. Noch 1936 befanden sich — nach den Klimatabellen zu urteilen — an einigen Klimastationen des sächsischen Klimanetzes Thermometer in Gebrauch, die beim Sieden des Wassers 200°, bei seinem Gefrieren 100° und bei — 100° C 0° anzeigten. Und schließlich lieferten erst die seit den 30er Jahren dieses Jahrhunderts in Deutschland einheitlich eingeführten Thermometerhütten weitere Vorbedingungen, um für Vergleiche geeignete Werte zu erhalten.

Es ist sicher nicht das alleinige Verdienst Fahrenheits, daß zu Beginn des 18. Jahrhunderts ein besonderer Aufschwung in der Entwicklung der Thermometer einsetzte. Nicht zuletzt hat auch die ungewöhnlich lang andauernde Kälte des Winters 1708/09 einem größeren Kreis von Wissenschaftlern Veranlassung gegeben, sich mit Temperaturmessungen zu befassen.

Um die Verhältnisse auf dem „Thermometermarkt“ der damaligen Zeit zu beleuchten, soll eine Schilderung von Al Göwer wiedergegeben werden (27). Der Ulmer Professor begann leider erst 1710 mit seinen Temperaturmessungen und teilte 1714 folgendes mit: „Es sind

nemlich etliche Jahre verflossen, da ein paar Glaß-Künstler, der eine ein Italiäner, der andere von Schaffhausen gebürtig, die den gelehrten ehemals schon bekannte Barometres und Thermometres hier, und anderswo, öffentlich zu Kauff getragen, und solche mit einer darzu gedruckten, doch zimlich unvollkommenen kleinen Anweisung, in nicht geringer Quantität distrahiert haben. Waren nun vorher die Barometra bey uns was seltenes, und bey mehr nicht, als etwa zweyen oder dreyen Curiosis anzutreffen, so machte jetzo die Neugierigkeit einen sehr grossen Theil der Leute nach solcherley Lufft-Maschinen lüstrend, in der Hoffnung, sie würden nunmehr an denselbigen finden, was sie bißdaher an ihren so abergläubischen Calender-Prognosticis vergeblich gesucht hatten.“ (27, Vorrede). Die Fehler der Drebbelschen Thermometer, deren Kapillaren noch offen waren, hatte Al Göwer durchaus erkannt: „Die Praerogativ dieses jetztbeschriebenen Instruments (Florentiner Th.) vor obigem erstern (Drebbelschen Th.) bestehet darinnen, daß selbiges mit der äussern Leichte oder Schwere der Lufft nicht so starck communicirt weder das gemeinere. Dann an einem Tag, wann die Lufft schwerer, als an einem andern ist, obwoln nicht gar zu kalt, so wird die Schwere der Lufft den Liquorem in der Röhre steigend machen, mithin in der Wetter-Maschine selbigen Tags grössere Kälte anzeigen, ob schon die Lufft dergleichen Veränderung nicht empfangen. Dieses aber geschieht im Florentinischen Thermometro nicht, und darum behält es vor jenem billig den Vorzug.“ (27, IV S. 9).

Die Erkenntnisse an Hand von Temperaturmessungen waren 1709 noch so wenig fortgeschritten, daß in der wichtigsten meteorologischen Arbeit dieses Jahres die seit dem Altertum herrschende Meinung vertreten wurde, die Quellen seien im Sommer kalt und im Winter warm: „Pertinet huc fons in quodam Silesiae pago, qui cum alias aestate frigidus, hieme calidus deprehendatur, hac tamen hieme spissa satis glacie non sine omnium admiratione obductus fuit (19, S. 24).

Die nachfolgende Entwicklung erreichte mit dem Jahre 1750, in welchem Stroemer die heute nach Celsius benannte Skala einführte, einen gewissen Abschluß. Diese Epoche ist für uns neben Celsius noch

durch den Namen *Reaumur*s gekennzeichnet. *Reaumur* und *Celsius* verhalfen damit aber der Einführung der Fixpunkte des Gefrierens und des Siedens vom Wasser zum Siege. Dieser Gedanke wurde vor ihnen schon von *Amon*tons aufgegriffen. Sicher waren auch noch andere an dieser Entwicklung beteiligt. *Celsius* hatte 1742 den Siedepunkt noch mit 0 und den Gefrierpunkt mit 100 festgesetzt. Die heute immer mehr in den Hintergrund tretende *Reaumur*-Einteilung (1730) lief bei *van Swinden* unter dem Namen des eigentlichen Erfinders *De Luc*.

Die Herstellung der Thermometer begegnete jedoch auch später neben den allgemeinen technischen Schwierigkeiten vor allem der, zwei gleich kalibrige Gläser zu fertigen, die unter denselben Bedingungen gleiche Werte anzeigten. Sicher hatte der Großherzog von Toskana Mitte des 17. Jahrhunderts dies vorausgesetzt, als er seine Thermometer in Europa verteilte (s. u.). Noch 1753 entschloß sich jedoch *Hanow* (8, S. 635) angesichts dieser Ungenauigkeiten im Gebrauch der Thermometer, die Geschwindigkeit der Bildung einer Eisdecke in einem Gefäß als Maß für die Kälte vorzuschlagen. Ein ähnliches Verfahren wurde im übrigen bereits vor 1700 von *Spole* in Upsala angewendet (115, S. 110).

Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts waren mindestens 71 verschiedene Skalen in Gebrauch gewesen. *Van Swinden* (3) hat nur die Einteilungen für $\frac{1}{3}$ dieser Skalen bestimmen und aufeinander beziehen können. Aus Deutschland befand sich unter den von *van Swinden* untersuchten Thermometern, mit denen im Winter 1708/09 gemessen worden ist, nur das des Berliner Astronomen *Gottfried Kirch*. Die Bestimmung seiner Skala war aber recht unsicher. Die unterschiedlichen Zeiten, zu denen die Temperaturwerte damals gewonnen worden waren, lassen auch heute nur ungenaue Vergleiche zu — sowohl mit Messungen aus der gleichen Zeit als auch aus späteren Jahren. Wenn man deshalb in der Geschichte der Meteorologie die Mitte des 17. Jahrhunderts als Beginn der Epoche instrumenteller Beobachtungen bezeichnet, dann muß man sich darüber im klaren sein, daß für Vergleiche geeignete Temperaturwerte erst rund 100 Jahre später vorliegen. Der bisherige Verzicht auf die Verwendung der frühen Werte ist also durchaus verständlich.

Das Interesse an den vor Mitte des 18. Jahrhunderts gewonnenen Temperaturwerten blieb nach dem Entstehen meteorologischer Dienste auch deswegen gering, weil man selbst dann, wenn die Skaleneinteilung bekannt war, nicht die unterschiedlichen Bedingungen eliminieren konnte, unter denen diese Messungen vorgenommen worden waren.

In neuester Zeit ist darin eine Änderung eingetreten. U. a. benötigen Untersuchungen über Klimaschwankungen möglichst lange Reihen von meteorologischen Daten. Sie versuchen, auf alte Werte selbst dann zurückzugreifen, wenn gewisse Ungenauigkeiten in Kauf genommen werden müssen.

Bevor wir solche alten Messungen mit Thermometern ohne eindeutige Fixpunkte heranziehen, müssen wir die Entstehung ihrer Skalenwerte näher betrachten. Ihre Bestimmung wäre näherungsweise mit Hilfe von regelmäßigen Messungen möglich (64). Solche liegen aber leider meist nicht vor. Schon *van Swinden* sah sich bei den experimentell völlig unbestimmbaren Thermometern bzw. den unbekannten Skalenwerten gezwungen, Näherungsmethoden vorzuschlagen. Er gibt hierfür in den Beschreibungen der kalten Winter 1709 und 1740 Beispiele (35), die sich aber im wesentlichen auf seine früheren Untersuchungen (3) stützen.

1.2. Die Skalenwerte der Florentiner Thermometer

Da die meisten vor *Fahrenheit* verwendeten Thermometer ihren Ursprung in Florenz hatten, er-

scheint es wichtig, vor allem auf ihre Entwicklung näher einzugehen. Die Wissenschaftler von Florenz verwendeten seit Mitte des 17. Jahrhunderts vier Arten von Thermometern, die sich nach ihrer Größe und Skaleneinteilung unterschieden. Die erste war das sogenannte „Grand Thermomètre“ (3, S. 243). Seine Skala war in 100 Einheiten aufgeteilt und zeigte 20 Einheiten an, wenn es in schmelzendem Eis stand, und 80 Einheiten, wenn es im Sommer zur Mittagsstunde der Sonne ausgesetzt wurde.

Die zweite Sorte von Thermometern unterschied sich mit 13 Einheiten für den Gefrierpunkt und 40 für Temperaturen in der Sonnenstrahlung von der ersten nach der Größe und der Art der Einteilung. Weitere, auf die Erbauer selbst zurückgehende Angaben wurden für diese zwei Thermometer nicht überliefert. Von den beiden Fixpunkten ist der obere völlig unbestimmt. Nachträglich ist von *Martine* (3, S. 245) die mit dem zweiten, kleinen Thermometer zu 40 Einheiten bestimmte Wärme der Eingeweide von Kühen als Vergleichswert herangezogen worden, die dem Wert von 102° Fahrenheit (39° C) entsprach.

Celsius	Fahrenheit	de Florence	
		Grand	Petit
39	102	80	40
35	95	74	37.3
31	88	68	34,7
27	81	62	32
23	74	56	29.4
19	67	50	26.7
17	60	44	24
12	53	38	21.4
8	46	32	18.7
4	39	26	16.1
0	32	20	13.5
—4	25	14	10.8
—8	18	8	8.2
—12	11	2	5.5
—13	9		
—19	—3		0

Da sich aber nach den Physikern von Florenz das große Thermometer im Winter zwischen 17 und 16 und das kleine zwischen 12 und 11 hielt und das große selten auf 8 und das kleine auf 6 zurückging, soll nach *van Swinden* die von *Martine* gegebene Umrechnung nicht zuverlässig sein.

1830 berichtete *Libri-Carucci*, Professor der Mathematik in Pisa (31), über den Fund einer Kiste mit einer großen Menge in 50° geteilter Florentiner Thermometer. Er hat sie mit neuen Thermometern verglichen und gefunden, daß der Nullpunkt dieser alten Thermometer bei —15° R lag und 50° etwa +44° R entsprachen; im schmelzenden Eis zeigten sie 13 $\frac{1}{2}$ ° an. Ein Vergleich der beiden Ergebnisse von *Martine* und *Libri* zeigt, daß beide für praktische Zwecke übereinstimmen und somit die Einteilung des „Petit Thermomètre“ von Florenz als einigermaßen bekannt angesehen werden dürfte.

Die Florentiner Thermometer der dritten Sorte können überhaupt nicht nach festen Punkten graduiert worden sein.

Die vierte Thermometersorte war außerordentlich empfindlich, aber weniger exakt als die vorhergehenden. Sie stellte mehr eine „Curiosität“ als ein brauchbares Meßgerät dar. Daneben bestand eine Reihe von Abwandlungen. Zum Beispiel verwendete *Camera-rius* (4, S. 8) noch 1691 bis 1694 ein Florentiner Ther-

mometer, welches keine lineare Einstufung besaß (s. 2.2.9). Allgemeine Bedeutung hatten offenbar nur die beiden ersten Ausführungen. Während so die Skala des kleinen Thermometers hinreichend bestimmt scheint, kann die des großen nicht durch nachträgliche Vergleiche gestützt werden.

1.3. Die Weiterentwicklung der Florentiner Thermometer durch die französischen Physiker und das Thermometer Mariottes

In Frankreich waren Mitte des 17. Jahrhunderts Thermometer in Gebrauch, welche De La Hire nach seiner Rückkehr von Florenz nach Paris (1664) nachgebaut hatte. An diesen Thermometern sollen nach De La Hire 48° der Mitteltemperatur der Keller von Paris, 32° dem Gefrierpunkt und nach van Swinden 0° einem Wert von -22.5°C entsprochen haben. 1671 begann Cassini, mit einem von Mariotte konstruierten Thermometer zu messen (5, S. 9). Van Swinden gibt für dieses Thermometer keine Umrechnung an. Nach den Meßwerten, welche Mariotte in seinem „Essay du chaud et du froid“ (6) veröffentlicht hat, entspricht der Bau seines Thermometers dem der Thermometer von Florenz. Die Einteilung weicht jedoch eindeutig von der der italienischen Thermometer ab. Im Hinblick auf den Kontakt zwischen Mariotte und Reyher in Kiel (s. 2.2.3) scheint es erforderlich, dieses Thermometer näher zu betrachten. Mariotte hat ein erstes vom 6. Dezember 1670 bis zum 16. November 1674 für Temperaturmessungen in den Kellern von Paris verwendet und anschließend mit zwei gleichartigen bis zum 15. September 1677 auch den Gang der Temperatur in den Kellern mit dem der oberirdischen Lufttemperatur, die allerdings in einem Zimmer gemessen wurde, verglichen. Über die Beschaffenheit seines seit dem 6. Dezember 1670 verwendeten Thermometers bemerkt er: „Ce Thermomètre estoit scellé hermetiquement au haut du tuyau pour empescher l'air d'y entrer, & estoit divisé en plusieurs parties égales, chacune de quatre lignes“ (6, S. 39). Nach dem Florentiner System waren sicher auch die beiden anderen Thermometer gebaut: „Le 21. Juillet 1674 je tenois deux Thermometres de mesme force dans une chambre au second estage où le Soleil luisoit point, l'esprit de vin y estoit jusques à la 89^e. division, chaque division étoit de 2 lignes untiers, que j'appelle aussi des degrés; le 23. je portay un de ces Thermomètres en une cave qui est à 10 pieds de profondeur sous le rez de chaussée de la maison & laissay l'autre dans la chambre“ (6, S. 53). Er hat die wichtigsten dieser regelmäßigen Messungen veröffentlicht. Von diesen sind folgende Temperaturen und Bemerkungen für uns von Bedeutung (6, S. 62):

„1. Juillet 1676	92 degrés	Très-grand chaud
5. Juin 1676	83	Grand chaud
27. Février 1676	32	Le premier Mars il gela & il avoit gelé la veille; le Thermometre de la chambre revint à 30.
20. Mars 1675	32	Le froid continua jusques au premier Avril, & l'esprit de vin du Thermometre de la chambre n'estoit le 3. qu' à 33 degrés, il fit chaud ensuite.
17. Décembre 1674	28	degel
22. Janvier 1675	22	gelée
9. Décembre 1674	20 $\frac{1}{2}$	les ruës étoient gelées
4. Janvier 1677	10	Temps serain
13. Janvier 1677	4	Degel 12 jours de suite (am 25. 1. 1677 bei 44° Mariotte)

7. Janvier 1677 -2 Très-grand froid 8 lignes plus bas que le 1^{er} degré“

Die Kellertemperaturen bewegten sich in dieser Zeit zwischen 56 und 24° Mariotte.

Die Art dieser Thermometer und die Einteilung ihrer Skalen deuten darauf hin, daß es sich um von Hubin gebaute Geräte gehandelt haben muß. M. Hubin wurde nach Martine (83, S. 47) „employé en France, pour en construire à l'usage de l'Académie des Sciences“. 25° der Skalen dieser Thermometer entsprachen nach einer späteren Feststellung Amontons dem Gefrierpunkt und 50° der Kellertemperatur des Observatoriums von Paris (s. 2.2.6.). Martine (83) gibt einen Vergleich dieser Skala mit der Fahrenheits.

Wenn man in Abweichung von Lambert (60, S. 90) als Einteilung für

$$\begin{aligned} 100 \text{ degrés Mariotte} &= 35^{\circ}\text{C} \\ 25 \text{ degrés Mariotte} &= 0^{\circ}\text{C} \\ 0 \text{ degré Mariotte} &= -12^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

ansetzt, muß der von Mariotte, in einem Zimmer mit 92 degrés bestimmte Wert (sehr große Wärme) 31.2°C entsprechen, Tauwetter und erster Frost sich um 25 degrés bewegen und die tiefste gemessene Temperatur von -2 degrés etwa -13.5°C ausmachen.

Das Wesentliche dieser Phase der Entwicklung war die Verwendung eines weiteren Fixpunktes, der quasi konstanten Temperatur in den Kellern des Observatoriums von Paris.

1.4. Die Temperaturmessungen in Deutschland bis zum Jahre 1709.

Der Beginn der Temperaturmessungen in Deutschland läßt sich einigermaßen bestimmen. Er liegt sicher nicht vor 1650, denn die Tagebücher des Landgrafen Hermann IV. von Hessen (1635 bis 1650) mit den einmalig exakten, viermal täglichen Beobachtungen enthalten keinen Temperaturwert (88). Das Fehlen solcher Werte ist umso bemerkenswerter, als der Landgraf auch mit dem Ausland einen Austausch von Witterungsbeobachtungen pflegte und sicher über den neuesten Stand der Wissenschaft unterrichtet war. Sofern das Thermometer, das der Großherzog Ferdinand II. von Toskana im Jahre 1654 — sechs Jahre nach Beendigung des 30jährigen Krieges — dem Jesuitenkloster in Osnabrück schenkte, zu regelmäßigen Messungen gebraucht worden sein sollte, dann wären hier die ältesten Temperaturmessungen in Deutschland angestellt worden. Meine Nachforschungen nach den Aufzeichnungen waren bisher leider erfolglos.

Als älteste Temperaturmessungen gelten immer noch diejenigen, welche von Prof. Samuel Reyher im Dezember 1679 in Kiel begonnen wurden (2). Von den bis zum Jahre 1713 fortgeführten Beobachtungen (s. 2.2.3.) sind uns aber nur 331 Einzelwerte, davon 141 aus dem Jahre 1680, erhalten geblieben (101). Meine Nachforschungen nach den Tagebüchern Reyhers waren ebenfalls leider vergebens. Aus den Veröffentlichungen der Teilergebnisse aus den Jahren 1681 (86) und 1710 (2) muß auf einheitlich gute Beobachtungen und Messungen geschlossen werden, so daß der Verlust der Manuskripte besonders schwer wiegt.

Als erste regelmäßige Beobachtungen über mehrere Jahre sind uns bisher die von Prof. Rud. Jak. Camerarius, Tübingen, aus den Jahren 1691 bis 1694 dank ihrer Veröffentlichung bekannt (4, 64). Von den übrigen bis zum Jahre 1717 reichenden Beobachtungen und Messungen des Tübinger Professors sind nur anfangs die monatlichen Höchst- und Tiefstwerte der Lufttemperatur publiziert worden (87). Der Verbleib der Beobachtungstagebücher, die sich noch unter seinem Nachlaß befanden (102), hat sich nicht feststellen lassen.

Es folgen dann — nach unseren augenblicklichen Kenntnissen — als die nächstältesten die Temperaturmessungen des Astronomen Gottfried Kirch und seiner Frau Maria-Margaretha. In die seit 1697 in Guben und ab 1700 in Berlin parallel geführten Tagebücher haben wir seit 1959 bzw. Ende 1962 Einblick (24). Da auch der Aufbewahrungsort der von Kirch im Jahre 1677 begonnenen Aufzeichnungen ermittelt werden konnte, ist zu hoffen, nunmehr die ältesten regelmäßigen deutschen Temperaturmessungen zu erhalten (s. 2.2.5).

Diese drei Beobachter waren vor 1709 sicher nicht die einzigen, die in Deutschland neben allgemeinen Beobachtungen auch Temperaturmessungen durchgeführt haben. Nach einer Tabelle, die Löwe (25) mitgeteilt hat, sind damals an mindestens 25 deutschen Orten Thermometer in Gebrauch gewesen. Wie schon aus dem Bericht Al g ö w e r s entnommen werden konnte, sind Anfang des 18. Jahrhunderts Thermometer „in nicht geringer Quantität distrahiert“ worden. Von den meisten dieser Orte liegen aber kaum noch Werte vor. Wir müssen dabei in dieselbe Klage einstimmen, die v a n S w i n d e n 1778 in dem Vorwort zu seinem umfassenden Werk erhebt (3, S. X): „La coutume de ne publier les Observations Météorologiques que par Extraits, & même par Extraits fort courts, nuit beaucoup aux progrès de la Météorologie . . . Ces détails serviroient beaucoup à l'avancement de cette science, qui ne peut se perfectionner que par la combinaison lente & soigneuse de ce qu'on a observé en détail en différens endroits“.

Wir können heute nur hinzufügen, daß es im Hinblick auf die wenigen damals regelmäßig durchgeführten Beobachtungen einen unersetzbaren Verlust bedeutet, daß auch die Beobachtungstagebücher bis auf wenige Ausnahmen nicht mehr auffindbar sind. Es verbleibt uns nur die Hoffnung, vollständige Aufzeichnungen der damaligen Wissenschaftler durch Zufall in kleineren Archiven oder in Privatbibliotheken zu entdecken. Lediglich der großen Strenge des Winters 1708/09 verdanken wir es, daß uns von den damals gemessenen Temperaturen mehrere Werte in Veröffentlichungen überliefert wurden.

Der Winter 1708/09 gehört nach Easton (52) zu den fünf „Grands Hivers“, die bis 1756 nach Chroniken bezüglich ihrer Strenge am stärksten aus der Menge der übrigen hervortreten. Neben der Prüfung der ermittelten Skalenwerte der damals verwendeten Thermometer bestand die Erwartung, das Ungewöhnliche dieses Winters auch durch Zahlen zu belegen. „Die Bestimmung des höchsten Grades der Kälte des furchtbaren Winters von 1709, in welchen die genauen leicht vergleichbaren Thermometer noch fehlten, hat daher mit Recht die Sagacität der Physiker beschäftigt“ (P f a f f im Jahre 1809, (7, S. 15)).

In der Literatur habe ich aber bisher lediglich von 7 der 39 Orte ganz Europas Temperaturwerte für den Winter 1708/09 gefunden. Dazu kamen von zwei Orten handschriftliche Werte für den gesamten Winter. Solche konnte ich zunächst aus einem Manuskript entnehmen, das mir die „Hogheemraadschap Rijnland“ in Leiden freundlicherweise als Photokopie zur Verfügung stellte. Es handelte sich hierbei um die von C r u q u i u s in Delft ermittelten und in Fahrenheit umgerechneten Tagesmittel. Ende 1962 stellte das Observatorium von Paris dann freundlicherweise einen Film der Gottfried Kirch schen Tagebücher aus den Jahren 1697 bis 1710 her. Die aus beiden gewonnenen zahlreichen Werte wurden zum Rückgrat der gesamten Untersuchung. Von den übrigen, aus Veröffentlichungen entnommenen Temperaturen sind bestenfalls in fünf Fällen tägliche Werte von einem ganzen Monat (Januar 1709) vorhanden. Außer den von Löwe mitgeteilten Orten habe ich

Uebersicht (von Löwe (25))
der merkwürdigsten Witterungs-Beobachtungen in den Jahren 1709, 1738, 1740, 1755, 1767, 1776 und 1785, in welchen die Kälte das Quecksilber-Thermometer auf nachstehende Grade unter Reaumurs Gefrier-Punct (0) fallend machte

Städte	1709	1738	1740	1755	1767	1776	1785
Amsterd.	16	21	19 ¹ / ₃	24	20 ¹ / ₃	22 ¹ / ₃	26 ¹ / ₃
Augsburg	12	16 ¹ / ₄	13	17 ¹ / ₄	14	16 ¹ / ₃	20
Bamberg	12	16 ¹ / ₃	12 ³ / ₄	16 ³ / ₄	13 ¹ / ₄	16	21 ¹ / ₂
Basel	12	17	14 ¹ / ₃	17 ³ / ₄	16 ¹ / ₂	16 ¹ / ₃	21 ¹ / ₂
Berlin	15 ¹ / ₂	19	19 ¹ / ₃	21 ³ / ₄	17 ¹ / ₃	18 ³ / ₄	24 ¹ / ₃
Breslau	16	20	19 ³ / ₄	21	18 ¹ / ₃	19	24 ¹ / ₂
Bayreuth	12 ¹ / ₂	—	13	—	12 ¹ / ₃	—	21 ¹ / ₂
Cassel	13 ¹ / ₃	17	—	17	18 ¹ / ₂	—	22
Carlsbad	16 ³ / ₄	18	14	20	15 ¹ / ₂	18 ¹ / ₃	26 ³ / ₄
Coblenz	13	17	13 ¹ / ₃	16 ³ / ₄	14	17	21 ¹ / ₂
Copenh.	18	23	22	25 ³ / ₄	21 ³ / ₄	23 ³ / ₄	27 ³ / ₄
Danzig	18	22	21	23 ³ / ₄	20 ¹ / ₄	22 ¹ / ₃	26 ³ / ₄
Dresden	16	20	20 ¹ / ₂	—	20	21	24 ¹ / ₂
Florenz	9 ¹ / ₂	10	9 ¹ / ₃	10 ¹ / ₄	10 ¹ / ₃	10 ¹ / ₃	12 ³ / ₄
Frft. a. M.	12 ¹ / ₃	17	13	16 ¹ / ₃	14 ¹ / ₂	17 ³ / ₄	21 ³ / ₄
Goslar	14	15 ³ / ₄	16 ¹ / ₂	18 ¹ / ₃	15 ¹ / ₂	19 ¹ / ₂	24 ³ / ₄
Halberst.	13	14	15 ³ / ₄	—	12 ³ / ₄	16 ¹ / ₂	—
Hamburg	14	18	17 ¹ / ₃	—	17	18	25
Innsbruck	11	13	11	13	12 ¹ / ₂	11 ¹ / ₂	17
Jevern	13 ¹ / ₂	17	17	18 ¹ / ₂	17	18 ¹ / ₂	23 ¹ / ₂
I. G. St.	17 ¹ / ₃	19	19 ³ / ₄	20 ³ / ₄	18	19 ³ / ₄	24 ³ / ₄
Ilmenau	14	15	17 ¹ / ₃	18	16	—	25
Kön. i. Pr.	18	21 ¹ / ₃	21 ¹ / ₂	23	20 ¹ / ₂	22 ³ / ₄	26 ³ / ₄
Leipzig	15 ¹ / ₃	18 ¹ / ₂	20 ¹ / ₂	21 ³ / ₄	20	19 ¹ / ₂	23 ³ / ₄
London	14	18	18	21	—	19 ¹ / ₂	23 ³ / ₄
Magdeb.	15	18 ¹ / ₂	19	22	16 ¹ / ₂	19 ³ / ₄	24 ¹ / ₄
Maynz	12	16 ¹ / ₂	13	16	14	17 ¹ / ₂	21 ¹ / ₂
Mannh.	11 ³ / ₄	16	—	—	13 ³ / ₄	—	20
München	12 ³ / ₄	—	13 ¹ / ₂	17	14	16	20
Nürnberg	12	16 ¹ / ₃	13	16	13	15 ¹ / ₃	21 ¹ / ₂
Paris	8 ¹ / ₃	9 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	11 ¹ / ₂	10 ¹ / ₃	10 ³ / ₄	19
S. Petersb.	24	23 ¹ / ₃	23	25	25	27	31 ³ / ₄
Prag	17 ¹ / ₂	20	21 ¹ / ₃	20	20	19 ³ / ₄	24
Schaffh.	12	17	13 ¹ / ₃	17	16 ¹ / ₂	15 ³ / ₄	21 ¹ / ₂
Strasb.	10	16	14	15	16 ¹ / ₃	—	20
Stutgard	—	16	—	16	13 ³ / ₄	16	20
Stockh.	24	24	23 ¹ / ₂	27	25	27 ¹ / ₃	30 ¹ / ₃
Warschau	17	20	19 ¹ / ₃	21	20	21	25 ³ / ₄
Wien	12	16	12 ¹ / ₃	16	14	16	20

neben Delft und Berlin noch von acht weiteren Temperaturwerte aus dem Winter 1708/09 ausfindig machen können. Wie lückenhaft das Material im übrigen ist, zeigt die Tabelle 1. Trotzdem ist es das erste Mal in der Geschichte der Meteorologie, daß Temperaturmessungen in diesem Umfange vorliegen, und es dürfte auch der früheste Zeitpunkt sein, zu dem ein Vergleich der einzelnen Messungen untereinander versucht werden kann. Der Winter 1708/09 ist deshalb ein Markstein für die Bearbeitung historischer Klimadaten. Leider stellte sich im Laufe der Untersuchung heraus, daß die Behauptung Prof. M e n t z e r s aus dem Jahre 1709, der damals schrieb (9, S. 6): „Solcher Wetter-Gläser werden beynahe so vielerley gefunden, als Künstler bekant sind, welche dieselbe verfertigen“, keineswegs übertrieben war. Trotz solcher zusätzlicher Schwierigkeiten soll in der vorliegenden Arbeit versucht werden, die Skalenwerte der verwendeten Thermometer nach den vorhandenen Unterlagen näherungsweise zu bestimmen und die gewonnenen Werte mit Hilfe des durch weitere Angaben bekannten Wetterablaufs des Winters 1708/09 zu prüfen.

2. Beschreibung der Thermometer, von denen aus dem Winter 1708/09 Messungen vorliegen

2.1. Einiges über Herstellung und Vertrieb der alten Thermometer

Ein Umrechnen der alten Skalenwerte in °C ist nicht möglich, da die erforderlichen physikalischen Daten bei keinem der Geräte ausreichend bekannt sind. Vor allem

bereitet die unbekannte Zusammensetzung des Alkohols, der häufig mit Wasser gemischt wurde, einer Ermittlung der Skalenwerte Schwierigkeiten. Die dabei auftretenden Differenzen sind zum Teil erheblich. 1833 gibt Nicholson (31) hierfür folgende Tabelle:

Quecksilberöl	Olivöl	Kamillenöl	Quendöl	Gesättigte Salzsole	Alkohol de Luc	1 Theil Alkohol 1 Theil Wasser	1 Theil Alkohol 3 Theile Wasser	Wasser
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,6	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,0
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,5
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,8
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,5
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,0
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,5
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,9
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,2
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,3
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,6
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,2
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
— 5	—	—	—	—4,1	—3,9	—	—	—
—10	—	—	—	—8,0	—7,7	—	—	—

„Diese Tabelle gibt uns eigentlich eine Vergleichung des Standes mehrer Thermometer, die aus verschiedenen Flüssigkeiten verfertigt wurden. Wird nämlich bei allen diesen Flüssigkeiten der Gefrier- und Siedepunkt mit 0 und 80 bezeichnet und der Abstand dieser zwei Punkte an jedem Thermometer für sich in 80 gleiche Abstände getheilt, so werden bei gleichen Temperaturen die Flüssigkeiten auf den in der Tabelle angeführten Höhen stehen.“

Einen entsprechenden Vergleich im gesamten Intervall der alten Skalen, d. h. bis zu negativen Werten um -30°C , habe ich nicht gefunden. Obwohl wir heute die Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Mischungen auch für tiefe Temperaturen kennen, helfen sie uns wegen der unbekannten Zusammensetzung der alten Flüssigkeiten nur wenig weiter.

Von den anderen Faktoren dürfte die Alterung der länger in Gebrauch befindlichen Thermometer zusätzlich eine wesentliche Fehlerquelle darstellen. Das ist gerade bei den Thermometern zu befürchten, die am längsten in Gebrauch waren, aber am meisten interessieren, z. B. dem Kieler (seit 1679), dem Berliner (1677) und dem Pariser (1669).

Quecksilber als Flüssigkeit der Thermometer war damals noch selten. Hollmann nimmt für Göttingen in Anspruch, daß hier um 1752 das erste Fahrenheitsche Quecksilberthermometer Deutschlands gebaut worden ist. In Holland hat angeblich Prins dies weniger vollkommen schon früher getan, indem er solche Bemühungen Fahrenheits zu Ende führte (23, S. 146). Auch Mentzer gibt 1709 an, daß er neben seinem „mit blauen Liqueur“ (als Anzeigeflüssigkeit) gefüllten Luftthermometer ein „anderes mit dem Mercurio angefüllt“ besessen hat, das „auch die Stufen anzeigt, und bey Veränderung der Luft nicht so empfindlich, als jenes, befunden wird“. (9, S. 10). Wolff (37) gibt ebenfalls 1709 eine Anweisung zur Herstellung eines Quecksilberthermometers. Nach den heutigen Kenntnissen gebührt sehr wahrscheinlich Roemer der Ruhm, die ersten Quecksilberthermometer entwickelt zu haben (s. u.).

Außer dem unbekannten Prozentgehalt des Alkohols bereiten die Fixpunkte als Ausgangswerte Schwierigkeiten. Ihre Lage ist bei weitem nicht so eindeutig, wie es zu wünschen wäre. Als unterer Fixpunkt kommt im

allgemeinen die Temperatur einer Salz-Eismischung in Frage und als oberer die der Achselhöhle oder des Mundes eines gesunden Menschen. Ein weiterer Fixpunkt, der mit „Temperé“ bezeichnete Wert 0, stellt eine Mitteltemperatur dar, wie sie zur Zeit der Äquinoktien herrschen sollte. Bei dem „Ancien Thermomètre“ von Fahrenheit ist der Wert 0 wohl als das arithmetische Mittel zwischen den beiden erstgenannten Fixpunkten anzusehen. Daß ähnliche Methoden zur Feststellung dieses mittleren Ausgangswertes wie ihn Mariotte mit der fast konstant bekannten Temperatur in den Kellern des Observatoriums von Paris verwendete, auch anderswo benutzt wurden, muß trotz der Entfernungen angenommen werden. Er kann dann nur in entsprechend gelegenen Kellern bestimmt worden sein. Die Mehrdeutigkeit des unteren Fixpunktes hat Hollmann bereits 1782 anschaulich geschildert (23, S. 155): „So lange ich auf der Universität Wittenberg mich aufgehalten (1723 bis 1733), habe ich nie ein gemeines Küchensalz erhalten können, das nicht einen zehn bis zwölf Grad geringeren Grad der Kälte, (nach Florentinischen Thermometern) abgegeben hätte, als Salmiac; daher in nicht geringe Verwunderung bin gesetzt worden, daß dergleichen allhier (in Göttingen) angetroffen, die nicht allein einen gleichen, oder doch bey nahe gleichen, Grad der Kälte mit dem Salmiac gegeben, sondern denselben wohl gar 10—12 und mehrere Grade übertroffen . . . Man wird wohl nicht leicht ein Salz, wenigstens in einer beträchtlichen Menge, aufweisen können, das aus einer gleich ähnlichen Materie, und auf einer so gleichförmigen Art, in so grosser Menge, bisher hervorgebracht worden, als das aus den Aegyptischen Fabriken, in einer so grossen Menge, bisher zu uns gebrachte, Salmiac, dessen man, wenigstens bisher, so viel man weiß, zur Verfertigung der Fahrenheitschen Thermometer überall sich bedienet hat“.

Auch das Mischungsverhältnis spielt eine Rolle. Wenn es sich bei der Kältemischung Fahrenheits wirklich um Salmiak gehandelt hat, dann kann der tiefste erreichbare Wert dieser Mischung wegen technischer Unvollkommenheiten nicht immer erfaßt worden sein. Der bei -18°C liegende Nullpunkt der Fahrenheitschen Skala entspricht eher der Temperatur einer Kochsalz-Eismischung.

Wenn Wolff in seiner 1709 herausgegebenen Schrift „Aerometriae Elementa“ (37) für die damals verwendeten Geräte die Bezeichnung Thermoskope statt Thermometer verlangte, da sie nur qualitativ Zu- und Abnahme der Wärme angegeben haben, möchte man seiner Ansicht im Hinblick auf das heterogene Material der übrigen Stationen zustimmen. Dabei wollen wir von seiner Forderung, daß diese Geräte die Wärmez- und -abnahme im gleichen Verhältnis anzeigen müßten, ganz absehen. Die Bedeutung unserer heutigen Thermometerskalen liegt in der strengen Definition der Fixpunkte bei genauer Kenntnis der Ausdehnung des verwendeten Materials. Daß trotz der weitgehenden technischen Vervollendung auch jetzt noch selbst für wissenschaftliche Zwecke gebaute Thermometer verschieden anzeigen und sich zudem mit der Zeit ändern können, wissen wir zur Genüge. Ohne Prüfschein und Korrekturen kommen wir auch heute nicht aus. Und das, nachdem vor fast 250 Jahren von Fahrenheit die ersten beiden „Harmonischen Thermometer“ hergestellt worden sind! Denn im Jahre 1714 übergab Fahrenheit dem damaligen Professor der Physik und Mathematik in Halle, Chr. Wolff, zwei seiner Geräte, welche dieser 20 Jahre lang übereinstimmend gefunden hat. Von den 15 Thermometern, von denen aus dem Winter 1708/09 in sehr unterschiedlichem Umfang noch Messungen vorhanden sind, können höchstens die von Danzig und Königsberg als gleichartig angesehen werden. Die Abweichungen im Gang der Temperatur muß man auf die unbekannten unterschiedlichen Aufstellungen zurück-

führen (s. Abb. 1). Die Forderung nach Thermometern, die unter gleichen Bedingungen denselben Wert anzeigen, wird aber — wie bereits erwähnt — schon älter sein. Sie wurde sicher zuvor von Ferdinand II., Großherzog von Toskana, Mitte des 17. Jahrhunderts gestellt. Obwohl die Glasbläserkunst der Italiener damals in hoher Blüte stand, muß es wohl mehr als Zufall angesehen werden, wenn es schon zur damaligen Zeit gelungen sein sollte, zwei in ihrer Anzeige übereinstimmende Thermometer herzustellen.

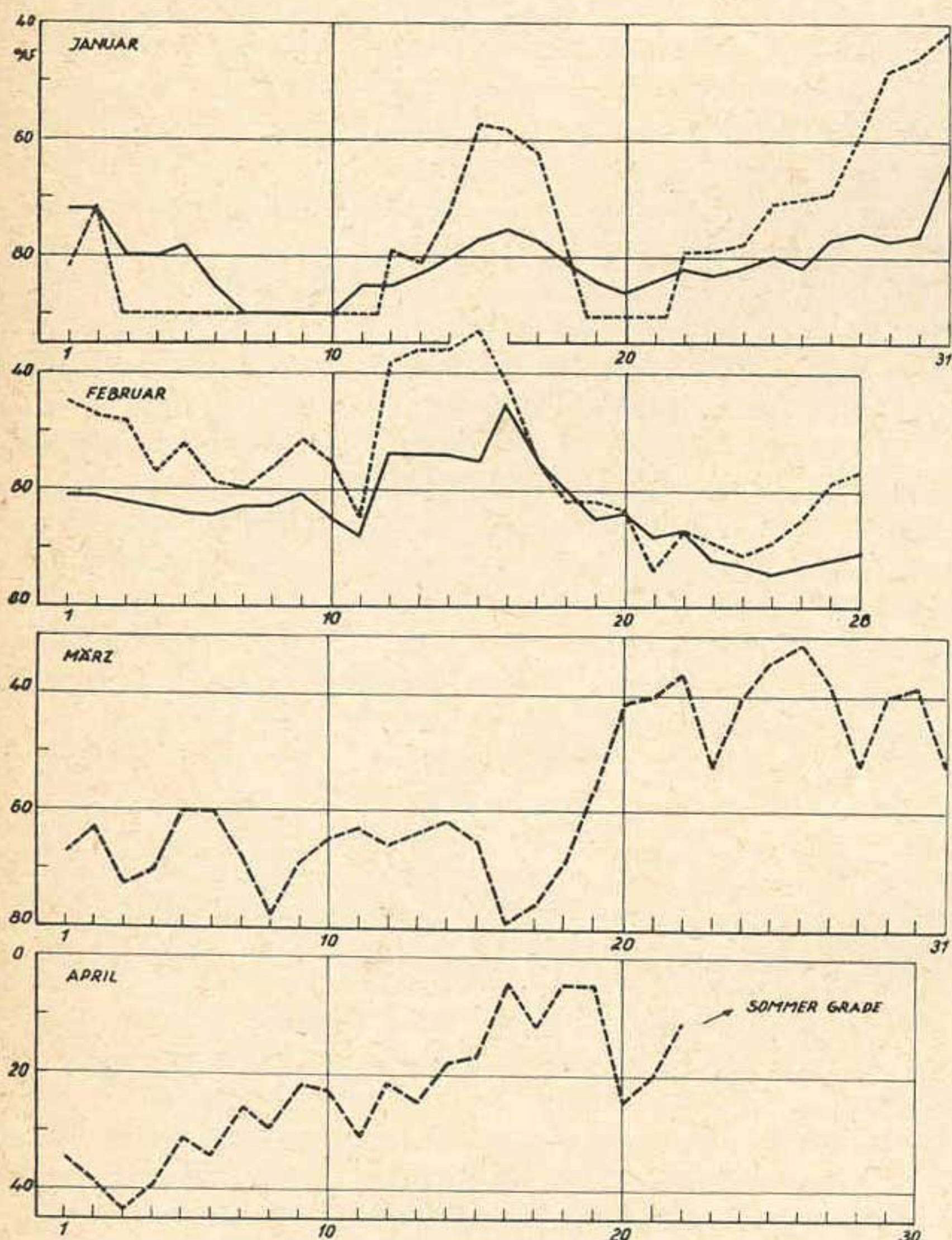


Abb. 1

Gang der 8-Uhr-Lufttemperaturen in Danzig — — —
und der Frühtemperaturen in Königsberg —
vom Januar bis April 1709 nach Originalwerten (s. Tab. 1)

Wenn die Florentiner Thermometer seit 1654 den mitteleuropäischen Markt beherrschten, dann wird es nach dem wenige Jahrzehnte später einsetzenden Verfall des Wohlstandes von Florenz bald mehr ein Verdienst der auf Wanderschaft gegangenen Zunft der Glasbläser als das der Academia del Cimento in Florenz gewesen sein. Daß Algöwer Anfang des 18. Jahrhunderts seine Geräte auf einem solchen Wege erstand, wurde bereits erwähnt. Noch 50 Jahre später waren Herstellung und Vertrieb eine Angelegenheit fliegender Händler. In welcher Weise der Verkauf vor sich ging, beleuchtet ein kleines Vorkommnis, das sich 1756 in Suppingen auf der Schwäbischen Alb, wenn auch bei einem Barometerkauf, ereignete und das Höslin (56, S. 3) schildert: „Ein Barometer, der zu den Beobachtungen gebraucht werden solle, muß über dem Merkur nicht die geringste Luft haben . . . Da ich vor 28 Jahren meinen Barometer kaufte, wollt ich den ersten, der mir angeboten wurde, auf bemeldte Art prüfen; allein der Italiener nam ihn mir schnell aus der Hand, und sagte: Herr, der ist nicht für Sie! Er brachte mir hingegen in einer Viertelstunde denjenigen, welchen ich noch brauche, und machte die Probe selbst“. Nur dadurch, daß einer dieser wandernden italienischen Glasbläser 1752 während seines Aufenthaltes in Göttingen erkrankte, konnte er für die Herstellung von Glasröhren von Thermometern und Barometern für die

Universität angeworben werden. Die meisten solcher Händler wollten aber ihr „Vitam ambulatoriam“ nicht mit einem „Vita sedentaria“ vertauschen (23, S. 148). Im Adreßkalender von Berlin für das Jahr 1757 finden wir auf Seite 142 folgende Notiz: „Herr Joseph Maggi verfertigt Barometer, Thermometer, Telescopien und zur experimental-Physik aus Glas geblasene Instrumente, wohnt in der Krausen Straße, in Hr. Baronouins Hause“. Der Name des Glasbläfers deutet darauf hin, daß auch hier einer der Schweizer oder italienischen Händler „hängen geblieben“ war.

2.2. Die in Deutschland verwendeten Thermometer

2.2.1. Königsberg

Prof. Heinrich von Sanden verdanken wir Temperaturmessungen mit einem „Florentiner“ Weingeist-Thermometer (7, S. 43), dessen Skala von der Mitte je 90° nach oben und unten zählte. Pfaff hat diese Bezeichnung für das Thermometer offenbar aus der Schrift von Prof. von Sanden übernommen (20, S. 24): „Nostrum fuit ex illorum genere, quae superne hermitice sunt sigillata et communiter Florentina dici solent“. An dieser Stelle wird außerdem gemeldet, daß die Skala des Thermometers nach oben und unten in je 90 gleiche Abstände unterteilt war. Aus einer weiteren Bemerkung geht hervor, daß er das Thermometer schon 1706 in Gebrauch hatte. „Anno 1706. d. 20. Iebruar. frigus maximum fuit grad. 67., anno 1707. d. 27. Januarii grad. 68. & anno 1708. d. 19. Febr. 64“ (20, S. 25). Die angegebene Skaleneinteilung wird auch durch die beigefügte Abbildung des Thermometers bestätigt (Abb. 2). Seine Grundform geht zweifellos auf das Florentiner Thermometer zurück. Auffallend ist nur die verwendete Skala. Sie entspricht eindeutig der des „Ancien Thermomètre von Fahrenheit. Auch van Swinden schließt aus einer Beobachtung Sandens, die in dem I. Band der Breslauischen Sammlung veröffentlicht ist, daß es sich um ein „Ancien Thermomètre“ von Fahrenheit gehandelt haben muß (35). Nach all dem, was wir über Fahrenheit wissen, kann er von Amsterdam aus kaum vor 1706 Thermometer verschickt haben.

Fahrenheit war im Jahre 1701 von Danzig nach Amsterdam gekommen, um — 15jährig — hier eine kaufmännische Lehre durchzumachen. Er tat es auch vier Jahre lang, gab diese Tätigkeit jedoch bald auf, um sich — also etwa ab 1705 — der Herstellung von Thermometern zu widmen. Wenn eines seiner Geräte tatsächlich bereits im Februar 1706 in Königsberg gebraucht worden wäre, müßten seine Thermometer sehr früh bekannt geworden sein. Da die Großeltern Fahrenheits aus Königsberg kamen, haben sicher noch Beziehungen nach dort bestanden. Nicht erst anläßlich seiner Reise nach Kurland im Jahre 1711 (3, S. 4), sondern schon früher wird er Königsberg besucht haben. Es besteht deshalb die Möglichkeit, daß das Königsberger Thermometer Fahrenheit bei der Herstellung seiner eigenen als Muster gedient hat.

Pfaff (7, S. 43 Anm.) bemerkt dementsprechend, van Swinden habe das Florentiner Thermometer in Königsberg durch ein Mißverständnis zu einem Fahrenheitschen gemacht.

Nach Mommers Ansicht (59) schließt sich die älteste Fahrenheitsche Skala an ein bestimmtes Florentiner Thermometer an. Dessen bis dahin willkürliche Skala soll von Fahrenheit so fixiert worden sein, daß er die Kälte des von ihm nach einem bestimmten Verhältnis hergestellten Gemenges von Schnee, Salz und Salmiak mit 90° AF unter Null und den Schmelzpunkt des Schnees mit 30° AF unter Null bezeichnete und daß er die so erhaltene Einteilung einmal bis zu seinem Nullpunkt und dann bis 90° AF über Null weiterführte. Aus den Kontakten, die zwischen Fahrenheit (Am-

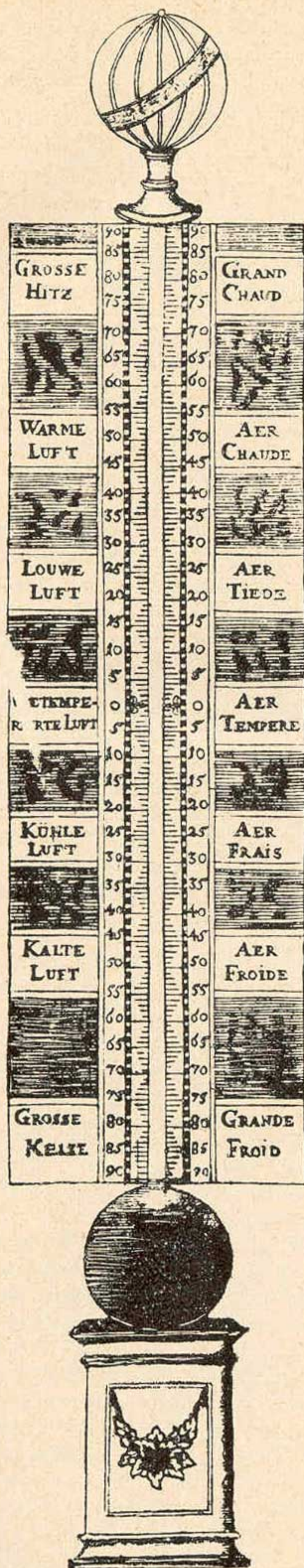


Abb. 2

Das Königsberger Thermometer nach von Sanden/Rast (20)

sterdam), Roemer (Kopenhagen), Krikart (Danzig) und Sanden (Königsberg) bestanden, kann man erwarten, daß Ansichten über die tiefsten zu messenden Temperaturen (90° AF unter Null = -18° C) ausgetauscht worden sind. Dieser Wert wird auch von Löwe als Tiefstwert des Winters 1708/09 angegeben (s. 1.4.).

Von der Aufstellung des Königsberger Thermometers ist nichts bekannt. Sie muß jedoch ungünstiger gewesen sein als die des Danzigers (s. 2.2.2.). Das vermutlich in einem Zimmer angebrachte Königsberger Thermometer soll den Wert von 90° AF = -18° C vier Tage lang angezeigt haben, was kaum möglich ist. Der tiefste

Wert muß vielmehr in Wirklichkeit wesentlich niedriger gelegen haben. Die in der Tabelle 1 aufgeführten Temperaturwerte des Januars und Februars 1709 für Königsberg wurden der Veröffentlichung von Sanden (20) entnommen und nach der Einteilung der Skala des „Ancien Thermomètre“ von Fahrenheit (3, Tab XII) umgewertet (Tab. 1—3).

2.2.2. Danzig

Hier wurden 1709 von einem gewissen Krikart (später Wilhelm Wilke) Beobachtungen mit einem alten Weingeist-Thermometer angestellt, dessen Einteilung von der Mitte 90° nach oben und unten zählte, also ebenfalls der eines alten Fahrenheitschen Thermometers entsprach (s. 2.2.1.) (8).

Auch van Swinden erwähnt ausdrücklich, daß die von Krikart gemessenen und später von Hanow veröffentlichten Werte mit einem ersten Fahrenheitschen Thermometer gewonnen wurden (3). Aus einer Bemerkung von Hanow aus dem Jahre 1753 geht das jedoch nicht so klar hervor: „Weil dieser Krikart solches Glas schon zwanzig Jahre vor 1709 soll gehabt haben, aber von 1708 nichts aufgeschrieben ist, scheint es zu Anfange des Frostes im Jahre 1708 von Fahrenheiten damals mit frischem Weingeiste gefüllet, und nach seiner Art eingerichtet zu seyn“ (8, S. 693). Soweit also die Vermutung Hanows. Von einem Besuch Fahrenheits im Jahre 1708 in Danzig ist nichts bekannt. Sollte etwa das Danziger Thermometer wie das Königsberger schon lange vor 1709 eine Einteilung wie das spätere „Ancien Thermomètre“ von Fahrenheit gehabt haben?

Dieses Gerät war nach Pfaff (7) und Hanow (8) wegen der Richtigkeit seiner Anzeige berühmt. Wilke, der das Thermometer noch 1740 verwendete, hat es aber Hanow nicht gezeigt: „Das Glas selbst aber, und den Ort, wo es steht, hat er nicht sehen lassen“ (8, S. 668). Hanow stellte fest, daß die Fahrenheitschen Wettergläser 25 zeigen, wenn es taut. Diese Bemerkung trifft für das „alte Thermometer Fahrenheits“ nur insofern zu, als dem Wert von 25 AF nach van Swindens Tabelle etwa 1.6° C entsprechen (30° AF = 0° C). Bei einem Vergleich der tiefsten Temperaturen des Winters 1708/09 mit denen des Winters 1739/40 geht Hanow 1753 davon aus, daß sie im ersten Winter in Danzig — nach seinem Bericht von Roemer (Kopenhagen) und Fahrenheit — in freier Luft gemessen worden sind. Eine Bestätigung hierfür kann man aus der Gegenüberstellung der beiden Meßreihen von Danzig und Königsberg vom Januar und Februar 1709 (s. Abb. 1) entnehmen. Sie zeigt in einzelnen Abschnitten eine geringere Amplitude im Gang des Königsberger Thermometers, was wir wohl mit Sicherheit als Folge einer geschützten Anbringung ansehen können. Der günstige Aufstellungsort des Danziger Thermometers im Jahre 1709 könnte auch aus einem anderen Vergleich hervorgehen, sofern der spätere Besitzer des Krikartschen Hauses, Wilhelm Wilke, das Thermometer an seinem alten Platz belassen hat. Der Mennonist Wilke führte seine Messungen noch im Winter 1739/40 durch, als auch Hanow bereits mit seinen Ablesungen begonnen hatte. Der Aufstellungsort des Hanowschen Thermometers ist uns hingegen bekannt: „Diese Fenster, daran die Thermometer auswendig an den Windeisen fest gebunden sind, stehen an der Mitternacht Seite, werden also von der Sonne fast nie beschienen, als wenn im Frühlinge oder Herbst wenige Tage kurz vor dem Untergange oder nach dem Aufgange ihre Strahlen durch den Häusern eine halbe Stunde lang drauf spielen“ (8, S. 633). Der Beobachter Wilke hat sein Thermometer morgens um 8 Uhr abgelesen, Hanow seine Thermometer (außer diesem noch andere mit verschiedener Skaleinteilung und Füllung) alle sechs Stunden. Von diesen

wird er für den Vergleich sicher die mit seinem alten Fahrenheitschen Thermometer gewonnenen Morgenwerte herangezogen haben, denn die beiden Meßreihen (8, S. 665 u. 673) stimmen gut überein, wenn auch Hanow meint (8, S. 669): „... so hat das Wilkische Wetterglas noch immer eine nähere Verwandtschaft mit der vorigen Luft, als meines“. Wilke konnte vom 10. bis 12. Januar 1740 unter 90° AF nichts mehr ablesen, da seine Skala nicht weiter reichte. (Ähnlich war es wohl 1709 vom 4. bis 9. Januar. Auch die Skala des Königsberger Thermometers endete bei 90° AF). Abgesehen von diesen Tagen und den größten Abweichungen von $+16$ und -11° AF, die vielleicht Ablese- oder Druckfehler sind, betragen die Unterschiede nur wenige Grad der 180er Einteilung (zwischen -18° bis $+36^{\circ}$ C). Wichtig erscheint mir hiernach, daß zwischen Danzig und Königsberg ein gewisser Kontakt bestanden haben muß, der eine rohe Gleichsetzung der unteren Fixpunkte zuläßt.

Die Ansicht Hanows, Roemer und Fahrenheit hätten im Winter 1708/09 das Danziger Thermometer abgelesen, geht wohl auf Boerhave zurück, der in seiner „Elementa Chemiae“ berichtet, Roemer habe in Danzig im Jahre 1709 beobachtet, daß die Temperatur bis zum ersten Grad des Thermometers gesunken sei, welches er selbst erfand. Die Kälte wäre also bis 32° unter den Gefrierpunkt gekommen (58). Das würde bedeuten, daß die Einteilung des „Nouveau Thermomètre“ von Fahrenheit 1709 in Danzig schon verwendet worden sein müßte. Die von Danzig veröffentlichten Werte (8) sprechen aber eindeutig für das „Ancien Thermomètre“. Van Swinden bezweifelt die Richtigkeit dieser Mitteilung Boerhaves ebenfalls. Roemer, der 1710 starb, war in den letzten Lebensjahren kränklich. Auch der Aufenthalt Fahrenheits in seiner Heimat im Winter 1708/09 ist, wie bereits erwähnt, urkundlich nicht belegt (59). Die Besuche beider in Danzig müßten zu einer Zeit stattgefunden haben, in der die östlichen Länder Ende 1708 von einer verheerenden Pest heimgesucht wurden. Offen bliebe dann allerdings die Frage, wer das Thermometer, welches 1708 wohl außer Betrieb war, wieder instand gesetzt hat. Die Danziger Temperaturwerte des Winters 1708/09 hat uns Hanow in seinen „Seltenheiten der Natur und Oekonomie“ (8) mitgeteilt. Löwe übernahm als tiefste Temperatur des Winters 1708/09 90° AF unter Null = -18° C. Dieser Wert wurde von Krikart für neun aufeinander folgende Tage angegeben, und zwar deshalb, weil bei ihm die Skala endete. Der Tiefstwert muß auch hier wesentlich niedriger gelegen haben.

Für das Thermometer von Krikart wurden wie für das von Sanden diejenigen Werte für die Fixpunkte zugrunde gelegt, die van Swinden für das „Ancien Thermomètre“ von Fahrenheit angibt (Tab. 2 und 3).

2.2.3. Kiel

Es wurde bereits erwähnt, daß die ältesten deutschen instrumentellen Beobachtungen von Samuel Reyher stammen. Die Anregung zu solchen Beobachtungen ging von Mariotte aus; Leibniz hatte sie am 12. August 1679 in einem Brief an Reyher vermittelt. Dieser besaß schon damals durch seine Schrift „De Aere“ (109) in der Meteorologie einen Namen. Er griff die Anregung sofort auf und führte bis zum Jahre 1713 ohne Unterbrechungen meist mehrmals täglich Beobachtungen durch.

Es sind uns aber neben den insgesamt 181 Temperaturmessungen aus 30 Wintern (2), von denen 38 auf den Winter 1708/09 entfallen, hauptsächlich von dem Doktoranden Reyhers, Albert Meyer aus Bremen, 141 vollständige Beobachtungen aus der Zeit vom 13. Fe-

bruar 1680 bis zum 17. Januar 1681 überliefert worden (86). Sie umfassen Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und allgemeine Witterungsangaben. Neun weitere Beobachtungen aus den Jahren 1694 bis 1697, die in einer anderen Veröffentlichung Reyhers (85) wiedergegeben wurden, weisen das gleiche Beobachtungsprogramm auf. Man kann hieraus wohl schließen, daß es auch bis zum Jahre 1713 beibehalten wurde. Bei van Swinden (3) ist das Thermometer Reyhers nicht beschrieben worden. Wie bei den meisten alten Thermometern reicht auch beim Reyherschen die Beschreibung nicht aus, um eine vollständige Rekonstruktion vornehmen zu können. Den Wintertemperaturen von 1679/80 bis 1708/09 schickt Reyher nur folgende Erläuterungen voraus (2, S. 379): „Ut ederentur, nupera hyems admonuit, quam non facile alia frigoris acerbitate vicerit. Usus est Reiherus Thermometro vitreo, hermetice sigillato, quod spiritum vini, rubro colore tinctum, continet. Sphaera ejus duorum pollicum diametrum habet; collum in centum aequales partes seu gradus divisum est & quivis gradus in quatuor quadrantes subdivisus. Ubi nulla, vel 0, ponitur, indicatur maximum frigus; ubi 100, maximus calor“.

Die technischen Daten des Thermometers sind also völlig unzureichend, vor allem ist die Zusammensetzung des Alkohols unbekannt. Die angegebenen Fixpunkte bleiben unbestimmt, da nicht gesagt wird, wie die größte Kälte ermittelt wurde — ob mit einer Kältemischung oder aus tiefen Temperaturen vorangegangener Winter. Auch über das Ausmaß der größten Wärme besteht keine Klarheit. Ein weiterer Hinweis über die Beschaffenheit des Thermometers befindet sich in seiner Arbeit über den Einfluß der Kälte auf die Zusammensetzung des Seewassers (85, S. 13).

„Ratione Thermoscopii notandum, illud, quo ego usus sum, dividi in 100 gradus, graduumque quadrantes: quando ergo liquor thermoscopicus in globulo ita contractus est, ut nullum attingat gradum, tum summum indicat frigus: si autem ad 45. gradum fuerit dilatatus, significat aerem temperatum, &c.“

Aus dieser Bemerkung ergibt sich ein weiterer Fixpunkt, nämlich der der gemäßigten Wärme. Er hilft, die Skala des Thermometers wenigstens annähernd zu bestimmen. Als gemäßigte Wärme war ja im 17. Jahrhundert die fast gleichbleibende Temperatur in den Kellern des Observatoriums von Paris angesehen worden, die zugleich die Temperatur sein sollte, die etwa zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche herrschte. Sie beträgt nach Renou 11.7° C (5, S. 31). Als mittlere Jahrestemperatur von Paris (1874 bis 1923) wurden 10.2° C berechnet. Auf welche Weise hat nun aber Reyher seinen Wert für die gemäßigte Lufttemperatur ermittelt? Wir wissen heute, daß das Jahresmittel für Kiel (1881 bis 1930) 2.6° C tiefer liegt als das von Paris. Ein solcher klimatischer Unterschied wurde gefühlsmäßig sicher auch schon damals erfaßt. Es bleibt also nur die Annahme, daß Reyher nach französischem Muster in tiefen Kellern gemessen hat. Wie hoch hier die Temperatur war, können wir nachträglich nicht mehr feststellen.

Einen Schritt weiter hilft uns die Bemerkung des Doktoranden Albert Meyer über das Thermometer Reyhers (86, S. C 3):

„Nunc quaeritur qualis graduum distributio adhibenda sit.“

I. Communiter Tubulum, per quem liquor ascendit & descendit, in partes aequales dividunt, ita Thermoscopium Florentinum ab Hubinio praeparatum, in 100 partes, ac quaelibet pars in duos semisses divisa est, quam Dn. Reyherus hactenus in suis observationibus retinuit“. Hier wird also darauf hingewiesen, daß das Reyhersche

Thermometer auf Hubin zurückgeht. Martine bezeichnet die von Hubin gebauten Thermometer als die „Anciens Thermomètres de Paris“ (3 S. 247): „M. Hubin fut employé en France pour en construire à l'usage de l'Académie des Sciences. Mais il y a apparence qu'il ne les construisit point tous de la même manière; nous trouvons dans les Écrits des Missionnaires des Indes, des observations faites avec deux de ces Thermomètres qui étoient, disent-ils, gradués fort bas. Quoiqu'il en soit, nous pouvons en déterminer la construction, à la faveur d'un Mémoire de M. Amontons, où il désigne cet instrument sous le nom d'ancien Thermomètre. Le degré 25 y répond au terme de la glace, & le degré 50 à la température des caves de l'Observatoire, qui est le 53^{me} degré du Thermomètre de Fahrenheit. Ainsi, la comparaison entière du Thermomètre est fort aisée. Voy la Table N.° I, IV“ (83, S. 47).

In dieser Tafel gibt Martine u. a. einen nomographischen Vergleich der Skalen Hubins und Fahrenheit's. Wenn 50° des Thermometers von Hubin 53° F = 11.7° C entsprechen, dann könnte bei gleicher Bauweise die gemäßigte Temperatur in Kiel von 45°, wenn man die Jahresmittel zum Vergleich heranzieht, auch etwa um 2.6° niedriger gelegen haben.

		Jahresmittel	Gemäßigte Temperatur
Paris	1874 bis 1923:	10.2° C	11.7° C
Kiel	1881 bis 1930:	7.6° C	9.1° C
Paris — Kiel		2.6° C	2.6° C

Einen besonderen Wert für die Ermittlung der Skala des Reyherschen Thermometers stellen nun die überlieferten Beobachtungen aus dem Jahre 1680 dar (86). Sie ermöglichen insbesondere eine Gegenüberstellung der Temperaturwerte und der Niederschlagsformen in der Umgebung des Gefrierpunktes. Das setzt allerdings voraus, daß das Thermometer im Freien an einem für Messungen geeigneten Platz angebracht war. Eine solche Angabe fehlt zwar, aber aus einer Bemerkung Reyhers in seiner Schrift „De Aere“ (109, Kap. VII) kann man schließen, daß er sich über den Einfluß des Aufstellungsortes im klaren war: „Nec etiam thermometra in locis apricis sunt statuenda, ubi calor intensissimus est, sed in locis opacis, ubi aequalis reperitur temperies“.

Zur Zeit der Anzeige des Reyherschen Thermometers zwischen 24 und 28° herrschte folgender allgemeiner Witterungszustand:

		Grad Reyher											
Tag	Uhrzeit	24 ^{3/4}	25	25 ^{1/2}	25 ^{3/4}	26	26 ^{1/4}	26 ^{1/2}	26 ^{3/4}	27	27 ^{3/4}	28 ^{1/2}	28 ^{3/4}
1680													
17. 2.	12			heiter									
18. 2.	18		heiter										
21. 2.	18											heiter	
22. 2.	12												Regen droh.
4. 3.	9									dichter Schnee	Regen		
	22										Regen		
5. 3.	8	Glatteis											
9. 11.	22												Schnee drohend
21. 11.	19				heiter								
					Glatteis								
1681						bedeckt							
9. 1.	24					heft. W-Wi.							
10. 1.	23						Regen drohend						
13. 1.	20								heftiger N-Wi.				

Unter 24° wurde kein Regen, über 28° kein Schnee beobachtet.

Diese Darstellung bestätigt, daß der Gefrierpunkt wie bei Hubin auch am Reyherschen Thermometer bei 25° gelegen haben muß. Hieraus ergibt sich für die „maximum frigus“ ein Wert von —11.7 und die „maximum calorem“ ein Wert von 35.1° C. Die gemäßigte Wärme von 45° Reyher würde sich aus dieser Einteilung zu 9.3° C in Kiel ergeben und damit um etwa denselben Betrag geringer sein als der Unterschied der Jahresmittel von Paris und Kiel.

Unkontrollierbar bleiben die Ungenauigkeiten des Thermometers, die durch Unregelmäßigkeiten der Kapillare und durch die unbekannte Zusammensetzung des Weingeistes bedingt sind. Auch der Alterungsprozeß des über 30 Jahre in Gebrauch gewesenen Thermometers entzieht sich einer Prüfung. Für eine weitgehend lineare Ausdehnung würde die Ausweitung am oberen Ende der Kapillare sprechen, die an den beiden letzten der in Meyers Dissertation abgebildeten Thermometern

zu erkennen ist. Daß die Thermometer Hubins nach dem Urteil der Missionare, welche solche Geräte nach Indien mitnahmen, nicht einheitlich anzeigten (3, S. 248), ist wohl nach dem Stand der damaligen Technik nicht verwunderlich.

Aus den Messungen des Jahres 1680/81 greifen wir zur Prüfung der zu wechselnden Terminen angestellten Messungen zunächst die Extremwerte heraus. Am 23. Dezember 1680 wurden um 6 Uhr morgens 3^{1/2}° Reyher = —10° C gemessen (p ist nach den vier Messungen dieses Tages wohl ein Druckfehler; es muß a heißen, wie die Veröffentlichung der Messung zum gleichen Termin in (2) bestätigt). Um 7 Uhr dieses Tages wird kein Wert angegeben, sondern nur „Frigidissima tempestas“. Es muß damit an diesem Tage der Nullpunkt der Reyherschen Skala (—11.7° C) erreicht oder unterschritten worden sein. Das tiefste Minimum des Dezembers betrug in den Jahren 1881 bis 1930 in Kiel —13.0° C. Das zeitliche Vorkommen dieses Tiefstwertes vor dem Eintreffen der Weihnachtsdepression des Jahres 1680 ist im übrigen interessant (86, S. E 3):

Dec.	Hor.		Barosc.	Ther.	Hygros.	Vent.	Tempest.
21.	6p.	28.	6.0	5.3	7.0 H	O Len.	Nebula.
23.	6(p)a		2.2	3.2	9.5	SO	SSN
	7a				Frigidissima tempestas		
	12m		1.3	4.2	8.5	SO	S
	10p	27.	11.2	4.0	11.0	—	SSN egelid.
24.	7p	27.	8.1	12.0	19.3	StW	Nivos.
25.	10p		4.2	18.1	43.0	S	N
27.	6p	28.	3.1	19.3	25.6	NO veh	N
28.	9a		5.2	21.0	33.0	OtN	Nivos.

Der höchste aus dem Jahre 1680 mitgeteilte Wert (80° Reyher = 25.7° C) wurde am 20. Juni um 18 Uhr gemessen. In den Jahren 1949 bis 1958 erreichte bzw. überschritt die Lufttemperatur in Kiel 25° C zu diesem Termin im Mittel einmal; in vier der genannten zehn Jahre wurde dieser Schwellenwert nicht erreicht. Der höchste um 18 Uhr gemessene Wert betrug 26.7° C. Der zweithöchste aus dem Jahre 1680 überlieferte Wert von 76° Reyher = 24° C trat um 14 Uhr auf. Ganz abgesehen davon, daß die von Meyer veröffentlichten

Beobachtungen eine Auswahl aus den Ephemeriden Reyher's sind, konnten mit dem zwei Daumen breiten Thermometergefäß sicher nicht alle Spitzenwerte der Lufttemperatur erfaßt werden. Im Mittel der Periode von 1881 bis 1930 wurden 25° C in Kiel jährlich an fünf Tagen überschritten. Die Annäherung ist deshalb zufriedenstellend. Auf eine etwaige Verzögerung deuten auch die Messungen am 8. und 9. Januar 1681 beim Abschluß der 44tägigen Frostperiode (86, S. E 3) hin:

Jan.	Hor.	Barosc.	Ther.	Hygros.	Vent.	Tempest.
7.	10 p.	—	9 ¹ / ₄	—	—	— (2)
8.	11 p	28. 1.2	16.2.	35.1 H	Egelid.	Incrust. pariet.
9.	12 p	27. 8.1	26.0.	144.0 H	W Veh	N

Am 8. Januar 1681 war also um 23 Uhr eine Frostmilderung eingetreten (egelidus = entkältet); am Thermometer wurden zu diesem Zeitpunkt noch —4° C abgelesen. Da die den Frost am stärksten haltenden Mauern eine „Inkrustierung“ mit Eis aufwiesen, wird die Lufttemperatur wohl schon über 0° C gewesen sein und eine Verzögerung in der Anzeige des Thermometers vorgelegen haben.

Die unter „Tempestas“ von Reyher verwendeten Abkürzungen bedeuten (86, S. D 4):

- „S: Serenissimum caelum simplici
- SSN: Serenum quidem, ast paucis aliquibus nubibus turbatum
- N: Nubilum sive nubibus obductum simplici
- Nivosa: Nivem imminentem“.

Die zwischen Punkte gesetzten Zahlen der Reyher'schen Temperaturwerte stellen Viertelgrade dar.

Nach diesen Darstellungen ergibt sich für die Skala des Reyher'schen Thermometers die in Tabelle 2 wiedergegebene Umrechnung. Nach ihr wurden die 38 Werte des Winters 1708/09 ermittelt (Tab. 3). Im übrigen müssen die von Mariotte gebrauchten Thermometer im Prinzip ebenso wie die Reyher'schen beschaffen gewesen sein (vergl. 1.3.). Auch Hanow hat später die alte Fahrenheit'sche Einteilung ähnlich abgewandelt (3). Mariotte hat als Initiator die Beobachtungen höchstwahrscheinlich mitgeteilt bekommen; er starb allerdings schon 1684. Es ist trotzdem nicht ausgeschlossen, daß die übrigen Werte der Reyher'schen Beobachtungen in Frankreich oder Deutschland irgendwo noch existieren.

2.2.4. Hamburg

Hier beobachtete der Mathematiker Mentzer (oder Menzer), von dessen Thermometer Pfaff (7, S. 40) nur wußte, daß seine Skala in 90 Teile eingeteilt war, die von oben nach unten gezählt wurden und — wie Hanow (8) erwähnt — „in eins weg“ gezeichnet waren. Diese Anmerkung kann aber nicht bedeuten, daß die Einteilung linear war, denn Mentzer selbst berich-

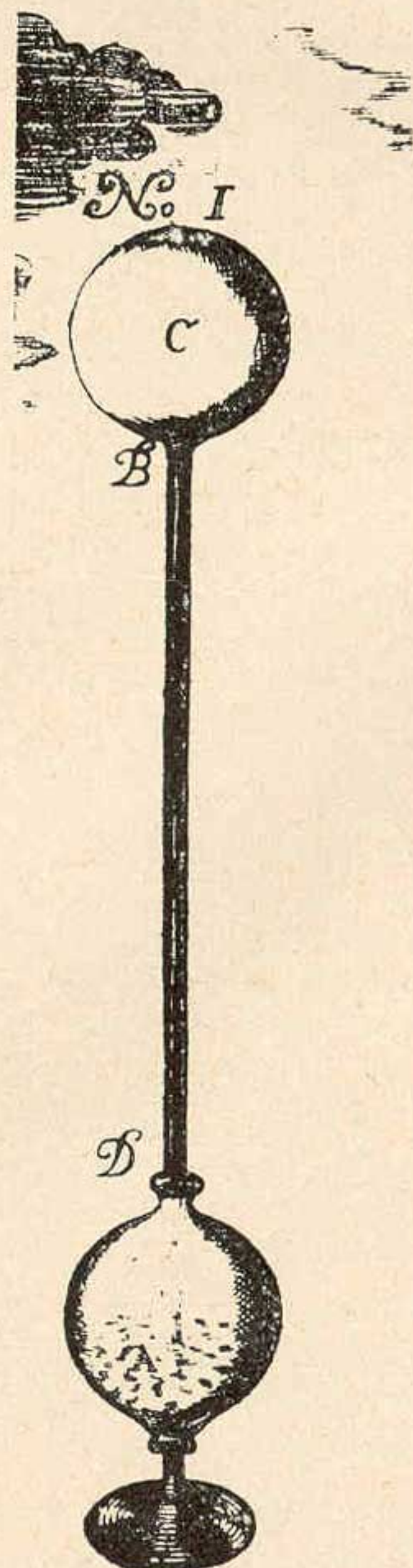


Abb. 3
Das Hamburger Thermometer nach Mentzer (9)

tet (9, S. 10), sein Wetterglas sei „mit grosser Sorgfalt und wiederholter Ausrechnung in 90, und zwar oben hin ungleiche Theile oder Gradus eingetheilet“ worden. Er gibt in dieser Schrift auch an, sein Thermometer sei

in Hamburg nach dem Muster der holländischen Thermometer angefertigt worden, von denen er eine Abbildung beifügt. Er hat es Ende 1708 mit blauem „Liqueur“ gefüllt und den Stand im folgenden Winter mehrmals täglich abgelesen. Die holländischen auf Drebbel zurückgehenden Geräte waren Luftthermometer. Die in der unteren Kugel enthaltene und zur Anzeige dienende Flüssigkeit (Abb. 3) stieg mit zunehmender Kälte in einem engen Rohr hoch. War es nicht lang genug, erreichte sie an einigen dieser Geräte die obere mit Luft gefüllte Kugel. Pfa ff (7) nimmt wegen der 90°-Einteilung an, daß es sich um eine Fahrenheitsche Skala gehandelt hat. Ein Fahrenheitsches Thermometer mit einer von oben nach unten verlaufenden Einteilung ist von van Swinden (3) nicht angegeben. Die Umrechnung von Pfa ff (7) konnte deshalb nicht übernommen werden. Da offenbar dieses Gerät bei D in Abb. 3 nicht fest verschlossen war, ist wegen des Eingangs der Schwankungen des Luftdruckes, die gerade im Winter 1708/09 nicht unerheblich waren, und der gleichzeitigen Ausdehnung bzw. Zusammenziehung des blauen Liqueurs eine Bestimmung der Werte durch direkten Vergleich mit Einzelwerten von Nachbarstationen nur bedingt möglich.

Folgende Episode mag die damaligen Unsicherheiten der Temperaturbestimmung beleuchten: Prof. Mentzer waren durch die Mitteilung, daß die Kälte am 10. und 11. Januar 1709 in Hamburg nach Angabe dortiger Wettergläser ebenso groß wie in Grönland gewesen sein soll, Zweifel an der richtigen Anzeige dieser Geräte gekommen. Er richtete in seiner kleinen Schrift (9, S. 6) an die Leser die Bitte, „Seine, nach stillem vollbrachten Nachsinnen, daraus geschöpfte Dubia, mit mir vertraulich zu conferiren“. Zwei Vergleiche mit der Winterkälte in Stockholm und Hamburg, und zwar das Anfrieren eines Fingers an einen Schlüssel und einer Zunge an einen Kirchenleuchter, hatten ihm das gleiche Ausmaß der Kälte bestätigt! Der dritte Versuch aber, daß wie in Stockholm „Eines vom sechsten Stockwerk herunter speienden Menschen Speichel, auf einem harten Stein in der Strassen in Stücken fallen“ würde, ist ihm in Hamburg im Winter 1709 nicht gelungen „ob es gleich mehr als 20 mahl probiret worden“ (9, S. 13). Mentzer hat einige Hamburger Temperaturwerte des Winters 1708/09 selbst veröffentlicht. Sie wurden nach einer weiteren Veröffentlichung in der „Breslauer Sammlung fürs Jahr 1718“ ergänzt. Für die Umrechnung der Werte in Tabelle 2 wurde eine lineare Einteilung zwischen 90° Mentzer = -17°C und 0° Mentzer = 36.5°C zugrunde gelegt. Da es sich überwiegend um Frostwerte handelt, bestehen wegen der in diesem Bereich vorhandenen ungleichen Skala größere Unsicherheiten. Nach Löwe (1.4.) beträgt der tiefste gemessene Wert von 86.5° Mentzer allerdings ebenfalls -15°C .

2.2.5. Berlin

Seit Grischow (1740) und van Swinden (1778) ist uns bekannt (34, 3), daß in Berlin von der Astronomenfamilie Kirch Wetterbeobachtungen angestellt worden sind. Sie umfassen den Zeitraum von 1677 bis 1773. Von diesen Beobachtungen sind aber nur wenige Temperaturwerte in die Literatur eingegangen (34, S. 313), und van Swinden mußte seine Betrachtungen über das Thermometer, welches Gottfried Kirch bis 1709 benutzte, mit der Bemerkung abschließen „... nous ne connoissons aucune autre observation faite avec ce Thermomètre, que celle du grand froid, qu'on éprouvé à Berlin en 1709“ (3, S. 212). Wir wissen, daß Kirch sich noch zu Lebzeiten bemüht hat, seine Beobachtungen zu veröffentlichen. Wegen der vielen, hierzu erforderlichen teuren „Kupfer“ war dies auch nach seinem Tode nicht möglich (98, S. 143). Seine Aufzeichnungen (1677 bis 1710) wurden zwischen 1740 und 1750 von Delisle aufgekauft. Wir finden hierüber bei Bi-

gourdan (84, S. F 2 u. F 3) folgende einleitende Bemerkungen: „Pendant son (Delisles) séjour en Russie, qui dura vingt et un ans (1726—1747), il continua d'enrichir sa bibliothèque, et, payant largement, il obtint des copies collationnées d'observations quand il ne pouvait acheter les originaux: c'est ainsi qu'il put faire copier et traduire en latin les observations de G. Kirch; plus tard d'ailleurs, après la mort de son fils Chr. Kirch (1740), il acheta des soeurs de celui-ci les registres originaux eux-mêmes, la correspondance, etc. de Kirch le père; et il s'en fallut de peu qu'il n'obtint de même les journaux d'observations de Kirch le fils . . . De retour en France, il échangea toutes ses collections, tant géographiques qu'astronomiques, contre une rente viagère et le titre d'astronome de la Marine: c'est ainsi que les livres et les manuscrits de Delisle passèrent; vers 1750, au Dépôt de la Marine“.

Bis zu diesem Jahre reicht auch der wichtigste Teil der Beobachtungsreihe von Gottfried Kirchs Tochter Christine, die nach dem Tod ihrer Mutter Maria-Margaretha (gest. 1720) von 1730 ab an Stelle ihres Bruders die Fortführung der Tagebücher übernahm. Unter dem 23. Juli 1747 finden wir die Eintragung: „Mons. de l'Isle aus Petersburg bey uns mit H. Professor Euler“ und zwei Tage später: „Mons. et Madame de l'Isle bey uns gewesen“. Christine lebte zusammen mit ihrer Schwester Margaretha. Es ist wohl anzunehmen, daß Delisle bei dieser Gelegenheit die Tagebücher Kirchs von den beiden Schwestern erwarb. Die Tagebücher ihrer Mutter, ihres Bruders und ihre eigenen hat Christine Kirch behalten und bis 1773, wenn auch mit Unterbrechungen und unter ungünstigeren Bedingungen, weitergeführt. Die mit dem Jahre 1697 beginnende Reihe der Tagebücher der Mutter Maria-Margaretha, des Sohnes Christfried (nur einzelne Jahre zwischen 1720 und 1730) und der Tochter Christine besitzen wir ebenfalls nicht mehr. Hellmann stellte 1892 fest, daß sie in einem Katalog der Bibliothek des Königlichen Observatoriums von Edinburgh aufgeführt waren. Sie befinden sich dort noch heute. Auf welchem Wege sie nach Edinburgh gekommen sind, ist unklar. Hellmann hat lediglich feststellen können, daß sie von einem Lord Crawford (al. Lindsay geb. 1812) aufgekauft wurden. Er hat nur von den Jahren 1700 und 1701 Abschriften von diesen Aufzeichnungen erhalten und sie im Jahre 1893 veröffentlicht (51). Da Mädler die Temperaturwerte der Jahre 1719 bis 1751 im Jahre 1843 verarbeitet hat (99), müßten sie sich bis dahin noch in Berlin befunden haben. Dem steht eine Bemerkung van Swindens entgegen, der im Jahre 1800 mitteilte (35, S. 349): „je possède en outre le journal manuscrit de M. Kirch, continué après sa mort par sa veuve . . .“. Sofern es sich nicht um Abschriften handelt, muß angenommen werden, daß die Aufzeichnungen Ende des 18. Jahrhunderts in Amsterdam gelegen haben. Die Bemerkung van Swindens stimmt allerdings nicht ganz, denn Maria-Margaretha Kirch hat schon vor dem Tode ihres Mannes und unabhängig von ihm ab 1697 ein eigenes Tagebuch geführt. Durch Vermittlung des „Meteorological Office“ in London ist es dem Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes im Jahre 1959 gelungen, einen Film der in Edinburgh wiedergefundenen Tagebücher zu bekommen. Und das Observatorium in Paris fertigte Ende 1962 freundlicherweise — zunächst für die Jahre 1696 bis 1710 — einen Film der Tagebücher Gottfried Kirchs an. Sie waren offenbar nach der französischen Revolution vom „Dépôt de la Marine“ zum „Observatoire de Paris“ verlagert worden. Ein Vergleich der Tagebücher der beiden Beobachter zeigt, daß sich Maria-Margaretha Kirch im wesentlichen auf allgemeine Schilderungen des Witterungsverlaufs beschränkt hat. Von Gottfried Kirch wurden neben kurzen Charakterisierungen des jeweiligen Tageswetters vor allem die Temperaturmessungen

und der Witterungszustand zur Zeit der Ablesung eingetragen. Es sind, wie auch später von Christine, keine festen Beobachtungstermine eingehalten worden. Gottfried Kirch hat aber sein Thermometer nicht selten 15mal am Tage abgelesen, zum Teil in Abständen von einer halben Stunde. Die bevorzugte Zeit der Messungen waren die Früh- und Morgenstunden. Im Hinblick auf den Winter 1708/09 interessieren vor allem die in Berlin angestellten Beobachtungen.

Der damals bedeutendste deutsche Astronom Gottfried Kirch war im Jahre 1700 an die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin berufen worden. Nach seinem Umzug von Guben nach Berlin wohnte er zunächst mit seiner Familie in „einem gar engen Häußchen, allwo Er gar wenig wegen Unbequemlichkeit observieren konnte“. Im April 1701 zogen sie in ein anderes Haus in der Dorotheen-Stadt. Mit dem Jahre 1702 nehmen dann die Eintragungen von Temperaturwerten erheblich zu. Sie wurden vom 3. August 1704 bis zum 7. September 1705 wegen einer lebensgefährlichen Erkrankung Gottfried Kirchs unterbrochen. Auch Maria-Margaretha hat in dieser Zeit nichts aufgeschrieben. Im April 1708 bezogen die Kirchs dann im Astronomenhaus, schräg gegenüber dem Observatorium, eine noch günstigere Wohnung. Es ist nicht genau festzustellen, ob zu dieser Zeit das Thermometer schon auf dem nahezu fertigen Observatorium oder am Wohnhaus angebracht war, vermutlich aber am letzteren, denn wir finden unter dem 4. April 1708 die Notiz: „Einzug in das neue Haus. Folgende Observationes sind im neuen Haus geschehen“. Über die Aufstellung im Jahre 1709 berichtet uns Grischow (34, S. 313): „Anno igitur 1709 Thermometro B. Godofr. Kirchii notabatur ab ipsomet tum temporis adhuc superstite Societatis nostrae Astronomo Clarissimo liquoris descensus maximus in aere liberrimo septentrionem versus, die 10. Jan. H. 8. a. m. ad gr. 5 . . .“

Die Aufstellung des Thermometers vom April 1708 bis zum April 1709 muß der in den vorangehenden Jahren ähnlich gewesen sein. Wir kennen zwar die Lage des Hauses nicht, in dem Kirch zuvor gewohnt und beobachtet hat. Wir wissen nur, daß sein Besitzer Melchior hieß und die Frau Bürgermeisterin Schultesius und Leutnant Gilbert (sic.) Mitbewohner des Hauses waren. Kirch hat aber bei der Durchführung seiner Messungen über die Aufstellung des Thermometers Überlegungen angestellt, die für die Beurteilung der Ergebnisse von Bedeutung sind. Ich möchte ihn deshalb selbst sprechen lassen:

25. Okt. 1702: „Diesen Abend um 9 Uhr geschahe jählings . . . ein starckes Schlagen von außen ans Fenster, daß wir alle erschrecken und ich zurücke prällete vermeynende, daß etwan böse Leute von der Gasse mit Steinen dran schmeißen . . . Wie dieses nun zugehet, können wir nicht wissen. Dran schlagen kann kein Mensch, denn die Stube ist nicht im ünstersten, sondern im mittelsten Stocke.“

9. Okt. 1703: „ . . . NB. Ich verwunderte mich warum das Wetter von 6³/₄ (Uhr) v. bis 7¹/₄ (Uhr) v. um ein Grad gestiegen, und hernach in einer Stunde um 1¹/₂ Gr. wieder gefallen. Aber nun mercke ich woher es kömmt. Die Stube liegt gegen Süden, da sie im Tage durch die Sonne erwärmet wird. Die Kammer (in deren Fenster das Thermometer hängt) aber gegen Norden, da die kalte Luft in der Nacht sie, durch das offene Fenster, allwo das Wetterglaß hängt viel mehr erkältet hat. Ich hatte aber, von 6³/₄ (Uhr) v. bis 7¹/₄ (Uhr) v. die Kammer-Thüre sperr weit offen, da ist die Wärme aus der Stube in die Kammer gedrungen und hat das Wetter so geschwind steigend gemacht. Von 7¹/₄ (Uhr) v. aber an, habe ich die Kammer-Thüre hernach stets zugehalten, derowegen ist das Wetter wieder gefallen“ (Temperatur 6³/₄ Uhr 26°, 7¹/₄ Uhr 27°, 8¹/₄ Uhr 26¹/₂°, 9¹/₂ Uhr 27¹/₄° G. Kirch).

30. Jan. 1704: „Es mag aber daher kommen, weil der kalte Wind (ob er schon aus Süd-Westen kam) das Wetter-Glaß nicht treffen konnte, welches bey mir im Fenster gegen Norden hängt, und von Osten einem nahen und von Westen einem etwas weiteren Gebäude beschützt wird.“

31. März 1703: „Um 5 Uhr 22 Minuten v. war die Sonne herauf gleich an meiner Wand hin. Gestern Abends aber ging die Sonne vor der Dorothenstädtischen Kirchen zur rechten Hand unter. Also liegt meine Stube nicht recht im Mittag, sondern mercklich gegen Osten, und also ist mir der Meridianus ein wenig zur Rechten . . .“

15. Juni 1704: 6¹/₄ (Uhr) n. 32°, aber die Sonne schien bisweilen aufs Glaß.“

7. Juni 1706: „ . . . Ich darff nach 4 Uhr (16 Uhr d. V.) das Wetterglaß bey Sonnenschein an seinem Orte nicht hängen laßen, weil sonst die Sonne drauff scheint, und es zu hoch steigend machet . . .“

17. März 1703: „ . . . Es hatte einen mittelmäßigen Frost gethan und gleich wol war das Wetter-Glaß 20 Grad. Also muß der Ort, wo das Wetter-Glaß stehet, wärmer seyn als der Erdboden, wo es gefrohren hat. Oder, der Frost muß aus der Erde kommen . . .“

22. April 1702: „Um 6 (Uhr) n. 25°. Aber die Sonne kömmt zu dieser Zeit zum Wetter-Glaß.“

9. Jan. 1703: „Der Schnee tauete starck weg, und schlug die Feuchtigkeit sehr zum Fenster herein, darum ich es zu machen mußte, konte also das Wetter-Glaß nicht gebrauchen.“

Zusammenfassend kann also gesagt werden: Das Thermometer hing in der Mitte eines Nordfensters im mittleren Stockwerk eines der ersten Häuser „Unter den Linden“, vielleicht unmittelbar neben dem damaligen Marstallgebäude. Bei geschlossenem Fenster wurde nur in Ausnahmefällen, die als solche besonders vermerkt sind, abgelesen. Die Besonnungszeiten der Nordwand dieses Hauses entsprechen denen der jetzt noch in Richtung 285° verlaufenden nördlichen Häuserfronten (105).

Kirch weist in seinen Tagebüchern mehrmals darauf hin, daß das Thermometer besonders nachmittags von der Sonne beschienen wurde. Sicher hat er es dann an einer anderen Stelle der Kammer aufgehängt, die aber selbst unter den Sonnenstrahlen stark erwärmt worden sein muß. Der hierdurch auftretende Fehler kommt im Sommerhalbjahr neben höheren Temperaturen durch eine Verschiebung der Tagesmaxima in die späten Nachmittagsstunden zum Ausdruck. Morgens dürfte sich das Thermometer um 7 Uhr zwar fast ausnahmslos im Schatten befunden haben. Vor allem von Mai bis Juli werden aber die Nordwand und die Kammer vor diesem Termin durch die Sonne aufgeheizt worden sein, so daß auch die 7-Uhr-Temperaturen noch hierdurch beeinflußt wurden. Die Auswertung der fehlerhaften Sommertemperaturen muß einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben. Die vorliegende beschränkt sich auf die Messungen während des Winterhalbjahres.

Die Kenntnis der Aufstellung ist für die Ermittlung der Skalenwerte des Kirchschen Thermometers wichtig. Bereits Kirchs Sohn Christfried hat sich durch spätere Vergleiche mit seinem Thermometer (24) bemüht, diese Werte zu bestimmen. Grischow hat das Ergebnis veröffentlicht (100). Aus seiner Tabelle ergeben sich folgende Werte:

Altes Fahr.	Neues Fahr.	Gottfr. Kirch	Christfr. Kirch
90	96	45	23
0	48	24 ¹ / ₄	10 ³ / ₄
—30	32	17 ² / ₃	6 ³ / ₄
—90	0	4.5	—1 ³ / ₄

Die vier Thermometerskalen umfassen nach van Swindens „Tableau de Comparaison pour XXVII Thermomètres“ (3) den Temperaturbereich zwischen 35.5°C und -17.8°C . Diese Bewertung der Skala stellt aber keineswegs zufrieden. Denn:

1) Nach wiederholten Angaben sowohl von Gottfried Kirch als auch von seiner Frau muß der Gefrierpunkt am Kirchschen Thermometer bei 20° gelegen haben. Er selbst benutzte diesen Wert ständig zur Prüfung der gleichbleibenden Anzeige seines Thermometers.

2) 45° Kirch entsprechen nach Christfried Kirch/Grischow mit 35.5°C nicht ganz dem absoluten Maximum von Potsdam (37.3°C am 21. August 1943). Es sind aber von Gottfried Kirch als Höchstwert der Jahre 1702 bis 1708 nur 40° Kirch (am 18. Juni 1708 um 18 Uhr) gemessen worden und zudem — was die Uhrzeit schon befürchten läßt — unter direkter Sonnenbestrahlung. Selbst dieser Wert von 40° Kirch würde aber nur 28°C entsprechen.

3) 4.5° Kirch sollen nach Christfried Kirch/Grischow -17.8°C gleichzusetzen sein. Das absolute Minimum für Potsdam beträgt -26.8°C (11. Februar 1929), das aus dem Raume Berlins -31.9°C (Berlin-Blankenburg am 19. Januar 1893). Als tiefster Wert der Jahre 1702 bis 1709 wurden von Gottfried Kirch 5° gemessen. Das wären hiernach -17.2°C , die keineswegs die 1709 herrschende grausame Kälte bedeuten können.

Hellmann (51, S. 13) ist bei der Abschätzung der Skalenwerte des Kirchschen Thermometers

1) von der ihm nur bekannten Höchsttemperatur von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ Kirch, die am 10. Mai 1697 unter mir noch nicht bekannten Bedingungen in Guben gemessen wurde,

2) von dem daselbst am 4. Februar 1697 als tiefste Temperatur ermittelten Wert von 8° Kirch und

3) von einer Lage des Gefrierpunktes bei $19\frac{1}{2}^{\circ}$ Kirch ausgegangen, die er folgenden Celsiuswerten zuordnet (51, S. 13):

$36\frac{1}{2}^{\circ}$ Kirch	=	30°C
$19\frac{1}{2}^{\circ}$ Kirch	=	0°C
8° Kirch	=	-20°C
5° Kirch	=	-25.2°C

Während nach Christfried Kirch 1°G. Kirch $1\frac{1}{3}^{\circ}\text{C}$ gleichkommen, wären es nach Hellmann $1\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$, ein Wert, der sich — wie wir noch sehen werden — nur wenig von den tatsächlichen Verhältnissen unterscheidet.

Extremwerte sind zur Ermittlung früherer Skaleinteilungen wegen der Zufälligkeit, die ihnen zum Teil anhaftet, schlecht zu gebrauchen. Insbesondere sind die Maxima der Lufttemperatur, die von 1702 bis 1708 an der besonnten Wand oder in der durch die Sonne stark erwärmten Kammer, vielleicht auch durch Gegenstrahlung benachbarter Dächer oder Wände, zwischen $15\frac{1}{2}$ und 18 Uhr gemessen wurden, hierfür nicht geeignet. Die Verwendung der Kirchschen Werte aus dem Winter 1708/09 schien während der Bearbeitung des anfangs nur verfügbaren Tagebuchs von Maria-

Margaretha noch aus einem anderen Grunde gefährdet. Unter dem 22. März 1709 vermerkte sie nämlich folgendes:

„Es gefreuet nicht obschon unser Wetterglaß 16 zeigt. Es mag wol in der großen Kälte haben Schaden gelitten, weil es schon lange Zeit in der Mitten ein kleines Rißchen gehabt“.

Die wichtigsten Messungen aus dem Winter 1708/09 mußten danach einem ähnlichen Schicksal zum Opfer gefallen sein, wie die Derhams in Upminster, dessen Thermometer am 13. Januar 1709, als die Messungen interessant zu werden begannen, zerbrach. So ganz unschuldig kann Gottfried Kirch am Versagen seines Florentiner Thermometers aber nicht gewesen sein. In seinem Tagebuch steht unter dem 17. Februar 1709 die Notiz: „Ich hätte diesen Abend viel observiren können: Aber wir probirten Gläser“. Er meinte hiermit Wettergläser, wie die Thermometer damals bezeichnet wurden! Und bei diesem Experimentieren muß ihm oder seinem Gehilfen ein kleines Malheur passiert sein. Durch das „Rißchen“ ist wohl später laufend etwas Alkohol aus der Kapillare verdunstet, so daß er am 27. März 1709 bemerken mußte: „Wolcken und kein Frost (obwohl sein Thermometer 16° anzeigte, d. Vf.). Also ist mein Wetter-Glaß sehr falsch worden, und hat nicht mehr die vorige Art, da es bei 20° gefrohr“. Am 29. April 1709 wurde es ganz außer Betrieb gesetzt. Anlaß zum Experimentieren war offenbar, daß Gottfried Kirch seit Ende 1708 ein weiteres, von dem Schweizer Chalih hergestelltes Thermometer besaß und ihm der Geheime Hofrat Suchodolez Mitte Januar ein drittes gebracht hatte. Er hatte danach vielleicht den Wunsch, sich selbst ein Thermometer herzustellen. Neben den Parallelablesungen, die seit dem 31. Dezember 1708 — wenn auch nicht regelmäßig — mit den drei Thermometern durchgeführt wurden, erscheint nämlich am 17. Februar 1709 ab eine vierte. Die häufigsten gleichzeitigen Messungen sind aber mit einem von Kirch als „Suchodolez“ bezeichneten Thermometer vorgenommen worden. Nach der Einteilung der Skala dieses Gerätes muß es ein altes Fahrenheit'sches Thermometer gewesen sein, denn 0° (Su = F?) entsprachen etwa 9°C und 30° (Su = F?) dem Gefrierpunkt. Seine Anzeige kann jedoch nicht einwandfrei oder nicht von der Art eines „Ancien Fahrenheit“ gewesen sein, denn als am 6. Februar 1709 um $9\frac{1}{2}$ Uhr mit 12° Kirch eine der tiefsten Temperaturen des Winters gemessen wurde, zeigte das „Suchodolez“ nur 63° (Su = F?) an. Dieser Wert würde nach van Swindens (3) nur -8°C gleichkommen und für den 6. Februar 1709 eine wesentlich zu hohe Temperatur darstellen. Der tiefste mit dem „Suchodolez“ gemessene Wert ist 77° , der — wenn es eine Einteilung des „Ancien Fahrenheit“ gehabt hätte — nur $-13\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ entspräche. Eine Bestimmung der Kirchschen Werte durch Vergleiche mit Messungen einer definierten Thermometerskala war somit nicht möglich. Die von Kirch vorge-

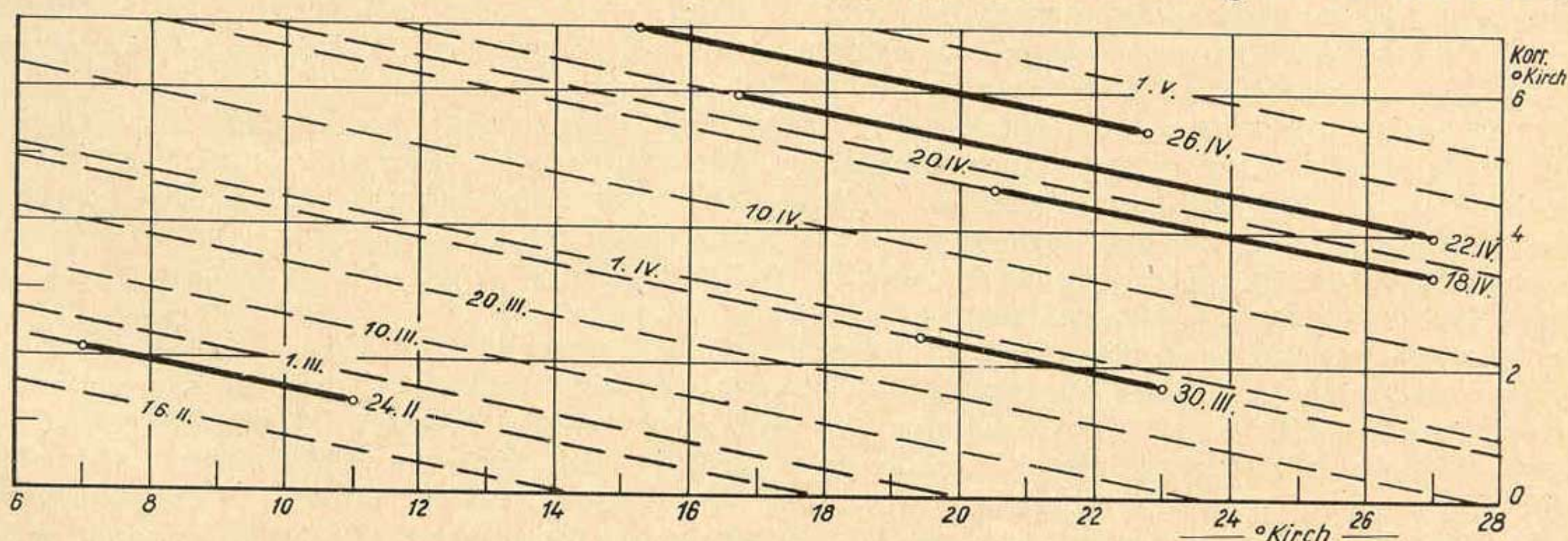


Abb. 4

Korrekturen des Gottfried Kirchschen Thermometers an den einzelnen Tagen vom 16. Februar bis 29. April 1709

nommenen Parallelmessungen ermöglichten jedoch, den vom 18. Februar bis 28. April 1709 ständig zunehmenden Fehler des Kirchschen Thermometers zu ermitteln. Unter Zugrundelegen der Grischowschen Beziehung zwischen der alten Fahrenheitschen und der Kirchschen Skala ergab sich vom 21. Januar bis zum 13. Februar 1709 — also vor der Beschädigung — über Temperaturbereiche zwischen 10 und 20° Kirch nur eine mittlere Abweichung von wenigen Zehntelgrad Kirch (Schwankung zwischen +0.5 und -0.5° Kirch). Nach dem kritischen Tag, dem 17. Februar 1709, nahm der Unterschied in der Anzeige beider Geräte ständig zu. Neben dieser Veränderung von Tag zu Tag stellte sich auch eine Abhängigkeit von der Temperatur heraus, die an Tagen mit größerer Amplitude deutlich wurde. Die Fehlerspanne mehrerer solcher Tage ist in Abbildung 4 in den stark ausgezogenen Linien dargestellt. Sie wurden nach beiden Seiten verlängert. Da ihr Verlauf nahezu parallel ist, ließ sich für jeden Tag vom

17. Februar bis 28. April 1709 eine entsprechende Gerade zeichnen, welcher für jeden Grad Kirch die Korrektur dieses Tages entnommen werden konnte.

Um die zahlreichen Temperaturmessungen seit dem Jahre 1702 in Berlin, insbesondere die des Winters 1708/09, deuten zu können, verblieb danach die Aufgabe, die Wertigkeit der Skala des Kirchschen Thermometers aus dem Kollektiv heraus zu bestimmen. Es geschah, wie in früheren Arbeiten (24, 64), mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen. Als Vergleichsstation aus der Neuzeit bot sich Potsdam an, und zwar

- 1) wegen der Homogenität über 40 Jahre,
- 2) der aus diesem Zeitraum vorliegenden stündlichen Temperaturwerte und
- 3) einer Umgebung, welche der des damaligen Beobachtungsortes in der Dorotheenstadt ähnlich gewesen sein muß.

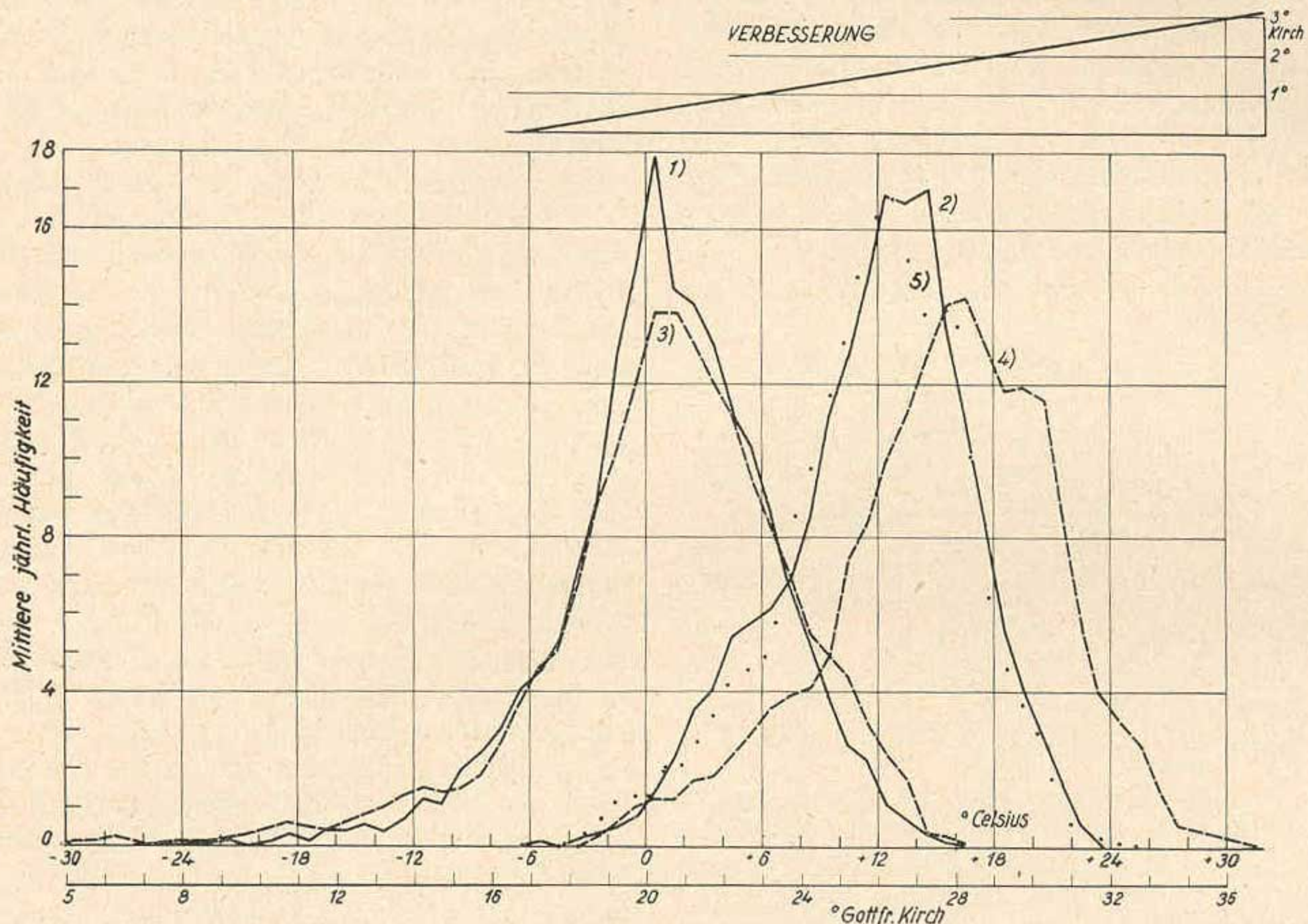


Abb. 5
Bestimmung der Skala des Thermometers von Gottfried Kirch mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen

- 1) Winterhalbjahr (X bis III) von Potsdam 7 Uhr, Mittel von 40 Jahren aus 1893 bis 1953 (nicht ausgegl.)
- 2) Sommerhalbjahr (IV bis IX) von Potsdam 7 Uhr, wie 1)
- 3) Winterhalbjahr (X bis III) von Berlin 7 Uhr, Mittel von 6 Jahren aus 1702 bis 1709 (ausgegl.)
- 4) Sommerhalbjahr (IV bis IX) von Berlin 7 Uhr, wie 3)
- 5) Verbesserte Kurve 4)

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen wurde zunächst mit Hilfe der 7-Uhr-Ablesungen durchgeführt (Abb. 5). Sofern in sechs Jahren zwischen dem Mai 1702 und dem April 1709 (ein Jahr lang wurden die Beobachtungen unterbrochen) keine Ablesung zu diesem Termin vorlag, konnte der benötigte Wert mit Hilfe zeitlich benachbarter Ablesungen, die zahlreich vorliegen, durch Interpolation gewonnen werden. Wenn dies nach dem Temperaturverlauf des jeweiligen Tages nicht möglich war, geschah es nach den Temperaturverhältnissen des vorangegangenen und des folgenden Tages. Auch der für Potsdam vorliegende mittlere tägliche Gang der Lufttemperatur in den einzelnen Monaten wurde herangezogen. Die Lage der Nordwand im Besonnungsdiagramm (105) ergab zwar, daß die Sonnenstrahlen das Thermometer zu dieser Stunde das ganze Jahr über kaum getroffen haben können, daß aber die Wand und die Kammer im Sommer vor 7 Uhr bis zu drei Stunden lang aufgeheizt werden konnte. Der Vergleich der mittleren Häufigkeiten wurde des-

halb für das Winterhalbjahr (Oktober bis März) und das Sommerhalbjahr (April bis September) getrennt durchgeführt. Bei der Einteilung der Abszissen sind 20° Kirch = 0° C und je 1° Kirch = 2° C gesetzt worden (Hellmann s. o. 1° Kirch = 1¾° C). Diese einfache Beziehung führte für das Winterhalbjahr zu guten Übereinstimmungen der rechten und linken Schenkel der Verteilungen. Die relativ größere Häufigkeit extrem kalter Werte ist dadurch bedingt, daß von 1702 bis 1709 auf sechs Jahre ein besonders kalter Winter (1708/09) fiel, während in den für Potsdam verwendeten Jahren (1. Januar 1883 bis 31. Dezember 1918, 1. Januar 1924 bis 31. Dezember 1932 und 1. Januar 1949 bis 31. Dezember 1953), also in 40 Jahren, nur ein extrem kalter Winter (1928/29) vorkam. (Es fehlen die kalten Winter 1939/40, 1941/42 und 1946/47). Der tiefste 7-Uhr-Wert von -29.3° C am 10. Januar 1709 muß als reell angesehen werden, wenn auch aus Potsdam selbst ein so tiefes Minimum nicht bekannt ist (-26.8° C am 11. Februar 1929). Hier wirkt sich offenbar die Höhenlage der

Potsdamer Station aus. Im Raume von Berlin liegen die tiefsten bekannten Minima zu 50% zwischen -30.0 und -31.9°C , so daß sich das im Winter 1708/09 gemessene von $5^{\circ}\text{Kirch} = -30.0^{\circ}\text{C}$ durchaus vernünftig einordnet. Damit sind auch alle übrigen in diesem Winter in Berlin gemessenen Temperaturen, ebenso wie die der Winter 1702/03, 03/04, 05/06, 06/07 und 07/08, hinreichend bestimmt. Ferner trifft dies für alle übrigen zu, von denen bekannt ist, daß sie nicht — mittelbar oder unmittelbar — unter dem Einfluß der Besonnung gestanden haben. Die hieraus resultierende Umrechnung für die Kirch'schen Werte ist aus Tabelle 2 zu entnehmen (s. a. Tab. 3).

2.2.6. Halle

Dem Professor der Mathematik Christian Wolff, bzw. dessen Doktoranden Georg Remus verdanken wir die ausführlichste Darstellung des Winters 1708/09. In der Dissertation des letzteren (19) sind nicht nur zahlreiche Temperaturmessungen aus Halle veröffentlicht, sondern diesen auch Werte von Jena und Zeitz gegenübergestellt (Tab. 1). Darüber hinaus ist hier der Witterungsverlauf des gesamten Winters bewundernswert beschrieben. Da die Temperaturmessungen Wolffs bzw. Remus' nicht im Freien angestellt wurden, verlieren sie leider an Bedeutung. Während wir beim Königsberger Thermometer nur vermuten können, daß seine Aufstellung sehr geschützt war, wissen wir von dem Hallenser genau, daß es sich in einem Zimmer befand. Wolff bzw. sein Doktorand Remus berichtet hierüber folgendes (19, S. 4): „Thermoscopium, ad quod observationes Halenses diriguntur, affixum fuit parieti intergerino in conclavi Meridie respiciente, avulso ex fenestra uno alteroque orbe vitreo, ut frigus aeris externi cum interno felicius communicaretur. Ad fenestram hortum respicientem liber aeri undiquaque patet affluxus“. In der Einleitung zu seiner Anfang 1709 herausgekommenen Schrift „Aerometriae Elementa“ (37) gab Wolff für solche Geräte folgende klare Definitionen: „Definitio XVIII. Thermometra sunt instrumenta, quorum ope calorem ac frigus aeris metimur. Definitio XIX. Thermoscopia sunt instrumenta, caloris et frigoris in aere incrementa & decrementa indicantia“.

Wolff kannte die Mängel der damaligen Geräte sehr gut und nannte deshalb das von ihm selbst gebaute Instrument ausdrücklich Thermoskop. Nach der Anweisung zum Bau eines Thermoskops, die Wolff in der gleichen Schrift gegeben hat und die auch bei Al Göwer (27) aufgeführt wurde, liegt diesem Thermometer das Florentiner Prinzip und damit das eines Flüssigkeitsthermometers mit geschlossener Kapillare zugrunde. Aus der Beschreibung des Thermometers in der Arbeit über den Winter 1708/09 geht hervor, daß keine physikalisch begründeten Fixpunkte verwendet wurden:

„Ut harum observationum collutio rite instituat, notamus Halenses atque Cizenses in eodem thermoscopii genere institutas, duplici scala instructi, quarum altera a temperato calore, qualis in cellis subterraneis plerumque existit, ad superiores gradus; altera ad inferiores ducit. In utraque gradus 65 dimidium pedem Rhenanum adaequant. Jenenses ad pedem Florentinum in 1200. partes divisum referuntur“ (19, S. 4).

Die künstliche Erzeugung tiefer Kältegrade ist Wolff natürlich schon vor 1709 bekannt gewesen, denn nach Al Göwer (27, IV S. 8) teilt er in der deutschen Ausgabe seiner „Aerometriae Elementa“, die mir selbst nicht zur Verfügung stand, auf Seite 404 mit: „Damit man aber nicht zu wenig hinein fülle und der Spiritus deß Winters ganz in die Kugel trete; so setzet man die Kugel in gesalzenen Schnee, oder geschabtes und scharff

gesalzenes Eyß oder in frisches Brunnen-Wasser, darinnen viel Salpeter zerlassen worden“.

Vielleicht kann man aus dieser Formulierung schließen, daß es ihm auf einen definierten Skalenwert hierbei nicht ankam. Das geht auch aus einer Beschreibung hervor, die er 1709 für das Florentiner Thermometer gibt (37, S. 198): „Assumatur globulus vitreus (Fig. XVIII.) AB gracili collo BC instructus atque spiritu vini rectificatissimo usque ad aliquam tubuli partem repleatur in plures particulas aequales ope fimbriae chartaceae ad latus instrumenti agglutinandae dividendi“. Die Einteilung seiner Skala endete an der Kugel mit dem tiefsten gemessenen Wert von $107\frac{1}{2}^{\circ}$ (nach Lambert (60) 114°), also einem willkürlichen Betrag. Wolff hat die von den Physikern seiner Zeit vorgeschlagenen Fixpunkte nicht anerkannt, weil sie für ihn keineswegs eindeutig bestimmt waren: „Immo praeterea adhiberi debebat eadem nivis quantitas, eadem salis quantitate conspergenda, idemque calor temperatus aeris subterranei. Immo numne omni nivi eidem est frigoris gradus? numne omni sali eadem vis corrodingi lamellas nivis glaciales? (37, S. 206) . . . id tamen dubii remanet cum diversa sit aquarum gravitas specifica, quae massae ac texturae diversitatem arguit, num calor aquarum ebullientium omnium idem sit: unde operae pretium facient rerum naturalium scrutatores, si factis accuratis experimentis inquirant, quinam sit gravitatis fluidorum specificae ad calefactionem eorundem respectus“ (37, S. 207).

Ohne einen Ausgangswert kam Wolff aber auch für sein Thermoskop nicht aus. Er wählte als solchen die Temperatur in den tiefen Kellern Halles, die ihm in Anlehnung an Mariotte offenbar der brauchbarste Fixpunkt war und bezeichnete sie mit 0° (Wolff). Dieser Wert, der zugleich als die Temperatur zur Zeit des Frühlings- oder Herbstanfangs angesehen wurde, läßt sich nachträglich kaum bestimmen. Ich glaubte, aus allen Schwierigkeiten heraus zu sein, als ich in den „Allerhand nützlichen Versuchen“ Wolffs (61) einen Vergleich des alten 1708 beschafften „Florentiner Thermometers“ mit den beiden „Harmonischen Thermometern“ fand, die Wolff 1714 von Fahrenheit überreicht wurden. Er besaß daneben noch ein anderes von „bey nahe einerley Grösse“ und „fast einerley Eintheilung“, das er 1719 angeschafft hatte (61, II S. 171). Wolff stellte diesen Vergleich 1722 an, Lambert griff ihn 1779 auf (60) und bekam auf graphischem Wege heraus, daß

$$\begin{aligned} 100^{\circ}\text{ Wolff} &\dots 26^{\circ}\text{ R} = 32.5^{\circ}\text{ C}, \\ 0^{\circ}\text{ Wolff} &\dots 11^{\circ}\text{ R} = 13.8^{\circ}\text{ C}, \\ -74\frac{1}{2}^{\circ}\text{ Wolff} &\dots 0^{\circ}\text{ R} = 0^{\circ}\text{ C} \text{ und} \\ -114^{\circ}\text{ Wolff} &\dots -6^{\circ}\text{ R} = -7.5^{\circ}\text{ C} \end{aligned}$$

entsprochen haben müssen.

Lambert sieht die Ursache dieses viel zu hoch liegenden tiefsten Skalenwertes unverständlicherweise in der Aufstellung des Thermometers begründet. Da beim untersten Wert der Wolff'schen Skala aber zugleich ein Eintritt der Flüssigkeit in die Kugel stattfand, bei welchem die Temperatur einer Salz-Eismischung schon unterschritten war, muß ich die Brauchbarkeit dieses Vergleichs anzweifeln. Nachträgliche Thermometervergleiche schließen zudem wegen der Alterung des Gerätes immer Unsicherheiten in sich ein. Wolff selbst meinte hierzu: „Wir finden ferner, daß auch die Veränderungen, welche sich innerhalb einer gewissen Zeit in beyden zugleich ereignen, nicht einander proportional sind“ (61, II S. 173). Andererseits können in den Kellern Halles, wenn sie mindestens 5 m unter der Erde lagen, im Jahresmittel nicht 13.8°C geherrscht haben. Die Keller des Observatoriums von Paris, in denen Mariotte sein Thermometer aufstellte, waren 84 Fuß tief. Ein anderes Mal brachte dieser sein Thermometer in einen 30 Fuß tiefen Keller (6). Das war doch Wolff sicher bekannt. Schon für

5 m Tiefe wurde in Magdeburg eine mittlere Erdboden-temperatur von 12.1°C (aus Halle standen mir keine entsprechenden Werte zur Verfügung) berechnet, und man sollte doch annehmen, daß Wolff in noch tieferen Kellern messen konnte. Die Temperatur in den Kellern des Observatoriums von Paris beträgt 11.7°C (5, S. 31). Der für den Nullpunkt des Wolffschen Thermometers von mir angesetzte Wert von 12°C dürfte eher noch etwas zu hoch sein. Es mag also an diesem Thermometer nach 14 Jahren schon eine Verfälschung der Anzeige eingetreten sein. Allerdings deutet eine Bemerkung Wolffs auf eine Änderung im anderen Sinne. „Wenn er (der Spiritus) längst in die obere Staffel, wo die Grade der Wärme befindlich, solte herauf gestiegen seyn, so stehet er noch weit unten, wo die Grade der Kälte bemercket werden“ (61, II S. 175).

Der Durchmesser der Kugel des Wolffschen Thermometers verhielt sich zu dem der Röhre (Kapillare) „ungefähr“ wie 15:1. Aus den Angaben über den Inhalt der Kugel (1766250 Einheiten) und die Höhe der Röhre von 2250 Graden (1 Grad enthält 785 Volumeneinheiten), bei welcher der Inhalt der Kugel dem der Kapillare gleichkommen würde, ergeben sich für den Durchmesser der Kugel 150, den des Rohres 10 und für die Höhe eines Grades ebenfalls 10 Einheiten. Da nun

$$1^{\circ}\text{ Wolff} = \frac{1}{2 \times 65} = \frac{1}{130} \text{ Fuß} = \frac{0.314 \text{ m}}{130} = 0.0024 \text{ m}$$

= 2.4 mm entspricht, muß dieses auch der Durchmesser der Röhre gewesen sein. Damit ergeben sich als Durchmesser der Kugel 3.6 cm und als Länge der „Einheit“ 0.24 mm. Ein „Scrupel“ ($1/10$ Linie), das damals als Einheit verwendete Maß, hat den Wert von 0.22 mm. Diese Ungenauigkeit kommt bei der Berechnung der Skalenwerte nicht zum Tragen. Die Menge der Flüssigkeit wurde so gewählt, daß sie bei der Temperatur einer Eis-Salzmischung gerade von der Kugel eingeschlossen wurde. Die Verwendung eines möglichst hochprozentigen „Spiritus vini coloratus“ wird in den Schriften Wolffs mehrfach gefordert (s. o.). Der mittlere Ausdehnungskoeffizient α für Äthylalkohol beträgt zwischen -20 und 10°C 0.00104. Mit Hilfe der Formel für seine Berechnung:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{V_1 - V_0}{t_1 - t_0} \text{ oder } \frac{V_0}{V_1 - V_0} = \frac{1/\alpha}{t_1 - t_0}$$

und den Angaben von Wolff bzw. Remus, daß die Höhe eines Grades $\frac{1}{130}$ eines Rheinischen Fußes beträgt und gleich dem Durchmesser der Kapillare ist, ergibt sich für $h = 108$ ($107\frac{1}{2}$) bis 0° Wolff .

$$\frac{\frac{4}{3} R^3}{r^2 h} = \frac{100000}{104 \cdot (t_1 - t_0)}, \text{ da nun } h = 2 r \cdot 108$$

$$\frac{R^3}{r^3} = \frac{100000 \cdot 162}{104 (t_1 - t_0)}$$

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 = \frac{155769}{t_1 - t_0}$$

$$1) t_1 - t_0 = 21.3^{\circ}\text{C} \text{ (nach Lambert, } -7.5 \text{ bis } 13.8^{\circ}\text{C)}$$

$$\frac{R}{r} = 19.4$$

$$2) t_1 - t_0 = 32.4^{\circ}\text{C} \text{ (} -20.4 \text{ bis } 12.0^{\circ}\text{C)}$$

$$\frac{R}{r} = 17.0$$

Hieraus geht hervor, daß das von Wolff-Remus angegebene angenäherte Verhältnis zwischen den Durchmessern von Kugel und Kapillare von 15:1 bei Lambert am wenigsten erfüllt ist. Ein kleinerer Wert als 17.0 läßt sich andererseits mit den gegebenen Daten nicht errechnen, denn der Ausdehnungskoeffizient von 0.00104 und der Temperaturbereich $t_1 - t_0$ lassen keine größeren Werte zu, es sei denn, daß Methylalkohol ($\alpha = 0.00122$) zugrunde gelegt wird ($\frac{R}{r} = 16.0$). Damit

dürfte die „willkürliche“ Skala Wolffs so genau wie möglich bestimmt sein (Tab. 2).

Eine Bestätigung der gewonnenen Werte durch Gegenüberstellung der gleichzeitigen Messungen in Berlin ist durch die Zimmeraufstellung in Frage gestellt. Hinzu kommt noch, daß die mittleren monatlichen Minima (und damit auch die 7-Uhr-Werte) in den Wintermonaten in Halle rd. 1°C höher liegen als in dem 125 km

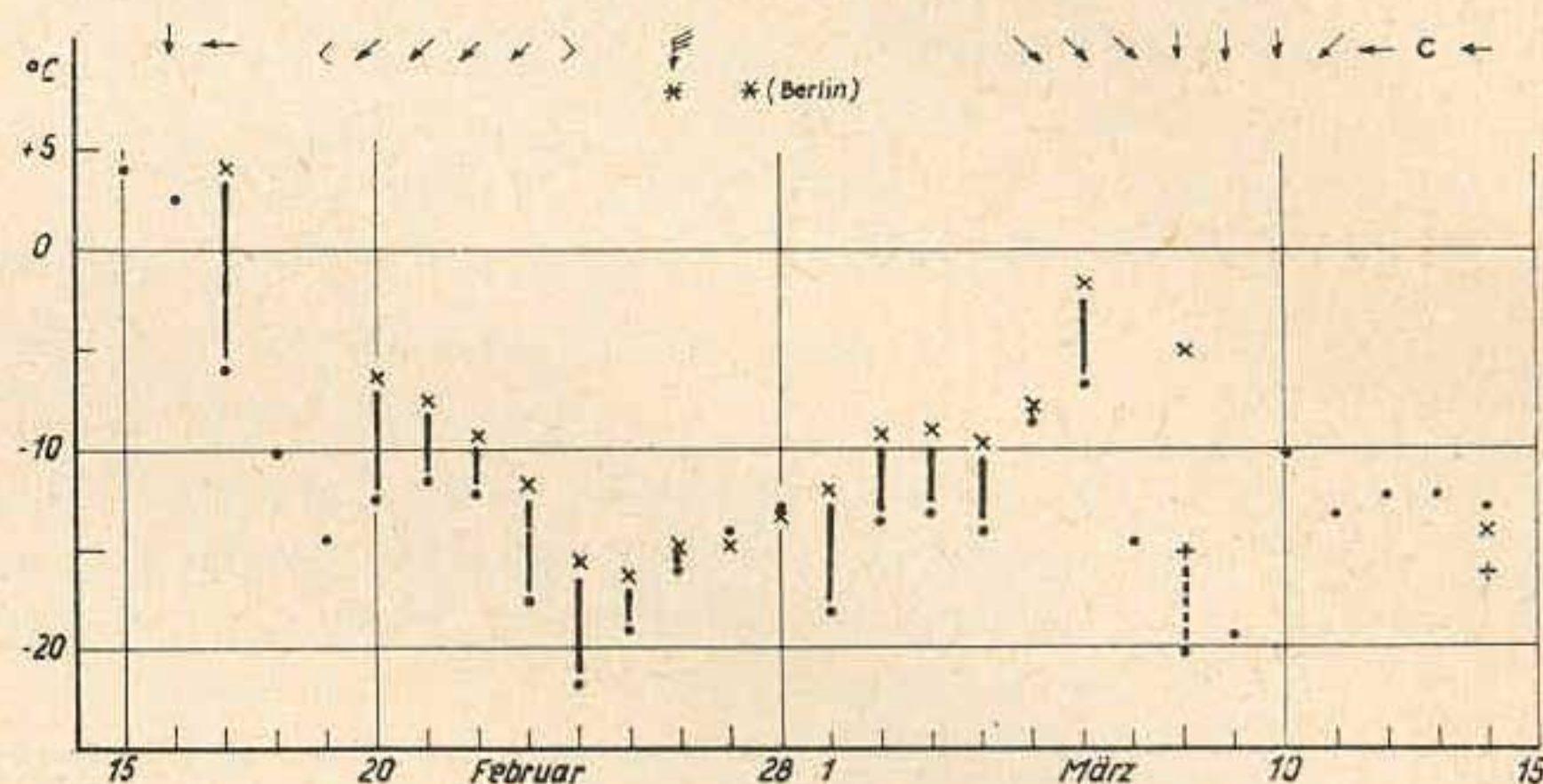


Abb. 6

Einfluß der Zimmer-Aufstellung des Hallenser Thermometers nach einem Vergleich der 7-Uhr-Werte mit denen von Berlin (1709)

- 7-Uhr-Messungen in Berlin am Fenster
- × 7(8)-Uhr-Messungen in Halle im Zimmer
- + 7(8)-Uhr-Messungen in Halle am Fenster

entfernten Potsdam (1881—1930). Die 7(8)-UhrWerte von Halle aus dem Winter 1708/09 waren deshalb zu Beginn der extremen Kaltlufteinbrüche um 10°C höher als die von Berlin. Eine Annäherung, vereinzelt auch eine geringe Umkehrung der Verhältnisse vollzog sich während des Ansteigens der Temperaturen (Abb. 6).

2.2.7. Zeitz

Hier beobachtete der Mathematiker Teuber mit einem Thermometer, das von derselben Bauart („in eodem thermoscopii genere“) wie das Hallenser gewesen sein soll (19). Wenn das der Fall wäre, dann müßten für das Zeitzer Thermometer dieselbe Skaleneinteilung angenommen werden können und die gleichzeitigen Meßwerte einander entsprechen. Dies trifft aber schon für die etwa gleichzeitig abgelesenen alten Skalenwerte nicht zu. Auch die beim Kälteeinbruch im Januar bis 10°C zu niedrigen Werte (und das einen Tag frühere Absinken der Flüssigkeit in der Kugel) lassen selbst bei Berücksichtigung des Lageunterschiedes (Halle 110, Zeitz 180 m NN) auf eine vom Hallenser Thermometer abweichende Anzeige schließen. Eine Korrektur von $+10^{\circ}\text{C}$ würde auch im weiteren Verlauf plausible Werte ergeben. Nach dem geringen Temperaturrückgang am 5. Januar von 8 bis 20 Uhr ist es darüber hinaus möglich, daß das Gerät ebenfalls im Zimmer aufgestellt war und mit einer die Kälte haltenden Wand in Berührung stand. Das war dem damaligen Beobachter schon aufgefallen: „ast d. 26 Jan. cum h. 6 pluvia jam ingrueret atque circa 8 copiosa praecipitaretur, immo cum Die subsequente h. 10 antemeridiana glacies & nix in aquam jam redirent, liquor adhuc omnis intra globum continebatur, donec circa h. 11 subito egressus h. $1\frac{1}{2}$ ad 86 ascenderet, ad quem usque ad sextum immotus persistebat, mox vero ascensum continuans h. 9 in gradu 83 quiescebat, regelatione fortiter continuata“ (19, S. 3). Die umgerechneten Werte sind deshalb kaum mit der Wetterlage dieser Tage in Einklang zu bringen.

2.2.8. Jena

In Jena sind Temperaturmessungen durch den Mathematiker und Philosophen Prof. Hamburger angestellt worden. Wie aus Zeitz wurden von Wolff auch aus Jena nur einige wenige Werte aufgeführt. Im Gegensatz zu den Thermometern in Halle und Zeitz war

hier ein Florentiner Fuß in 1200 Teile geteilt. Die Angaben für das Jenaer Thermometer und auch die von Wolff vermittelten Werte (19) sind somit recht dürftig. Ich konnte leider nicht ermitteln, welcher Unterschied zwischen einem Römischen und einem Florentiner Fuß besteht und habe für beide gleiche Werte vorausgesetzt. Der so entstandene Fehler kommt wohl nicht zum Tragen. Wenn beim Wolffschen Thermometer ein halber Römischer Fuß in 65 Teile aufgegliedert wurde, dann müßten diesem — gleiche technische Daten vorausgesetzt — bei Hamburgers Thermometer 600 Unterteilungen entsprochen haben. Eine solche Umrechnung der Jenaer Thermometerskala führte zu keinem brauchbaren Ergebnis. Mit einer Zuordnung des Nullpunktes dieses Gerätes zu 12° C und des 1200-ten Skalenwertes zu -22° C, passen sich die wenigen bekannten Werte unter Berücksichtigung der Wetterlage der Tage, an denen sie gemessen wurden (s. 3.4 bis 3.6) gut ein:

Jena		Berlin	
5. Januar			
mane	1.2° C	7 Uhr	-11.5° C
meridie	-6.4° C	12 Uhr	-10.0° C
vespere	-12.2° C	18 Uhr	-13.4° C
29. Januar			
meridie	0.8° C	12 Uhr	2.0° C
31. Januar			
mane	-5.8° C	7 Uhr	-6.0° C
6. Februar			
mane	-12.0° C	7 Uhr	-15.5° C
16. Februar			
meridie	7.4° C	13 Uhr	2.0° C

2.2.9. Tübingen

Während uns von den ältesten bekannten Temperaturmessungen Deutschlands in Kiel durch Samuel Reyher von 1679 bis 1709 jeweils nur wenige tiefe Temperaturen der einzelnen Winter überliefert worden sind, besitzen wir in den für die Jahre 1691 bis 1694 veröffentlichten Ephemeriden des Tübinger Professors der Botanik Rudolph Jakob Camerarius die ältesten fortlaufenden täglichen Beobachtungen von Temperatur, Luftdruck und allgemeinen Witterungsangaben (4). Die Aufzeichnungen wurden von ihm bis 1717 und von 1718 ab von dem jüngeren Bruder Elias Camerarius fortgeführt. Sie sollen nach Hellmann (121) in extenso veröffentlicht worden sein. Leider habe ich sie bisher noch nicht auffinden können. Von den Manuskripten selbst fehlt bis jetzt jede Spur (64). Aus den Einführungen zur Veröffentlichung von Camerarius ist zu entnehmen, daß auch schon vor 1691 Messungen vorgenommen wurden. Die von ihm aufgestellten „Regulae divinatoriae“ und die „Causae motuum mercurialium“ gaben später Anlaß zu dem großen „Barometerstreit“, an dem sich von Brunner, Leibniz, Schollhammer, Ramazzini, Boccabadati und Torti beteiligten. Camerarius gibt zu Beginn der Meßergebnisse eine Stationsbeschreibung, wohl die erste, welche wir aus Deutschland besitzen. Sie wurde in einer früheren Arbeit bereits wiedergegeben (64). Wegen der Anbringung des Thermometers in einer Ecke im Fenster hat die Außentemperatur nicht unmittelbar auf das Gerät eingewirkt. Immerhin hat Camerarius versucht, den natürlichen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen. Über das verwendete Thermometer äußert er sich wie folgt: „Ad agnoscendam dein temperiem s. gradum caloris vel frigoris in aëre usus sum Thermometro clauso sive Florentino, cujus longitudo semipes Romanus, amplitudo Sphaerulae 6. min.“ (1 Minute ist der 60. Teil eines römischen Palmus und ein Palmus die Breite der zusammengelegten Finger mit Ausnahme des Daumens oder der vierte Teil eines römischen Fußes,

also 0.0739 m, d. Vf.). „Tubus divisus est in gradus quadraginta, inaequales quidem, se. versus medium majores, quàm versus extrema, quod ab artifice eâ de causâ factum videtur, ut occurreret objectioni, quae aliàs contra hoc thermometri genus moveri solet, quòd ascensus & descensus non servant proportionem intensiōis caloris & frigoris“.

Wegen dieser unvollkommenen Beschreibung des Gerätes konnte 50 Jahre später ein Doktorand (41, S. 9) die Messungen nicht verwerten: „Thermometricas autem obseruationes Viri beati ad nostras referre non possumus; quia, licet Florentinum ab ipso adhibitum fuerit: comparisonem eius tamen cum nostro instituere nobis non licet, ob imperfectam huius adhibiti instrumenti descriptionem“.

Camerarius hatte das Thermometer also mindestens seit 1691 in Gebrauch. Die ungleichmäßige Skaleneinteilung kann bei dem frühen Thermometer gar nicht so selten gewesen sein, denn noch Leutmann empfiehlt sie 1725 (22, S. 14 und 15) in seiner Instrumentenkunde: „Ex hac scala appositae jam sunt ex medio signo teporem indicante, sursum pro calore & deorsum pro frigore 100. partes, quae constituunt unum digitum decimalem. Reliqua spatia in Thermoscopio signanda formentur juxta praescriptum Tabulae A hic loci appositae, ita ut pro secundo spatio assumantur 125 partes, pro tertio 144 &c. usque dum signum caloris atque frigoris maxima attigerint spatia. Probe tamen notetur, quod omnia illa spatia, ex medio signo teporis sint designanda & sursum & deorsum, tunc enim primum spatium utriusque & frigoris & caloris semper decrescet, ita ut secundum arctius primo, tertium secundo & sic porro appariturum sit . . .

Scala haec inaequaliter signata, frigoris vel caloris incrementa & decrementa proportionem maximam partem aequali indicabit. Et hac ratione remotos atque correctos fere habebis errores hujus instrumenti, usum ejus vitiantes, & inaequalis proportio expansionis & condensationis liquoris per scalam hanc reducitur ad aequalitatem“.

Unter Berücksichtigung einer solchen nicht linearen Skala ließ sich auch die Häufigkeitsverteilung der Frühwerte von Juli 1691 bis Juni 1694 auf eine entsprechende der Minima von 1936 bis 1957 transformieren (64). Das Ergebnis wurde in die Tabelle 2 aufgenommen.

2.2.10. Frankfurt am Main

Im 15. Band des Hamburgischen Magazins (63) findet man in einem Aufsatz „Beobachtungen des Wetters, besonders der außerordentlichen Kälte in Frankfurt am Mayn in dem Monat Januar und Hornung 1755“ folgenden Hinweis auf den Winter 1709: „Wie weit die außerordentliche Kälte dieses Winters, die so merkwürdige von 1709 und 1740 allhier übertroffen, kann ich nicht genau bestimmen. Denn obgleich allhier Liebhaber genug sind, die sowohl selbstn Wettergläser verfertigen, als auch täglich die Veränderungen auf denselben wahrnehmen, und darnach das Wetter verkünden, so reden dennoch alle diese Thermometer, weiln sie keine fest bestimmte Grade haben, auch meistens der Luft nicht frey genug ausgesetzt sind, eine auch den größten Gelehrten unverständliche Sprache, und bin ich vielleicht der erste, der welche von verständlicher Abtheilung nach fest gesetzten Gränzen allhier zum Vorschein gebracht. Wenn ich aber einer, mit einem alten Branntwein gefüllten Thermometer, angestellten Vergleichung trauen darf, so war allhier die Kälte 1709, welche stärker war als 1740 gleich dem 0.15¼ Grad des Reaumurschen Thermometers; mithin wenn ja die Kälte des 7ten Jenners die von 1709 nicht übertroffen, und etwas nur der von 1740 beygekommen, so war doch ganz gewiß die vom 2ten Hornung allhier ungleich

stärker als die von 1709“. Dieser Aufsatz ist mit D. P. unterzeichnet und stammt offenbar von demselben Verfasser wie der vorangehende, nämlich von einem Herrn Pott. Der einzige aufgeführte Wert konnte für die vorliegende Bearbeitung nicht herangezogen werden.

2.2.11. Augsburg

Der Professor der Medizin Schröck hat in seiner „Constitutio Epidemica Augustana Anni 1701 et sequentium“ für 1709 sechs Temperaturwerte angegeben (27. Februar morgens 7, abends 9° Schröck; 12. März morgens 9, abends 11½° Schröck; 16. März 11° und 17. April 15° Schröck). Er hat mit einem Weingeistthermometer gemessen (42, S. 15), von dem aber alle weiteren Angaben fehlen.

2.3. Die Thermometer aus dem benachbarten Ausland

2.3.1. Paris

Bedauerlicherweise sind wie in anderen Ländern auch in Frankreich keine geschlossenen Beobachtungsreihen aus der zweiten Hälfte des 17. und der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts erhalten geblieben. Die noch vorhandenen Temperaturaufzeichnungen von Paris beginnen 1785 (5, S. 9). Insbesondere besitzt Frankreich nicht mehr die ausführlichen Einzelbeobachtungen, die unter De La Hire und den Cassinis (Vater und Sohn) angestellt worden sind. Veröffentlicht wurden von diesen Beobachtungen in den „Mémoires de l'Académie des Sciences“ lediglich monatliche und jährliche Zusammenfassungen sowie einzelne Werte (45). Da es sich bei den Temperaturbeobachtungen um die sichersten gehandelt haben soll, die damals durchgeführt wurden, ist ihr Verlust besonders schmerzlich. De La Hire hat hier schon seit etwa 1669 mit seinem Thermometer beobachtet, anfangs in einem Saal, ab 1684 im Freien. Das Thermometer stand allerdings sehr geschützt in einem nach oben wie ein Brunnen offenen viereckigen Turm und war damit „exposé dans un lieu ouvert, mais à l'abri du vent & du Soleil“. Es wurde angeblich der tiefste Stand des Thermometers abgelesen (11). „Toutes les observations sont faites un peu avant le lever du soleil, qui est le moment où le temperature est ordinairement le plus bas“ (!) (117, S. 159). Der Gefrierpunkt lag nach De La Hires Angaben bei 32° De La Hire — nach van Swinden (3) bei 31.86° De La Hire — und die Mitteltemperatur der Keller des Observatoriums bei 48° De La Hire (11). Das Thermometer muß von 1669 bis 1730 in Gebrauch gewesen sein (3, S. 119). Aber die technischen Voraussetzungen zur Herstellung des Thermometers waren doch wohl sehr unzulänglich, und als man später versuchte, die Wertigkeit seiner Skala durch Vergleiche mit besseren Geräten zu bestimmen, wird schon eine beträchtliche Alterung eingetreten gewesen sein. Van Swinden mußte deshalb feststellen: „Mais les différences sont considérables au dessous de —5 degrés“ (Reaumur) (3, S. 125). Reaumur hatte durch Vergleichsmessungen ermittelt, daß 5° De La Hire —15½° seines Thermometers gleichkommen. Wenn es sich nach Renou auch hierbei um ein „Faux-Thermomètre“ von Reaumur (1° R = 1.2° C) gehandelt hat, weshalb dem genannten Wert von —15½° besser —18.6° R entsprochen haben sollen, müßte die verwendete Salz-Eismischung eine Temperatur von weniger als —23.3° gehabt haben. Das dürfte unter den damaligen Bedingungen experimentell schwer erreichbar gewesen sein (—22° C werden heute maximal mit einer Mischung von Eis und Viehsalz erreicht). Die Temperaturen eines gesunden Menschen und einer Salz-Eismischung blieben als Fixpunkte also unberücksichtigt. Im übrigen muß mit van Swinden festgestellt werden, daß zwar eine ganze Reihe von Vergleichsmessungen durchgeführt worden sind, leider alle „avec des thermomètres fort mal connus eux-mêmes“

(3). Es wurden deshalb die Umrechnungen der Meßwerte in °C übernommen, zu denen sich van Swinden nach gründlicher Bearbeitung aller früheren Methoden entschlossen hat (35, S. 285) (Tab. 2).

Nicht zugänglich waren mir bisher die von dem Pariser Arzt Louis Morin in einer Handschrift niedergelegten Beobachtungen und Messungen. Sie umfassen die Jahre 1665 bis 1709 und sollen nach Strakosch-Graßmann (106) das Rückgrat aller frühen Witterungsbeobachtungen Mitteleuropas sein.

2.3.2. Montpellier

Hier wurde an zwei Stellen mit Amontons'schen Weingeist-Thermometern beobachtet. Die Skalenwerte dieser Thermometer hat zuerst Martine und später van Swinden auf Reaumur reduziert (3). Die Beobachtungen Gauterons geben die wahren Temperaturverhältnisse nicht wieder, weil sich sein Thermometer in einem Zimmer befand, dessen Fenster geschlossen waren. Die des Präsidenten Bon haben den Vorzug, daß sie mit einem im Freien aufgehängten und gegen Sonnenstrahlen geschützten Thermometer (à l'abri des rayons, soit directs, soit réfléchis du soleil) angestellt wurden (35, S. 289). Die Beobachtungstermine waren 8 und 14½ Uhr. Auch die Manuskripte der Temperaturmessungen von Montpellier (Präsident Bon) von 1705 bis 1709 scheinen verloren gegangen zu sein.

Die Beobachtungen Bons sind auszugsweise in dem ersten Band der „Histoire et Mémoires de la Société Royale de Montpellier“ veröffentlicht, für den Winter 1709 die Tagestemperaturen des Januars und Februars mit Ausnahme des 18. bis 24. Februars (91). Van Swinden hat die Temperaturwerte vom 7. bis 23. Januar 1709 in °C umgerechnet (35). Die Umrechnung stützt sich nicht auf einen Vergleich des in Montpellier verwendeten Thermometers mit anderen, sondern auf die Amontons'schen Thermometer allgemein. Da die Skalen dieser Geräte das kochende Wasser, den Gefrierpunkt und die Temperatur in den Kellern des Observatoriums als Fixpunkte hatten, kann eine weitgehende Übereinstimmung vorausgesetzt werden. Die Vorbedingungen für eine Verwendung der alten Meßwerte Bons sind also relativ günstig. Die Berechnungen van Swindens (35) enthalten jedoch einige Fehler. Die in der Tabelle 1 angegebenen Werte wurden deshalb nach seinem eigenen Verfahren (3, Tabelle, Therm. XX) neu bestimmt (Tabelle 2). Präsident Bon hat in einer weiteren Arbeit (97) die gemessenen Höchst- und Tiefstwerte der Jahre 1705 und 1709 angegeben. Sie liegen nach dieser Umrechnung zwischen 38.4 und —16.1° C. Es ist mir nicht bekannt, ob die Beobachtungen des Präsidenten Bon in ihrer Gesamtheit bearbeitet worden sind.

2.3.3. Zürich

Bei De La Hire befindet sich folgende aufschlußreiche kritische Bemerkung: „Je ne puis rien dire des observations du Thermometre de M. Scheuchzer, quoique j'en aye un de M. Amontons semblable au sien, qui est une grosse phiole de verre avec un peu de mercure, lequel remonte dans un petit tuyau qui est ouvert par le haut, comme il les avoit construits pour faire l'expérience d'eau bouillante; mais je ne m'en sers pas à cause qu'il est sujet aux differens changemens de la pesanteur de l'air“ (10, S. 157). Scheuchzer benutzte also noch ein Thermometer von der ersten Art Amontons's, als dieser schon sein verbessertes Gerät herausgebracht hatte.

Aus diesem Grunde bin ich auch dem Hinweis von Prof. Manley an Prof. Flohn, daß sich in der „Royal Society's Library“ in London ein Manuskript Scheuchzers mit täglichen Beobachtungen von Instrumenten aus dem Jahre 1708 befindet, nicht nachgegangen.

Nach De La Hire entsprach die mittlere Temperatur in den Kellern des Observatoriums von Paris 54 Grad oder 54 Zoll des Amon tons sschen Thermometers.

2.3.4. Delft/Leiden

Von Cruquius sind von Mitte Dezember 1705 bis 1734 anfangs in Delft und später in Leiden viermal täglich („ochtend, middag, avond en nacht“) Beobachtungen durchgeführt worden (43). Das Thermometer, welches er gebrauchte, soll nach Labrijn ein Flüssigkeitsthermometer gewesen sein. Als solches konnte es zwar im gefrierenden Wasser 1070°, im kochenden Wasser aber nicht 1510° anzeigen, denn der Siedepunkt des meist verwendeten Alkohols lag tiefer als der des Wassers. Die tiefste von Cruquius gemessene Temperatur betrug 1000°; sie wurde von Labrijn zu -16° C bestimmt. Diese Umrechnung geht auch aus der von van Swinden mitgeteilten Tabelle hervor (3). Cruquius selbst hat sein Gerät als ein „Thermomètre à Air“ bezeichnet (92, S. 4). Es soll auf Amon tons zurückgehen. Cruquius hat an gleicher Stelle die Monatsmittel der Jahre 1720 bis 1723 nach der ursprünglichen Skala veröffentlicht. Van Swinden schreibt darüber: „Je ne sache pas qu'on ait rien publié des Observations faites avec ce Thermomètre, si non les hauteurs moyennes pour chaque mois des années (1720 bis 1723)“ (3, S. 150). Er erwähnte aber dabei nichts von den handschriftlichen Aufzeichnungen von Cruquius, die uns erhalten geblieben sind. Den Hinweis auf diese Aufzeichnungen entnahm ich der Arbeit von Labrijn (43). Die „Hoogheemraadschap Rijnland“, Leiden, stellte mir freundlicherweise eine Photokopie eines Teiles der handschriftlichen Aufzeichnungen zur Verfügung. Es

handelt sich um die Tagesmittel aus den vier täglichen Beobachtungen der Jahre 1706 bis 1720 (ohne Juli und August 1719), die von Cruquius selbst in Grad Fahrenheit umgerechnet worden sind. Nun fallen in diesen Jahren die einzelnen Entwicklungsstufen der Fahrenheit'schen Thermometer. Es ist deshalb die Frage, welches dieser Geräte und damit welche Skaleneinteilung Cruquius zur Umrechnung verwendet hat. Labrijn (43) setzt bei der Auswertung der Monatsmittel wohl voraus, daß es sich um die Skala eines Fahrenheit'schen Quecksilberthermometers handelte. Das würde also bedeuten, daß Cruquius 1726 ein solches Gerät bereits zur Verfügung gestanden haben müßte. Hierüber schreibt van Swinden (3, S. 47): „Il n'est donc pas improbable que ce Thermomètre pourra avoir été inventé vers l'année 1720“. Der Handschrift von Cruquius liegt eine Berechnung 20jähriger Mittelwerte der Lufttemperatur von den einzelnen Monaten nach den Beobachtungen von 1706 bis 1725 bei. Er muß sie also frühestens 1726 durchgeführt haben. Es ist damit durchaus möglich, daß zu dieser Zeit die letzte Form des Fahrenheit'schen Thermometers schon vorgelegen hat. Man sollte deshalb erwarten, daß Cruquius beide Geräte mit Hilfe des Gefrierpunktes und des Siedepunktes hinreichend genau aufeinander beziehen konnte. Labrijn (43) ist, wie gesagt, von dieser Voraussetzung ausgegangen. Ihm standen auch die übrigen Beobachtungen (1727 bis 1734) zur Verfügung. Um so erstaunlicher sind die Abweichungen der langjährigen Monatsmittel von 1706 bis 1734 (A₁) für Delft/Leiden von der auf De Bilt (B₁) reduzierten Reihe von 1741 bis 1940, die Labrijn für die Reduktion der alten Monatsmittel herangezogen hat (43):

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A ₁	Delft/Leiden 1706 bis 1734	3.1	3.7	6.0	9.6	13.3	16.2	17.2	17.1	15.0	10.9	7.2	4.8
B ₁	De Bilt 1741 bis 1940	1.0	2.4	4.4	8.0	12.1	15.1	16.7	16.5	14.1	9.7	5.2	2.5
	A ₁ —B ₁	+2.1	+1.3	+1.6	+1.6	+1.2	+1.1	+0.5	+0.6	+0.9	+1.2	+2.0	+2.3

Der klimatische Unterschied zwischen Delft und De Bilt kann diese Abweichungen nicht hervorrufen (89):

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A ₂	Katwijk a. d. R. (für Delft/Leiden)	2.7	3.1	5.4	8.7	12.8	15.8	17.7	17.4	14.9	10.6	6.5	3.9
B ₂	De Bilt (beide 1894 bis 1917)	2.2	2.8	5.5	9.3	13.8	17.0	18.4	17.8	14.8	10.2	6.1	3.2
	A ₂ —B ₂	+0.5	+0.3	-0.1	-0.6	-1.0	-1.2	-0.7	-0.4	+0.1	+0.4	+0.4	+0.7

Wenn Cruquius seine ursprüngliche Skala mit Hilfe eines Quecksilberthermometers von Fahrenheit richtig umgerechnet hätte, dann könnten sowohl die Mittel aus den Jahren 1706 bis 1734 (A₁), die Labrijn verwendete, als auch die aus den mir zur Verfügung

stehenden Jahren 1706 bis 1725 (A₃) von Delft/Leiden nicht so viel höher sein. Aus einem Vergleich mit der am nächsten liegenden neuzeitlichen Station Katwijk a. d. R. ergibt sich:

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A ₃	Delft 1706 bis 1725 nach Cruquius/Labrijn	2.8	3.9	6.1	9.4	13.0	16.1	16.8	17.2	14.4	10.6	7.2	5.0
B ₃	Katwijk a. d. R. 1901 bis 1930	2.7	2.7	4.8	7.6	11.8	14.1	16.4	16.1	13.9	10.1	5.6	3.5
	A ₃ —B ₃	+0.1	+1.2	+1.3	+1.8	+1.2	+2.0	+0.4	+1.1	+0.5	+0.5	+1.6	+1.5

Labrijn hat aber trotzdem diese Ausgangswerte zugrunde gelegt.
Um die Temperaturwerte von Cruquius näher un-

tersuchen zu können, wurden nachstehend Häufigkeitsverteilungen herangezogen. Aus der Umgebung von Delft/Leiden liegen aus der Neuzeit keine Veröffent-

lichungen von Häufigkeitsverteilungen der Tagesmittel vor. Es wurden deshalb die nach 24stündigen Werten berechneten mittleren Häufigkeiten von Helder und Vlissingen (1903 bis 1916) (89) herangezogen (Jahresmittel 1894 bis 1917 Helder 9.7° C, Katwijk a. d. R. 10.0° C und Vlissingen 10.3° C). Beide Kollektive umfassen den gleichen Zeitraum von 14 Jahren. Die Kurve der Häufigkeitsverteilung von Vlissingen ist im Mittel etwa um den Differenzbetrag der Jahresmittel nach der wärmeren Seite hin verschoben. Bei beiden Stationen dürfte der maritime Einfluß der bestimmende sein. Der Raum Delft/Leiden/Katwijk a.d.R. liegt etwa in der Mitte zwischen diesen zwei Stationen und lediglich ein wenig entfernter von der Küste. Um eine für den genannten Raum weitgehend gültige Häufigkeitsverteilung zu bekommen, wurde für jede Stufe die mittlere Häufigkeit zwischen Vlissingen und Helder gebildet. Die gesamte Häufigkeitsverteilung ist über drei Werte ausgeglichen $\left[\left(\frac{n-1}{2} + n + \frac{n+1}{2}\right) : 2\right]$ und der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht als Treppenkurve, sondern als geschlossener Linienzug dargestellt worden. Ihr wurde die ent-

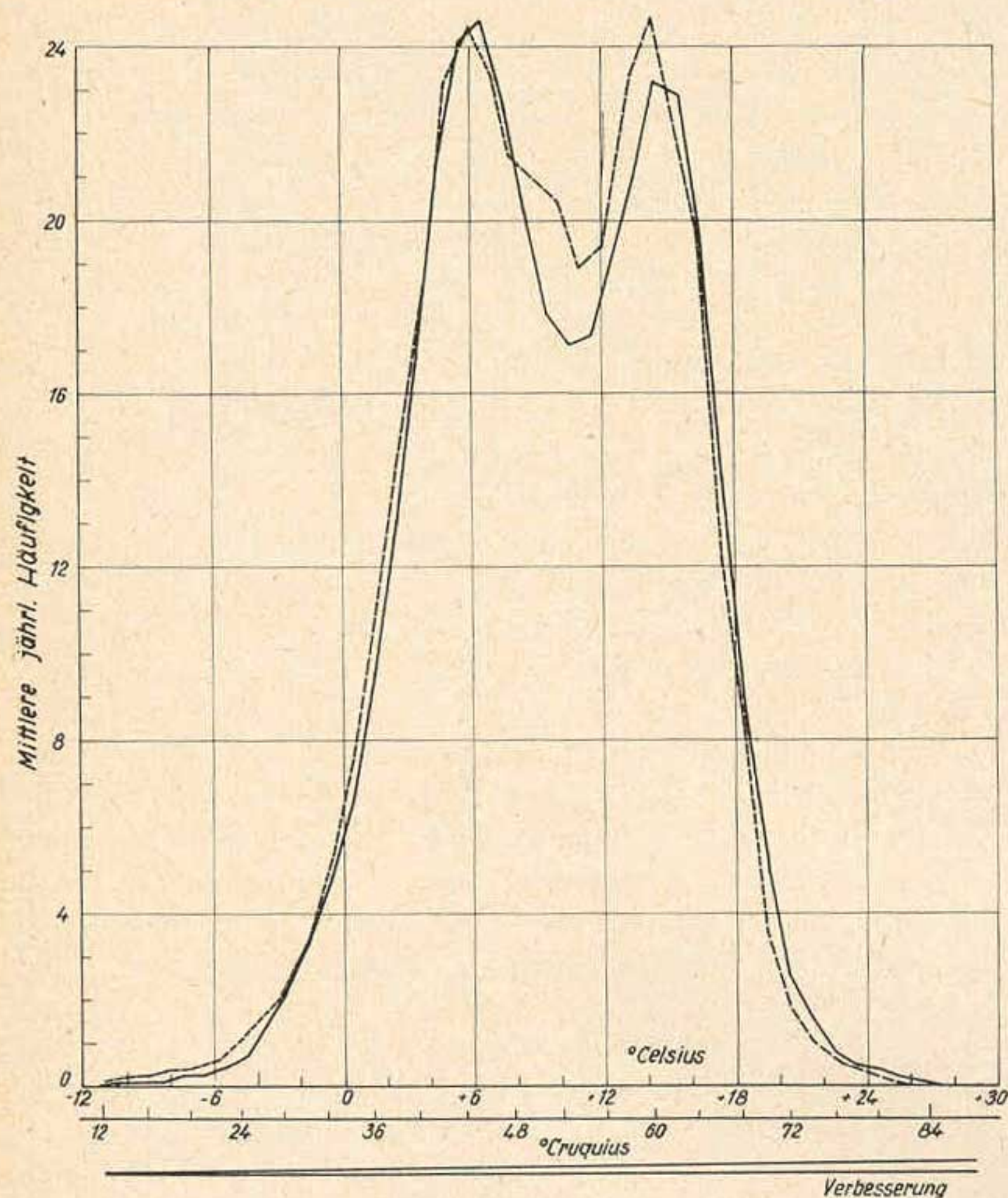


Abb. 7

Ermittlung der Skalenwerte des Thermometers von Cruquius durch Vergleich der Häufigkeitsverteilungen von Delft/Leiden (1706 bis 1720, ohne 1719) Helder/Vlissingen (1903 bis 1916)
— (Helder + Vlissingen) : 2
- - - Delft/Leiden
Beide Kurven über 3 Werte geglättet

sprechende Häufigkeitsverteilung aus den Tagesmitteln von Cruquius gegenübergestellt. Die Aufzeichnung beider Kurven erfolgte von den tiefsten Werten aus, wobei zunächst 1° C = 2° Cruquius/Fahrenheit gesetzt wurde (Abb. 7).

Soweit es die bisher nach Stufenwerten von 1° C für eine größere Zahl von deutschen Orten aufgestellten Häufigkeitsverteilungen von Tagesmitteln erkennen lassen, liegt der rechte Scheitelwert fast einheitlich (an 16 von 18 Stationen) im Stufenwert 14.0 bis 14.9° C. Selbst die für Berlin für die Jahre 1848 bis 1907 und 1891 bis 1930 berechneten Kurven, die sich auf die Stadtmitte und Außenbezirke beziehen, zeigen in den Gipfelwerten nur unbedeutende Unterschiede (64). Klimatische Besonderheiten einzelner Epochen treten offenbar in stärkeren Abweichungen zwischen den beiden Gipfelwerten der Häufigkeitsverteilungen in Erschei-

nung. Hoffmeister hat schon 1931 auf den stetigen Verlauf der Schenkel hingewiesen, deren Lage sich auch in anderen Zeitabschnitten an ein und derselben Station kaum ändern kann (94). Da der Maßstab der Ordinate derselbe ist, schließen beide Kurven dann die gleiche Fläche ein, wenn die Einheiten der Abszissen im richtigen Verhältnis stehen. Um das zu erreichen, wurde eine Transformation der alten Kurve, d. h. jeder einzelnen Häufigkeitssäule vorgenommen. Sie hatte das Ziel, die charakteristischen auf- und absteigenden Äste beider Kurven zur Deckung zu bringen. Dies geschah in zwei Schritten:

- 1) Es wurden die Längen der Strecken ermittelt, die von jeder der beiden Kurven auf einer Parallele zur Abszisse in Höhe der mittleren Häufigkeit der neuzeitlichen Verteilung abgeschnitten werden. Im Verhältnis beider Strecken sind dann die Einheiten der Abszisse mit den alten Werten verbessert worden. Das machte eine Korrektur jeder einzelnen Häufigkeit im umgekehrten Verhältnis notwendig.
- 2) Der Verlauf der sich ergebenden Kurve zeigte nun, daß eine weitere konstante Korrektur nicht zur Deckung führen kann. Mittels der für die linken Schenkel notwendigen Verbesserungen von 0.1° C zwischen 1.5 und 2.0 ° C und der rechten von 0.5° C bei 18.0° C ergaben sich so für je 2° Fahrenheit/Cruquius besondere Korrekturen. Ihre Verteilung über die Abszisse soll als linear angenommen werden. Sie betrugen z. B. bei -8.0° C: -0.1° C, bei -3.0° C: 0° C, bei 2.0° C: +0.1° C, bei 12.0° C: +0.3° C und bei 22.0° C: +0.5° C. Der für jede Stufe neugewonnene Wert stand zu dem zu verbessernden in einem bestimmten Verhältnis. Sein reziproker Wert gab wiederum an, um welchen Betrag die zugehörige Häufigkeit nochmals zu reduzieren war.

Die Eintragung der Kurven auf Millimeterpapier ermöglichte die Nachprüfung, ob nach dieser Transformation die Fläche, welche von der alten Häufigkeitsverteilung eingeschlossen wird, ebenso groß ist wie die innerhalb der neueren Verteilung gelegene. Von den beiden Abszissen läßt sich dann die endgültige Beziehung zwischen der alten Skala und der Celsiusskala leicht ablesen. Sie ist in Tabelle 2 wiedergegeben.

Mit Hilfe dieser Umrechnung wurden die Monatsmittel für die Jahre 1706 bis 1720 neu berechnet. Ein Vergleich mit den von Cruquius erarbeiteten Werten ergab für 13 Monate systematische Abweichungen. Lambert (60, S. 42) schreibt bezüglich der Jahre 1720 bis 1723: „Cruquius giebt die wahren mittleren Grade (die nemlich nicht das Mittel zwischen den äußersten (Werten des Monats d. Vf.), sondern das Mittel aus allen sind) für jeden Monat der 4 Jahre von 1720-1723 an“. Für das Jahr 1720 trifft dies auch zu; für die folgenden 3 Jahre konnte ich es nicht nachprüfen. Bei der Berechnung der nicht übereinstimmenden 13 Monate hat er aber alle Tagesmittel, die den Wert des Vortages hatten, gestrichen und die Summe und das Mittel aus den verbleibenden gebildet. In 7 weiteren Monaten mußte ich ebenso wie Cruquius Mittel aus den nur vorhandenen 17 bis 24 Tagesmitteln bilden. Für die Jahre 1721 bis 1725 war ich gezwungen, die vom Beobachter berechneten Monatsmittel in ganzen ° Cruquius/Fahrenheit zu verwenden. Im Gegensatz zu Labrijn wurde das Monatsmittel des Juli 1719 von 73.4° Cruquius/Fahrenheit, wenn es auch nach der neuen Umrechnung mit 22.0° C ungewöhnlich hoch ist, nicht verbessert. In diesem Monat (am 15.) kam auch das höchste Tagesmittel von 85° Cruquius/Fahrenheit = 27.2° C vor. Am 16. Juli 1719, als noch 82° Cruquius/Fahrenheit errechnet wurden, stieg die Temperatur in Paris auf 82½° De La Hire = 35.1° C (107, S. 4). Nach Berichten aus der gleichen Arbeit und anderen Quellen handelte es sich um einen ungewöhnlich heißen Sommer. In

Delft fielen 1719 im Juni 9, im Juli 26 und im August 74 mm Niederschlag; die normalen Summen für Katwijk a. d. R. lauten 61, 58 und 88 mm (89). Der von Cruquius für den August des gleichen Jahres nach 3 Tagesmitteln geschätzte Wert von 71° Cruquius/Fahrenheit wurde

deshalb ebenfalls übernommen. Die Durchschnittswerte der korrigierten Jahresreihe 1706 bis 1720 ergeben sich damit, trotz der höheren Monatsmittel des Juli und Augusts 1719 als wesentlich niedriger als die von Labrijn berechneten:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Delft/Leiden 1706 bis 1720	2.2	3.5	5.4	8.8	12.4	15.5	16.5	16.4	13.6	9.8	6.6	4.2

ebenso einschließlich der nicht kontrollierbaren Monatsmittel von 1721 bis 1725:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Delft/Leiden 1706 bis 1725	2.6	3.5	5.3	8.8	12.3	15.3	16.0	16.1	13.7	9.8	6.5	4.3

Eine Erweiterung auf die Jahresreihe von 1706 bis 1734 konnte ich nur durch Zurückrechnen der von Labrijn

auf De Bilt bezogenen Werte vornehmen. Sie birgt deshalb größere Unsicherheiten:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Delft/Leiden 1706 bis 1734	2.8	3.6	5.5	9.1	12.6	15.4	16.3	16.3	14.5	10.2	6.7	4.4
Delft/Leiden nach Labr. 1706 bis 1734	3.1	3.7	6.0	9.6	13.3	16.2	17.2	17.1	15.0	10.9	7.2	4.8

Die höchsten und tiefsten Tagesmittel zwischen 1706 und 1720 betragen: 27.2 (am 15. Juli 1719) und —11.2° C (am 21. Januar 1709). 25° C als Tagesmittel wurden von 1706 bis 1718 und 1720 nur einmal erreicht, dagegen gab es allein im Juli 1719 10 Werte zwischen 25.0 und 27.2° C. In Helder kam in den Jahren 1903 bis 1916 nur je 1 Tagesmittel von 25° C (25.0 bis 25.9° C) vor, in Vlissingen 5. In der Jahresreihe 1706 bis 1718 und 1720 gab es ein Tagesmittel von —11.2, eins von —10.1 und drei von —9.5° C; alle kamen im extrem kalten Januar 1709 vor. Helder hat in den Jahren 1903 bis 1916 nur 2 Tagesmittel zwischen —9.1 und —9.9° C zu verzeichnen.

Zum Schluß soll noch eine Umrechnung der von Lambert (60) aus den „Philosophical Transactions“ übernommenen ursprünglichen Werte von Cruquius für die Jahre 1720 bis 1723 angeführt werden. Ihre Umrechnung mit Hilfe der Tabellen von Swindens ergibt folgende Werte, die den von mir berechneten weitgehend entsprechen.

Die Monatsmittel der Jahre 1720 bis 1723 betragen nach den Originalwerten von Cruquius:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
° Cruquius	1083	1085	1090	1108	1122	1134	1137	1140	1130	1114	1099	1090
umgerechnet in ° F nach van Swinden	37.3	38.2	40.3	47.9	53.3	58.2	59.5	60.7	56.7	50.0	43.8	40.5
umgerechnet in ° C	3.0	3.4	4.6	8.9	11.9	14.5	15.3	15.9	13.7	10.0	6.6	4.7
° F nach Manuskript	39.0	39.5	42.0	49.5	55.2	60.0	61.2	61.5	58.2	51.5	45.5	42.0
von Cruquius umgerechnet in ° C	3.9	4.2	5.6	9.7	12.9	15.5	16.2	16.4	14.5	10.8	7.5	5.6
Neuberechnung d. Vf.	3.4	3.6	5.0	9.0	12.2	14.7	15.4	15.6	13.7	10.2	7.0	5.0

Diese Gegenüberstellung zeigt, daß die Monats- und damit auch die Tagesmittel im Manuskript von Cruquius bereits zu hoch sind. Die ebenfalls zu hohen langjährigen Monatsmittel sind also im wesentlichen auf eine falsche Umrechnung in ° F zurückzuführen. Streng genommen stellen die für Delft/Leiden gewonnenen Werte die mittleren Verhältnisse zwischen Hel-

der und Vlissingen dar. Ihre Reduktion auf De Bilt muß also auch mit entsprechenden Werten der Neuzeit vorgenommen werden. Nachstehend wurden deshalb für jeden Monat der Jahre 1894 bis 1917 die Differenzen (Helder + Vlissingen)/2 — De Bilt ermittelt und mit ihrer Hilfe die Monatsmittel der Jahre 1706 bis 1720 auf De Bilt reduziert.

Die nach dem neuen Verfahren von Delft/Leiden auf De Bilt reduzierten Werte lauten wie folgt:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Delft/Leiden 1706 bis 1720	2.2	3.5	5.4	8.8	12.4	15.5	16.5	16.4	13.6	9.8	6.6	4.2
De Bilt - Helder/Vlissingen 1894 bis 1917	−0.9	−0.6	0.0	+0.3	+0.9	+0.6	+0.1	−0.4	−1.1	−1.3	−1.3	−1.4
De Bilt 1706 bis 1720	1.3	2.9	5.4	9.1	13.3	16.1	16.6	16.0	12.5	8.5	5.3	2.8
De Bilt 1741 bis 1940	1.0	2.4	4.4	8.0	12.1	15.7	16.7	16.5	14.1	9.7	5.2	2.5

Die so überprüften und verbesserten Tagesmittel von Delft stellen zusammen mit denen von Berlin für die Untersuchung des Winters 1708/09 eine wichtige Grundlage dar.

Neben den Beobachtungen in Delft ist von Holland aus dem Winter 1708/09 noch die tiefste Temperatur bekannt, die Boerhaave im Botanischen Garten von Leiden mit einem Fahrenheitschen Thermometer zu 5° = −15° C bestimmt hat (35, S. 291). Das tiefste Tagesmittel dieses Winters betrug in Delft am 21. Januar −11.2° C.

2.3.5. Den Haag

In Den Haag soll nach Hanow (8) die Kälte am 10. und 11. Januar 1740 8 bis 9° AF stärker gewesen sein als 1709. Der Vergleich ist wohl dem Buche van Esvelts entnommen, in dem sich folgende Gegenüberstellung befindet (36, S. 320): „Wegens de bar de Vorst, volgens byzondere waarnemingen, hoe de Thermometer stond in den Jaare 1709 en 1740.

1709	1740
15 January op 28. Graden	4 January op 33. Graden
16 19.	5 26.
17 6.	6 24.
18 5.	7 23.
19 10.	8 17.
20 28.	9 7.
21 14.	10 0.
22 34.	11 0.2Graden
23 8.	12 onder
24 5.	12.
25 6.	13.
26 18.	14 35.“
27 19.	
28 33.	
29 34.	

Die Quellen dieser Werte sind jedoch unklar. Vom 4. bis 12. Januar 1740 stimmen sie bis auf den 7. (23 statt 24 „Graden“) mit den tiefsten Terminwerten von Haarlem (32, S. 91) überein, sofern der Wert des 11. „2 Graden onder“ den Beobachtungen von Duyn „1 2/3 o.n.“ gleichgesetzt wird. Der Gang der Temperaturen von 1709 zeigt aber gegenüber dem von Delft (s. u.) eine Verspätung von drei Tagen. Die Werte selbst haben eine auffallende Ähnlichkeit mit denen von Paris (s. Tab. 1). Auch nach den Berichten, die aus Holland über den Ablauf des Winters 1708/09 vorliegen, können am 25. nicht solche tiefen Werte aufgetreten sein. Am Abend dieses Tages hat vielmehr in Haarlem, Rotterdam und Breda Tauwetter eingesetzt (35). Damit kann auch nichts über ein Thermometer ausgesagt werden, mit dem in Den Haag gemessen worden sein sollte.

2.3.6. Upminster

Die Messungen in Upminster, welche Derham im Jahre 1697 begann, endeten unglücklicherweise am 13. Januar 1709, da das Thermometer an diesem Tage zerbrach (3). Es handelte sich um ein Weingeistthermometer, das in einer Salz-Eis- oder Salz-Spiritusmischung 44 und beim Gefrieren 82° Derham anzeigte (13). Derham betont ausdrücklich, daß die Bestimmung der tiefsten Temperatur in einer Salz-Eismischung an einem

kalten Tage erfolgte. Das Thermometer befand sich — im Gegensatz zu den Londoner Thermometern, die in ungeheizten Zimmern angebracht waren — ständig außerhalb des Hauses in freier Luft an einer Stelle, die von den Sonnenstrahlen nicht erreicht wurde. Es war vermutlich in einem offenen Schutzraum (repository) des Gresham-College untergebracht. Nach Manley hing es bis 1706 an einer Nordwand (71), es muß also wohl später umgehängt worden sein. Derham las sein Thermometer morgens kurz nach Sonnenaufgang, mittags und um 21 Uhr ab, außerdem an 22 besonders warmen Nachmittagen der Jahre 1697 bis 1706. Die Kälte des 10. Januars 1709 war höchstens 1/10 Zoll geringer als die tiefste Temperatur, welche man damals künstlich herstellen konnte.

Die Messungen in Upminster verlieren dadurch an Bedeutung, daß nur 7 Werte vorliegen. Bei der Umrechnung bin ich den Angaben Derhams selbst gefolgt, nach dessen Definition (13, S. 461)

44° Derham = −18° C und
82° Derham = 0° C entsprechen,
wogegen van Swinden die Zuordnung
43° Derham = −18° C und
90° Derham = 0° C für wahrscheinlicher hält (3, S. 205).

Manley kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis (71), daß 1° Derham = 0.59° F gesetzt werden müssen (van Swinden: 1° Derham = 0.82° F). Das bedeutet, daß der Frost am 10. Januar 1709 −12° C betragen hätte. Er würde mit diesem Wert zwar immer noch unter den bekannten Minima Mittelenglands gelegen haben, wäre aber nicht gut damit vereinbar, „that the Descent of the Spirits in my Thermometer on December 30 (O.S.) was within One tenth of an Inch as great as the Descent effected at another time (and that in a cold Day too) with Artificial Freezings performed both with Snow and Salt, and also Snow and Spirits“ (13, S. 455).

2.3.7. London

Die beiden Londoner Thermometer von Mr. J. Patrick befanden sich in Räumen, die ungeheizt waren.

2.3.8. Kopenhagen

Der dänische Professor Roemer (1644 bis 1710) soll nach Hanow ein Thermometer benutzt haben, welches auf das 1707 und 1708 in Paris von De La Hire benutzte zurückgeht. Danach müßte die Skala seines Thermometers von einem mittleren Wert aus (48° De La Hire entsprach der Temperatur der Keller des Observatoriums) mit geringeren Werten tiefere Temperaturen und umgekehrt angezeigt haben. Das bedeutet aber, daß sie eine ähnliche Einteilung besaß wie die des späteren „Faux Thermomètre“ von Fahrenheit (3). Nach Hanow soll Roemer Fahrenheit diese Einteilung sogar empfohlen haben. Messungen mit einem solchen Thermometer werden jedoch nicht erwähnt. Hanow sind allerdings die Manuskripte Roemers nicht bekannt gewesen (29). Diese stellen zwar keine meteorologischen Tagebücher dar, enthalten aber — mehr beiläufig — auf Blatt 118a den Temperaturverlauf vom

26. Dezember 1708 bis 6. April 1709 in einer graphischen Darstellung. Die aus ihr zu entnehmenden Werte bewegen sich zwischen 0.1 und 8.2 Einheiten. Als Stütze für die Kieler Messungen ist die Klärung der von Roemer verwendeten Skala von besonderer Bedeutung. Roemer lebte von 1671 bis 1681 in Paris und war Mitglied der „Akadémie des Sciences“. Er hat damals sicher Verbindung mit Cassini, dem Direktor des Observatoriums, De La Hire und Mariotte gehabt. Auch muß er über die Messungen unterrichtet gewesen sein, die von 1670 bis 1674 in den Kellern von Paris durchgeführt wurden. Von 1681 ab war Roemer dann Professor der Mathematik an der Universität von Kopenhagen. Die Arbeiten Roemers sind beim Brand Kopenhagens im Jahre 1728 größtenteils verloren gegangen. Sie hätten uns sicher Aufschluß darüber gegeben, ob er sich in Kopenhagen schon vor 1700 mit Temperaturmessungen befaßt hat. Über solche Arbeiten der folgenden Jahre unterrichten uns nun seine „Adversaria“. Sie sind 1739 von der Witwe Roemers der Universitätsbibliothek Kopenhagens vermacht und erst 170 Jahre später wieder aufgegriffen worden (29). Lediglich der Adjunkt Roemers, der spätere Professor der Mathematik Horrebrow, hatte sich schon um 1741 der Aufzeichnungen angenommen und sie mit Ergänzungen versehen. Vielleicht kommen andere Bemerkungen Horrebrows auch aus früheren Jahren. Die „Adversaria“ geben uns wichtige Hinweise über die 1709 von Roemer gebrauchten Thermometer. Aus den Ergänzungen der Adversaria durch Horrebrow ersehen wir, daß dieser ebenfalls 1739 von der Witwe Roemers fünf Thermometer erhielt. Er prüfte ihre Fixpunkte — Eis- und Siedepunkt (!) — nach und bestätigte ihre richtige Anbringung. Der mit Saffian gefärbte Weingeist (!) war völlig ausgebleicht. 1741 befragte Horrebrow die Witwe Roemers und die früheren Hausbediensteten nach dem Jahre der Herstellung der Thermometer und stellte so fest, daß es 1702 gewesen sein muß (29). Es war daselbe Jahr, in dem Amons in den „Mémoires de l'Académie des sciences“ die Entdeckung ankündigte, daß der Siedepunkt des Wassers stets bei derselben Temperatur liege. Er teilte damals danach sein Luftthermometer ein, das aber wegen seiner Unhandlichkeit keine Verbreitung finden konnte. Die Bedeutung der Roemerschen Einteilung für die Geschichte des Thermometers erfordert, eine kurz gefaßte Beschreibung aus den Adversaria (29, S. 210 und 213) folgen zu lassen:

Blatt 117 b

„Originale thermometrum construere.

I per guttulam mercurii inquiratur an tubus sit regularis cavitatis. cylindrica vel conicae. antequam conflatur globus. negliguntur irregulares figurae. adhibetur cylindrica sine ulteriore examine. de conicis ita tenendum.

II a medio versus extremitates tubi capiantur longitudines guttulae mercurii.

III data ex hoc experimento bissectione divisionum. singulae partes bissectionis adhuc subbissecantur proportionali augmento vel decremento. et erit totus tubus in quatuor aequales cavitates divisus.

IV confecto impleto et sigillato thermometro per nivem vel glaciem contusam constituatur punctum divisionis $7\frac{1}{2}$ per ebullitionem punctum 60.“

Horrebrow bemerkt hierzu erläuternd und empfehlend: „A termino nivis usque ad ebullitionem, distantiam divisit Roemer in 7 partes aequales, quarum unam sumpsit infra terminum nivis pro majoribus frigoris gradibus ($7 \times 7\frac{1}{2} = 52\frac{1}{2}$, $8 \times 7\frac{1}{2} = 60$. Wenn jeder Grad viermal unterteilt wird, entsprechen also dem Gefrierpunkt $7\frac{1}{2}^\circ$ Roemer = 30° der alten Fahrenheitschen Thermometer, d. Verf.); & cum observaret, thermometrum subinde infra 0 descendere, a 0 deorsum numerare coepit 1. 2. 3 cum praefixo signo — (m. W. die erste Verwendung des Minuszeichens für die Tem-

peratur). Convenientius mihi sic videtur: Inter Ebullitionem & nivem sumantur quatuor partes aequales, quarum una sumatur deorsum; singulas has partes quintas divide in viginti, & habes partes 100, numerum rotundum, infra quas nunquam Havniae observatum est thermometrum descendere. Sed inventio nihilominus tribuenda est Roemero, cujus revera est.“

Blatt 118 b

„In principio Aprilis 1741 solvi de scapis quinque thermometra Roemeriana, & probavi tum in nive tum in aqua ebulliente, invenique post tot annorum decursum praecise eadem signa, quae ipse Roemer per silicem fecerat“. Falls die angeleimte Skala einmal abfiel, konnte sie also wieder an derselben Stelle angebracht werden.

Diesem Text geht eine ausführliche Anweisung für die Ausmessung unregelmäßig bzw. konisch geformter Thermometerröhren (Kapillaren) voraus. Entgegen der Beschreibung muß die Skala des Roemerschen Thermometers nach der graphischen Darstellung des Temperaturverlaufs unter dem Gefrierpunkt in 8 Teile unterteilt und damit im Prinzip dieselbe wie die neue Fahrenheitsche gewesen sein. Hierin finden wir also Renous bzw. Boerhaaves Ansicht bestätigt, daß Roemer Fahrenheit den Vorschlag zu seiner Graduierung des Thermometers gemacht hat: „C'est sans doute Roemer qui lui avait conseillé la division en 24 ou en 96, car Boerhaave dit que Roemer est le premier inventeur de ce thermomètre“ (5, S. 12).

Diese Einteilung muß Roemer also bereits 1708 verwendet haben. Nach einem Brief Fahrenheits an Boerhaave vom 17. April 1729, der erst 1929 in Leningrad aufgefunden wurde (62, S. 237), hatte Fahrenheit Roemer 1708 besucht und gesehen, daß dieser „einige Thermometer in Wasser und Eis stehen hatte, welche er später wieder in warmes Wasser tauchte, welches blutwarm war, und nachdem er diese beiden Grenzen auf sämtlichen Thermometern angegeben hatte, wurde die Hälfte des gefundenen Abstandes noch unterhalb des Punktes im Gefäß mit Eis zugefügt, und der ganze Abstand wurde in $22\frac{1}{2}$ Teile geteilt, unten anfangend mit 0, sodann $7\frac{1}{2}$ Grad für den Punkt im Gefäß mit Eis und $22\frac{1}{2}$ Grad für denjenigen des blutwarmen, welche Teilung ich auch bis zum Jahre 1717 verwendet habe, nur mit dem Unterschiede, daß ich jeden Grad noch in 4 kleinere teilte. Und in dieser Weise waren auch die 2 Thermometer geteilt, über welche der Herr Professor Wolf in den Acta Lipsiana Anno 1714, mense Augusto berichtet. Da diese Teilung wegen der gebrochenen Zahlen unbequem und nicht angenehm ist, beschloß ich die Skala zu ändern und statt $22\frac{1}{2}$ oder 90, 96 zu verwenden, deren ich mich nachher stets bedient habe.“ Aber auch diese Änderung geht, wie wir gesehen haben, auf Roemer zurück.

Roemer fertigte im Eichwesen für Maße und Gewichte seit 1684 Normen an. Bei dem Vorgang, zu dem Fahrenheit anwesend war, hat es sich wohl um eine ebensolche Eichung von Weingeistthermometern für den praktischen Bedarf gehandelt. Das Normalthermometer Roemers muß nach der Beschreibung ein Quecksilberthermometer gewesen sein. Auch die Verwendung des Siedepunktes des Wassers spricht hierfür. Höchstwahrscheinlich hat Fahrenheit von der Absicht Roemers Kenntnis bekommen, statt $7\frac{1}{2}$ Teile 8 einzuführen, zumindest erfuhr er nach dessen Tode davon. Es wäre jedenfalls eigenartig, wenn beide — Fahrenheit einige Jahre später — unabhängig voneinander zu dem Entschluß gekommen sein sollten, von der 90er in die 96er Einteilung überzuwechseln. Fahrenheit hat lediglich jeden Grad Roemers noch viermal unterteilt und so aus der $7\frac{1}{2}$ — $22\frac{1}{2}$ — 60er Einteilung sein „Ancien Thermomètre“ (30-90-240) und aus der Einteilung 8-24-64 sein „Nouveau Thermomètre“ (32-96-256) erhalten. Ich möchte das Besondere der

Bauart des alten Kopenhagener Thermometers nochmals festhalten:

- 1) Die Herstellung erfolgte wie die Thermometer der französischen Schule nach dem Florentiner System.
- 2) Die Thermometerröhren wurden mit Hilfe eines Quecksilbertropfens auf Gleichmäßigkeit geprüft.
- 3) Als Fixpunkte wurden schmelzendes Eis oder Schnee und kochendes Wasser gewählt.
- 4) Dem ersten wurde der Wert 8, dem zweiten der Wert 64 zugeteilt.
- 5) Unterhalb des Gefrierpunktes wurde die Einteilung bis einige Grad unter 0 fortgeführt; der tiefste Punkt wurde im Winter 1708/09 erreicht.

Horrebow schlug 1739 (?) vor, den Gefrierpunkt mit 0 und den Siedepunkt mit 80 anzusetzen und die Skala 20 Teile unter 0 fortzuführen. Er erhielt allerdings schon 1741 ein Thermometer aus Frankreich, das nach dem Prinzip *Reaumur*s gebaut war. Es besteht daher die Möglichkeit, daß er schon zuvor ähnliche Anregungen erhalten hatte. *Roemers* Verdienst bleibt es jedoch, für Flüssigkeitsthermometer den Gefrier- und Siedepunkt als Fixpunkte endgültig eingeführt zu haben. Es wäre aber wohl verfehlt, ihn deshalb als alleinigen Erfinder unserer heutigen Thermometereinteilung hinzustellen (29) — ebenso wenig wie *Celsius* allein dieses Verdienst für sich in Anspruch nehmen darf, der ja 0 als den Siedepunkt und 100 als den Gefrierpunkt ansetzte. Erst *Stroemer* führte 1750 die heutige Einteilung ein.

Wie bei manchen anderen Erfindungen ist dies nur der Endpunkt einer längeren Kette von Erkenntnissen. Denn sicher hatte *Roemer* die Vorarbeiten eines *Amons* benutzt, und dessen Wissen um die Einteilung der Thermometer ging wieder auf *Renaldini* (1648 bis 1698, Professor der Mathematik in Pisa) zurück, der 1694 in seiner „*Philosophia naturalia*“ bereits den Vorschlag machte, Gefrier- und Siedepunkt als feste Punkte für die Thermometerskalen zu verwenden und diesen Abstand in 100 gleiche Teile einzuteilen (5, S. 8). Die entscheidenden Verdienste an den wichtigsten Entwicklungsstufen der Thermometer (Thermoskope — luftdichter Abschluß der Kapillare — erste Ther-

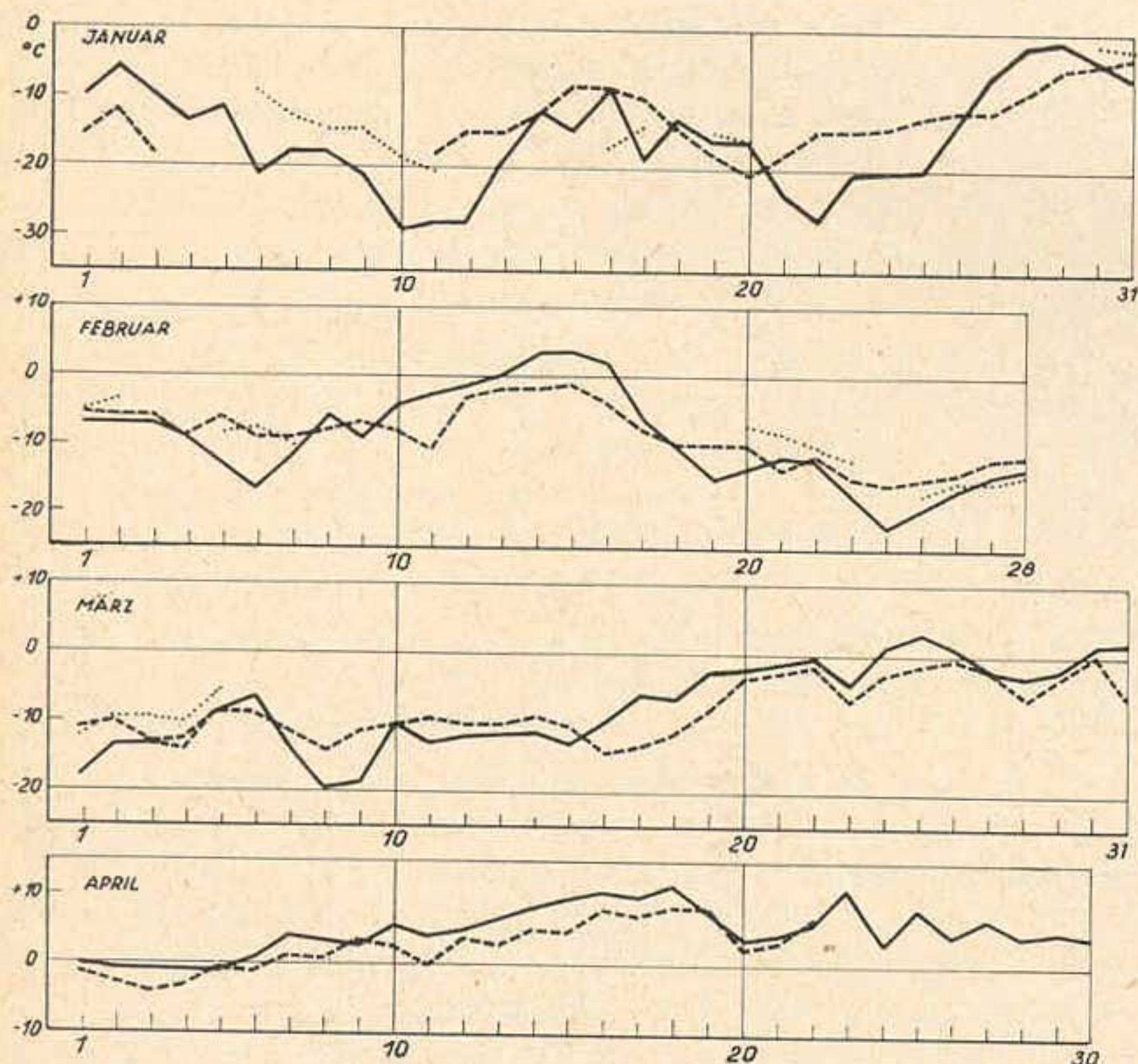


Abb. 8

Verlauf der Lufttemperatur (°C) von Januar bis April 1709 in
Berlin (7 Uhr) —————
Halle (7 oder 8 Uhr)
und Danzig (8 Uhr) — — — —

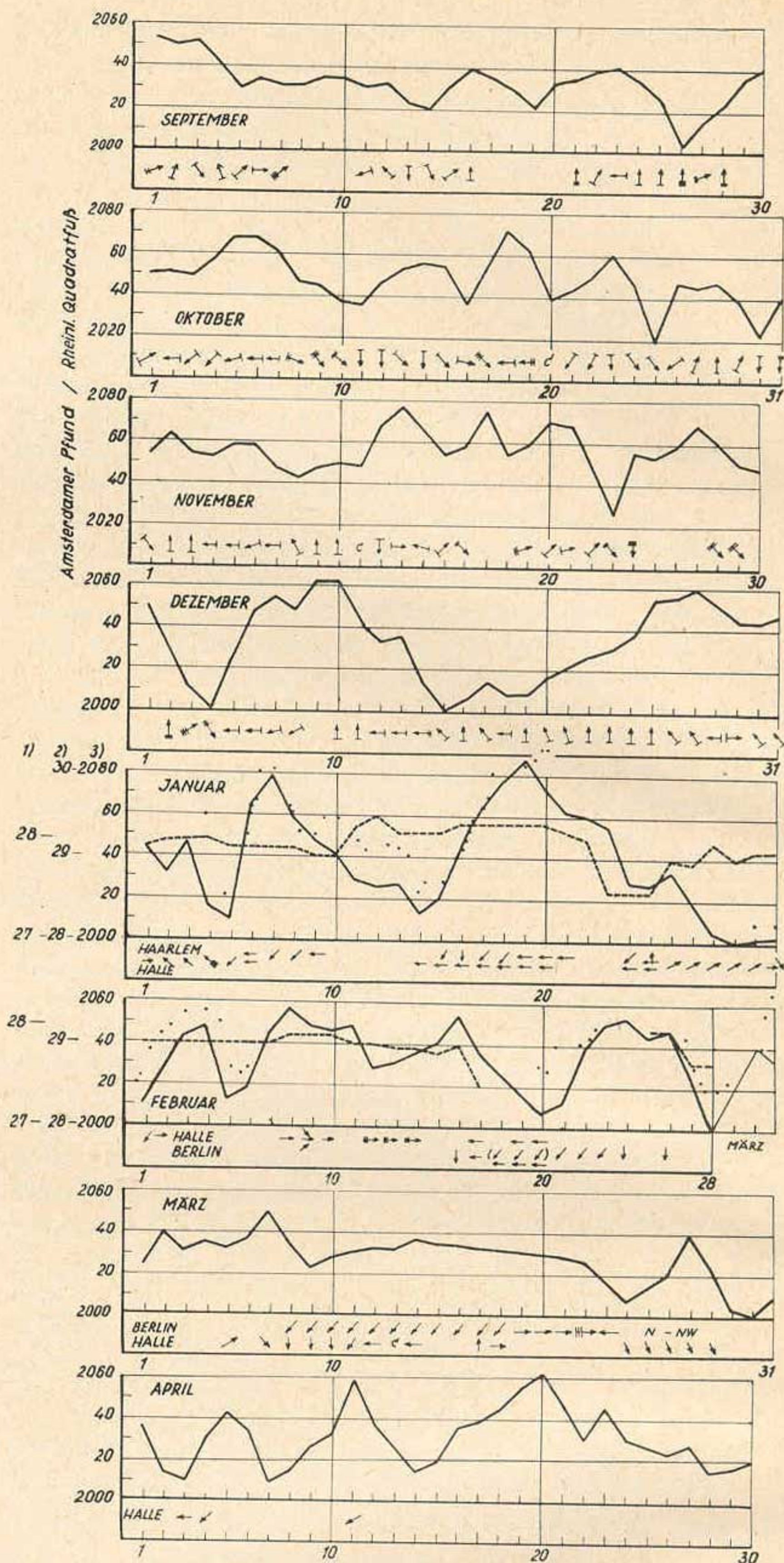


Abb. 9

Verlauf des Luftdruckes im Winter 1708/09 in Delft
Halle und Montpellier — — — nach Originalwerten;
Windrichtungen in Haarlem, Halle und Berlin
1) Montpellier (Zoll?)
2) Halle (Zoll)
3) Delft (Amsterd. Pfund/Rheinl. Quadratfuß)

mometerskalen (1640) — Centesimaleinteilung zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt (1694)) bleiben deshalb auf italienischer Seite.

Wenn nach diesen Unterlagen auch feststeht, daß an dem Thermometer, auf welches die graphische Darstellung des Temperaturverlaufs im Winter 1708/09 zurückgeht, der Siedepunkt des Wassers bei 64° und der Gefrierpunkt bei 8° *Roemer* gelegen hat, so bereitet die Extrapolation für die Skalenteile 0 bis 7 und unter 0° *Roemer* doch einige Schwierigkeiten, da der Ausdehnungskoeffizient des Weingeistes bei diesen Frosttemperaturen berücksichtigt werden muß. Die Zusammensetzung der Thermometerflüssigkeit ist uns nicht bekannt. Wenn wir die zugrunde legen, die *Reaumur* benutzt hat und dementsprechend den Vergleich seines Alkoholthermometers mit einem Quecksilberthermometer verwenden (3), ergibt sich für den Skalenwert 0 des *Roemer* schen Gerätes statt —14,3° C (bei linearer Extrapolation) ein Wert von —18,0° C. Er kommt etwa der Temperatur einer Salz-Eismischung gleich, die wir

für die übrigen Thermometer angesetzt haben. Zu dem gleichen Ergebnis gelangt man mit Hilfe der Tabelle von Nicholson (s. 2.1.).

Auch für 0° des Fahrenheitschen Thermometers, welches Christfried Kirch 1716 erwarb, machte sich auf Grund von Häufigkeitsuntersuchungen eine Korrektur von -14.3 (3) auf -17.8°C (24) notwendig. Roemer selbst bestätigt uns die Richtigkeit dieser Lage des Nullpunktes seines Thermometers in einem Brief an Derham über den Winter 1708/09, in dem er mitteilt, daß ein derartiger Frost seit Menschengedenken in seinem Land nicht vorgekommen sei und derjenige am 7. Januar und 23. Februar von 1708/09 sich fast dem Punkte des künstlichen Frostes genähert habe.

„I should not entertain any the least distrust of the Accuracy either of the Instruments, or Observations of that Eminent Person, were I sure they were his. But there are some Passages and Hints in those Papers that lessened others, as well as my Opinion about them. It is said there, 'That such a Frost hath not been known in the Memory of Man in these Countries, and that the Frost on January 7. and February 23. 1708/09, did very nearly approach the Point of Artificial Freezing'“ (13, S. 458).

Die mit Hilfe der in Tabelle 2 umgerechneten Originalwerte der alten Temperaturmessungen sind aus der Tabelle 3 zu ersehen.

Was den Forschern jener Zeit neben der rein zahlenmäßigen Gegenüberstellung noch nicht möglich war, ist eine enge Verknüpfung der umgerechneten Werte dieser Beobachtungen mit der jeweiligen Wetterlage. Ausführliche Schilderungen des Witterungsablaufes liegen von Wolff aus Halle, daneben von Schröck aus Augsburg und Baier aus Altorf sowie aus kleineren Quellen vor. Besonders wichtig sind jedoch die täglichen Witterungsangaben von Gottfried und Maria-Margaretha Kirch. Eine rohe Übersicht des Witterungsverlaufs nach den Augenbeobachtungen aus Haarlem/Delft, Halle und Berlin wurde in der Tabelle 4 zusammengestellt. Für das ganze Winterhalbjahr geben außerdem der Verlauf der Tagesmittel der Lufttemperatur von Berlin und Delft in $^{\circ}\text{C}$ (Abb. 8) und der Gang des Luftdruckes nach den Originalwerten von Delft (Abb. 9) einen zusammenfassenden Überblick.

3. Der Witterungsverlauf des Winters 1708/09 — eine Zusammenfassung von Einzelberichten unter Zuordnung der ausgewerteten Temperaturmessungen

3.1. Vorgeschichte und Verbreitung

Der vorangegangene Winter 1707/08 war im ganzen sehr gelinde gewesen. Vanderlinden berichtet aus Belgien (44, S. 172): „Le printemps (1708) fut rude, l'été froid; à la Saint-Jean (26. Juni), il faisait comme en octobre. Il plut depuis le 18 juin jusqu'à la Saint-Jacques (25. Juli); après quatre jours de beau temps, il commença à pleuvoir jusqu'à la Saint-Laurent (10. August). Les 14, 15, 16 et 17 août, une chaleur comme en Espagne; le 18. modéré; à la Saint-Barthélemy (24 août) la Meuse a débordé et encore à la Saint-Lambert (17. September). Chaque fois les inondations ont causé de grands dommages . . .“

Diese Angaben decken sich mit den Monatsmitteln von Delft (43), die im Mai und Juni 1708 0.2°C und im Juli 1.6°C zu kalt waren, dagegen im August 1708 2.3°C über dem langjährigen Mittelwert von 1735 bis 1944 lagen.

Der Sommer 1708 gehörte auch nach Pfaff (7, S. 57) namentlich in Frankreich (De La Hire und Bon) „zu den weniger warmen Sommern“. In Cassinis (Paris) Verzeichnis wird er ebenfalls nicht unter den warmen Sommern aufgeführt.

Nach Schröck waren Sommer und Herbst 1708 in Augsburg kalt und regnerisch. Laut der Frankfurter

Chronik (55) herrschte vom 18. Juni bis 7. August fast anhaltend Regenwetter und viel Wind.

Pilgram (49) hat den Wiener Sommer 1708 weder unter die warmen noch unter die kalten aufgenommen, die bis zum Jahre 1785 vorkamen. Er tat es wohl deshalb nicht, weil sich Juni und Juli gegen den August aufhoben.

Maria-Margaretha Kirch faßte für Berlin die Witterung einzelner Monate des Jahres 1708 wie folgt zusammen (Juni und August ergänzt):

Januar 1708, nach einem Bericht aus Leipzig

„Wir solten hier der Jahres-Zeit nach den stärcksten Winter haben: allein es könnte um Ostern und um die Frühlings-Zeit, fast nicht schöner Wetter seyn, maßen wir in vielen Wochen her gar keinen Frost gehabt . . . und würde man fast zu wenig sagen, daß dieses Wetter bey uns ein Italienischer Winter wäre“.

April 1708

„Das Wetter ist also gar unfruchtbar gewesen. Die Bäume blühen sehr voll. Wenn ihnen nur die Kälte und Dörre nicht schadet“.

Mai 1708

„Dieser Monat war anfangs sehr unfreundlich und kalt, mit Schnee und Frost, hernach sehr heiß und trocken, in der letzten Helfte aber fein fruchtbar“.

Juni 1708

(Die wechselhafte Witterung wurde von einigen kurzen Schönwetterperioden unterbrochen, mehrfach Gewitterschauer).

Juli 1708

„Dieser Monat ist sehr unstet gewesen, mit öftern Regen und kalten Winden. So viel Regen ist zwar nicht, daß das Wasser solte auflaufen oder im Felde zu viel wäre, sondern nur so viel, daß nichts treuge einzubringen ist“.

August 1708

(Unbeständig, an 15 Tagen Regen, vom 14. bis 18. heiße Tage).

September 1708

„ . . . Denn weil der Sommer wieder die Vermuthung nicht dörre gekommen, sondern viel mehr übermäßig naß und unstet. So ist doch aber eine Übermaß des Wetters gewesen und die erste Erndte also nicht gut“.

Um die Tag- und Nachtgleiche des Herbstes 1708 stellte sich in Augsburg für 16 Tage meist heiteres Wetter ein (42). Danach begann am 8. Oktober — in Berlin schon am 7. Oktober 1708 — mit Nord- und Westwinden unbeständiges und stürmisches Wetter. Der folgende Winter fing eigentlich schon im Oktober an. Er war in Mitteleuropa ungewöhnlich hart.

Bereits die damaligen Wissenschaftler haben erkannt, daß der Winter 1708/09 dadurch in der Geschichte der Meteorologie eine besondere Stellung einnimmt, weil an mehreren Orten — wenn auch unter den erwähnten Schwierigkeiten und Einschränkungen — das Ausmaß der Kälte erstmalig annähernd festgehalten wurde. Aus den aufgeführten allgemeinen Schilderungen des Witterungsablaufes geht hervor, daß Beginn und Ende der Frostperioden verbreitet und mit wenigen Tagen Unterschied einsetzten. Das besondere Kennzeichen des Winters 1708/09 war ferner seine Ausdehnung über große Teile Europas. Die Vereisung der Ostsee begann schon im Dezember 1708. Später konnte man mit dem Schlitten von Kopenhagen bis Bornholm übers Eis fahren (80). Es muß also fast die gesamte Ostsee mit Eis bedeckt gewesen sein. Der Bodensee war größtenteils zugefroren (79). Der Frost erfaßte mit seinen extremen Auswirkungen auch Teile des Mittelmeerraumes, wo z. B. auf der Insel Korsika tausend Ölbäume erfroren (33) und man in Venedig „nach Belieben reiten, fahren und spazieren gehen“ konnte. „Die adriatische See war ganz gefroren, was seit 859 nicht statt gehabt hatte“ (7, S. 55). Der Winter muß allgemein sehr schneereich ge-

wesen sein, denn Döderlein (33) weiß zu berichten, an manchen Orten habe auch an Sonn- und Feiertagen, besonders in Preußen und Kurland, mit etlichen hundert Mann vor den Toren der Städte und Festungen Schnee geräumt werden müssen. „Besonders fiel am 25. Januar, 6. Februar, 10. und 11. Merz Schnee, ja noch am 11. May sah man solchen zu Oedenburg fallen“ (116, S. 239 ff). Interessant ist die von Bon (97) geäußerte Ansicht, das Erfrieren der Bäume sei dadurch begünstigt worden, daß sie in dem nassen vorangehenden Wetter viel Feuchtigkeit aufgenommen hatten.

Dagegen müssen Irland, Schottland und Nordengland von der kontinentalen Kälte verschont geblieben sein. Der Bischof von Carlisle beobachtete auf einer Reise nach London, die er am 26. Januar 1709, drei Tage vor dem Tauwetter angetreten hatte, daß Frost und Schneemenge südwärts zunahmen. Im Streckenanfang waren Flüsse und Seen offen; auf ihnen hatte eine ungewöhnliche Menge von Schwänen Zuflucht genommen. Von der Grafschaft Yorkshire ab nahm die Schneehöhe nach Süden erheblich zu. Sir Robert Sibbold berichtet aus Edinburg, daß der Winter zwar von Oktober bis Mai dauerte, daß der Frost aber nicht nennenswert war und nicht lange anhielt. Nach einem Bericht eines Mr. S. Malynaux aus Dublin soll der Winter 1708/09 zwar härter als gewöhnlich, aber nicht von irgendeiner bemerkenswerten Dauer gewesen sein (13). „Merkwürdig ist“, schreibt Pilgram (49, S. 98) „daß bey einer so großen und allgemeinen Kälte zu Constantinopel weder Eis noch Schnee, sondern ein überaus gelinder Winter war“. Schnurrer fügt diesem offenbar aus dem „Theatrum Europaeum“ (112) entnommenen Bericht hinzu: „um so mehr als auch in Nordamerika die Kälte gleich streng war“ (116, S. 240). Schon van Swinden grenzte die Ausbreitung der Kaltluft noch genauer ab: „on seroit tenté de croire que le froid a été plus fort au centre de l'Allemagne, comme à Francfort, à Cassel, que dans les parties plus boréales de ce vaste empire“ (35, S. 355). Der Winter muß also seine Schwerpunkte in einem von Nordosten nach Südwesten quer über Ost-, Mittel- und Westeuropa verlaufenden 1000 km breiten Raume gehabt haben.

Als weiteres Merkmal wird in der alten Literatur auch bereits auf die Gliederung in fünf Frostperioden hingewiesen, die jeweils kurzfristig von Tauwetter unterbrochen wurden. Dieser wechselhafte Verlauf stand besonders im Gegensatz zu dem anhaltend kalten Winter 1740 (Vgl. den Bericht von Nicolas Duyn (3.4)). Da die einzelnen Perioden überall mit Nord- bis Ostwinden begannen und mit südlichen bis westlichen Winden endeten, müssen die Großwetterlagen des Winters 1708/1709 meridional gewesen sein. Zu Wintersanfang herrschte Tauwetter: „Fit glacialis hiems, boream cum duxerit auster“ (49, S. 358). Diese alte Bauernregel traf 1708/09 zu.

3.2. Der Frühwinter der zweiten Oktoberhälfte 1708

In Berlin ist schon Mitte Oktober 1708 nach einem Kaltlufteinbruch „ziemlicher“ Frost festgestellt worden. Er wurde am 15. um 7 Uhr von Gottfried Kirch zu -4.0°C bestimmt und dauerte bis gegen 9 Uhr. Vom 15. bis 17. regnete es in Halle (19), am 16. auch in Berlin. Hierauf folgten zwei Tage lang stürmische Winde, die am 19. nochmals frische Kaltluft aus nördlichen Richtungen heranzführten. Am 18. morgens herrschte in Berlin ähnlicher Frost wie am 15. Die Temperaturen sanken dann erst am 19. abends wieder unter den Gefrierpunkt. In Halle und Zeitz wurde am 19. und 20. vormittags bei heiterem Wetter ebenfalls intensive Kälte festgestellt (19). Auch der Chronist aus Frankfurt am Main berichtet von starkem Frost und Reif am 18. und 19. In Berlin zeigte das Thermometer nur in den Frühstunden des 20. Frostwerte bis zu -4.5°C an, in Halle am geöffneten Fenster -7.5°C .

Am 20. Oktober 14 Uhr drehte der Wind in Halle auf West zurück und von 19 bis 23 Uhr fiel hier Regen. Auch in Berlin trübte es sich gegen 20 Uhr ein. In dem wechselnd bewölkten unbeständigen Wetter der folgenden Tage (Halle) kam in Berlin am 23. morgens nochmals Frost vor. Am 24. wurde jedoch an beiden Orten — in Berlin bei starkem Westwind — Regen festgestellt. Abends war es in Berlin still „mit ziemlichem Frost“. In Augsburg fiel am gleichen Tage bei Südostwind Schnee, in Halle erst am 25. Aus Weißenburg (Bay.) meldet Döderlein (33), am 25. und 26. Oktober sei tagsüber und nachts ein „tiefer Schnee“ gefallen, dem bei heiterem Wetter strenge Kälte folgte. In Berlin gab es in der Nacht zum 26. „den ersten Schnee“, der — indem es „winterisch“ blieb — zu einer Schneedecke geführt haben muß. Hier wurden vom 25. bis Monatsende in den Morgen- und Abendstunden Frostwerte gemessen; in den Mittagsstunden stiegen die Temperaturen wenig über den Gefrierpunkt — maximal nur bis 2.5°C — an, so daß die Tagesmittel bis Ende Oktober unter dem Gefrierpunkt blieben. Frankfurt meldete am 26. und 27. „starken Schnee“. Nach dem Schneefall, der zur Bildung einer hohen Schneedecke führte, herrschte am 26. und 27. Oktober auch in Halle winterliches Wetter, wobei es anschließend bei Nordwind aufklarte. Mit der Aufheiterung verstärkte sich vom Abend des 27. ab der Frost. Am 28. blieben die Wohnzimmerfenster in Halle tagsüber mit Eis überzogen, auch als sie von der Sonne beschienen wurden. Der Frost erreichte am 29. in Halle mit dem „Maximum der Kälte“ (im Zimmer bei geöffnetem Fenster -5.5°C) und in Berlin mit „Hartem Frost“ (-8.0°C) seinen ersten Höhepunkt. Bis zum Monatsende lagen dann alle Hallenser Messungen unter dem Gefrierpunkt und — wiederum wegen der geschützten Aufstellung — sogar die Mittagswerte, soweit sie vorhanden sind. In Zeitz herrschte an diesem Tage ungewöhnliche Kälte; sie hielt am 30. noch an. Bereits die Messungen im Oktober zeigen, daß die beiden Thermometer in Halle und Zeitz nicht „eodem thermoscopii genere“ gewesen sein können. Der am 19. um 7 Uhr in Zeitz gemessene Wert von $72\frac{1}{2}^{\circ}$ müßte nach der Umrechnung für das Hallenser Thermometer -9.7°C und der vom 29. von 106° sogar -19.9°C betragen haben. Das ist aber im Vergleich zu Halle und Berlin unwahrscheinlich. Der geringe Tagesgang am 29. (-20.1 bis -18.6) spricht außerdem für eine Aufstellung des Thermometers in einem Zimmer.

De La Hire berichtet aus Paris (11, S. 3): „A la fin de l'année (1708) dès le 29 Octobre il a gelé, le Thermometre étant à 29 parties, mais sans continuer, & tout le mois de Novembre a été assés doux par rapport à la saison“.

29° De La Hire würden -1.4°C entsprechen. Dieser tiefste Tageswert von Paris steht mit den Tagesmitteln der Lufttemperatur von Delft, die am 28. und 29. mit 3.9°C die niedrigsten des Oktobers waren, durchaus im Einklang. Im übrigen zeigte der Gang der Tagesmittel sowohl in Delft als auch in Berlin nur geringe Schwankungen. Vom 27. bis 29. Oktober herrschten in Delft südwestliche Winde. Am 31. Oktober ab Mittag setzte auch in Halle mit Südwestwind und in der Nacht zum 1. November 1708 ebenfalls in Berlin bei Schnee und Regen Tauwetter ein. Die Wetterverschlechterungen, die am 20., 24. und zum Monatsende gemeldet wurden, stimmen mit dem Gang des Luftdruckes in Delft gut überein. Bezeichnend für den Oktober 1709 ist auch, daß die Windrichtungen in Delft an 21 Tagen eine Nordkomponente aufwiesen und an fünf weiteren Tagen Ost waren. Die Westwinde am 16., 20. und 24. in Halle und Berlin müssen deshalb auf Störungen zurückgehen, die aus Nord bis Nordwest kamen.

Der November 1708 war wie in Paris (s. o.) auch im mitteleuropäischen Raume gelinde. In Berlin kamen die höchsten Meßwerte mehrfach an 12.0°C heran. Der

höchste Wert von Halle mußte mit 5.4°C zwangsläufig zu gering ausfallen. Die Tagesmittel erreichten in Berlin des öfteren Werte zwischen 8.0 und 9.0°C und in Delft solche zwischen 9.0 und 10.0°C . In der größtenteils heiteren Ostwetterlage der ersten Dekade (Halle und Berlin) wurden am 1., 3. bis 9. November in den Berliner Tagebüchern Nachfröste vermerkt, die nach den Messungen bis zu -4°C betrugen. Entsprechend der Aufstellung konnte in Halle am 7. November nur ein Wert von -0.8°C gemessen werden. Während es in Augsburg noch bis zum 23. November vielfach heiter und dann bis Monatsende unbeständig gewesen sein soll, herrschte in Halle, Zeitz und Berlin schon in der zweiten Dekade mildes, bewölktes Wetter mit zeitweisem Regen vor. In Berlin muß das Wetter mit lebhaften Winden am 13. und 18. und stürmischen am 19. November schon zu dieser Zeit unbeständiger gewesen sein. Es kann als Beweis für die Brauchbarkeit der Auswertungen der Thermometerskalen angesehen werden, daß sich die Tagesmittel von Delft und Berlin in der lebhaften Westwetterlage des 12./13. bis auf 1.5°C und in der Sturmweatherlage des 19. bis auf 0.5°C nahe kamen. Der Temperaturverlauf im November war nach diesen Tagesmitteln etwas weniger ausgeglichen

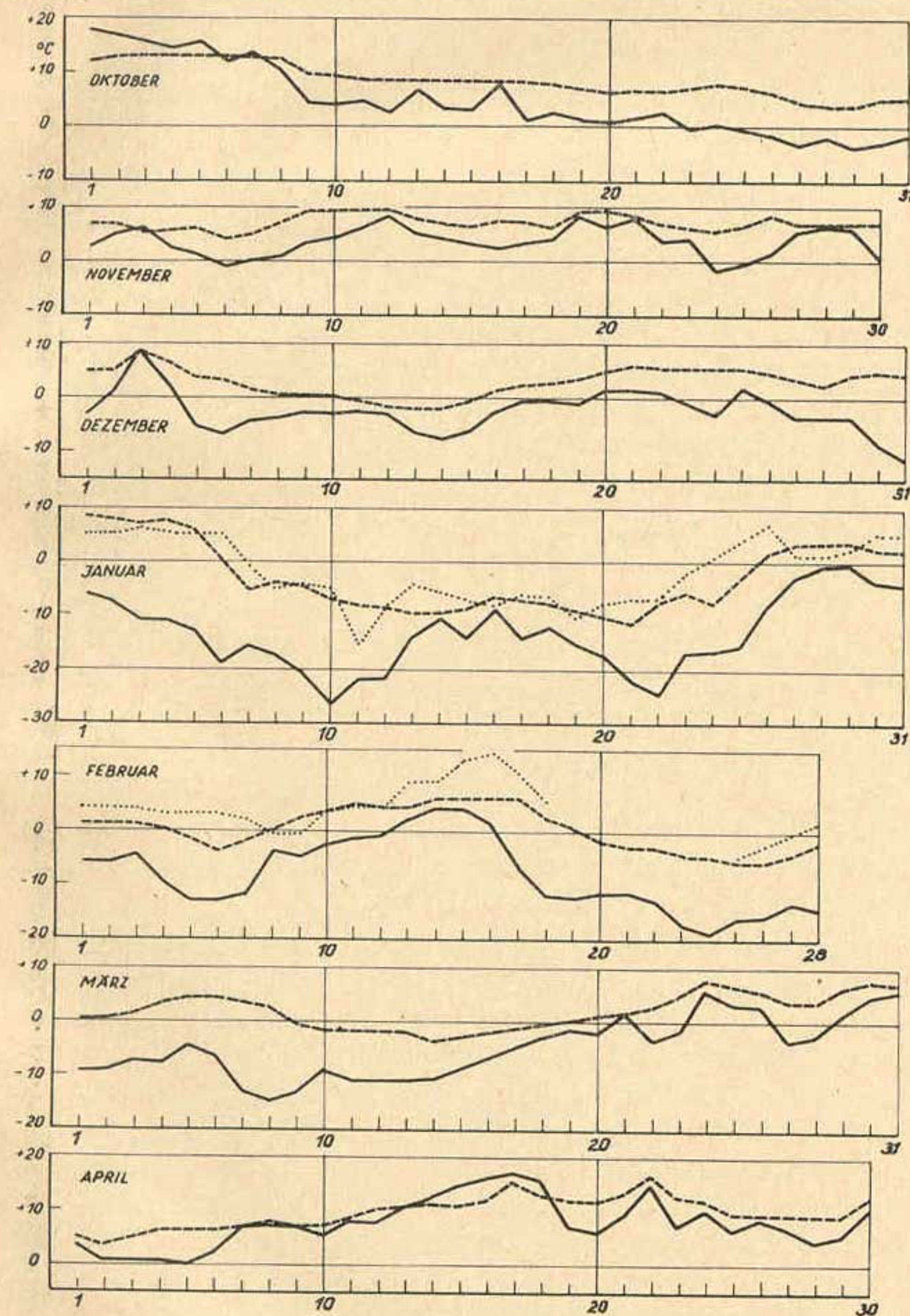


Abb. 10

Verlauf der Lufttemperatur (Tagesmittel in $^{\circ}\text{C}$) von Berlin —, Delft — — — u. Montpellier . . . im Winter 1708/09

als im Oktober. Lediglich am 24. und 25. trat in Berlin nochmals leichter Frost bis zu -2.5°C auf. Für Halle wurde für die gleichen Tage ein tiefster Wert von -2.3°C gemeldet. Anschließend steigerte sich die Unbeständigkeit in den beiden letzten Tagen des Monats zu einer Sturmweatherlage.

3.3. Die vorweihnachtliche Frostperiode des Dezembers 1708

Wie die meisten strengen Winter der Neuzeit war auch der von 1708/09 durch einen ausgeprägten Vor-

winter im Dezember gekennzeichnet. In Berlin hatte schon am 1. und 2. Dezember 1708 während einer kurzen Wetterberuhigung leichter Frost geherrscht. Am 3. und 4. fiel hier Schnee und Regen bei starken bis stürmischen westlichen Winden (letztere auch in Halle, Zeitz und Frankfurt am Main). In dieser Sturmweatherlage wichen die Tagesmittel von Delft und Berlin am 3. nur 0.9°C voneinander ab (Abb. 10). Als am 4. um 12 Uhr in Berlin, offenbar vor dem Einbruch einer Kaltfront, 7.0°C gemessen wurden, konnte man in Halle nur einen Wert von 1.8°C vermerken, der zugleich die höchste gemessene Temperatur des Dezembers war. Sie hatte sich in Berlin bereits am 3. mit 11.0°C eingestellt. Mit $48^{\circ} = -2.4^{\circ}\text{C}$ lieferte das Zeitzer Thermometer am 4. um 12 Uhr auch hierbei keine vergleichbaren Werte. Dasselbe traf für den 15. Dezember zu, als in Zeitz um 8 Uhr $104^{\circ} = -19.2^{\circ}\text{C}$ gemessen wurden, dagegen in Berlin nur -7.0°C (Halle am 16. um 8 Uhr -7.2°C , Berlin -3.5°C). Am 5. setzte dann mit Nord- und Ostwinden Frostwetter ein. In Berlin waren der 6. bis 15. Eistage. Bis Jahresende blieben dann nur der 21., 22. und 25. gantztägig frostfrei. Die Frostlage hielt in Augsburg „von häufigen Nebeln unterbrochen“ bis zum 15. ständig an und setzte sich mit Unterbrechungen bis zum 23. fort.

Bei dem in Halle für den 13. Dezember datierten Weststurm wird es sich um einen Druckfehler handeln; es muß wohl 3. Dezember heißen, denn er wird dem am 3. und 4. Dezember in Zeitz zur Seite gestellt (19). In Berlin herrschte am 13. Dezember nur schwacher Ostwind. Derham konnte den Sturm in Halle auch gar nicht mit seinem am 14. beobachteten Wetter in Verbindung bringen (13). An diesem Tage wehte in Upminster ein „brisk easterly wind“. In Weißenburg war zur gleichen Zeit die „Wut der N- und E-Winde“ erstaunlich (33).

In Paris hatte das Thermometer am 12. Dezember 1708 mit $25^{\circ}\text{De La Hire} = -4.5^{\circ}\text{C}$ den tiefsten Stand des Jahres erreicht. „Le Thermomètre est aussi descendu à 25 parties le 12 Decembre, & c'est le jour de la plus forte gelée de cette année, laquelle n'a pas été fort considerable, puisque ce Thermomètre descend quelquefois jusqu'à 13 parties“ (11, S. 3). Schon in diesem Monat muß der Kältevorstoß aber recht großräumig gewesen sein, denn Gauteron berichtet aus Montpellier: „Ce fut le 12 Decembre 1708 que la gelée commença à Montpellier; le vent étoit au Nord $\frac{1}{4}$ de Nord-Est (c'est ordinairement le vent de Nord, ou le vent de Nord un peu déclinant vers l'Est ou vers l'Ouest qui regne dans ce pays-ci pendant la gelée)“ (96, S. 381). Bereits am 16. wehte in Paris starker Südwind, der sich mit einer kurzfristigen Erwärmung in Mitteldeutschland in Verbindung bringen läßt. Auch in Haarlem herrschte vom 6. bis 14. Dezember Frost (32). Die Tagesmittel in Delft waren vom 11. bis 15. negativ.

Aus Belgien berichtet Vanderlinden (44, S. 172): „L'hiver s'est passé tout doucement par des temps de pluie; à la Saint-Nicolas (6. Dezember), il a fait une petite gelée d'environ quinze jours, puis il a commencé à dégeler; aux fêtes de Noël, il faisait le plus doux temps du monde, si bien qu'on croyait être quitte de l'hiver.“

Am 19. lag in Berlin noch immer der am 4. gefallene Schnee. Das muß auch in Zeitz und Halle der Fall gewesen sein, wo der Schneefall am 6. und 7. ebenfalls zur Bildung von Schneedecken führte.

In Wien setzte am 3. Dezember eine „mittelmäßige Kälte“ ein, ließ aber „nach 3 Wochen“, also am 24., nach; ein anhaltender Regen folgte (49).

In dem singularitätengerechten Tauwetter des 25. Dezembers war „der wenige Schnee heut vollends alle weg getauet“ (Berlin). In Augsburg hatte dieses Dezemberwetter epidemische Krankheiten zur Folge. Nur

wenige Einwohner der Stadt blieben von Katarrhen, Kopfschmerzen, Halsbeschwerden und Zahnschmerzen verschont.

Etwas später erfolgte ein neuer Kälterückfall. Vom 27. bis 31. stieg die Temperatur in Berlin auch tagsüber nicht mehr über 0° an. Am 31. um 7 Uhr wurden -14.0°C gemessen. Nach Frau Kirchs Worten bedeutete diese Temperatur heftigen Frost. In Altorf waren am gleichen Tage „alle Wasser im Brunnen gefroren“ (18).

Auch in Danzig (8, S. 672 u. 20, S. 20) herrschte bereits vom 27. Dezember 1708 ab wieder „scharfer“ Frost. Nach den aus Kopenhagen vom 26. ab vorliegenden Messungen müssen die Temperaturen hier Ende Dezember zwischen -9.0 und -9.5°C gelegen haben. In Kiel zeigte das Thermometer an den beiden letzten Tagen des Monats ebenfalls Frost an.

Der Witterungsverlauf des Januars und Februars 1709 ist von einer größeren Zahl von Orten durch Meßwerte belegt als in den vorangehenden Monaten. An das umfangreiche Material aus Berlin kommt aber das der übrigen Orte auch nicht annähernd heran. Lückenlos sind weiterhin die Tagesmittel von Delft vorhanden. Nahezu für alle Tage dieser zwei Monate liegen Temperaturwerte von Königsberg, Danzig, Kopenhagen, Hamburg (nur Januar) und Montpellier vor, über mehrere Tage auch von Kiel und Halle. Die von den genannten Orten überlieferten Werte sind in Tabelle 1 wiedergegeben, um das Ungleichartige des Materials zu zeigen. Größtenteils handelt es sich um 7 oder 8 Uhr Werte. Der geringe Unterschied zwischen beiden Terminwerten in dieser Jahreszeit kommt wegen der erforderlichen Zugeständnisse an die Genauigkeit kaum zum Tragen. Für Halle, Delft und Montpellier liegen noch Luftdruckwerte vor. Da ihre exakte Umrechnung nicht möglich ist, wurde der Gang dieses Elementes nach den alten Werten aufgezeichnet (Abb. 9). Die Messungen in Montpellier erscheinen wegen der geringen Schwankungen zweifelhaft.

Das neue Jahr begann mit einem interessanten und durch eine große Zahl von Berichten belegten Witterungsablauf, der mit dem Gang der Temperaturen an den einzelnen Orten gut im Einklang steht. Der Kälterückfall, der schon Ende Dezember an den östlichen Stationen begann, setzte sich zunächst nicht nach Westen fort. Er wurde anscheinend von atlantischen Störungen aufgehalten. In Halle wehte der Wind am 1. Januar 1709 in den unteren Schichten aus westlichen, in den oberen aus südlichen Richtungen. In dem bewölkten Wetter setzte Frostmilderung ein (Berlin). An den beiden folgenden Tagen drehte der Wind in den unteren Schichten über Südost nach Ost und frischte auf. Er brachte so wieder kälteres Wetter (Berlin) und Schnee (Halle). „Es scheint als wenn Frost und Gelinigkeit miteinander stritten, indem das Wetterglaß (Thermometer, d. Vf.) bald steigt, bald fällt“ schrieb Maria-Margaretha Kirch am 2. Januar in ihr Tagebuch. Am 4. Januar frischte der Wind in Halle aus Südost und in Jena aus Süd bis Sturmesstärke auf. Dies stand mit einem kräftigen Druckfall in Delft und Halle im Einklang, dem am 5. und 6. ein ebenso schneller Anstieg folgte. Die Ursache muß ein eng begrenztes kräftiges Teiltief gewesen sein, das über Mitteleuropa südostwärts vordrang. Die Niederschläge fielen am 4. in Berlin ab Mittag als Schnee, aber in Halle ab 14 Uhr, in Jena, Zeitz (nachmittags) und in Augsburg als Regen, so daß hier trotz des Südostwindes kräftiges Tauwetter herrschte. An diesem Tage wird zwischen Halle und Berlin eine ungemein scharfe Luftmassengrenze gelegen haben, denn in Berlin blieb am 4. nach Maria-Margarethas Tagebuch das ziemlich harte Winterwetter bestehen; nach den Messungen Gottfried Kirchs trat morgens gegen 6 Uhr ein Frost von -13.0°C auf, der

sich bis zum Abend auf -10.0°C verringerte. Während es in Berlin am Nachmittag des 4. und in der Nacht zum 5. Januar anhaltend schneite, müssen im Westen erhebliche Regenmengen gefallen sein. In Halle wurde „flante inferius Euronoto (S.O.) nix intra dimidium diem & noctem unam cum glacie fere omni in aquas resolvetur“ (19, S. 12). Das ungünstig in einem Zimmer aufgestellte Thermometer in Halle hat am 4. ganz offensichtlich auf die kurzfristige Erwärmung nicht angesprochen. Den Hallensern erfolgte das Einsetzen des Tauwetters im übrigen wegen des Südostwindes „wider Erwarten“. In den Niederlanden hatten die ergiebigen Regenfälle sogar zu verbreiteten Überschwemmungen geführt (32).

Aus Belgien wird berichtet: „Le 5 janvier de la même année y ayant tombé une pluie dans cette province de Luxembourg, si abondante que toute la superficie de la terre estoit couverte d'eau, et avant quelle ait eu le tems de s'escouler, il survint à l'instant, la nuit du 5 au 6 dudit mois, une gelée si prompte et si forte que toute la face de la terre n'estoit que glace, cette gelée ayant ainsy continué pendant trois semaines ou environ sans relâche et d'une manière si violente et extrême, qu'on prétend que de mémoire d'homme on n'avoit pas senti de froid pareil“ (44, S. 173).

3.4. Die beiden außergewöhnlichen Kaltluftvorstöße während des Hauptwinters 1709

„Enimvero scena subito mutabatur & cum universae Europae admiratione coepit periodus tertia, insolito prorsus frigore notabilis“ (19, S. 18), ja, „op een byna ongelooftyke korte tyd“ (32, S. 26), wobei die ungewöhnliche Kälte bemerkenswert war. Es erfolgte ein auch nach unseren heutigen Erfahrungen extrem kräftiger polarkontinentaler Kaltlufteinbruch, der sich bis Südwesteuropa verfolgen läßt.

Bereits am 4. Januar zog sich in Danzig der Weingeist des „Fahrenheitschen Thermometers“ in das Thermometergefäß zurück, die Lufttemperatur sank also unter -18°C .

Der Kaltluftvorstoß brachte Berlin, wo die alte Kaltluft nicht weggeräumt worden war, vom 5. 7 Uhr bis zum 6. Januar 7 Uhr einen Temperaturrückgang um fast 10°C (von -11.4 auf -21.0°C), nach den Tagesmitteln vom 5. und 6. eine Abnahme um 5.8°C . Der Temperatursturz muß in Mitteldeutschland noch erheblicher gewesen sein, da ja hier (Zeitz, 19, S. 12) bis zum 5. morgens die Warmluft lag.

Die Abnahme der Lufttemperatur im Laufe des Tages in Jena wurde durch die drei Werte 382 (morgens), 650 (mittags) und 854° Hamberger (abends) erfaßt, die 1.2 bzw. -6.4 bzw. -12.2°C entsprachen. Der Temperatursturz von 13.4°C in etwa 12 Stunden „... aeremque satis sensibilter apud nos agitans in plateis deambulantibus iterque ad nudinas Lipsienses facientibus molestus admodum accidebat“ (19, S. 13) muß den Tatsachen entsprochen haben. Auch in Zeitz fiel die Temperatur während des ganzen Tages. In Halle wurden die nassen Stellen sofort in Eis verwandelt.

Baier berichtet aus Altorf: „Ipso Nonarum die (5. Januar), cum aquis nivalibus pluviisque telluris facies undique maderet, (latente tamen adhuc subtus glacie,) circa vesperam demum quam maxime humidam, ventus orientalis spirare primum leniter, sed propecta nocte vehementius, coepit; post quem sub auroram statim terra omnis nive & pruina est obriguise.“ (18/1, S. 3). In Oberfranken setzte der Temperaturrückgang also erst am Abend ein. Ebenso war es in Frankfurt am Main. Hier „ließ sich der Anfang dieses Jahres mit feuchtem Wetter an“. Am „5. Januar regnete es den gantzen Tag, abens 7 Uhr aber wendete sich der Wind einsmahls in Norden und Nordosten, froher gleich so vehement, daß in derselben und folgenden Nacht fast

alle Bäume, insonderheit die Abricosen, Persich und dergleichen Bäume erfrohren“ (55, S. 767).

Paris und Holland verzeichneten den Einbruch der östlichen Kaltluft am Abend des 5., Augsburg und Belgien in der Nacht zum 6., Upminster im Laufe des 6., Versailles am 6. kurz nach Mitternacht, Montpellier während der Nacht vom 6. zum 7. und Portugal am 8. Januar.

Nicolas Duyn berichtet aus Holland (32, S. 26—30): „Wy zullen'er dit noch byvoegen, namelyk, dat het dien Zaturdag (5.), wanneer de Vorst begon, 's Morgens ten zeven uuren, meer dan gemeen zacht weeder was, na de tyd te rekenen, dit duurde tot omtrent negen uuren van dien zelfden Ochtent (nach van Swinden (35, S. 293) hat der Frost sehr plötzlich am Abend des 5. eingesetzt, d. Vf.), wanneer die warme Lugt, op een byna ongelooflyke korte tyd, veranderde, in een zeer felle Koude; het scheen dat de Menschen, schierlyk van de Mallebaar, tot die van Cormandel, dat is, van de Somer in de Winter kwaamen. . . . Wy zullen het getal der daagen, die zy in 't geheel, in de gemelde vier Maanden geheerst of getyranniseert hebben, hier by zetten, Namelyk

in December 1708	8
in Januarius 1709	21
in Februarius 1709	18
en in Maart van't zelfde Jaar	14

maakt 't zaamen een-en-zestig Daagen 61

Wat het ongemak aangaat, deeze was zo groot, voornamentlyk onder die felle Vorst, en vinnig bytende kou, die 'er in Loumaand gevoeld wierd, dat de Menschen byna niets van belang uitvoeren konden; yder schrikte, om zyn Neus buiten de deur te steeken, uit vreeze voor de Scherpbytende Wind en kou; men zag ook byna geen Menschen op het Ys, schoon dat 't zo vast als 't Land was. In tegendeel, zo geleek 't in deeze laatste Winter (1740) wel alle daagen Kermis (Nach Easton gehörte der Winter 1740 in der Zeit von 1205 bis 1756 nur zu den 10 „Hivers très rigoureux“, also nicht zu den 5 „Grands hivers“ wie der von 1709, d. Vf., siehe auch 4.3.). . . . In de Winter van 't Jaar 1709, kwam 'er zeer veel Sneeuw uit en door de Lugt vallen, de Straaten en weegen, wierden veeltyds met ongemak betreden. Hier te Haarlem, moesten op de groote Markt, verscheiden, Straaten of doorgangen gemaakt worden, op dat de Inwooners dezelve passeeren konden“ (32, S. 31).

Vanderlinden berichtet nach einer Chronik von Termonde (Ostflandern): „Den vyfden Januarii des nachts heeft het soo gruwelyck beginnen te vriesen dat, op dry dagen tyts, de Schelde is toegevrozen“ (44, S. 173).

Die Datierung des Kälteeinbruchs in Paris für die Nacht vom 4. zum 5. Januar, die aus „Parent: Observations et réflexions sur l'extrême froid de 1709, Mercure de Trevoux, Février 1711“ stammen soll und als Fußnote Cottes in van Swindens „Lettres sur les Grands Hivers“ (35, S. 288) steht, muß wohl auf einem Irrtum beruhen. Interessant sind aber die Begleiterscheinungen des ungewöhnlichen Temperatursturzes: „après trois jours de gelée, les puits, les caves, les aqueducs et les eaux de la Seine fumèrent au point d'obscurcir l'air. Cette fumée cessa après huit ou dix jours de gelée; les eaux de la Seine seules continuèrent de fumer pendant toute la durée du froid“. Nach Réaumur traf die Kaltluft in Paris am Abend des 5. ein, und nach De La Hire „Le froid du commencement de cette année a été excessif avec beaucoup de neige“ (117, S. 159).

Aus Versailles meldet Narbonne, „premier Commissaire de police“, dieser Stadt über die Kälte Anfang des Jahres 1709 (46, S. 107): „La veille des Rois (also am 5. abends, d. Vf.) sur les onze heures du soir, il faisait une pluie considérable. La pluie cessa sur le minuit.

Tout à coup le temps se tourna à la gelée la plus violente. Cette gelée dura très-longtemps. Il neigea beaucoup. Après un faux dégel, la gelée recommença avec la même violence. Les blés se trouvèrent imbibés d'eau entre les deux gelées et pourrèrent totalement.

Les bestiaux périrent dans leurs étables. Les noyers et les oliviers gelèrent aussi bien que les vignes.

On fit des feux publics dans les places et carrefours de Versailles. — Nombre de jeunes gens moururent de froid et de faim. Après la gelée on donna un labour aux terres, et on sema des orges et autres graines de mars, qui vinrent en si grande quantité, nonobstant les pluies continuelles qu'il fit, que c'était un vrai miracle“. (Schon nach dem strengen Winter 1608 folgte in Frankreich ein fruchtbarer Sommer (49, S. 97)).

Chroniken aus dem Kanton La Réole entnehmen wir, daß die untere Garonne im Laufe des 6. Januars von der schrecklichen Kälte erreicht wurde (103).

Aus Montpellier wird vom Präsidenten Bon (97, S. 49) berichtet: „Les fortes gelées, qui ont rendu cette dernière année à jamais mémorable, commencèrent à Montpellier la nuit du 6 au 7 de Janvier, & durèrent jusqu'au 24 du même mois“.

Hiermit übereinstimmend erfahren wir von Gauteron (96, S. 382): „Le dégel qui arriva pour lors (Ende Dezember 1708, Anfang Januar 1709, d. Vf.) ne me permit pas de pousser plus loin mes expériences; mais la gelée qui revint brusquement, la nuit du 6 au 7 de Janvier, me donna lieu de faire celles que je vais rapporter“.

Die Küste der Biskaya ist von der Kaltluft erst am 7. erreicht worden. „Voici ce que consigne à ce sujet, dans le registre de sa paroisse, le curé de Feings, près de Mortagne: „Le lundi 7 janvier commença une gelée, qui fut ce jour-là la plus rude et la plus difficile à souffrir: elle dura jusqu'au 3 ou 4 février. Pendant ce temps-là, il vint de la neige d'environ demi-pied de haut: cette neige étoit fort fine, elle se fondoît difficilement“ (117, S. 152).

Wenig später wird die Kaltluft die Pyrenäen überflutet haben, denn „des le premier Janvier (12. Januar wegen Kalenderreform) l'arivière (la rivière) d'Erbe en Espagne commença à se geler, quoique deux jours auparavant le tems fut si doux, qu'on avoit de la peine à se promener au Soleil sans en ressentir une chaleur trop vive“ (20, S. 3).

Das Eintreffen der Kaltluft in Mittelspanien ist nicht genau angegeben: „Madrid vom 19. Januar. Die Schärffe der Kälte, welche sich seit 7 Tagen in dieser Gegend spühren lassen, verursacht allhier viele Kranckheiten“ (20, S. 8).

Die Daten des Kaltlufteinbruchs in Portugal ordnen sich wiederum gut ein: „In Portugalliam frigus penetrasse literae Lisbona die 19. Januar. scriptae referunt, quod 8., 9. & 10. frigus tam immane fuerit, ut effoeti homines par non aspexerint“ (20, S. 8).

Nach dem Tagebuch eines Notars aus Turda in Siebenbürgen drang am 6. Januar vor Sonnenaufgang eine beispiellose Kälte in diesen Raum ein. Ihr Einbruch war von Schneetreiben begleitet. Viele Reisende kamen an diesem Tage um und ganze Schafherden gingen durch den Frost zu Grunde (120, S. 392).

Etwa zur gleichen Zeit wie in Südfrankreich brach die Kaltluft auch in Oberitalien ein (20, S. 9).

Dieser großräumige Vorstoß der Kaltluft wurde zwar anfangs durch den kleinen mitteleuropäischen Wirbel beschleunigt, den weiteren Weg nach Südwesten muß die Kaltluftmasse aber mit ihrer eigenen Bewegungsenergie fortgesetzt haben. Ihre mittlere Geschwindigkeit betrug anfangs etwa 40, später 20 km/Std. Zusammen mit dem Einbruch der Kaltluft setzte nach den Messungen in Halle und Delft ein Druckanstieg

ein, der in Halle mit rund 35 mb in vierundzwanzig Stunden ein ungewöhnliches Ausmaß hatte (Abb. 9). Baier schreibt aus Altorf hierzu: „Ventum hunc (der östliche s. o.), per sequens biduum (6. und 7., d. Vf.) & ultra cum assiduo frigoris incremento, sed diverso impetu, continuatum, paullo antea Mercurii in Barometro per plures gradus ascensio subita praenunciavit, cum prius ad vesperam usque diei V. Jan. multum infra mediocritatem lapsus esset“ (18/1, S. 4).

Der Druckanstieg erreichte am 7. den ersten Höhepunkt dieser Periode, der Frost bei heiterem bis wolkeigem Wetter und Winden aus Nordost bis Ost (Berlin, Halle, Zeitz und Jena) aber bereits am 6., als das Thermometer Gottfried Kirchs um 14^{1/2} Uhr —13.7° und um 19^{3/4} Uhr —20.0° C anzeigte. Es hat morgens sogar nahe —21.0° C gestanden.

Um die Ostflanke eines skandinavischen Hochs muß an den beiden folgenden Tagen eine Störung herangeführt worden sein, denn am 7. und 8. Januar drehte der Wind in Berlin über Nordwest auf West (am 7.) zurück und frischte auf (am 8.). Dabei fiel an diesen Tagen Schnee, ohne daß der Frost sich zunächst an den östlichen Stationen wesentlich verringerte. In Kopenhagen und Delft trat erst am 8. eine fühlbare, wenn auch nur geringe Frostmilderung ein. Die Störung wird durch den gleichzeitigen Druckfall belegt (Abb. 9). Duyn meldet aus Haarlem vom 6. bis 9. Winde um Nordost.

Während sich der Druckfall in Delft fortsetzte, muß am 9. Januar von Nordost mit leichtem Druckanstieg (Halle) eine weitere Kältewelle nach Mitteleuropa eingedrungen sein, so daß hier um den 10. ein erstes Höchstmaß an Kälte verzeichnet werden konnte. Maria-Margaretha Kirch schrieb am 10. in ihr Tagebuch: „Sehr grausamer Frost. Früh Wetterglas nur 5 Grad. Also haben wir es niemals gehabt. Als wir noch in Guben gewohnt, ist einmal 8 Grad gewesen und das hieß heftig kalt. Diese Nacht ist uns 1 Henne erfroren und dem Hahne war der Bart und Kamm erfroren. Es war Nachts heller Himmel, auch noch diesen Morgen“.

Dieser Tag war in Berlin der kälteste des ganzen Winters. Es wurden um 8 Uhr —30.0° C und abends um 19 Uhr als höchster Tageswert —19.0° C gemessen. In Halle zog sich selbst im Zimmer der Weingeist in die Kugel zurück.

Wie der erste Kaltluftvorstoß, läßt sich auch die zweite Kältewelle auf ihrem Wege nach Westen gut verfolgen. Während vom 11. Januar ab bei Schneegestöber (Berlin) an den östlichen Stationen eine leichte Frostmilderung einsetzte, nahm der Frost in Westeuropa zu. In Paris waren die Temperaturen am 10. bis —18° C und in Montpellier am 11. bis —15.5° C abgesunken. Am gleichen Tage hatte sich die Kälte auch in Belgien „bei großen Winden“ verstärkt (44). Es ist denkbar, daß dieser Temperaturrückgang im Westen mit der Kältewelle in Zusammenhang stand, die am 9. Januar in Berlin festgestellt wurde. Während dann im Osten (allerdings auch in Montpellier) in den folgenden Tagen Frostmilderung einsetzte — am 14. war es in Berlin bei Schneefall merklich gelinder (—11.4° C) —, nahmen die Temperaturen im Westen weiter ab. In Delft wurden am 13. und 14. mit —9.6° C die tiefsten Tagesmittel des Winters erreicht. In Paris waren die Früh- (—21.3° C) und Mittagstemperaturen (—18.4° C) beider Tage die tiefsten des ganzen Winters. Das gleiche galt auch für Hamburg mit —14.9° C und Kiel mit —12.6° C am 13. In Upminster sanken die Temperaturen am 14. nochmals auf denselben Betrag wie am 10. ab (—17.5° C). Der tiefste Wert von Paris ist nach der Umrechnung durch van Swinden (35) mit —21.3° C in die Literatur eingegangen. Er wurde jedoch von Renou (48) nur zu —18.4° C bestimmt. Beide Werte werden durch eine Parallelmessung vom gleichen Tage in der Rue Saint-Martin von —19.0° C gestützt (35). Es ist anzunehmen, daß diese

tiefen Temperaturen im Westen durch Ausstrahlung entstanden und daß zwischen dem Minimum in Montpellier am 11. und dem in Paris am 13. und 14. nicht der ursächliche Zusammenhang besteht, den van Swinden vermutete, wenn er bemerkt: „que si la gelée a commencé plutôt à Paris, et que le froid y étoit déjà violent lorsque la gelée ne faisoit que commencer à Montpellier; que cependant le très-grand froid a eu lieu dans cette ville deux jours plutôt (nämlich am 11.) qu'à Paris (am 13. und 14.), et qu'il y a repris aussi un peu plutôt, . . . et que M. Bon ayant exposé, le 11 de janvier, à l'air libre une grande jatte pleine d'un vin excellente et très-spiritueux, elle fut convertie en glace en moins de huit minutes“ (35, S. 290).

Die Kälte der ersten Januarhälfte 1709 muß in den meisten europäischen Ländern ungeheuer gewesen sein. Ganze Familien erfroren in ihren Wohnungen. Zahlreiche Menschen verloren Ohren, Nase oder Gliedmaßen durch den Frost (7). Hinzu kamen Verluste durch Hunger und Teuerung. Die extreme Kälte wird durch das Zufrieren der Flüsse innerhalb weniger Tage belegt. Eine Chronik aus Delle (20 km südöstlich Belfort) enthält folgende Schilderung: „dès le 8 janvier 1709 rivières ont estéées gelées d'une force que les eaux s'estaient regonflées par les chemin et dans la ville de Delle qu'à peine pouvait-on entrer dans les maisons. Le Rhin qui est un fleuve le plus rapide gela entièrement et on fit un commandement de quantité de paysans de cette province armez pour y aller faire la garde et empêcher que les allemands ne fissent entreprise pour passer en Alsace . . .“ (113, S. 67). Die Angaben decken sich mit denen einer Baseler Chronik, nach welcher der Rhein am 9. Januar 1709 „bis übers Käpelin-Joch zugefroren“ war (114, S. 7).

Am 8. Januar soll die Rhone an vielen Stellen zugefroren gewesen sein (20, S. 5). Zwei Tage später trugen die Kanäle Venedigs eine Eisdecke (52, S. 123).

Schon am 11. führte die Themse viel Eis. Maas und Schelde waren an diesem Tage bereits erstarrt (36, S. 29). Am 13. konnte man die Garonne im Kanton La Réole auf dem Eis überqueren (103). Die Seine und die „vornehmsten Flüsse“ Frankreichs fand man schließlich am 15. alle zugefroren. Am 12. gelangte man von Elsenieur (Helsingör) über den Sund nach Schonen (52, S. 123). Die Enge im Sund fror innerhalb von 24 Stunden zu (36, S. 31). Der Kleine Belt war „da es vor wenigen Tagen über 90 Grad gefroren“ am 15. „zimlich weit mit Eys überbrücket“ und „der grosse Belt fast ganz voller Eys“. Der Rhein zeigte am 15. bei Goar, Flickerwerth (Lkr. Düsseldorf?) und Schenkenschanz (Holländische Grenze) (20, S. 19), selbst bei Schaffhausen eine feste Eisdecke. „Van den 17 dier Maand (January) schreef men van Frankfort met Brieven, dat de Ryn al vier dagen geleden (also seit dem 13., d. Vf.) tot Germersheim en Mentz geheel toegevrozen was geweest“ (36, S. 30). Am 15. wurde auch aus Innsbruck ein Zufrieren des Inns gemeldet (20, S. 10).

In Berlin mußten die Wachen am 12. alle Stunden abgelöst werden, weil es unmöglich war, „dem Gebrauch nach 2 Stunden zu schildern“ (Wache zu stehen, d. Vf.).

Die Frostmilderung, die am 14. bis 16. Januar in Deutschland bei ähnlich tiefem Stand der Barometer von Halle und Delft wie am 5. d. M. stattfand, begann zuerst im Nordosten und pflanzte sich schnell bis nach Südfrankreich fort. In Berlin fiel in der Nacht zum 15. und an diesem Tage selbst anhaltend Schnee, „daß es einen recht tiefen Schnee legte“. Die höchste hier gemessene Temperatur lag aber immer noch bei —6.5° C. Kopenhagen und Kiel scheinen als einzige der mitteleuropäischen Stationen weder von den extremen Kältegraden noch von der Milderung um die Monatsmitte erfaßt worden zu sein, wenn auch die Ostseegewässer weitgehend zugefroren waren. Vielleicht lagen diese Orte zu nahe am Kern des steuernden Hochs. Nachdem

es nun auch in Belgien vom 14. bis 18. Januar ein wenig getaut hatte — wohl nur im Sonnenschein —, fror es einen Tag später erneut „gruwelyck“. Am 19. war die Maas von Maaslandshuis bis Briel wieder mit Eis bedeckt. Am gleichen Tage konnte man die Zuidersee von Stavoren nach Enkhuisen überqueren (35). Nach Berichten aus Den Haag war das Eis der Zuidersee am 18. abermals ohne Gefahr passierbar. Der Fortbestand des Frostwetters in Hamburg (vom 14. bis 16. morgens zwischen -8.8 und -10.5°C) wird dadurch bestätigt, daß man am 17. noch mit Pferd und Wagen über die Elbe fahren konnte (36, S. 29). Auch im Ostseeraum kann sich das Tauwetter nicht ausgewirkt haben: „van Else-neur, wierd met brieven van den 19 dezer Maand (January) geschreven, dat men aldaar met paard en slede, naa Malme, Lands Kroon en Koppenhagen red“ (36, S. 33).

Kurz nach Monatsmitte setzte vielmehr mit östlichen Winden (Halle und Haarlem) ein Druckanstieg ein, der in Delft bis zum 19. und in Halle bis zum 20. zu noch höheren Luftdruckwerten als in der ersten Januarhälfte führte. Mit ihm war eine neue extreme Kältewelle verbunden, die bis zum 24. Januar andauerte und in deren Verlauf am 23. und 24. nochmals ungewöhnlich starke Fröste auftraten. Lediglich Hamburg, Kiel und Kopenhagen waren hiervon wieder ausgenommen. Diese acht Tage können meteorologisch gesehen als besondere Frostperiode betrachtet werden. Frau Kirch notierte, daß es nach dem starken Schneefall am 16. abends aufheitzte. Nach den Messungen Gottfried Kirchs betrug die Temperatur am 16. um 7 Uhr -8.0°C und am 17. um 7 Uhr -18.4°C . In den Tagesmitteln von Delft trat vom 18. zum 19. die stärkste Temperaturabnahme (2.1°C) ein. In Montpellier war die Differenz zwischen den Frühwerten des 18. und 19. Januars ebenfalls am größten; sie betrug -5.0°C . Die weitere Frostverschärfung muß dann ein Folge der Ausstrahlung gewesen und zuerst im Südwesten durch Bewölkung beendet worden sein. Die stärksten Fröste traten daher in Montpellier mit -12.0°C am 19. Januar, in Paris mit -20.4 und -20.6°C am 20. und 21., in Hamburg und Berlin mit -9.4 bzw. -27.4°C am 22. auf. Die tiefsten Tagesmittel von Delft fielen entsprechend den Frühwerten von Paris mit -10.1 und -11.2°C auf den 20. und 21. Nach den Worten Maria-Margaretha Kirchs herrschte zu Beginn der dritten Dekade nochmals „grausamer Frost“. Es war „oben hell, unten dicker Nebel und Rauchfrost“. Während dieser Frostperiode wehten in Halle, Jena, Zeitz und Haarlem Nordostwinde. Der Wein-geist des geschützt aufgestellten Hallenser Thermometers hatte sich am 22. wieder in die Kugel zurückgezogen. Er bewegte sich an den folgenden drei Tagen, als das Berliner Thermometer Werte zwischen -14 in den Mittags- und -20°C in den Morgenstunden zeigte, an der Grenze von Kugel und Röhre. Die Mauern müssen also die extreme Kälte des 22. noch gehalten haben, als sich schließlich auch in diesem Raum Frostmilderung einstellte. Am 24. wurden in Halle, als „aër asperitate sua faciem adeo laedebat, ut dolor per aliquod temporis spatium superesset“, in der Luft schwebende Eisteilchen beobachtet. Die Kälte dieses Tages soll dabei unerträglicher als am 13. gewesen sein. Nach Feststellungen unter dem Mikroskop besaßen die Eisteilchen bei zunehmender Luftfeuchte quadratische und andere Formen von Parallelogrammen. „Nec injucundus erat circa meridiem adspectus lamellarum glacialium aerem opplentium radiosque solares instar adamantis micantis reflectentium“ (19, S. 15).

Am 26. Januar 1709 wurden diese Formen auch beim Reif festgestellt: „Aër deprehendebatur valde humidus, & lamellae glaciales politae, figuram vel quadrati, vel alius parallelogrammi ut plurimum habentes atque in locis obscurioribus egregie micantes, pruinis adhaerentibus copiosae immixtae cernebantur“ (19, S. 15).

Das in unseren Breiten seltene Auftreten des Polarschnees — vielleicht besser einer Cirruswolke am Boden (66) — wurde von Aßmann am 15. Januar 1889 bei -17.8°C (Minimum -19.0°C) beobachtet (65). Während des kalten Winters 1928/29 hat Naegler am 13. Februar in Leipzig bei Temperaturen von -18 bis -20°C und wolkenlosem Wetter ebenfalls Polarschnee mit „Eisnadeln und Kristallen“ festgestellt, die dabei aufgetretenen Formen aber nicht näher beschrieben (75). Am 11. Februar 1929 betrug das Maximum in Halle -18.5 , das Minimum -27.1°C . Eine erdboden-nahe Haloerscheinung sah Hartmann am folgenden Tage um 8 Uhr bei -18°C in Bremen (104).

Die in Halle beobachteten quadratischen und rechteckigen Formen entsprechen — sofern es sich um Plättchen handelt — nicht den heutigen Kenntnissen, nach denen diese in hexagonalen Formen auftreten müssen. Bei den Feststellungen in Halle kann es sich eigentlich nur um die Seitenflächen von Säulen handeln. Diese Täuschung wird bei Betrachtung einiger Aufnahmen H. Weickmanns (66, Abb. 46 und 51a) verständlich. Plättchen und hexagonale Säulen entstehen nach Nakaya (39), aber bei Temperaturen zwischen -17 und -23°C , und zwar je höher die Feuchte bei um so tieferen Temperaturen. Am 26. Januar 1709 wurde die hohe Feuchte ausdrücklich betont. Deshalb stehen die umgerechneten Temperaturwerte von Halle und Berlin durchaus mit dem statistisch ermittelten Auftreten dieser Eiskristalle im Einklang.

Das Zufrieren der Thermen „in quodam Silesiae pago“ und in Aachen können wir nicht mit Ablesungen eines Thermometers vergleichen. Es waren aber in dem kalten Winter 1708/09 nicht alle Thermen zugefroren, denn Wolff berichtet: „Cum enim nuperrime thermas Carolinas inviserem, tantum abesse cognovi, ne in glaciem abierint, ut potius solito fervidiores fuisse affirmarentur. Halae stirias fontibus salsis adhaerentes vidimus: id quod intra seculi ambitum non contigisse fertur“ (19, S. 24). Pfaff (7) schreibt, an den Rändern der Salzquellen hätten sich „Eisstreifen“ angesetzt. Er will mit dieser Übersetzung wohl zum Ausdruck bringen, daß die Sole, welche die Ränder der Quelle oder des Bettes benetzte, gefroren ist und nicht der kondensierte Wasserdampf, der über dem warmen Quellwasser aufstieg.

Der Salzgehalt der Hallenser Quelle beträgt nach Meyers Lexikon, Ausgabe 1897, 28‰. Salzlösungen über 26‰ gefrieren von -18.43°C ab. Die Lufttemperatur über der Quelle wird meist im Winter durch das warme Wasser erhöht werden. Zur Bildung von Eiszapfen bzw. Eisstreifen muß die Lufttemperatur in der weiteren Umgebung deshalb längere Zeit mindestens bei bzw. unter -20°C gelegen haben. Auch das würde mit der Deutung der vom Hallenser und Berliner Thermometer angezeigten Werte übereinstimmen. Die Kälte ist durch weitere allgemeine Feststellungen belegt: Am 21. Januar waren Bodensee (118, S. 76) und Züricher See „stark“ zugefroren: „on passoit la glace des lacs de Constance et de Zurich avec des voitures chargées“ (35, S. 356; 36, S. 34). Am 22. hatte das Eis nach Briefen aus Kopenhagen den Sund ganz überbrückt, so daß man zu Fuß nach Schonen gehen konnte. Am 24. stand die Garonne bei Bordeaux (36). Auch in Italien (Turin) hielt die Kälte vom 10. bis 24. unvermindert an. Der 23. und 24. Januar sind im übrigen die gleichen Kalendertage, an welchen wir heute normalerweise den Höhepunkt der winterlichen Hochdruckwetterlagen erwarten (38).

Auf diese extrem kalten Tage folgte ein Umschwung zu Tauwetter. Er hatte sich in Montpellier schon am 23. Januar mit Südostwind angezeigt, wobei die Temperaturen aber erst am Nachmittag über den Gefrierpunkt angestiegen sein können (91, S. 91; 96, S. 385). In Paris „le dégel se déclara le même jour (24.) par un grand brouillard, et le vent tourna au midi“ (35, S. 288).

„En 1709, écrit-il (Réaumur, d. Vf.) les séances (der Akademie, d. Vf.) furent tenues pendant la durée du froid, mais le samedi 26 janvier, il n'y eut pas d'assemblée à cause d'un grand dégel.“ (117, S. 150) „... le terrible dégel qui causa une si grande calamité le 26 janvier arriva dans le périgée de la lune“ (118, S. 76). In Augsburg schneite es am 24. zunächst, dann fing es bei Südwestwind zu regnen an, in Upminster und Delft mit südlichen Winden am 25. und in Belgien in der Nacht vom 25. zum 26. Am 25. wehte der Wind am Boden in Halle aus östlichen Richtungen, während die Wolken aus Westen kamen. Die Zunahme der Luftfeuchtigkeit führte neben Halle auch in Zeitz am 26. zu starker Reifbildung; selbst die Außenseiten der Fenster waren beschlagen. Der Reifansatz bestand wiederum aus quadratischen und rechteckigen Teilchen. Um 14 Uhr drehten in Halle auch die Bodenwinde auf West. In Zeitz begann es um 20 Uhr und in Halle um 22 Uhr zu regnen. Berlin hatte am 25. „noch gar scharfe Kälte“, meldete aber (Tab. 3) am 26. ein merkliches Nachlassen der strengen Kälte. Maria-Margaretha konnte leider vom 27. bis 31. Januar nicht genau beobachten. Das Berliner Thermometer kann am 27. höchstens zwischen 13¹/₂ Uhr (-0.5°C) und 20¹/₂ Uhr (-1.5°C) etwas über Null angestiegen sein. Bei Gottfried Kirch finden wir unter diesem Datum nur die Notiz: „Es fing an von den Dächern zu tropfen“, und unter dem 28.: „Es wundert mich, warum es bey 19 Grad (Kirch) regnet. Ich schätze die Luft sey oben warm, und die Erde unten noch gantz erkältet.“ Auch an den folgenden Tagen erwähnt er nichts von Tauwetter. Am 28. und 29. kann mit Werten bis zu 2.0°C — wie Maria-Margaretha vermerkt — nur „etwas Tauwetter“ eingetreten sein. Aus Halle liegen keine Messungen vor, aber der Wert vom 29. mittags aus Jena, welcher sich nach der angenommenen Skalenbewertung ergibt, paßt sich mit 1.2°C gut ein. Für Hamburg ergab die Umwertung der Thermometerskala am gleichen Tage einen Frühwert von 0.6, für Kopenhagen -0.5 und für Danzig -5.3°C . Das Tauwetter erreichte Ostdeutschland auch an den beiden letzten Tagen des Monats nicht. In Delft nahmen die Tagesmittel der Lufttemperatur seit dem 30. Januar bereits wieder ab. Der Wert von $+4.0^{\circ}\text{C}$ von Hamburg am 31. scheint im Vergleich zu der allgemeinen Entwicklung fehlerhaft zu sein.

Der Luftdruck fiel in Delft vom 21. bis 24., also noch während der Ostwetterlage, und — nach kurzer Unterbrechung am 26. — bei westlichen Winden vom 27. bis zum Monatsende. Der Witterungsablauf der letzten sechs Tage des Monats entspricht dem einer winkelförmigen Westlage. Die Kälte war so stark in die Häuser eingedrungen, daß nach dem Umschwung sogar an größeren Büchern ein Reifüberzug festgestellt wurde.

In Wien ist die Kälte vom 6. bis 25. ebenfalls „ungemein heftig“ gewesen. Anschließend wird berichtet, daß „bey einigem Nachlaße durch ganz Europa viel Schnee“ gefallen ist (49, S. 97). Auch in England, wo vom 5. bis 24. Frostwetter herrschte, taute es vom 25. bis 30. Noch vor Monatsende brachte ein starker Westwind wieder Frosttemperaturen (35). Am 30. Januar führte der Rhein Hochwasser, und in der Schweiz traten Überschwemmungen auf. „6 February. Bequam men bericht . . . van Ceulen, dat de voorlede dingsdag (29. Januar, d. Vf.) middag tusschen vier en vyf Uuren het Ys in den Ryn door het hooge Water kwam te breeken . . . zynde den 30 January den Ryn weder zodanig gezwollen dat het water door de poorten in de Stad liep“ (36, S. 34).

3.5. Die Frostperiode der ersten Februarhälfte 1709

Die folgende gemäßigte vierte Frostperiode trat ebenfalls großräumig auf. Sie begann am 31. Januar mit westlichen Winden. Derham meldet aus Upminster, daß am 31. bei starken westlichen Winden ein Kälterückfall stattfand (35, S. 354). In Delft gingen die

Tagesmittel von 2.4 am 31. Januar auf 1.3°C am 1. Februar zurück. In Berlin wurden bereits am 31. Januar morgens wieder -6.0 und in Jena -5.8°C gemessen. Es herrschte am 1. Februar während des ganzen Tages und am 2. bis mittags Nebel; am Nachmittag fiel Schnee, bisweilen auch vom 3. bis 5. In Augsburg schneite es Anfang des Monats ebenfalls. Am 1. Februar kam der Wind in Halle in den unteren Schichten aus Nordosten, während die Wolken aus Westen aufzogen. Die westliche Höhenströmung setzte sich am 2. hier auch am Boden durch (Zeitz Südwestwind, Jena Südwind). Häufig fiel dabei Schnee. In Belgien hatte am 5. unablässig starker Wind geweht, der den Schnee in die Grachten trieb und sie damit anfüllte (44). Am 6. soll auch in Wien Schnee gefallen sein. „Dieser schmolz zwar zum Theil einige Tage darauf, durch blasende Mittagswinde. Es wurde aber die Kälte durch einen Nordwind abermal so stark, als den 6ten Jänner“ (49, S. 97). Für die übrigen Stationen trifft dies weniger zu, lediglich die Frostverschärfung am 6. Februar in Berlin auf -15.5°C kann dem Wetter in Wien als gleichartig zur Seite gestellt werden. Im Gegensatz zur dritten Frostperiode überwog während der vierten in Halle bewölktetes Wetter. Sie endete mit Tauwetter in Halle und Belgien am 9. und in Augsburg — bei westlichen Winden — am 10. Februar. In der ersten Nachthälfte zum 9. herrschte in Berlin Sturm mit Regen und Schnee, obwohl um 20 Uhr mit $18\frac{1}{4}^{\circ}$ Kirch = -3.5°C noch Frost gemessen wurde. Offenbar hatte Gottfried Kirch das Thermometer wegen des Sturmes vom Fenster weggenommen und an einer kalten Wand aufgehängt. Am 10. nachmittags schneite es in Berlin „sehr starck im Tauen“, währenddessen es in Halle regnete. Am selben Tage „ging die Elbe bei Dresden in diesem Winter das erste Mal mit großer und schädlicher Eisfahrt auf“ (74, S. 63). Vom 9. bis 11. taute es in Berlin „immer sachte fort“. Das Thermometer Kirchs stieg aber nur wenig über den Gefrierpunkt an. Sollte es schon in diesen Tagen nicht mehr ganz richtig angezeigt haben? Vielleicht hing es lediglich zu nahe an den frostkalten Wänden. Der Fehler kann aber nicht groß gewesen sein, denn der Schnee war erst am 12. von den Dächern abgetaut „aber unten auf den Gaßen noch viel und schlimm gehen“. Und am 14. war hier nach drei Tage andauerndem stürmischem und regnerischem Wetter, das ebenfalls von Halle vermerkt wurde, „aller Schnee verschwunden“. Für dieses Tauwetter waren allerdings die Tagesmittel des 14. und 15. in Berlin (4.2°C) zu tief und lagen auch etwas zu viel unter denen von Delft (6.1°C). Das Verschwinden des Schnees muß daher im wesentlichen auf den Regen zurückgeführt werden (Höchsttemperatur am 15. 4.8°C). Mit dem Delfter Tagesmittel von 6.1°C würde der am 16. in Jena gemessene Mittagswert von 7.5°C besser in Einklang stehen.

Der 15. und 16. zeichneten sich in Berlin durch Frühlingscharakter mit Sommerwolken aus. Das Tauwetter war in Belgien immerhin so stark, daß die Schelde eisfrei wurde und die Schiffe am 16. wieder nach Holland und Antwerpen fahren konnten (44). Daß nach diesem Tauwetter die Flüsse anschwellen, ist einleuchtender als Ende Januar.

3.6. Der ungewöhnliche Mitte Februar einsetzende Spätwinter und der anschließende Märzwinter

Am 16. Februar drehte der Wind in Berlin bereits wieder auf Nord; am 17. herrschte Frost, der von Gottfried Kirch um 7 Uhr zu -6.0°C bestimmt wurde und den ganzen Tag über anhielt. „So geschwind als es gantz auftaute, so geschwind friehrt es auch wieder“ meldete Maria-Margaretha Kirch aus Berlin. In Belgien soll es bereits am Abend des 16. wieder gefroren haben (44), was allerdings bei einem Tagesmittel von 6.1°C in Delft wenig glaubhaft erscheint.

Mit Ostwinden (Berlin und Halle) und heiterem Wetter begann somit am 17. Februar die fünfte Frostperiode. Am Abend des 17. fing auch das „Zimmerthermometer“ in Halle an, tiefere Grade anzuzeigen: „Halae 26° d. 17 Febr. hor. 8 mat . . . A vespera diei 17 Februarii Spiritus vini in thermoscopio ascendere (! d. Vf.) coepit, ita ut coelo sereno, flante Subsolano (O.) & humidis in glaciem abeuntibus, hora decima vespertina ad 35 & eadem hora sequentis diei, quo de frigore ipsae cubiculi fenestrae testabantur, ad 58½ haereret“ (19, S. 17). Das „ascendere“ bezieht sich auf die Skalenwerte des Wolffschen Thermometers. Die Temperatur fiel am 17. von 4.2° C um 8 Uhr morgens auf 1.5° C um 22 Uhr und am 18. bis 22 Uhr auf —5.6° C. Der zu hohe Wert von 1.5° C am Abend des 17. Februars steht zweifellos unter dem Einfluß der im Zimmer zurückgehaltenen Wärme, selbst wenn man in Rechnung setzt, daß bei dem heiteren Wetter zunächst nur Bodenfrost aufgetreten sein kann. Dieser Witterungsabschnitt brachte zunächst bis zum 24. Februar mit Druckanstieg eine Zunahme der Kälte. In ihr soll nach den in Augsburg vorgenommenen Temperaturmessungen der 27. Februar in der Schärfe des Frostes dem 21. Januar kaum nachgestanden haben. Der Temperatursturz am 17. Februar muß in Belgien doch beträchtlich gewesen sein, denn bis zum 20. des Monats wurden die Schelde und die anderen Flüsse wieder unschiffbar, so daß am 22. „men er met paard en sleede overred“ (36, S. 38). Auch die Elbe fror bei Dresden und wohl auch anderswo am 20. wieder zu (74). Am 26. war der Frost in Frankfurt so stark, daß auch Menschen und Tiere starben (55). „Den 25. Febr. 1709 fiel in Leipzig ein starker Schnee, wie man ihn in 15 Jahren nicht gesehen hatte, welcher die Straßen unwegsam machte, daß man in einigen Tagen weder aus- noch eingehen konnte“ (74, S. 55). Stürmische Nordwinde und Schneefall am 26. und 27. in Berlin, Breslau, Halle, Jena und Zeitz stimmen gut mit dem Druckfall überein, der in Halle und Delft registriert wurde (Abb. 9). Der Schnee muß bei niedrigen Temperaturen gefallen sein, denn der Nordwind trieb ihn am 26. in Berlin durch die Dächer in die Böden und Gebäude. Dementsprechend betrug die höchste am 25. und 26. von Gottfried Kirch gemessene Temperatur —14½° C. Es wehte am 23. „scharfer Nord-Ost-Wind“ und am 24. und 26. „scharfschneidender Nord-Wind“. Die Störung muß also mit einer Nordströmung herangeführt worden sein. Das mag auch der Grund sein, weshalb der Frost in dieser Periode in Delft wesentlich schwächer als an den östlichen Stationen war. Am 26. Februar war indessen in Montpellier bereits Tauwetter eingetreten: „Le dégel du 23 Janvier comme celui du 26 de Février ont été suivis d'un rhume épidémique, dont presque personne n'a été exempt“ (96, S. 385). Das Thermometer des Präsidenten Bon zeigte am 26. um 14½ Uhr 0° C und am 27. um die gleiche Zeit 1.0° C an. Am 26. Februar wurden während eines 24stündigen Sturmes in der Festung Comorra (Komorn, Ungarn) Dächer abgedeckt und der Johanniter-Turm umgeworfen (112, S. 384). Auch in der Straße von Gibraltar tobte Ende Februar ein „grausames Sturmweather“ (55).

In Berlin herrschte auch Anfang März noch strenger Frost, als die Tagesmittel in Delft schon über 0° C anstiegen (Abb. 10). Der Temperaturanstieg hat aber dann bis zum 6. auf die östlichen Stationen übergegriffen. In Danzig und Kopenhagen und wohl auch in Kiel hat das Frostwetter angehalten. In Berlin fing es vom 2. ab „im Sonnenschein auf den Dächern fein zu tauen an“, wobei das Thermometer Kirchs als höchsten Tageswert an der Nordwand immer noch —1.0° C anzeigte. Auch am 3. und 4. taute es nur im Sonnenschein. Am 5. herrschte nach Maria-Margarethas Aufzeichnungen den „ganzen Tag und Nacht ordentlicher Frost“, nachmittags trübte es sich ein, und am 6. fing es mittags

leicht und abends stark zu schneien an. Am 5. März wurde in Halle Südwestwind beobachtet, am 6. fiel morgens Regen, der gegen 22 Uhr mit Drehung des Windes auf Nordwest in Schnee überging. Der Notalybicus (Südwest), der in Halle „am 5. März Schnee und Eis flüssig machte“ und zu Beginn des folgenden Tages Regen brachte, dauerte möglicherweise nicht lange genug an, damit das Hallenser Thermometer auf eine Erwärmung über 0° C ansprechen konnte. Am 6. stieg hier die Flüssigkeit im Thermometer tagsüber nur auf —1.5° C. Aber schon am Abend dieses Tages fiel Schnee „und brachte die Kälte zurück“. Vielleicht tun wir aber diesem Thermometer und seiner Aufstellung zu sehr Unrecht, wenn wir seine Anzeige in allen Fällen als nachhinkend annehmen. Wolff vermerkt hierzu ausdrücklich (19, S. 18): „Quamvis vero Sol circa horam nonam diei sextae ex nubibus emergens nives in tectis aedium liquaret, guttae tamen ab iis destillantes in umbra statim in glaciem vertebantur“. Die Lufttemperatur müßte danach am Vormittag des 6. März trotz des Regens unter dem Gefrierpunkt gelegen haben. Die Anzeige des Thermometers könnte damit nicht wesentlich von der Temperatur der Außenluft abgewichen sein. In dem Berliner Tagebuch befindet sich unter dem 6. März die Anmerkung: „Den gantzen Tag trübe und lindes Tauwetter. Nach dem Vesper fing es an starck zu schneien also auch Abends da es wieder kalt mit ziemlichem Froste welcher sich des Nachts mehrete“. Weiter im Westen hat das Tauwetter länger gedauert. In Delft lagen die Tagesmittel vom 1. bis 8. März über dem Gefrierpunkt und stiegen am 5. und 6. auf 4.5° C an. Am 8. war die Schelde eisfrei (44). Aus Wien wurde von einer Andauer der Kälte bis zum 6. März berichtet, dann folgte eine Milderung (49).

Am 7. März morgens kamen die Wolken in Halle aus Nordost, in Berlin hatte es bei scharfer Luft wieder aufgeheitert. Der hiermit einsetzende Vorstoß kontinentaler Kaltluft könnte als besondere Kälteperiode angesehen werden. In Berlin sank die Temperatur vom 6. zum 7. März nach den Tagesmitteln von —6.6 auf —13.0° C. Am Morgen des 8. zeigte das Thermometer hier um 7 Uhr —20° C an, um 9 Uhr —15.8° C und zur gleichen Zeit in Halle am offenen Fenster —15.0° C. In Westeuropa setzte die Kälte offenbar zwei Tage später ein. Die Tagesmittel der Lufttemperatur gingen in Delft vom 9. März ab unter den Gefrierpunkt zurück. Am 10. konnte man abermals über die Grachten laufen. Die Schelde war am 11. noch eisfrei und fror vom 12. ab wieder zu, gleichzeitig fing es an zu schneien (44). In Wien fiel vom 10. ab wiederum „ein gewaltiger Schnee“ und brachte „rauhes Wetter“ (49, S. 97). Nach Schröck setzte am 12. März eine nochmalige Kälte ein, die an den drei folgenden Tagen fast die des 27. Februars erreichte (42, S. 15). „Ook was den 11 Maart tot Parys veel sneeuw gevallen en de koude byna wederom so scherp als te vooren“ (36, S. 41). De La Hire berichtet aus Paris: „L'hiver de cette année a duré fort longtemps, car le 13 mars il gelait encore très fort, le thermomètre était à 24 parties, et la gelée commence quand il est à 32“ (11, S. 141). In Frankfurt konnte man am 12. bis 14. März noch mit Schlitten fahren (55). „Van Keulen Schreef men den 15 Maart, dat door de nieuwe Vorst wederom veel ys in den Ryn en andere Revieren gekomen was zo dat de Schepen niet voort konden komen; en de wegen waren door het Westerwald, uit hoofde van de swaare sneeuw geheel onbruikbaar“ (36, S. 42). Am 14. morgens um 7 Uhr wurde die Temperatur in Halle nochmals am geöffneten Fenster gemessen und ein Wert von —15.6° C erreicht. Für die gleiche Zeit ergab die Umrechnung für Berlin —11.5° C. Bis zum 17. März wurden dann in Berlin auch tagsüber keine positiven Temperaturen festgestellt. Es entstand in diesen Märztagen nach Maria-Margaretha Kirchs Worten nochmals „große Noth“. Der Kälterückfall des 7.

März war damit ähnlich markant wie in den vorangehenden Fällen.

Als am 13. in Halle in den unteren Schichten Winde aus wechselnden Richtungen festgestellt wurden, kamen sie in den höheren aus Westen, und als am 14. der untere ein Ostwind war, trieben die Wolken ebenfalls aus Westen. Trotzdem hielt das harte Frostwetter in Berlin unvermindert an. Auch während dieser gesamten Periode war es in Halle meist bewölkt. Oft wüteten Stürme. Die Winde kamen bevorzugt aus nördlichen Richtungen. Besonders am 26. und 27. Februar fiel in Halle reichlich Schnee. Man stellte in Halle folgende Windrichtungen fest:

	19.	20. Februar					
Oberer Wind	E	W					
Unterer Wind	E	E					
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12. März
Oberer Wind	NE	NE	N	N	N	NE	E
Unterer Wind	N	NW	N	N	N	NE	E
	13.	14.	15.	16.	17.	18. März	
Oberer Wind	Wu.N	W					
Unterer Wind	Wechs.	E				S	W

„Referunt observationes Halenses sputum ex ore vix dimissum in glaciem abiens: id quod tanto minus admirari debemus, cum d. 15. Martii adhuc observatum fuerit“ (19, S. 25). Nach einer alten Chronik aus St. Willibald (Oberösterreich) soll es auch hier am 15. März noch so kalt gewesen sein, daß der Speichel zu Eis wurde, bevor er zur Erde fiel (50). Am 15. März abends begann es in Belgien leicht zu regnen, und es fiel auch an den folgenden Tagen Regen. „Ten vorseiden daghe, 15en, ginck men noch over de Schelde, ende des avonts heeft het, met sulcke soete soetichey, sonder eenighen regen ofte windt, ontvrosen dat men op den XVIen dito, synde des anderen daeghs, geen ys meer in de vorseide Schelde en heeft connen mercken“ (44, S. 174). In Upminster drehte der Wind am 16. März von östlichen auf westliche bis südliche Richtungen.

Am 17. März zog nach heiterem Wetter in Halle gegen 11 Uhr mit Südwind Bewölkung auf. Am nächsten Tage war es hier bei westlichen Winden anhaltend bedeckt, in Berlin herrschte zum ersten Mal seit dem 6. März tagsüber gelindes Tauwetter. In Übereinstimmung hiermit stieg das Kirchsche Thermometer etwas über den Gefrierpunkt an. Erst am 19. um 14 Uhr setzte in Halle Regen ein, der noch am 20. März andauerte. In Berlin fiel am 19. morgens zuerst etwas Schnee, dann ebenfalls Regen. Es wurde die erste Lerche gehört. Am 20. März morgens stellte Maria-Margaretha Kirch noch „leidlichen Frost“ (Gottfried Kirch —3.6° C) und tagsüber „sachtes Fort-Tauen“ (Gottfried Kirch um 0° C) fest. Es kam aber eine Erwärmung durch Sonneneinstrahlung hinzu.

Unter dem Datum des 21. März berichtet Frau Kirch: „Gar ein lieblicher Tag, mit Wolcken und Sonnenschein. Es hat gar fein getaut, doch liegt noch Schnee und Eiß genug. Der Wind hat sich nun aus Westen gewendet, welcher bis daher stets nördlich und östlich gewesen“. Nach Gottfried Kirchs Tagebuch war dies schon am 19. der Fall. Die Lufttemperatur betrug nach den Messungen Gottfried Kirchs am 21. um 14 Uhr 6.5° C. Am 22. und 23. gab es in Berlin nochmals Frost und einen Kälterückfall. Mit Drehung des starken Windes von West über Nord auf Ost begann es bereits am 22. mittags „im Hofe zu frieren“ (—4.0° C). Am 23. vormittags fiel dann starker Schnee, der aber bald in Schnee und Regen überging. In Hamburg-Blankenese sollen am 25. März noch 200 Ochsen und am 26. 40 Pferde über die Elbe getrieben worden sein (36, S. 42). Dann setzte allmähliches Tauwetter ein, das am 30. März „im Brandenburgischen“ zu Hochwasser führte (49, S. 153). Die Überschwemmungen dauerten in Berlin bis Mitte April an. Die Kaltluft wich aber offenbar nur langsam

nach Osten zurück, denn „volgens berichten van Stockholm van den 4 deezer Maand (April, d. Vf.) vrees het aldaar nog zo fel, als het de gansche Winter gedaan had“ (36, S. 43).

Vom 19. März bis 8. April war es auch nach den Meldungen aus Halle unbeständig und stark bewölkt. Die Winde kamen in den unteren Schichten aus Nord bis Nordwest, in den höheren aus West bis Südwest. Der Weingeist erreichte am 13. April in Halle „die Region der Wärme“, d. h. er zeigte über 12° C an. In Berlin wurden schon am 9. April zwischen 14 und 17 Uhr 12° C überschritten. Das Hallenser Thermometer reagierte offenbar auf diese kurzfristige Erwärmung nicht. Endgültig stiegen die Temperaturen in Berlin vom 13. April ab — dem gleichen Termin wie in Halle — am Tage über 12° C an. Bereits der 17. war in Berlin ein Sommertag (16 Uhr 25.6° C).

Nach einem Schreiben des Danziger Arztes Dr. Breyn an den Hallenser Professor Wolff war die Ostsee noch am 8. April soweit das „bewaffnete Auge reichen konnte“ mit Eis bedeckt (19, S. 24). An diesem Tage „gieng die Weichsel auf, und den zehnten riß sie im Werder aus, und setzte das Land unter Wasser“ (8, S. 667). „Den 16. April war in Riga eine grausame Eißfahrt und Wasser-Fluth wodurch an Häusern, Menschen, Schiffen und Vieh sehr großer Schaden geschah. Es entstand dieselbe abends gegen 3 Uhr. Weil aber die Rhede und Mündung sehr feste befrohren gewesen und daher das Wasser keinen Ausweg in die See finden können, so hat es in der Nacht zwischen 2 und 3 Uhr auf der Seite Ausweg genommen“ (112, 1709 S. 384). Am 21. April war die Ostsee noch nicht ohne Gefahr zu befahren (35, S. 355). Selbst am 1. Mai war bei Danzig die See noch so verbreitet mit Eis bedeckt, daß die Schiffe den Hafen nicht anlaufen konnten (36, S. 44). Im April sollen auf der Zuidersee noch Eisschollen geschwommen sein (35, S. 355). Am 9. April gingen Leute von Dänemark nach Schonen über das Eis (13, S. 458). Vom 16. bis 18. April herrschte in Frankfurt a. M. ungemaine Hitze, am 22. und 23. April starker Sturmwind (55). Nach vielfach frühlinghaftem Wetter blühten am 30. April in Berlin die Bäume.

Auf den Winter 1708/09 folgte also unmittelbar eine warme Witterungsperiode, was für die meisten der späteren strengen Winter kennzeichnend ist (74).

4. Vergleiche mit kalten Wintern der Neuzeit

4.1. Druck- und Temperaturverlauf der kalten Winter 1928/29, 1941/42 und 1962/63

Der Witterungsverlauf der beiden erstgenannten Winter ist bereits mehrfach bearbeitet worden (75-78), so daß ich nur auf den Gesamtverlauf des Winters 1962/63 etwas näher einzugehen brauche. Der Winter 1928/29 zeichnete sich durch einen ungewöhnlich kalten Februar, der Winter 1941/42 durch seine Andauer von Dezember bis Mitte März sowie eine Reihe extrem tiefer Minima im Januar und der Winter 1962/63 durch einen kalten Januar aus (Abb. 11). Die drei Winter wurden zunächst deshalb herangezogen, um zu zeigen, daß sich extreme Kaltluftausbrüche durchaus gleichartig über große Räume hinweg erstrecken können. Weitere Vergleiche mit dem Winter 1708/09 gründen sich in erster Linie auf den Verlauf des Luftdruckes und der Lufttemperatur. Wegen der Schwierigkeiten in der Umrechnung der alten Luftdruckwerte von Deft, Halle und Montpellier konnte dieser Vergleich nur ein qualitativer sein (Abb. 9). Die graphische Gegenüberstellung des Temperaturverlaufs der genannten Winter wurde auf Berlin und Delft / De Bilt beschränkt, da nur von diesen Stationen Tagesmittel von Dezember bis März 1709 vorhanden sind (Abb. 11). Die Vergleiche ergaben, daß die Winter 1708/09, 1941/42 und 1962/63 im Januar und Februar mit auffallender Ähnlichkeit abgelaufen sind.

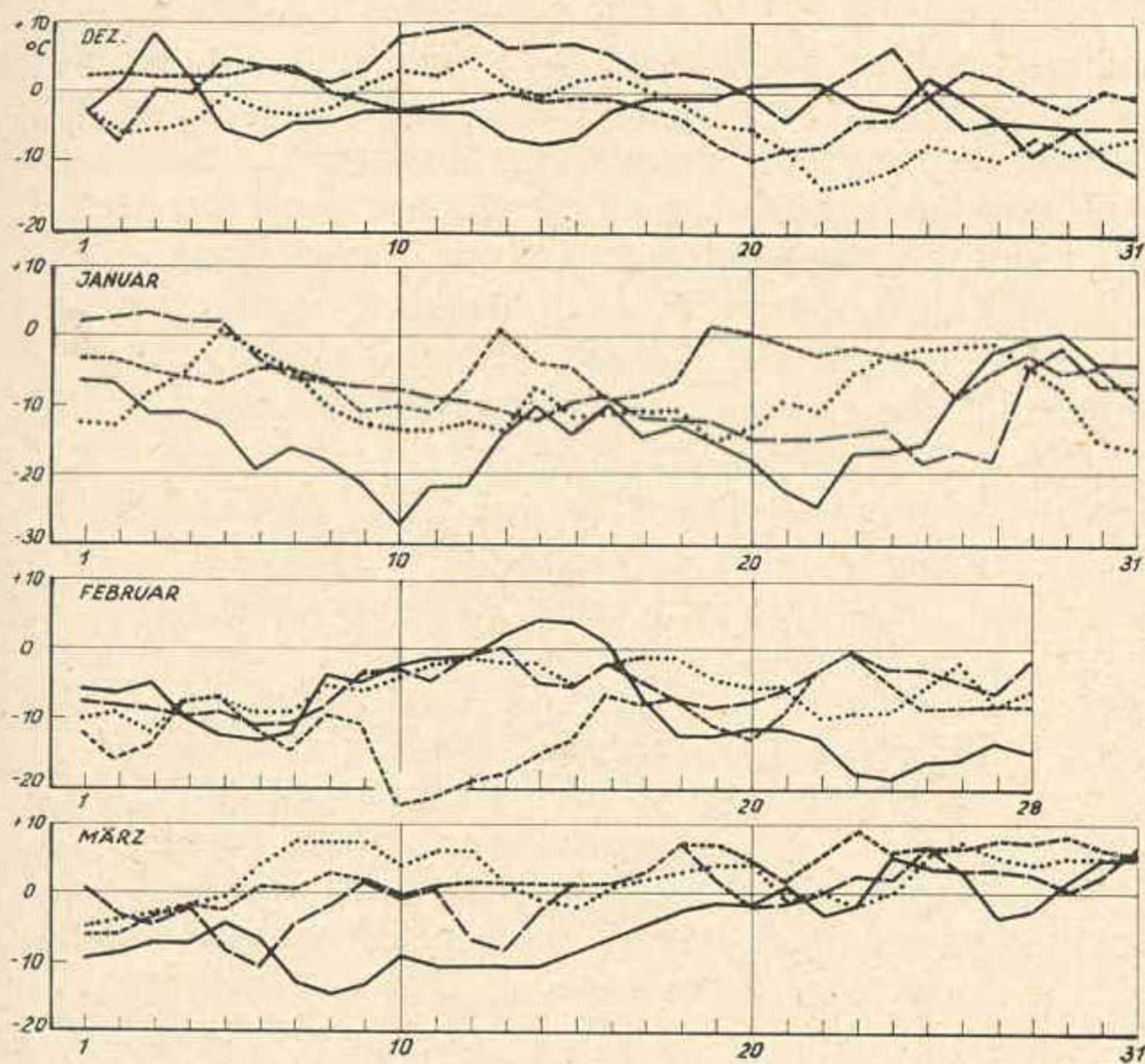


Abb. 11a

Verlauf der Lufttemperatur (Tagesmittel in °C) in den Wintern 1928/29 — — —, 1941/42 — — — und 1962/63 . . . (Potsdam) im Vergleich zum Winter 1708/09 — — — (Berlin)

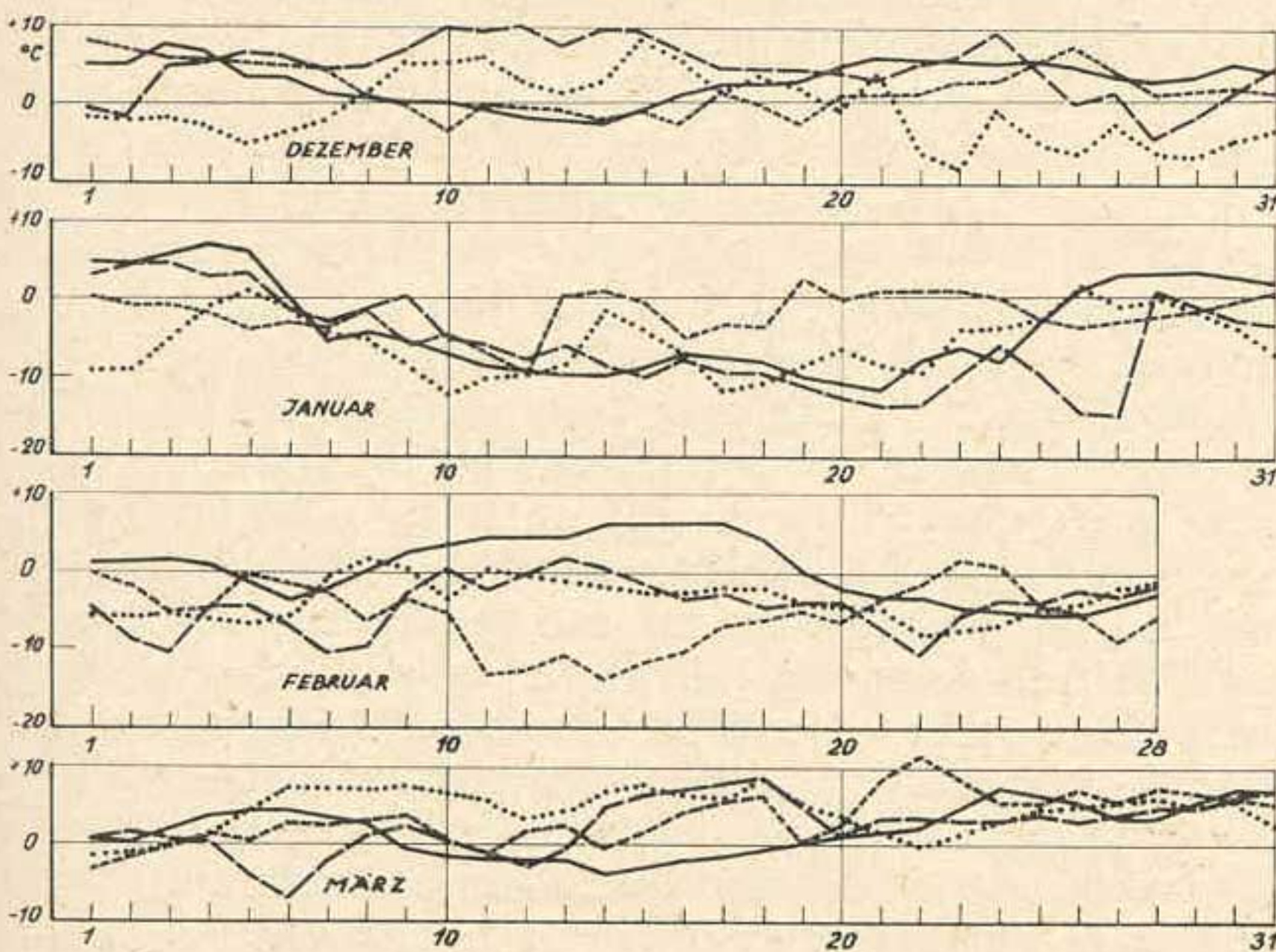


Abb. 11b

Verlauf der Lufttemperatur (Tagesmittel in °C) in den Wintern 1928/29 — — —, 1941/42 — — — und 1962/63 . . . (De Bilt) im Vergleich zum Winter 1708/09 — — — (Delft)

4.1.1. Der Winter 1928/29

Im Dezember 1928 traten in De Bilt zwei große Schwingungen des Luftdruckes auf, die ihre Maxima am 4. und 19. hatten (Abb. 12). Zwischen beiden lag ein ausgeprägtes Minimum am 11., während die Weihnachtssingularität im Verlauf des Luftdruckes nicht zu erkennen war; ein Minimum trat erst am 30. auf. Die Schwingung in Delft im Dezember 1708 war ähnlich, nur um etwa 5 Tage verspätet (Maxima am 9. und 27., Minimum am 15. (Abb. 9)). Wie 1928 muß sich aber die Weihnachtsdepression im Witterungsverlauf der östlichen Stationen stärker ausgewirkt haben. Die einzige Frostperiode des Monats trat 1928 in der zweiten, 1709 in der ersten Monatshälfte auf. Sie entstand 1928 am 13. Dezember in der kalten Ostströmung eines skandinavischen Hochdruckgebietes und hielt sich später in einer zonalen Hochdruckbrücke im Westen bis zum 23., weiter ostwärts bis zum 26. In diesen Tagen wurden von dem Ausläufer eines Nordmeertiefs milde atlantische Luftmassen herangeführt.

Im Januar 1929 setzten sich die großräumigen Schwingungen des Luftdruckes fort. Hierin bestand wiederum eine Ähnlichkeit mit dem Januar 1709, insbesondere in der Zäsur, die in beiden Fällen Mitte des Monats auftrat. Die Sturmweatherlage, die am 5. Januar

1709 die verheerende Kältewelle auslöste, fehlte jedoch 1929 völlig; das Minimum war sechs Tage früher aufgetreten. Vielmehr beherrschte vom Anfang des Monats ab ein Hoch, das sich von Großbritannien nach Skandinavien verlagerte, die Wetterlage, bis es am 12. Januar 1929 von einem Tiefdruckgebiet über dem Baltikum nach Westen abgedrängt wurde. Aus dieser Richtung erreichten uns auch Störungen, die sich bis zum 17. Januar über unserem Raum auffüllten. Durch sie war im Luftdruckverlauf am 15. und 16. ein Minimum bedingt, das 1709 ebenso ausgeprägt am 14. und 15. eingetreten war. Es folgten aber bis Ende Januar 1929 weitere Störungen, die im Gegensatz zum Januar 1709 keine Wiederholung des strengen Frostwetters der ersten Monatshälfte zuließen. Andererseits waren sie zu schwach, um durchgreifendes Tauwetter zu bewirken. Die Tagesmittel der Lufttemperatur stiegen 1929 in De Bilt vom 19. bis 23. und in Potsdam am 19. und 20. bis zu 2° C über den Gefrierpunkt an. 1709 war dies nur in Delft vom 26. ab der Fall.

Anfang Februar 1929 floß aus einem sehr kalten russischen Hoch trockene Festlandsluft nach Mitteleuropa. In ihr baute sich in den folgenden Tagen ein Hoch auf. Störungen aus dem baltischen Raum brachten am 6. und 9. jeweils vorübergehende Frostmilderung. Hinter ihnen drang aber stets erneut extrem kalte Festlandsluft nach Westen vor. Durch Verlagerung des russischen Hochs nach Skandinavien hielt die kalte Ostströmung mit strengen Frösten bis zum 24. Februar an. An diesem Tag gelang einer atlantischen Störung ein Einbruch in die Kaltluftmassen Mitteleuropas. Das strenge Frostwetter stellte sich jedoch bis zum Monatsende wieder ein. Die Minima im Luftdruckverlauf am 10., 15. und 24. Februar 1929 können lediglich den wieder um 4 bis 5 Tage verspäteten am 13., 20. und 28. Februar 1709 zur Seite gestellt werden. Die strenge kontinentale Ostwetterlage von 1929 fand im Februar 1709 keine Parallele. Insbesondere fehlte 1929 das Mitte Februar 1709 vorhandene mehrtägige Tauwetter.

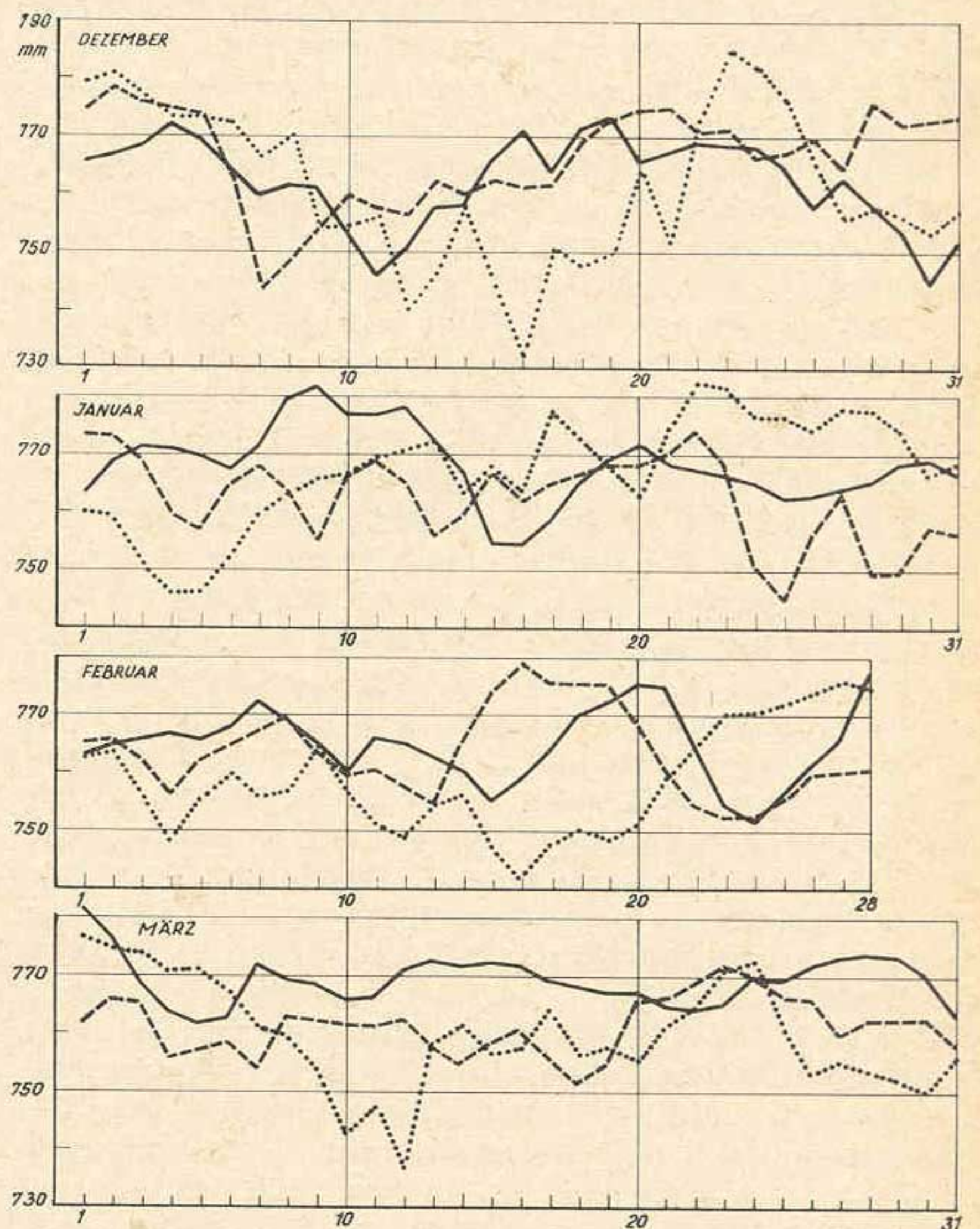


Abb. 12

Verlauf der Tagesmittel (1962/63 der 6-Uhr-Werte) des Luftdruckes von De Bilt in den Wintern 1928/29 — — —, 1941/42 — — — und 1962/63 . . . (Vergl. Abb. 9)

Im März 1929 herrschte nur an den beiden ersten Tagen noch strenger Frost. Die extrem tiefen Minima des Monats fielen auf diese Tage. Der Verlauf von Luftdruck und Temperatur war im Vergleich zu den Vormonaten ausgeglichener. Häufige Ausbrüche maritim-polarer Kaltluft bestimmten 1929 den weiterhin unbeständigen Witterungsverlauf, der weit nach Osten übergriff, so daß die Temperaturen in den Orten Gdingen, Berlin, Halle, Kiel und De Bilt, also über große Entfernungen, gleichartig waren. Die Tagesmittel lagen vom 6. ab fast ständig über dem Gefrierpunkt und stiegen in der zweiten Monatshälfte auf Werte um 10°C an. Im Gegensatz hierzu hielt 1709 bis zum 17. eine Ostwetterlage an, in der die Temperaturen 10°C tiefer als 1929 lagen. Erst in der letzten Dekade gab es in Berlin einige frostfreie Tage.

4.1.2. Der Winter 1941/42

Der Dezember 1941 hatte im Witterungsverlauf wenig Ähnlichkeit mit dem des Jahres 1708. Er begann mit einer leicht winterlichen Hochdruckwetterlage, deren nachfolgender Abbau am 7. Dezember mit einer Sturm- wetterlage (Tief über Dänemark) beendet wurde. Ein Vorstoß des Azorenhochs nach Mitteleuropa brachte bis zum 21. Dezember Wetterberuhigung, ohne daß ein wesentlicher Temperaturrückgang einsetzte. Erst am 26. Dezember überflutete kontinental-polare Kaltluft ganz Mitteleuropa. Ihr folgten am 27. und 29. Dezember, verbunden mit unbeständiger Witterung, weitere. Gegen Monatsende stiegen die Temperaturen wieder über den Gefrierpunkt an. Es fehlte also dem Dezember 1941 eine längere Frostperiode, wie sie 1708 in Berlin vom 5. bis 19. Dezember mit negativen Tagesmitteln andauerte. Trotzdem nahm der nachfolgende Witterungsverlauf beider Winter ähnliche Züge an.

Anfang Januar 1942 hielt die Zufuhr milder Meeresluftmassen um ein Hoch über Frankreich an, nur Danzig wurde am 2. Januar kurzfristig von kontinentaler Kaltluft erfaßt. Mit dem Durchzug einer kräftigen Wellenstörung, die sich am 5. Januar, dem gleichen Tage wie 1709, im Druckverlauf deutlich ausprägte, erfolgte ein scharfer Umsprung der Strömung von einer südwestlichen auf eine nördliche Richtung. Die Kaltluftmassen, die in der anschließenden Nordlage über Skandinavien zum Einströmen bereit lagen, waren aber 1942 nicht so extrem kalt wie 1709. Das Absinken der Lufttemperatur unter den Gefrierpunkt griff zwar, ebenso wie 1709, von Danzig bis De Bilt und nach der Wetterkarte bis nach Südfrankreich über, war aber bei weitem nicht so stark. Der nachfolgende Druckanstieg in einem schwachen Zwischenhoch erreichte am 7. Januar — wiederum in Übereinstimmung mit 1709 — einen ersten Höhepunkt, und auch das Minimum vom 9. Januar, das von einem über die Nordsee eingedrungenen Tief verursacht wurde, fand im Druckverlauf von Halle im Januar 1709 seine Parallele. Der hohe Druck über Skandinavien und der Ostsee, welcher 1942 die Ostwetterlage bis zum 12. Januar bestimmte, wurde am 13. Januar vorübergehend von einem Englandtief nach Osten abgedrängt. Der damit verbundene Druckfall kann aber nicht so kräftig aufgetreten sein wie am 14. Januar 1709. Auffallend ähnlich muß aber nach dem Druckverlauf in beiden Wintern die Entwicklung bis zum 25. Januar gewesen sein. Die Ostwetterlage dieser Tage wurde 1942 durch ein stabiles Hoch über Skandinavien bestimmt, um dessen Ost- und Südflanke zeitweise schwache Störungen westwärts drifteten. In die Südwestflanke des Hochs brach am 26. Januar 1942 ein räumlich eng begrenzter Sturmwirbel ein, der aber nur bis Holland vorstieß. Der Einbruch muß 1709 ebenso kräftig gewesen sein, als der Wind am 26. Januar in Halle mittags auf westliche Richtungen drehte. 1942 erfolgte in der Nacht zum 27. Januar in Schkeuditz ein ähnlicher Umschwung, und am 29. Januar fiel hier bei Temperaturen von 1°C

Schnee und Regen. Trotz eines vorübergehenden Druckanstieges (in Delft 1709 am 26., in De Bilt 1942 am 27.) hielt sich der tiefe Druck 1942 bis kurz vor Ende des Monats, und auch in Halle wehten 1709 bis zum 30. Januar Südwestwinde. Durch die Ausweitung des russischen Hochs nach Westen wurde das Resttief am 31. Januar 1942 von Pommern nach Holland abgedrängt. In Kiel, Kopenhagen und Danzig blieben die Temperaturen in diesen letzten Januartagen, sowohl 1942 als auch 1709, unter dem Gefrierpunkt.

Auch Anfang Februar 1942 muß sich die auffallende Ähnlichkeit der Wetterlagen noch fortgesetzt haben, denn nach vorübergehendem Druckanstieg trat am 4. bzw. 5. Februar wieder ein Minimum ein. Der Druckanstieg war durch die weitere Ausdehnung des russischen Hochs nach West- und Mitteleuropa und der darauffolgende Druckfall abermals durch ein kräftiges, kleinräumiges Tief hervorgerufen worden, das sich um die Nordflanke eines Biskayahochs nach Holland vorgearbeitet hatte. Die Störung zog nach Süddeutschland und teilweise ins Mittelmeer. Hieraus resultierte für Mitteleuropa 1942 bis zum 7. Februar eine Ostwetterlage. Am 8. Februar — als in Berlin 1709 Schneefall einsetzte und am nächsten Tage (9.), als in Halle um 7 Uhr Südwestwind, um 8 Uhr Westwind und um 10 Uhr Nordwestwind beobachtet wurde — drang im Jahre 1942 eine Randstörung eines ausgedehnten Nordmeertiefs über die Nordsee nach Mitteleuropa vor. Sie überquerte den Hallenser Raum in den Morgenstunden des 9. Februars 1942, jedoch ohne den markanten Windsprung wie 1709, der nach der Wetterlage durchaus möglich war. Erst am 11. Februar 1942, als eine weitere Randstörung von Nordwesten eindrang, sprangen die Winde hier auf Nordnordwest um, drehten aber am 12. Februar schon wieder auf West zurück und frischten dabei in Norddeutschland stark auf. Auch 1709 herrschte in diesen Tagen in Halle Westwind, der sich hier am 13. und 14. und in Berlin am 14. und 15. Februar auf Sturmesstärke steigerte. Im Jahre 1942 hatte sich am 13. Februar eine weitere Randstörung über Südnorwegen zu einem Sturmtief verstärkt. Schkeuditz meldete an diesem Tage um 8 Uhr und am 14. Februar 1942 um 2 Uhr Windstärke 7. Nach einer schnellen Auffüllung des Tiefs über der Odermündung setzte sich 1942 auf der Südflanke eines sich vom russischen Hoch bis nach Großbritannien erstreckenden Hochdruckkeils nochmals eine kalte Ostströmung durch. In ihr sanken die Morgentemperaturen wieder stärker unter den Gefrierpunkt ab. Am 19. Februar 1942 hatte sich der Schwerpunkt des hohen Druckes in den Raum zwischen Schottland und Island verlagert. An diesem und am folgenden Tage herrschte über Mitteleuropa eine flache Druckverteilung. Die Ostströmung erfuhr am 21. Februar 1942 eine vorübergehende Verstärkung. Berlin meldete auch am 21. und 22. Februar 1709 scharfen Nordost und Halle Sturm. Der Luftdruckverlauf zeigte dementsprechend am 20. Februar 1709 in Halle und Delft ebenso wie am 23. und 24. Februar 1942 in ganz Mitteleuropa ein Minimum. Bei tiefem Druck über dem Mittelmeer und einem von Skandinavien nach Polen wandernden Hoch im Jahre 1942 hielt die Ostwetterlage in beiden Jahren bis gegen Ende Februar an. Das am 28. Februar 1709 in Delft und Halle vorhandene Minimum des Luftdruckes trat 1942 in De Bilt nicht auf, womit anscheinend nach 2 Monaten ein Abbruch des überraschend ähnlichen Verlaufs der Großwetterlagen stattfand. Ein schwach ausgeprägtes Minimum weisen 1942 jedoch Danzig und Kiel auf. In beiden Jahren bedeutete die Umstellung der Wetterlage keine Unterbrechung des Frostwetters.

Der März 1942 zeichnete sich — nicht ganz so wie der des Jahres 1709 — durch ungewöhnlich tiefe Monatsminima aus. Die Frostperioden lagen jedoch verschieden. 1942 stellten sich vom 1. bis 7., 12. bis 16., 19. bis 24. und 28. bis 30. März wiederum winterliche Hochdruck-

lagen mit meist östlichen Winden in Mitteleuropa ein, in denen die Temperaturen besonders im Osten nochmals erhebliche, in der zweiten Monatshälfte an den westlichen Orten geringere Frostwerte aufwiesen. Als der Frost des ersten dieser Witterungsabschnitte am 6. März 1709 seinen Höhepunkt (Minimum in Potsdam -18°C) erreichte, fand 1709 in Halle eine kurze Unterbrechung des Frostes mit Schnee, Regen und Tauwetter und in Berlin eine Frostmilderung auf -2°C bei Schneefall statt. Ein Ansatz zu einer ähnlichen Wetterlage im Jahre 1963 kann höchstens in einem von Spanien gegen die Ostströmung vorstoßenden Randtief gesehen werden, dessen Kern mit der Höhenströmung über Süddeutschland nach Osten zog. Eine Parallele zu 1709 könnte man auch darin sehen, daß sich die Erwärmung am 6. März 1709 zwar in Delft, Halle und Berlin, dagegen in Kiel, Kopenhagen und Danzig kaum bemerkbar machte. Mit Winden um Nord stellte sich dann 1709 am 7. in Berlin und anschließend auch im Westen wieder starker Frost mit Tiefstwerten am 8. in Berlin (7 Uhr -20.0°C , Tagesmittel -14.8°C) und in Delft am 14. (Tagesmittel -3.6°C) ein. Am 17. März 1709 drehten die Winde in Delft auf Süd und später auf West, und vom 19. ab stiegen hier die Temperaturen dann anhaltend über den Gefrierpunkt an, im Osten endgültig erst um den 8. April. In Berlin traten in der dritten Märzdekade 1709 nochmals zwei schwache Frostperioden auf.

4.1.3. Der Winter 1962/63

Die Vorgeschichte dieses Winters hatte wie schon die von 1941/42 kaum Entwicklungsphasen, die denen von 1708/09 ähnlich waren. Eine Frostperiode im Oktober 1962 fehlte. Beiden gemeinsam war zwar eine milde erste Novemberhälfte, dafür trat in der zweiten im Jahre 1962 eine Frostperiode auf, die 1708 nur angedeutet vorhanden war.

Im *Dezember* 1962 kamen wie 1708 je zwei Frostperioden mit insgesamt etwa 21 negativen Tagesmitteln vor. Die Kälte war 1708 jedoch geringer als 1962 (Monatsmittel Berlin-Spandauer Forst 1962 -3.9 , 1708 -2.5°C . 1708 war die längere — 14tägige — Frostperiode aber die erste, 1962 gerade umgekehrt, 1962 fehlte die Unterbrechung der Hochdrucklage in der ersten Monatshälfte, die 1708 in Delft durch den Druckverlauf und die Windrichtungen gut zu belegen ist. Sie brachte Berlin vom 2. bis 5. Tauwetter. 1708 lag die Lufttemperatur auch mindestens vom 17. bis 25. mittags über dem Gefrierpunkt, während diese Tage 1962 Eistage waren. 1962 führte die Weihnachtssingularität nur zu einer Frostmilderung (Maximum von List am 27. -0.4°C). 1708 fehlten in der zweiten Monatshälfte die 1962 vom 19. ab vorherrschenden Ostwinde. Vielmehr taute es in Berlin vom 19. bis 21. und 25. bis 26. Dezember 1708 leicht, so daß „der wenige Schnee heut (25.) vollends alle weg getauet“. Der Frost hat aber wie 1962 auch 1708 (Kopenhagen am 26. Dezember 1708 um 8 Uhr -5.8°C , Kiel am 30. um 18 Uhr -2.4°C) im Ostseeraum fortbestanden, und selbst in Berlin betrug die 14-Uhr-Temperatur am 27. Dezember 1708 bereits wieder -3.0°C .

Der *Januar* 1963 stellte schließlich nach dem Verlauf von Luftdruck und Temperatur den besten Vergleichsfall zum Jahre 1709 dar. Allerdings reichte 1709 der Einbruch der atlantischen Störung des 4. und 5., der, wie wir gesehen haben, ganz Mitteldeutschland ungewöhnliche Regenfälle brachte, nicht bis Berlin. Der Luftdruckverlauf von Halle (1709) und Berlin (1963) belegen jedoch die Gleichartigkeit der Singularität dieser Tage hinreichend. Der im Jahre 1709 nachfolgende Kaltluftvorstoß war aber 1963 bei weitem nicht so kräftig. Während er 1709 aus Nordosten kam und bis nach Spanien zu verfolgen war, brach 1963 maritim-polare Kaltluft über die Nordsee ein und wurde außerdem am 6. von einem kräftigen Biskayatief nach Westen abgelenkt.

Die Tagesminima gingen somit in Paris-Le Bourget erst vom 10. ab für vier Tage und in Montpellier erst vom 13. ab für sieben Tage unter den Gefrierpunkt zurück. 1709 hatte die Kaltluft bereits in der Nacht vom 6. zum 7. Südfrankreich erreicht. 1709 war das Ausmaß der Kälte wesentlich größer. Wenn auch in Berlin in beiden Jahren die tiefsten Tagesmittel am 10. auftraten, so war das von Berlin 1709 doch 12°C niedriger als das von Berlin-Dahlem im Jahre 1963 und 8°C niedriger als das vom Spandauer Forst. In Delft betrug das Tagesmittel des 10. Januars 1709 -6.3° und das von Helder/Vlissingen (gemittelt) für 1963 -8.1°C . Der am 13. Januar 1709 in Paris gemessene Tiefstwert dieses Monats war mit -21.3°C etwa 11°C niedriger als der am gleichen Tage gemessene tiefste 7-Uhr-Wert der ersten Frostperiode im Januar 1963.

Die Unterbrechung der Hochdruckwetterlagen fiel in Berlin/Halle und Delft/De Bilt in beiden Jahren auf den 14. Januar. Um die Monatsmitte erfolgte in Berlin dementsprechend in beiden Fällen eine Frostmilderung, in der die Tagesmittel 1963 in Berlin-Dahlem bis auf -6.4 und im Spandauer Forst (Jagen 64) bis auf -7.1°C und 1709 in der Dorotheenstadt auf -8.8°C anstiegen. Die nachfolgende Hochdruckwetterlage der zweiten Januarhälfte nahm dann beidemal größere Ausmaße als die vorangehende an. Sie endeten in Berlin/Halle am 25. (1709) bzw. 26. (1963). 1709 setzte sich aber der Druckfall bis Monatsende verstärkt fort. Der Aufbau der Hochdrucklage muß 1709 gleichförmiger als 1963 vonstatten gegangen sein, in welchem Jahre am 20. eine Unterbrechung auftrat. Die Temperaturen erreichten in Berlin tags zuvor ihren tiefsten Stand, während dies 1709 erst am 22. der Fall war. Die Tagesmittel von Berlin kamen am 19. beidemal nahe an die Tiefstwerte der vorangegangenen Kälteperioden heran. Der zweite Kaltluftvorstoß war 1963 dank eines über der Nordsee gelegenen Steuerungszentrums über die Ostseeländer und Mitteleuropa nach Südfrankreich verlaufen. Infolge der Unterbrechung der Nordostströmung am 19. Januar 1963 durch eine eingelagerte Störung, besaß die Kaltluft aber nicht so viel Bewegungsenergie wie 1709. Sie gelangte erst am 22. nach Südfrankreich (Tagesmaximum in Montpellier -1.2°C), hielt sich hier aber entsprechend dem Fortbestand der Hochdrucklage im Gegensatz zu 1709 bis zum 6. Februar. Dabei traten in Montpellier am 4. und 5. Februar 1963 mit Minima zwischen -17 und -18°C ähnlich tiefe Temperaturen wie 1709 auf, als am 11. Januar -15.5°C gemessen wurden. Mit dem starken Druckfall Ende Januar 1709 in Berlin war ein Anstieg der Tagesmittel bis 0.2°C (am 29.) verbunden gewesen. Die Störung muß weitgehend in Kaltluft eingebettet gewesen sein, denn an den beiden letzten Tagen des Monats gingen die Tagesmitteltemperaturen in Berlin — wie 1963 seit dem 26. — wieder zurück.

Im *Februar* 1963 ging die Übereinstimmung des Temperaturverlaufs beider Jahre in großen Zügen weiter, die Schwankungen blieben aber 1709 größer. Der Verlauf des Luftdruckes erreichte 1963 in Berlin und De Bilt am 4. und 1709 in Delft und Halle am 5., also fast gleichzeitig, ein Minimum. Gemeinsam waren beiden Wetterlagen relativ niedrige Temperaturen zur Zeit des tiefen Druckes (Tagesmittel des 5. Februars: 1709 Berlin -12.4°C , 1963 Berlin-Dahlem -6.6°C , Berlin-Spandauer Forst (Jagen 64) -11.0°C . Tagesmittel des 6. Februars: 1709 Delft -3.6°C , 1963 De Bilt -6.0°C , Paris -4.3°C). Leider liegen von Halle erst vom 20. Februar 1709 ab wieder Luftdruckwerte vor. Die auf den 5. Februar folgenden schwach ausgeprägten Hochdruckperioden müssen aber 1709 (nach dem allgemeinen Witterungsverlauf) wie 1963 am 11. beendet gewesen sein. In der zweiten Dekade traten in Delft keine prägnanten Luftdruckschwankungen auf. Die Erwärmung um die Monatsmitte erreichte in Berlin 1709 Tagesmittel von 4°C , 1963 dagegen nur den Gefrierpunkt. In

diesem Jahr erfolgte mit Luftdruckanstieg vom 22. ab nochmals ein mäßiger Vorstoß kontinentaler Kaltluft aus Nordosten, der Südfrankreich (Montpellier) erreichte. Er brachte Berlin-Dahlem negative Tagesmittel bis zu -10.1°C (Spandauer Forst (Jagen 64) -14.5°C) und Helder/Vlissingen solche bis zu -6°C ; auch in Montpellier gab es am 24. Frost bis zu -4°C . 1709 war der Kaltluftvorstoß intensiver. Für Berlin wurde am 24. ein Tagesmittel von -18.6°C bestimmt. Die Tagesmittel von Delft betrugen am 25. und 26. -5.2°C . Die Kaltluft erreichte wiederum Südfrankreich und brachte Montpellier am 25. ebenfalls ein Tagesmittel von -4.8°C .

Im März 1963 setzte sich das strenge Winterwetter bis zum 5. fort. Unter dem Einfluß eines mitteleuropäischen Hochs traten in diesen Tagen Nachtfroste bis zu -20°C auf. Im weiteren Verlauf kam es Mitte des Monats im Norden und Anfang der letzten Dekade verbreitet zu schwachen Frostperioden.

4.2. Die Ostwetterlagen des Winters 1708/09 und die relative Häufigkeit der Großwettertypen SE+E+NE in den kalten Wintern der Neuzeit

Die relativen Häufigkeiten der Großwettertypen SE+E+NE von den kalten Wintern der Jahre 1881 bis 1950 weisen nach Hess (67) bestimmte Schwerpunkte auf. Wenn unter SE „Südostlagen“, unter E die Druckverteilungen „Hoch Fennoskandien und Hoch Fennoskandien-Nordmeer“ sowie die „Winkelförmige Westlage“ und unter NE eine „Hochdruckbrücke von den Azoren nach Fennoskandien“ verstanden werden, ergibt sich eine in Abb. 13 wiedergegebene Darstellung. Da es

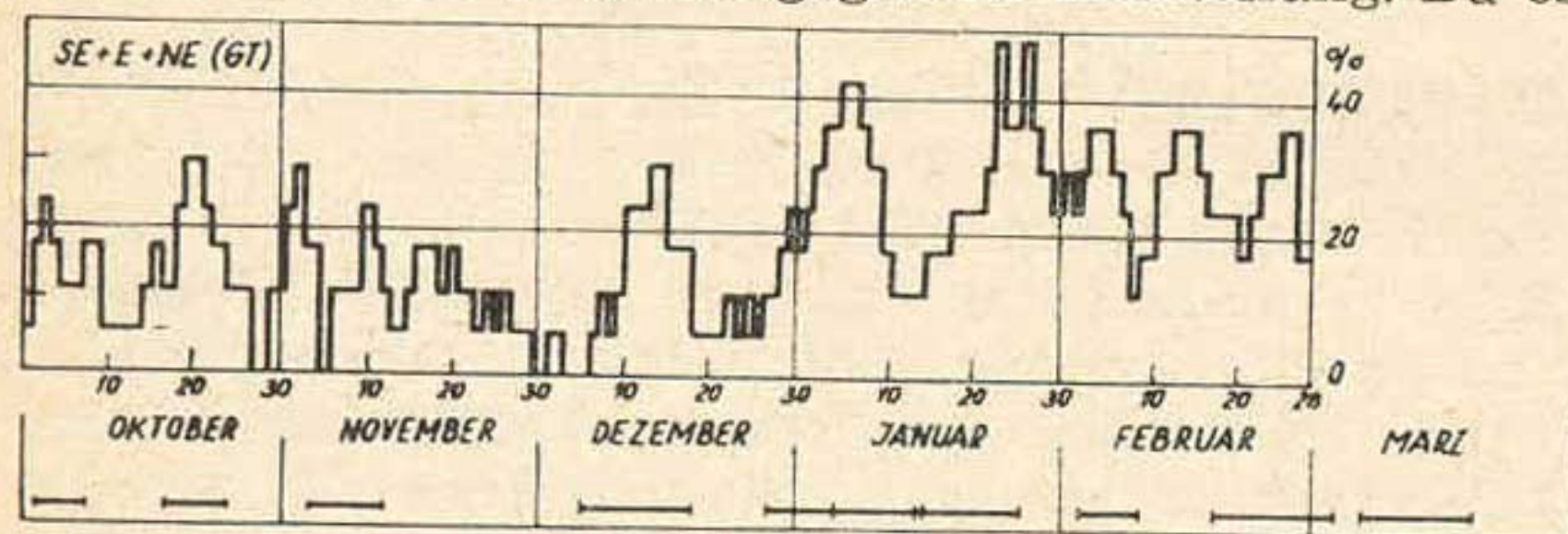


Abb. 13

Relative Häufigkeit der Großwettertypen Ost in kalten Wintern (1881 bis 1950) nach Hess (67) und Ostwetterlagen nach Windrichtungen von Berlin, Halle oder Delft im Winter 1708/09

niemals möglich sein wird, vom Winter 1708/09 Karten der Druckverteilung zu zeichnen, wurde dieser prozentualen Häufigkeit das Vorkommen östlicher Strömungen im Winter 1708/09 beigelegt; es wurde nach Windrichtungen von Berlin, Halle oder Delft sowie nach den allgemeinen Witterungsangaben beurteilt. Beide Darstellungen stimmen in den vorwinterlichen Perioden der ersten Oktoberdekade, einer zweiten um den 20. Oktober, einer dritten in der ersten Novemberhälfte, sodann in dem Abklingen bzw. Aussetzen der Ostwetterlagen bis zum 5. Dezember und der letzten vorwinterlichen Periode während der restlichen ersten und zweiten Dezemberdekade überein. Nach dem Weihnachtstauwetter begann 1709 ebenfalls schon Ende Dezember die wichtigste Ostwetterlage des Winters, die allerdings am 5. eine kurze kräftige Unterbrechung aufwies. Eine weitere Unterbrechung während der zweiten Januardekade 1709, die vor allem im Gang des Luftdruckes deutlich wurde, stimmt ebenfalls mit einem Minimum in der prozentualen Häufigkeit überein. Vom 14. bis 24. wehten in Haarlem und Halle wieder östliche Winde. Der Winter 1708/09 erreichte dann zwar nach den Temperaturen singularitätengerecht vom 23. bis 25. Januar einen Höhepunkt, nach der Statistik der Neuzeit dauern die Ostwetterlagen aber bis zum 28. Januar. Ihr Abklingen setzte 1709 mit westlichen Winden einige Tage früher ein, und war, wie auch aus dem Druckverlauf hervorgeht, möglicherweise ausgeprägter als in den kalten Wintern der letzten achtzig Jahre. Aus der Frostperiode der ersten Februardekade 1709 liegen keine An-

gaben über Ostwinde vor. Am 1., 2. und vom 8. bis 16. Februar herrschten in Halle westliche, anschließend bis Ende des Monats Winde zwischen Nord und Ost. Die Unterbrechungen der Ostwetterlagen in den letzten Wintern am 20. und 28. Februar sind 1709 nur durch Minima im Luftdruckverlauf belegt.

Südost-, Ost- und Nordostlagen im Winter 1708/09

Oktob	1.—7.,	17.—24.
November	4.—12.,	
Dezember	5.—18.,	27.—31.
Januar	1.—4.,	5.—26.
Februar	3.—8. (?),	16.—28.
März	1.—3.,	3.—19.
April	3.—12.	

4.3. Monatswerte vom Januar bis März 1709, verglichen mit den entsprechenden Werten der Neuzeit

Zweck dieses Vergleichs sollte in erster Linie eine Prüfung der Brauchbarkeit der berechneten Temperaturwerte sein. Die Gesamtheit aller Werte läßt jedoch auch klimatologische Schlüsse zu. Der Vergleich muß sich auf die Werte beschränken, die vom Winter 1708/09 vorhanden sind. Es sind dies

- 1) die Tages- und Monatsmittel der Lufttemperatur von Berlin und Delft von allen Monaten des Winterhalbjahres,
- 2) die Monatsmittel der 7(8)-Uhr-Werte von Danzig, Berlin, Kopenhagen und Kiel der Monate Januar bis März 1709,
- 3) die tiefsten gemessenen Werte jedes Monats in Berlin.

Sie wurden mit den entsprechenden Werten der Winter 1829/30, 1892/93, 1928/29, 1939/40, 1941/42, 1946/47 und 1962/63, der kältesten der letzten 150 Jahre, verglichen (67, 70). Die wichtigste der genannten Stationen ist wieder Berlin. Gerade hier hat nun die Entwicklung der Stadt von 1700 bis heute zu einer entscheidenden Änderung der klimatischen Verhältnisse geführt. Für die beabsichtigten Vergleiche mußte auch diesmal der Homogenität wegen — soweit möglich — Potsdam herangezogen werden (vgl. 2.2.5.). Noch 1728 war das Gelände nördlich des Astronomenhauses, in dem die Kirchs im Winter 1708/09 wohnten, unbebaut. Der Meßort an einem Nordfenster muß also wesentlich unter dem Einfluß der anmoorigen und sandigen Böden der Spreeniederung gestanden haben. Welche Unterschiede zwischen den Berliner Stadtstationen und den Außenstationen im vergangenen Winter aufgetreten sind, ist aus den Beilagen 7, 14, 24 und 33/1963 zur Berliner Wetterkarte des Institutes für Meteorologie und Geophysik der Freien Universität Berlin zu ersehen.

Monatsmittel der Lufttemperatur im Winter 1962/63

	Dezember	Januar	Februar	März
Charlottenburg	—2.3	—6.8	—4.0	3.8 $^{\circ}\text{C}$
Dahlem (Klima-Stat.)	—2.7	—7.3	—4.5	3.3
Spandau (Hakenfelde)	—3.1	—8.2	—5.6	2.7
Potsdam	—3.4	—8.4	—5.6	2.4
Spandauer Forst (Teufelsbruch)	—3.9	—8.6	—5.9	2.0
Spandauer Forst (Jagen 64)	—3.7	—9.0	—6.4	2.2

Die beiden letztgenannten Stationen liegen ebenfalls in einer moorigen und sandigen Niederung. Ihre tiefen Monatsmittel wurden zweifellos durch diese Lage hervorgerufen. Da die Temperaturen im Winter 1708/09 unter ähnlichen Bedingungen gemessen worden sind, müssen im Vergleich zu den Messungen späterer Jahre aus dem Stadtgebiet Berlins relativ niedrige Werte erwartet werden.

Die in den Abb. 11 für Berlin dargestellten Tagesmittel vom Dezember 1708 bis März 1709 passen sich im allgemeinen dem Temperaturverlauf der Winter 1928/29, 1941/42 und 1962/63 gut an. Es kommen lediglich am 10. und 22. Januar 1709 mit -26.2 bzw.

—24.2° C zwei Werte vor, von denen der erste das tiefste bekannte Tagesmittel aus dem Berliner Raum darstellt. Da sich aber aus den Messungen von J. M. M ä d l e r am 23. Januar 1823 in der Jägerstraße, 8 m über dem Straßenpflaster, ein Tagesmittel von —24.5° C ergibt, vom 18. Januar 1893 von Berlin-Seestraße ein Wert von —24.6° C bekannt ist und für Berlin-Buch am 10. Januar 1929 ein Tagesmittel von —24.1° C und am gleichen Tage für Kleinbeeren ein solches von —23.1° C errechnet wurde, liegen die Werte aus dem Jahre 1709 durchaus im Bereich des Möglichen.

In De Bilt waren die Frosttemperaturen im Winter 1708/09 weder in ihrer Andauer noch in den tiefsten Tagesmitteln nicht so ungewöhnlich wie in Berlin. Das tiefste Tagesmittel, welches für den 21. Januar 1709 mit —11.2° C berechnet wurde, war immerhin noch 1.9° C niedriger als das tiefste des Winters 1962/63 von Helder/Vlissingen.

Die warmen Zwischenperioden, welche die Frostlage in Holland 1708/09 immer wieder kräftig unterbrachen, ergaben auch verhältnismäßig hohe Monatsmittel, die in späteren kalten Wintern wesentlich unterboten wurden (Tab. 5). Diese Warmlufteinbrüche erreichten aber, wie wir gesehen haben, den ostelbischen Raum nicht. Das Monatsmittel des Januars 1709 in Berlin von —13.2° C ist aber trotzdem ungewöhnlich tief. Ein solches ist später für keine der Stationen im Stadtgebiet von Berlin in einem Winter errechnet worden. Der Geh. Reg.-Rat H a r t e, Magdeburg, bemerkt in seinen handschriftlichen Zusammenstellungen der Berliner Beobachtungen, daß die Winterstrenge des Januars 1823 „seit 1709 bis auf den heutigen Tag (1919) noch nicht wieder vorgekommen ist. Vom 29. 12. 1822 bis 28. 1. 1823 betrug die Temperatur im Mittel —13.1° C, das Monatsmittel des Januars 1823 —11.6° C“. Im Hinblick auf den Stadteinfluß (s. o.) gewinnen diese Werte besondere Bedeutung. In der weiteren Umgebung trat im Februar 1929 in Frankfurt an der Oder ein Monatsmittel von —13.0, in Krüssau —12.6 und in Berlin-Buch —11.8° C auf, die nach der Größenordnung und unter Berücksichtigung etwaiger Stadteinflüsse ebenfalls zu dem tiefen Monatsmittel des Januars 1709 passen. Für das ungewöhnlich tiefe Mittel des Oktobers von 4.8° C im Jahre 1708 und das des März 1709 von —4.8° C konnte kein annähernd tiefer Vergleichswert gefunden werden. Dafür werden die Monatsmittel des Novembers und Dezembers 1708 und des Februars 1709 von den entsprechenden Monaten späterer Winter zum Teil erheblich unterboten (z. B. Dezember 1708: —2.5; Dezember 1829: —8.7° C; s. Tab. 5). Die Monatsmittel der Lufttemperatur vom Oktober 1708 und März 1709 von Delft gliedern sich besser in die entsprechenden Mittel der übrigen Jahre ein.

Eine Bestätigung der tiefen Temperaturen von Berlin läßt sich auch noch mit Hilfe der 7- bzw. 8-Uhr-Messungen von Danzig, Kopenhagen und Kiel finden (Tab. 6). Sie liegen für die Monate Januar bis März 1709 vor. Die Fehler infolge der zwischen 7 und 8 Uhr wechselnden Beobachtungstermine liegen innerhalb der Genauigkeitsgrenzen. Ganz abgesehen davon, daß im Winter 1708/09 nach Ortszeit gerechnet wurde, gingen die Uhren, wie aus dem Tagebuch des Astronomen Gottfried Kirch zu ersehen ist, doch recht ungenau.

Die mittleren monatlichen Unterschiede zwischen den Lufttemperaturen von 7 und 8 Uhr betragen in Potsdam (1893—1917) im Januar +0.1, im Februar —0.1 und im März —0.6° C.

Die mittleren monatlichen 7- und 8-Uhr-Werte lassen sich an Stelle von Monatsmitteln verwenden, wenn die mittleren Abweichungen beider Werte beachtet werden:

Differenz: Monatsmittel der Lufttemperatur minus mittlerer monatlicher 7- (a) bzw. 8-Uhr-Wert (b) in Potsdam im Mittel der Jahre 1893—1917

	a	b
Januar	+0.9	+1.0
Februar	+1.6	+1.5
März	+2.5	+1.9

Häufigkeit der Differenz: Monatsmittel der Lufttemperatur minus mittlerer monatlicher 7- (a) bzw. 8-Uhr-Wert (b) in Potsdam in den Jahren 1893—1932

	Januar		Februar		März	
	a	b	a	b	a	b
3.6—4.0° C	0	0	0	0	2	0
3.1—3.5° C	0	0	0	0	9	0
2.6—3.0° C	0	0	2	2	10	1
2.1—2.5° C	0	0	6	3	16	6
1.6—2.0° C	1	2	18	17	3	16
1.1—1.5° C	14	11	12	15	0	15
0.6—1.0° C	18	22	2	3	0	2
0.1—0.5° C	7	5	0	0	0	0

Die niedrigen mittleren 7-Uhr-Werte von Berlin in den Monaten Januar und März 1709 werden durch entsprechend tiefe von Danzig, Kopenhagen und Kiel bestätigt und damit auch die Monatsmittel selbst. Andererseits werden auch die mittleren monatlichen 7- bzw. 8-Uhr-Werte des Februars 1709 in späteren kalten Wintern z. T. wesentlich unterboten. Im Februar 1929 entsprachen die mittleren 7-Uhr-Werte von Krüssau (—15.7° C) und Berlin Buch (—14.7° C) weitgehend dem Januar-mittel 1709 von Berlin (—15.3° C). Den an allen vier Stationen ungewöhnlich tiefen 7-Uhr-Werten des März 1709 kommen die des März 1942 am nächsten. Den geringsten Abstand haben Danzig mit —7.2 (1942) gegenüber —8.0° C (1709) und Kiel mit —3.6 (1942) gegenüber —6.3° C (1709). Diese tiefen Meßwerte stehen darüber hinaus ganz im Einklang mit der ungewöhnlichen Kälte des März 1709, über die besonders eindeutig von den Chronisten berichtet wurde (3.6). Von den 61 „Frosttagen“ des Winters 1708/09 fielen in Haarlem 14 auf den März (32). In Danzig war die Schlittenfahrt 24 Wochen lang möglich (8, S. 667), und mehr als 12 Wochen herrschte ununterbrochen Frost (7, S. 42).

Der durch Temperaturmessungen belegte kälteste Winter ist nach Easton (52) seit 1757 in Westeuropa der von 1829/30. Die Andauer und Strenge eines Winters wird heute für einen Ort meist durch die Summe der negativen Tagesmittel von November bis März gekennzeichnet. Hellmann hat 1917 eine solche Untersuchung der Winter in Berlin seit 1766 durchgeführt (108). Er kam zu demselben Ergebnis wie Easton für Westeuropa, indem er die höchste Summe der negativen Tagesmittel von —683° C für den Winter 1829/30 fand. Eine Rangordnung der Strenge der Winter kann aber nur nach einer homogenen Reihe exakt aufgestellt werden. Knoch hat deshalb alle unter stärkerem Stadteinfluß Berlins zustande gekommenen Werte der Jahre 1766 bis 1907 auf die spätere Station Dahlem bezogen (70). Die Kältesumme des Winters 1829/30 erhöht sich so auf —791° C. Dahlem charakterisiert das Klima der Randbezirke Berlins und weist in dieser Lage in kalten Wintern höhere Temperaturen als Potsdam auf, (s. o.), dessen Meßgelände in 50 bis 70 m über der Havelniederung andererseits die tiefen Temperaturen der Umgebung nicht voll erfaßt. Die Kältesumme von Dahlem blieb deshalb auch im Winter 1962/63 20 bis 30% hinter den Kältesummen der Stationen im Spandauer Forst (Teufelsbruch und Jagen 64) zurück. Die auf Dahlem reduzierte Kältesumme des Winters 1829/30 und alle übrigen müßten sicher noch erhöht werden, wenn man sie den landschaftlichen Verhältnissen angleichen wollte, die im Winter 1708/09 vorlagen:

Summen der negativen Tagesmittel der kältesten Winter der letzten 150 Jahre in Berlin (70) und Halle

	Berlin (Rangordnung)	Halle
1829/30	—791° C (1.)	—746° C*
1939/40	—636 (5.)	—610
1946/47	—567 (9.)	—566
1928/29	—503 (14.)	—512
1941/42	—474 (20.)	—476
1962/63	—474 (21.)	—568

* Leipzig (79)

Easton hat dem Winter 1708/09 nach allgemeinen Erscheinungen in Westeuropa ebenso wie den Wintern 1407/08, 1607/08, 1564/65 und 1434/35 schätzungsweise die Temperaturcharakterzahl 4 gegeben. Sie wird in keinem der Winter von 1205 bis 1916 unterschritten. Dieselbe Zahl 4 ordnete er auch dem Winter 1829/30 zu.

Wenn man nun für Berlin die neugewonnenen negativen Tagesmittel des Winters 1708/09 (November bis März) zusammenzählt, ergibt sich der erstaunliche Wert von —918° C (November —2, Dezember —96, Januar —408, Februar —237 und März —175° C). Aus dem Vergleich mit der Summe von —791° C für den Winter 1829/30 (November —45, Dezember —313, Januar —272, Februar —148 und März 13° C) ersieht man wiederum, daß 1708/09 vor allem der strenge Nachwinter zu der hohen Kältesumme beitrug. Ohne die Kältesumme des März würde sie nur —743° C betragen haben. 1829/30 war vor allem der Dezemberwert wesentlich höher als 1708/09. Da Hellmann die Tagebücher und Temperaturmessungen Gottfried Kirchs nicht kannte, konnte er über den Winter 1708/09 nur wie folgt urteilen (108, S. 746): „Welche vergebliche Mühe hat sich dagegen Pfaff gegeben, um zu ermitteln, welcher von den drei großen Wintern des 18. Jahrhunderts (1708/09, 1739/40 und 1788/1789) der strengste war. Diese Frage läßt sich jedoch beantworten. Wenn auch die aus dem Jahre 1709 vorliegenden Temperaturmessungen (vergl. Grischow in den Miscell. Berol. VI, 313) nicht ausreichen, um die Summe der negativen Tagesmittel zu bilden, so geht doch aus vielen, von Pfaff und anderen Autoren beigebrachten Angaben deutlich hervor, daß der Winter von 1708/09 in Berlin weniger streng war als der von 1739/40. Der strenge Winter 1708/09 dauerte etwa vom 5. Januar bis 27. Februar; die größte Kälte scheint am 10. Januar 1709 gewesen sein, nämlich nur —19.1° C. Die Reduktion der Skala auf Zentesimalgrade ist allerdings etwas unsicher. Beguélin (Nouv. Mém. Acad. Berlin 1784) verzeichnet als kältesten Tag den 12. Januar mit —18.0° C. Es erübrigt also nur zu entscheiden, welcher der beiden Winter 1739/40 und 1788/89 der kälteste war“.

Hellmann hat also die Frostperioden des Dezembers 1708 und des März 1709 in seinem Urteil über den Winter 1708/09 nicht berücksichtigt. Die von Grischow übernommene tiefste Temperatur von —19.1° C hat er selbst angezweifelt, sie wird dem ungewöhnlichen Ausmaß der Kälte, die in jenen Tagen geherrscht hat, keineswegs gerecht. Der von ihm angeführten Meinung Pfaffs über die Winter 1708/09 und 1739/40 steht dessen zusammenfassende Bemerkung entgegen (7, S. 107) „Der Winter von 1709 behauptet also alles zusammengekommen den Rang vor dem Winter von 1740, so wie dann auch seine Wirkungen im organischen so wie im unorganischen Reiche — seine Verheerungen unter Menschen, Thieren und Pflanzen viel furchtbarer waren“.

Dabei eignen sich Tiefstwerte der Lufttemperatur im Einzelfall, selbst wenn sie wie heute mit Minimumther-

мометern bestimmt werden, wegen der jeweiligen besonderen örtlichen Einflüsse wenig für die Beurteilung der Strenge eines Winters. Vergleiche mit Extremtemperaturen späterer Winter (Tab. 7) sollen auch im wesentlichen zur Prüfung der umgerechneten Skalenwerte herangezogen werden. Sie müssen sich auf Berlin beschränken, weil sich die Flüssigkeit der Thermometer von Königsberg, Danzig, Halle, Jena und Zeitz zur Zeit der tiefsten Temperaturen in das Thermometergefäß zurückzog und selbst hier einen mehr oder weniger großen Raum freiließ. Die Delfter Werte fallen hierfür aus, da sie nur als Tagesmittel vorliegen.

Der in Berlin am 10. Januar 1709 um 8 Uhr gemessene Tiefstwert von —30.0° C, der bis auf 1.9° C an das bisher bekannte Minimum aus der Umgebung von Berlin herankommt (am 19. Januar 1893 in Berlin-Blankenburg —31.9, an demselben Tage in Berlin-Spandau —31.3 und in Berlin-Seestraße —31.0° C) dürfte den tatsächlichen Verhältnissen weitgehend entsprochen haben. In Frankfurt an der Oder wurden am 11. Februar 1929 —31.2° C gemessen. Am 28. Dezember 1788 soll Knoblauch in Berlin —28.3° C abgelesen haben (108), und am 18. Januar 1893 traten in Berlin-Seestraße nochmals —28.4° C auf.

Mit dem in Kiel am 13. Januar 1709 um 12 Uhr gemessenen Wert von —12.6° C ist sicher nicht die tiefste Temperatur des Winters erfaßt worden. Er liegt auch 8.4° C über dem Januarminimum von 1942. (—20.8). Das absolute Minimum der Jahre 1881 bis 1930 beträgt in Kiel —20.0° C.

In Kopenhagen wurde der tiefste Wert von 0.1° Roemer zu —17.8° C bestimmt. Mit ihm soll ja die künstliche Kälte fast erreicht worden sein. In den Jahren 1901 bis 1930 wurde hier als tiefster Wert —19.4° C gemessen (110). 1871 wurden jedoch in Landsbøjskølen —25.0° C ermittelt (111).

Die tiefsten Meßwerte des Februars 1709 waren wie die Monatsmittel nicht ungewöhnlich. Da die Thermometerflüssigkeiten nicht in die Thermometergefäße sanken, können sie für mehrere Stationen angegeben werden. Sie fielen in die Tage vom 23. bis 25. Februar:

Königsberg —13.0 (25.), Danzig —15.0 (24.), Kopenhagen —17.5 (23.), Kiel —11.4 (25.), Berlin —21.7 (24.), Halle —16.2 (25.) und Montpellier —5.5° C (25).

Die ersten und zweiten Tiefstwerte des März verteilten sich auf den 7. und 8. sowie den 14. bis 16. Der tiefste von ihnen ist der von Berlin mit —20.0° C. Er wurde in späteren Jahren nur in der weiteren Umgebung von Berlin unterboten (März 1929 Frankfurt an der Oder —22.1) und im vergangenen Winter am 1. März 1963 im Spandauer Forst (Jagen 64) mit —19.7° C nahezu erreicht (1845: —19.0° C).

Die Zehntelgrade der für den Winter 1708/09 angegebenen Temperaturen haben nur eine rechnerische Bedeutung. Wegen verbleibender Unsicherheiten in der Bestimmung der Skalenwerte — selbst der des Berliner und Delfter Thermometers — und der unzureichenden Bedingungen, unter denen gemessen wurde, könnten wir uns mit Werten in ganzen Grad begnügen.

Nach den untersuchten bzw. neu berechneten Skalenwerten der alten Thermometer waren die Temperaturen des Winters 1708/09 aber rein größenordnungsmäßig ungewöhnlich tief. Eine eingehende Prüfung war deshalb erforderlich. Die zahlreichen über den Wetterablauf und die besonderen Witterungserscheinungen dieses Winters vorliegenden Berichte bestätigen die extremen Kältegrade. Ein weiterer Beleg für die Strenge des Winters 1708/09 sind auch die hohe Zahl der Frost- und Eistage, die sich in Berlin folgendermaßen auf die Monate verteilen:

Berlin	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März
Frosttage						
1708/09*)	13	10	25	31	24	26
1829/30	2	18	31	30	21	9
1962/63	2	8	26	31	28	13
Mittel-Dahlem						
1908—1930	3.3	12.2	16.3	19.9	18.4	14.6
Eistage						
1708/09**)	0	0	19	29	22	21
1829/30	0	9	30	23	8	2
1962/63	0	0	15	26	22	0
Mittel-Dahlem						
1908—1930	0.0	1.9	5.8	8.4	5.8	1.3

*) Zahl der Tage mit Meßwerten unter dem Gefrierpunkt.

**) Zahl der Tage ohne Meßwerte über dem Gefrierpunkt.

Auch diese Angaben belegen nochmals, daß der Frühwinter im Oktober und der Nachwinter im März für die Strenge des Winters 1708/09 ausschlaggebend waren. Die Zahl der Frosttage in beiden Monaten ist — bis auf 3 im März — auch durch Augenbeobachtungen Maria-Margaretha Kirchs gesichert.

Durch das Erlebnis des letzten strengen Winters können wir uns einen Begriff von der Kälte des Winters 1708/09 machen, der nach den vorliegenden Untersuchungen zumindest in Ostdeutschland noch kälter war als der bisher bekannte kälteste von 1829/30.

Bouant gelangte 1888 für Frankreich auf Grund seiner Untersuchungen zu folgendem Urteil: „Il semble donc certain qu'il faut remonter au moins au quinzième siècle pour trouver un hiver comparable à celui de 1709, et même aucun document précis ne nous autorise à affirmer qu'il ait jamais eu, en France, avant un hiver aussi froid“ (117, S. 160).

Die vorliegende Untersuchung kann deshalb am besten mit dem Urteil Professor Samuel Reyher's abgeschlossen werden. Er hatte den grausamen Winter miterlebt und an den Anfang seiner Veröffentlichung (2) die Worte gesetzt, die noch heute Gültigkeit haben (2.2.2): „Dies zu veröffentlichen hat uns der vergangene Winter (1708/09) ermahnt, den ein anderer kaum an Strenge übertroffen haben wird“.

Literatur

- (1) Hellmann, G.: Beiträge zur Erfindungsgeschichte Meteorologischer Instrumente. Abh. Preuß. Akad. d. Wiss., Jg. 1920, Berlin 1920.
- (2) Reyher, S.: Observationes tricennales circa frigus hyemale ex Ephemeridibus V. Cl. Samuelis Reyheri. Misc. Berolinensia 1710.
- (3) van Swinden, J. H.: Dissertation sur la comparaison des thermomètres. Amsterdam 1778.
- (4) Camerarius, R. J.: Ephemerides meteorologicae Tubingenses. Augsburg 1694.
- (5) Renou, M. E.: Histoire du thermomètre. Paris 1876.
- (6) Mariotte, E.: Essay du chaud et du froid. Paris 1679.
- (7) Pfaff, C. H.: Über die strengen Winter vorzüglich des achtzehnten Jahrhunderts und über den jetzt verflossenen strengen Winter von 1808—1809. Kiel 1809.
- (8) Hanow, M. Chr.: Seltenheiten der Natur und Oekonomie. Leipzig 1753.
- (9) Mentzer, B.: Das bey strenger Kälte entlarvte Wetterglaß. Hamburg 1709.
- (10) De La Hire, G. Ph.: Comparaison de mes observations avec celles de Scheuchzer sur la pluie et sur la constitution de l'air pendant l'année 1709 à Zurich en Suisse. Mém. de Paris A. 1710 Mém. p. 145 Ed. Oct. A. 1710 Mém. p. 192.

- (11) De La Hire, G. Ph.: Observations météorologiques faites en 1709 à Paris dans l'observatoire royal. Mém. de Paris A. 1709 Mém. p. I Ed. Oct. A. 1709 Mém. p. I.
- (12) Comte du Pont-Briand: Observations de la quantité d'eau de pluie et des vents dans son château — comparées avec celles qui ont été faites à Paris à l'observatoire royal A. 1709. Mém. de Paris A. 1710 Mém. p. 143 Ed. Oct. A. 1710 Mém. 189.
- (13) Derham, W.: The history of the great frost in the last winter 1708 and 1709, Philos. Transact. Vol. 26, 1709 p. 454.
- (14) Derham, W.: Pourquoi le froid de l'hiver 1709 a été si rigoureux à Paris, quoiqu'il ait régné pendant plusieurs jours un vent du Sud. Mém. de Paris A. 1709 Hist. p. 9 Ed. Oct. 1709 Hist. p. 11.
- (15) Homberg, W.: Pourquoi la Seine ne fut entièrement gelée à Paris pendant le grand hiver de 1709, Mém. de Paris A. 1709 Hist. p. 9 Ed. Oct. A. 1709 Hist. p. 11.
- (16) Homberg, W.: Détermination du plus grand froid que l'on ait éprouvé communément dans Paris à une exposition du Nord en 1709, en 1740 et le 10. Janv. 1742 par l'auteur de la methode d'un thermomètre universel. Acta Helvetica Vol. 3 p. 51.
- (17) Homberg, W.: Epaisseur de la glace de Copenhague en 1709, Mém. de Paris A. 1709 Hist. p. 10, Ed. Oct. A. 1709 Hist. p. 12.
- (18) Baier, J. W., et Ramazzinus Bernhard: De frigore hyemali 1709. Ephemer. Acad. Nat. Curios. Cent. 1. et 2. Append. p. 78. und gleichlautend (Gabr. Er. Krafft resp.): De frigore proximi mensis Januarii insolito. Altdorf/Nürnberg 1709.
- (19) Wolff, Chr. von (Georg Remus resp.): Consideratio physico-mathematica hiemis proxime prae-terlapsae. Halae Wittenbergiae 1709.
- (20) Sanden, H. von (Fred. Rast resp.): Disputatio physica de frigore 1709 memorabili. Regiomonti 1712, 4°.
- (21) Liebknecht, J. G. (Joh. Nic. Sybelius resp.): De tempestatum apparenter et vere extraordinarium ac speciatim frigoris, quod hieme superiori sensimus intensissimi causis. Gießen 1710.
- (22) Leutmann, J. G.: Instrumenta meteorognosiae inservientia. Wittenberg 1725.
- (23) Hollmann, S. Chr.: Nöthiger Unterricht von Barometern und Thermometern. Göttingen 1782.
- (24) Lenke, W.: Neuberechnung der Temperaturwerte von Berlin für die Jahre 1730—1750. Meteor. Rdsch. 14 (1961), S. 162—170.
- (25) Löwe, J. K. Chr. und Riem, J.: Tabelle der Kälte-extreme in den Jahren 1709 . . . Phys.-ök. Ztg. aufs Jahr 1785. Breslau 1785, S. 550. Zit. in G. Hellmann: Repertorium der Deutschen Meteorologie. Leipzig 1883, Sp. 297.
- (26) Kundmann, J. Chr.: Quomodo vehementiam frigoris unius hiemis in comparatione cum altera experiri liceat. Act. Ac. Nat. Cur. VII 1744.
- (27) Algöwer, D.: Specimen Meteorologiae Parallelae Frankfurt und Leipzig 1714.
- (28) Camerarius, R. J.: Constitutio epidemica Tubingensis 1709. Ephem. Ac. Nat. Cur. Cent. Frankfurt und Leipzig 1712.
- (29) Roemer, O.: Adversaria. Herausgeg. v. d. königl. dän. Ges. d. Wiss. in Kopenhagen durch Thyre Eibe und Kirstine Meyer. Kopenhagen 1910.
- (30) Luz, J. F.: Vollständige und auf Erfahrung gegründete Anweisung, Thermometer zu verfertigen. Nürnberg 1822.

- (31) Nicholson, R.: Anweisung zur Kenntnis, Prüfung, Anwendung und Verfertigung aller Arten Thermometer, Barometer, Hygrometer . . . Quedlinburg und Leipzig 1833.
- (32) Duyn, N.: Historische Aanmerkingen van drie meer dan gemeene Strengte Winters. Haarlem 1746.
- (33) Döderlein, I. A. gen. „Clitomachus“: Observationes meteorologicae oder Historisch-Physikalische Nachrichten von dem strengen Winter 1740 im Vergleich mit dem durch gleiche Strengte bekannten Winter 1709. Weissenburg am Nordgau 1740 bei Döderlein (nicht Frankfurt, wie Hellmann angibt).
- (34) Grischow, A.: Significatio brevissima, eaque tantum, cui satis tuto fidere licet, frigoris extremi Berolinensis inde ab initio praesentis seculi usque ad A 1740 inclusum. Misc. Berol. T. VI S. 313.
- (35) van Swinden, J. H.: Lettres sur les grands hivers. Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts. T. L, premiere et seconde Lettre. Paris 1800.
- (36) van Esveldt, St.: Harde Winters. Amsterdam 1741.
- (37) Wolff, Chr. von: Aerometriae Elementa, Leipzig 1709.
- (38) Flohn, H.: Witterung und Klima in Deutschland. Leipzig 1942.
- (39) Grunow, J.: Observations and analysis of snow crystals for proving the suitability as aerological sonde. U.S. Dep. of Army, Chief of Research & Development, European Office, Final Rep. Contr. DA—91—591—EUC—1030. Hohenpeißenberg 1960.
- (40) Dufour, L.: Esquisse d'une histoire de la météorologie en Belgique. Ciel et terre 61 (1945).
- (41) Krafft, G. W. (Chr. Erhard Naschold resp.): Dissertatio physica de Observationibus Meteorologicis Tubingensibus. Tübingen 1747.
- (42) Schröck, L.: Constitutio Epidemica Augustana Anni 1701 et sequentium, Academiae Caesareo-Leopoldinae Naturae Curiosum, Ephemerides. Centuria I et II. Frankfurt und Leipzig 1712.
- (43) Labriijn, A.: Het klimaat van Nederland gedurende de laatste twee en een halve eeuw. Meded. en Verh. No. 49, 's-Gravenhage 1945.
- (44) Vanderlinden, E.: Chronique des événements météorologiques en Belgique jusqu'en 1834. Mem. Acad. Roy. Belgique VI/1924.
- (45) Angot, A.: Premier catalogue des observations météorologiques faites en France depuis l'origine jusqu'en 1850. Ann. du Bur. Centr. Meteor. 1895 I Mem. Paris 1897.
- (46) Narbonne: Remarques sur le temps, faites à Versailles de 1709 à 1745 par Narbonne, premier Commissaire de police de cette ville. Annu. Soc. Météor. France. T. XIV 1866.
- (47) Angot, A.: Sur la graduation des thermomètres à alcool. Annu. Soc. Météor. de France. T. XXXIX 1891. S. 85—88.
- (48) Renou, E.: Etudes sur le climat de Paris. Ann. Bur. Centr. Meteor. I 1880, 1885, 1887.
- (49) Pilgram, A.: Untersuchungen über das Wahrscheinliche in der Wetterkunde durch vieljährige Beobachtungen, Wien 1788.
- (50) Weinberger, L.: Klimageschichte aus alten Chroniken. Wetter u. Leben 1 (1948) S. 363—364.
- (51) Hellmann, G.: Das älteste Berliner Wetterbuch 1700—1701 von Gottfried Kirch und seiner Frau Maria Margaretha, geb. Winckelmann. Berlin 1893.
- (52) Easton, C.: Les hivers dans l'Europe occidentale. Leyden 1928.
- (53) Roche, E.: Le climat actuel de Montpellier comparé aux observations du siècle dernier. Montpellier 1882.
- (54) Observatoire Royal de Belgique: Annuaire Météorologique 1902 S. 171—180, 1903 S. 145—154, 1904 S. 347—360, 1916 S. 152—169.
- (55) Chronik aus Frankfurt a. M. 1709: 2. Teil, Erstes Buch.
- (56) Höslin, J.: Meteorologische und Witterungsbeobachtungen auf neunzehn Jahre. Tübingen 1784.
- (57) Burckhardt, F.: Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im XVII. Jahrhundert. Basel 1867.
- (58) Burckhardt, F.: Die wichtigsten Thermometer des achtzehnten Jahrhunderts. Basel 1871.
- (59) Momber, A.: Daniel Gabriel Fahrenheit, sein Leben und Wirken. Schr. d. Naturforsch. Ges. Danzig 1890.
- (60) Lambert, J. H.: Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779.
- (61) Wolff, Chr. von: Allerhand nützliche Versuche dadurch zu genauer Erkenntniß der Natur und Kunst der Weg gebahnet wird. Teil I—III, Halle 1745 bis 1747.
- (62) Meyer, K.: Fahrenheits Thermometer — Ole Roemers Thermometer. Naturwiss. 29 (1937) S. 237.
- (63) Pott, D.: Beobachtungen des Wetters, besonders der außerordentlichen Kälte in dem Monat Januar und Hornung 1755. Hamburger Magazin XV.
- (64) Lenke, W.: Bestimmung der alten Temperaturwerte von Tübingen und Ulm mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 75 (1961).
- (65) Assmann, R.: Mikroskopische Beobachtungen der Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees. Meteor. Z. 6 (1889) S. 339—342.
- (66) Weickmann, H.: Die Eisphase in der Atmosphäre. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 6 (1949).
- (67) Hess, P.: Der Katalog der Großwetterlagen Europas: Einführung und erste Zirkulationsuntersuchungen. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 35 (1952) S. 42—48.
- (68) Wohlwill, E.: Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers. Pogg. Ann. 124 (1865) S. 163—178.
- (69) Schnelle, F.: Temperaturverhältnisse und Pflanzenentwicklung in der Zeit von 1731 bis 1740 in Mittel- und Westeuropa. Meteor. Rdsch. 12 (1959) S. 58—63.
- (70) Knoch, K.: Über die Strengte der Winter in Norddeutschland nach der Berliner Beobachtungsreihe 1766—1947. Meteor. Rdsch. 1 (1947) S. 137—140.
- (71) Manley, G.: A preliminary note on early meteorological observations in the London region 1680—1717, with estimates of the monthly mean temperatures, 1680—1706. Meteor. Mag. 90 (1961) S. 303—310.
- (72) Pauls, V.: Die Anfänge der Christian-Albrechts-Universität Kiel. Quell. u. Forsch. z. Gesch. Schleswig-Holsteins Bd. 31. Neumünster 1955.
- (73) Kesselring: Winterbüchlein für uns und unsere Enkel. Ein Andenken an den Winter 1829/30 für alle Dorfzeitungsleser und sonstige gute Freunde von Herrn Kesselring. Hildburghausen 1830.
- (74) v. H., C. G.: Denkwürdigkeiten der berühmten Winter 1740 und 1709. Leipzig 1830.
- (75) Naegler, W.: Der sehr strenge Winter 1928/29 in Leipzig. Meteor. Z. 46 (1929) S. 318—321.

- (76) Schwalbe, G.: Der Winter 1928/29 in Deutschland. l. c. (75) S. 146—149.
- (77) Exner, F. M.: Die Wetterlage im heurigen Winter (1928/29). l. c. (75) S. 149—152.
- (78) Range, P.: Die drei kalten Kriegswinter 1939/40, 1940/41, 1941/42. Die Erde Jg. 1951/52 S. 26—35.
- (79) Wirth, H.: Der Winter 1829/30 in Südwest- und Nordwestdeutschland. Z. angew. Meteor. 45 (1928) S. 59—62.
- (80) Berghaus, H.: Allg. Landes- und Völkerkunde. Stuttgart 1837, 2. Aufl. Eutin 1874.
- (81) Meyer, K.: Entwicklung des Temperaturbegriffs. Die Wissenschaft Bd. 48, Braunschweig 1913.
- (82) Kleinschmidt, E.: Handbuch der meteorologischen Instrumente. Berlin 1935.
- (83) Martine, M.: Essais sur la construction et comparaison des thermomètres. Paris 1751.
- (84) Bigourdan, M. G.: Inventaire général et sommaire des Manuscrits de la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris. Ann. de l'Obs. de Paris, Mém. T. XXI, Paris 1895.
- (85) Reyher, S.: Experimentum novum quo aquae marinae dulcedo examinata describitur. Kiel 1697.
- (86) Meyer, A.: Dissertatio mathematica de observationibus aerometricis hactenus institutis et imposterum instituendis. Kiel 1681.
- (87) Camerarius, R. J.: Ephemerides meteorologicae Tubingenses 1691—1713. Ephem. Ac. Nat. Cur. Cent. I-IV, 1712—15.
- (88) Lenke, W.: Klimadaten von 1621 bis 1650 nach Beobachtungen des Landgrafen Hermann IV. von Hessen. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 63 (1960).
- (89) Hartmann, Ch. A.: Het klimaat van Nederland, B. Luchttemperatuur. Meded. en Verh. No. 24. Utrecht 1918.
- (90) Braak, C.: Het klimaat van Nederland, B (Vervolg.) Luchttemperatuur. Meded. en Verh. No. 43. 's-Gravenhage 1940.
- (91) Bon de Saint Hilaires, Fr. X.: Observations sur le thermomètre et sur le baromètre faites à Montpellier depuis 1705 jusqu'en 1709. Histoire de la Société Roy. des Sciences, établie à Montpellier avec les Mémoires de Mathématiques et de Physique, T. prem., Lyon 1766. S. 85.
- (92) Cruquius, Nic.: Observationes accuratae, captae anno 1717—1723 Lugduni Batavorum, Delphis Bataviae et in pago Rhenoburgo circa mediam barometri altitudinem, mediam thermometri elevationem, tum et hygrometri varietatem mediam, circa copiam pluviae, roris, nivis, grandinisque simul et circa copiam aquae, quae exhalavit, et altitudinem putealis aquae in puteo, unde nihil aquae exhaustum fuit toto anni decursu, de variatione horologii portabilis singulis mensibus. Philos. Trans. No. 381 Vol. 33 Y 1724, p. 4.
- (93) Hoffmeister, J.: Die Häufigkeit der Tagesmittel der Temperatur nach Stufenwerten an einigen Orten Norddeutschlands. Tätigk.-Ber. Preuß. Meteor. Inst. 1931. S. 49—62.
- (94) Hoffmeister, J.: Über die Struktur der langjährigen Mitteltemperaturen. Z. Meteor. 12 (1958) S. 321—327.
- (95) Feußner, K.: Über Wert und Verwendbarkeit von Temperatur-Häufigkeitsverteilungen für die Urteilsbildung. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42 (1952) S. 440—446.
- (96) Gauteron, M.: Observations sur l'Evaporation qui arrive aux Liquides pendant le grand froid; avec des Remarques sur quelques effets de la Gelée. Hist. et mém. de la Soc. Roy. des Sci. de Montpellier 1766, T. I.
- (97) Bon de Saint-Hilaires, Fr. X.: Sur les grandes chaleurs de 1705 et sur le grand froid de 1709. l. c. (91) S. 42.
- (98) Harnack, A.: Geschichte der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Bd. 1—3, Berlin 1900.
- (99) Mädler, J. H.: Über den Gang der Lufttemperatur im Laufe des Jahres. Schuhmachers Jb. f. 1843.
- (100) Grischow, Aug.: Tabulae comparationis Grischovianae XVII Sclarum, seu Mensurarum Thermometrorum Praecipuorum. Misc. Berol. VI, 1740.
- (101) Lenke, W.: Die Skalenwerte des Reyherschen Thermometers. Meteor. Rdsch. 15 (1962) S. 89—92.
- (102) Moser, J. J.: Erläutertes Württemberg. Teil I, Tübingen 1729.
- (103) Regula, W.: Einige Ereignisse aus der Witterungsgeschichte Südwestfrankreichs. Meteor. Rdsch. 15 (1962) S. 33—35.
- (104) Hartmann, W.: Erdbodennahe Haloerscheinungen. Meteor. Z. 46 (1929) S. 269—270.
- (105) Reidat, R.: Arbeitsblätter zur Ermittlung des Sonnenstandes und der Besonnungsdauer. Ann. Meteor. 7 (1955/56) S. 321—337.
- (106) Strakosch-Graßmann, G.: Neue Quellen zur Geschichte der Witterung in Europa im 16. bis zum 18. Jahrhundert. Meteor. Z. 49 (1932) S. 395—398.
- (107) Maraldi, J. Ph.: Observations sur la Quantite de Pluie, sur le Thermomètre et sur le Baromètre pendant l'Année 1719. Mém. de Math. et de Phys. de l'Année MDCCXX. Paris 1720.
- (108) Hellmann, G.: Über strenge Winter. Sitz.-Ber. Kgl.-Preuß. Akad. der Wiss. Berlin 1917. S. 738.
- (109) Reyher, S.: De Aere. Kiel 1670.
- (110) Meteorological Office: Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world. London 1958.
- (111) Det Dansk Meteorologiske Institut: Danmarks Klima. Kopenhagen 1933.
- (112) Theatrum Europaeum. Frankfurt a. M. 1709.
- (113) Herbelin, L.: Notice sur les perturbations atmosphériques constatées aux XVIIe & XVIIIe siècles. Belfort 1896.
- (114) Riggenbach, A.: Collectanea zur Baseler Witterungsgeschichte. Basel 1891.
- (115) Ehrenheim, F.: Om climaternes rörlighet. Stockholm 1824.
- (116) Schnurrer, F.: Chronik der Seuchen. Tübingen 1823—24.
- (117) Bouant, E.: Les Grands Froids. Paris 1888.
- (118) Peignot, G.: Essai chronologique sur les hivers les plus rigoureux. Paris et Dijon 1821.
- (119) Bögner, L. J.: Ueber strenge Winter in den Jahren 764—65 n. Chr. bis auf die neueste Zeit. Frankfurt a. M. 1841.
- (120) Rethly, A.: Witterungsereignisse und Wetterkatastrophen in Ungarn bis 1700 (Orig. ung.). Budapest 1962.
- (121) Hellmann, G.: Meteorologische Beobachtungen vom XIV. bis XVII. Jahrhundert. Berlin 1901.

Alle Witterungsangaben für Berlin sind den nur als Kopien vorhandenen Tagebüchern der Familie Kirch entnommen.

Tab. 1
Originalwerte der Lufttemperatur

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31											
		Januar 1709																																									
Königsberg	Frühw.	72	72	80	80	78	85	90	90	90	90	85	85	83	80	77	75	77	81	84	86	84	82	83	82	80	82	77	76	77	76	64											
Danzig	8h	82	71	<90								<90	79	81	72	57	58	62	80	<90	<90	79	79	78	71	70	69	59	48	46	41												
Kopenhagen	Frühw.	4.8	5.0	5.3	5.3	4.8	0.8	0.1	0.4	1.9	2.2	2.6	2.2	2.0	2.2	2.0	2.7	3.2	3.5	3.5	3.4	3.0	3.6	3.7	4.0	3.0	3.6	4.0	5.4	7.8	8.0	8.0											
Kiel	*)	18¼ 11¼ 12 8½ 22¼ 1¼ 8¼ ½ 8½ ¾ 12¼ -2*** 19 -1*** 22¼ ¼ 24 9 23 7¼ 22 2¼ 8 0 8¼ 1 9 ½																																									
Hamburg	Frühw.	65	68	66	60	65	71	75	76	78½	80	81	85	86½	78	76	77½	79	78	80	70	76	77	73¼	70½	69	64¼	59½	62¼	60	61¼	54											
den Haag																28	19	6	5	10	28	14	34	8	5	6	18	19	33	34													
Delft	Tagesmittel	42	42	44	46	44	33	23	26	24	21	18	17	15	15	17	21	20	19	15	17	12	19	22	19	28	36	39	39	40	38	37											
Upminster	21h							65	75	58	45	52	63	54																													
Berlin	7h	15	17	15¼	13¾	14¼	9½	11	11	9¾	5¾	6	6	10¾	14¾	12¾	16	10¾	13¾	12	12	8	6¾	9¾	10	10	13¾	17	19	19¼	18	17											
Halle	*)	22 53	53	7 54 12 53 22 56	14 56	56½	8½ 70 12 72½ 22 74½	7 81½ 22 84½	7 87 24 92½	7 87 22 100	7 100 107½ abd. in d. Kugel	vormittags in der Kugel						15 100	7 96¼ 14 91 18 89¾ 21 86½	7 86 15 86 21 86½	8 90 9 87 22 90	7 94 9 91	105 Grenze zwischen Kugel und Röhre				22 85½ 7 84½ 22 72	7 43 45 14 39	7 46 49 44 47														
Jena		a 382 m 650 np 854 10. mittags bis 12. abends in der Kugel — von neuem in die Kugel — m 406 f 628																																									
Zeitz	*)	5 93	83½		81	8 75 20 87	6. 9h bis 7.22¼h in der Kugel					10.15h bis 11.21h in d. Kugel																										6 77	7 90				
Paris bei Tagesanbruch					42	42	30	22			9			5	5																	6	5¾										
Montpellier**)	8 h 14¼h 19 h	53: 4 53: 5	53: 1 53: 6	52:10 53: 2	52:10 53: 0	52: 9 53: 0	52:11 52: 0	52: 0 51:10	51: 2 51: 3	51: 3 51: 5	51: 2 51: 5	49: 5 49:10¾ 49: 5¾	50: 0 51: 4½	51: 4 51: 5	50: 5 51:11	50: 5½ 51: 4	50:5½ 51: 3	50: 9 51: 4	50:10 51: 0	50: 0 50:10	50: 8 50:11	50: 9 51: 2	50: 9½ 51: 2	51: 5 51:11½	52: 2 52: 2	52: 2 53: 4	53: 0 53: 4	52: 2 52: 4	52: 3 52: 5½	52:10 52:11	52:8 52:11												
		Februar 1709																																									
Königsberg	Frühw.	61	61	62	63	64	64	63	63	61	65	68	54	54	54	55	45	55	60	65	64	68	67	72	73	74	73	72	71														
Danzig	8h	45	47	48	57	52	59	60	56	51	55	65	38	36	36	33	43	55	62	62	63	74	67	79	81	79	75	69	67														
Kopenhagen	Frühw.	6.5	5.1	5.0	4.9	5.1	4.6	4.0	4.2	3.8	6.5	8.0	8.1	8.0	8.1	7.9	6.4	5.4	3.9	3.8	3.7	3.2	2.3	0.2	1.2	1.8	2.2	2.5	2.1														
Kiel	*)	22¼ 8¼ 22½ 3¼ 7¼ 1 23 ¾ 8 ½																																									
Delft	Tagesmittel	35	35	35	34	30	26	29	34	37	40	41	41	41	44	44	44	44	41	33	29	29	27	25	24	23	23	25	29														
Berlin	7h	16¾	16¾	16¾	16	14	12¼	14½	17¾	15¾	18¾	19	19½	20¼	22	22	21¾	17	14¾	12¾	13¾	14¾	13¾	11¾	9¾	10¾	12	13	13¾														
Halle	*)	7 54 9 55 22 48	7 49 11 58 22 45	50 51 46½	51 53 54	7 59½ 14 56 22 57	7 63 10 65 23 65	9 71		10 65	56																	8 26 22 35	22 58½	7 61 23 61	7 65 22 64½	8 71 13 69 22 68	8 78½ 23 81	7 92½ 21 87	7 94 21 81½	7 89½ 22 86	7 89½ 14 85 22 82	7 84 22 73					
Jena		fr. 847 m 160 16 45																																									
Zeitz		in der Kugel																																									
Montpellier	**) 52: 8 52:11	52: 6 52:11	52: 7 52:10	52: 3 52:10	52: 4 52:10	52: 5 52: 9	52: 2 52: 8	51:11 52: 1	51:10 52: 1	52: 3 52:11	52: 4 53: 3	52: 1 53: 4	53: 2 53:10	53: 4 53:11	53: 9 51: 8	54: 0 54:10	53: 8 54: 0														51: 1 51: 4	51: 4 52: 0	51:10 52: 2	52: 1 52: 6									
		März 1709																																									
Danzig	8h	67	63	73	71	60	60	68	78	69	65	63	66	64	62	65	80	76	69	57	41	40	36	52	40	34	31	38	52	40	38	52											
Kopenhagen	Frühw.	2.2	2.7	2.3	2.0	2.0	1.8	1.5	2.6	4.0	4.5	4.4	3.0	4.0	3.3	2.0	2.5	3.8	5.0	6.0	7.0	5.7	4.6	3.6	7.0	7.8	7.3	7.6	7.1	5.0	7.2	8.0											
Kiel	*)	8 6¼ 22¼ 9½ 7¼ 8 8 9½ 23 9¼ 8 9.0 23 9.1 7¼ 8¾ 22 19.0 8½ 18.2 9 18.3 12 20.0 12 20.0 22 19.0																																									
Delft	Tagesmittel	34	34	36	39	41	41	39	37	32	30	29	29	29	26	27	29	30	32	33	35	36	38	42	47	45	43	40	40	44	47	46											
Berlin	7h	11	13¼	13½	13	15¾	16¾	12¾	10	10½	15	13½	14	14	14¼	13¾	15	17	16¾	18¾	18¾	19¾	19¾	17¾	20½	21½	20½	18¾	18¾	18¾	20¾	20¾											
Halle	(*am Fenster gemessen)	7 79 14 74 23 68	7 70 22 59	7 70 22 65	7 72 22 54	7 58 23 48½	45		56 90*	zwischen 60 und 80						7 92* 7 86	zwischen 60 und 80						> 40	> 40	> 31	> 31	> 17																
Zeitz		in der Kugel		in der Kugel		in der Kugel					in der Kugel					17 106 20 107	in der Kugel																										
		April 1709																																									
Danzig	8h	34	38	44	40	31	34	26	29	22	23	31	21	25	18	17	5	12	5	5	25	20	11	—Hier steigt es in die Höhe nach den Sommer-Gradibus—																			
Kopenhagen	Frühw.	8.2	5.2	4.5	4.6	6.0	7.5																																				
Delft	Tagesmittel	42	40	42	45	45	45	45	48	47	46	49	52	53	54	54	57	62	58	56	55	58	63	57	55	51	50	50	50	51	56												
Berlin	7h	19¾	19¾	19¾	19¾	19½	20¼	22	21¾	21¾	22¼	22	22¾	23¾	24	24½	25	24¼	25½	23¾	21¾	22	23	25¼	21¼	24	22	23¼	22	22¼	22												

*) die erste Zahl ist die Uhrzeit (Ortszeit)

**) Die Zahlen nach dem Doppelpunkt sind Zwölftel

***) Unter 0⁰ Reyher

Tab. 3
In °C umgerechnete Temperaturen
Aus Vergleichsgründen wurden nur die Frühwerte (Delft Tagesmittel) aufgeführt

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Januar 1709																														
Königsberg	—12.4	—12.4	—14.8	—14.8	—14.2	—16.3					—16.3	—16.3	—15.7	—14.8	—13.9	—13.3	—13.9	—15.1	—16.0	—16.6	—16.0	—15.4	—15.7	—15.4	—14.8	—15.4	—13.9	—13.6	—13.9	—13.6	—10.0
Danzig	—15.4	—12.1	—18.0									—14.5	—15.1	—12.4	—7.9	—8.2	—9.4	—14.8	—17.8		—17.8	—14.5	—14.5	—14.2	—12.1	—11.8	—11.5	—8.5	—5.3	—4.7	—3.2
Kopenhagen	—7.2	—6.8	—6.0	—6.0	—7.2	—16.2	—17.8	—17.0	—13.8	—13.0	—12.2	—13.0	—13.5	—13.0	—13.5	—12.0	—10.8	—10.2	—10.2	—10.4	—11.3	—10.0	—9.8	—9.0	—11.3	—10.0	—9.0	—5.8	—0.5	0.0	0.0
Kiel											—11.4	—11.3								—11.7		—11.2	—11.4								
Hamburg	—2.4	—4.1	—2.9	0.6	—2.4	—5.9	—8.2	—8.8	—10.2	—11.1	—11.7	—14.1	—14.9	—9.9	—8.8	—9.7	—10.5	—9.9	—11.1	—5.3	—8.8	—9.4	—7.5	—5.6	—4.7	—1.9	0.9	—0.8	0.6	—0.2	4.0
Delft	5.0	5.0	6.1	7.2	6.1	0.1	—5.2	—3.6	—4.7	—6.3	—7.9	—8.4	—9.6	—9.6	—8.4	—6.3	—6.8	—7.4	—9.6	—10.1	—11.2	—7.4	—5.8	—7.4	—2.5	1.8	3.4	3.4	3.9	2.8	2.3
Upminster								—8.1	—3.3	—11.3	—17.5	—14.2	—9.0	—13.2	—16.1																
Berlin	—10.0	—6.0	—9.4	—13.4	—11.3	—21.0	—18.0	—18.0	—21.4	—29.4	—28.0	—28.0	—19.4	—10.4	—14.4	—8.0	—18.4	—12.6	—16.0	—16.0	—24.0	—27.4	—20.4	—20.0	—20.0	—12.4	—6.0	—2.0	—1.4	—4.0	—6.0
Halle	—3.9	—3.9	—4.2			—9.0	—12.5	—14.1	—14.1	—18.0	—20.2					—17.0	—13.8		—15.0	—16.2						—13.4				—0.9	—1.8
Zeitz	—15.9	—13.1			—10.5																									—11.1	—15.0
Jena					1.2																										—5.8
Paris					7.5	—1.4	—7.6			—18.0			—21.3	—21.3						—20.4	—20.6										
Montpellier	8.0	6.5	5.0	5.0	4.5	5.5	0.0	—5.0	—4.5	—5.0	—15.5	—12.0	—4.0	—9.5	—9.3	—9.3	—7.5	—7.0	—12.0	—8.0	—7.5	—7.3	—3.5	—1.0	1.0	6.0	1.0	1.0	1.5	5.0	4.0
	Februar 1709																														
Königsberg	—9.1	—9.1	—9.4	—9.7	—10.0	—10.0	—9.7	—9.7	—9.1	—10.3	—11.2	—7.0	—7.0	—7.0	—7.4	—4.4	—7.4	—8.8	—10.3	—10.0	—11.2	—10.9	—12.4	—12.7	—13.0	—12.7	—12.4	—12.1			
Danzig	—4.4	—5.0	—5.3	—7.9	—6.5	—8.6	—8.8	—7.7	—6.1	—7.3	—10.3	—2.4	—1.8	—1.8	—0.9	—3.8	—7.4	—9.4	—9.4	—9.7	—13.0	—10.9	—14.5	—15.0	—14.5	—13.3	—11.5	—10.0			
Kopenhagen	—3.4	—6.5	—6.8	—7.0	—6.5	—7.6	—9.0	—8.5	—9.5	—3.4	0.0	0.2	0.0	0.2	—0.2	—3.6	—5.8	—9.2	—9.2	—9.7	—10.8	—12.8	—17.5	—15.2	—13.9	—13.0	—12.4	—13.2			
Kiel																								—11.2	—11.4						
Delft	1.5	1.5	1.5	0.7	—1.5	—3.6	—2.0	0.7	2.3	3.9	4.4	4.4	4.4	6.1	6.1	6.1	6.1	4.4	0.1	—2.0	—2.0	—3.1	—4.1	—4.7	—5.2	—5.2	—4.1	—2.0			
Berlin	—6.6	—6.5	—6.5	—8.0	—12.0	—15.5	—11.0	—5.4	—8.5	—3.3	—2.0	—1.0	0.5	4.0	4.0	2.7	—6.0	—10.4	—14.6	—12.5	—11.5	—12.4	—17.7	—21.7	—19.0	—16.0	—14.0	—13.6			
Halle	—4.2	—2.7			—6.0	—6.9	—9.3		—7.5	—4.8							4.2			—6.3	—7.5	—9.3	—11.4	—15.7	—16.2	—15.0	—15.0	—13.2			
Jena					—12.0																										
Montpellier	4.0	3.0	3.5	1.5	2.0	2.5	1.0	—0.5	—1.0	1.5	2.0	0.5	7.0	8.0	10.5	12.0	10.0								—5.5	—4.0	—1.0	0.5			
	März 1709																														
Danzig	—10.9	—9.7	—12.7	—12.1	—8.8	—8.8	—11.2	—14.2	—11.5	—10.3	—9.7	—10.6	—10.0	—9.4	—10.3	—14.8	—13.6	—11.5	—7.9	—3.2	—2.9	—1.8	—6.5	—2.9	—1.2	—0.3	—2.4	—6.5	—2.9	—2.4	—6.5
Kopenhagen	—13.0	—12.0	—12.8	—13.5	—13.5	—14.0	—14.6	—12.2	—9.0	—7.8	—8.0	—11.2	—9.0	—10.6	—13.5	—12.4	—9.5	—6.8	—4.5	—2.2	—5.2	—7.6	—10.0	—2.2	—0.5	—1.6	—1.0	—2.0	—6.8	—1.8	0.0
Kiel									—8.8		—8.0	—7.3		—7.5	—7.6							—3.1	—2.9						—7.0		
Delft	0.7	0.7	1.8	3.4	4.4	4.4	3.4	2.3	—0.4	—1.5	—2.0	—2.0	—2.0	—3.6	—3.1	—2.0	—1.5	—0.4	0.1	1.2	1.8	2.8	5.0	7.7	6.6	5.6	3.9	3.9	6.1	7.7	7.2
Berlin	—18.0	—13.5	—13.0	—14.0	—8.5	—6.7	—14.5	—20.0	—19.0	—10.0	—13.0	—12.0	—12.0	—11.5	—13.5	—10.0	—6.0	—6.5	—2.7	—2.3	—1.9	—0.5	—4.2	1.0	3.0	1.0	—2.2	—3.2	—2.2	1.3	1.5
Halle	—11.7	—9.0	—9.0	—9.6	—5.4			—15.0*						—15.6*							* Messungen am offenen Fenster										
Zeitz														—19.8																	
	April 1709																														
Danzig	—1.2	—2.4	—4.1	—2.9	—0.3	—1.2	1.2	0.3	3.5	2.2	—0.3	3.8	2.5	4.8	4.1	8.0	6.7	8.0	8.0	1.5	3.2	6.1									
Kopenhagen	0.4	—6.2	—7.8	—7.8	—4.5	—1.2																									
Delft	5.0	3.9	5.0	6.6	6.6	6.6	6.6	8.2	7.7	7.2	8.8	10.4	11.0	11.5	11.5	13.1	15.8	13.6	12.6	12.1	13.6	16.4	13.1	12.1	9.9	9.3	9.3	9.3	9.9	12.6	
Berlin	—0.3	—0.5	—0.7	—0.7	—1.0	0.5	4.0	3.3	2.7	5.5	4.0	4.7	6.7	8.0	9.0	10.0	9.5	11.0	7.3	3.3	4.0	6.0	10.5	3.0	8.0	4.0	6.5	4.0	4.5	4.0	

Tab. 4
Allgemeine Witterungsangaben für den Winter 1708/09

OKTOBER																															
DELFT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HALLE																															
BERLIN	P.	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
NOVEMBER																															
DELFT	NW	S	S	E	E	ENE	E	SSE	S	S	C	N	W	ESE	SW	NW				WSW	SW	WSW	SW	N	N						
HALLE	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
BERLIN	P.	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
DEZEMBER																															
DELFT		S	SW	NW	E	E	ENE	NE		S	S	E	E	E	SE	S	SE	E	S	SSE	SSE	S	SW	S	S	SE	SE	E	W	SE	SE
HALLE	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
BERLIN	P.	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
JANUAR																															
HAARLEM																															
HALLE	S	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
BERLIN	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
FEBRUAR																															
HALLE																															
BERLIN	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
MÄRZ																															
HALLE																															
BERLIN	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾
APRIL																															
HALLE																															
BERLIN	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾	☾

ERLAUTERUNGEN :
n nachts
fr früh
a vormittags
p nachmittags
abd abends
gel. gelindes Wetter
TW tauwetter
abw. abwechselnd
leichter Frost
mittlerer " " " " " "
starker " " " " " "
Regen
Regenschauer
Niesel
Schnee
Schneedecke
Reif
bedeckt
halbedeckt
heiter
Sonnenschein, wolkenlos
Dunst
Nebel
nassender Nebel
starker Wind
stürmischer Wind
Gewitter
Überwiegend stehende
Windrichtungen geben den
oberen und unteren Wind
an.

Tab. 5
Monatsmittel der Lufttemperatur
a) Berlin - Potsdam
b) Delft - De Bilt

		1708/09	1829/30	1892/93	1928/29	1939/40	1941/42	1946/47	1962/63
Okt.	a)	4.8	7.6	8.6	9.3	6.2	7.8	6.9	9.2
	b)	8.7	11.1	8.7	9.8	7.6	9.7	—	10.8
Nov.	a)	3.9	0.6	2.4	6.8	5.0	1.2	3.8	3.3
	b)	7.4	4.5	6.3	7.7	7.3	4.1	—	4.2
Dez.	a)	—2.5	—8.7	0.5	—0.9	—2.1	—1.6	—2.2	—3.4
	b)	3.1	—3.6	1.3	2.3	1.0	4.7	—	—0.7
Jan.	a)	—13.2	—7.4	—8.3	—4.8	—10.0	—8.0	—5.6	—8.4
	b)	—2.9	—1.7	—2.3	—1.4	—5.5	—5.1	—	—5.2
Febr.	a)	—8.0	—3.8	1.8	—10.9	—7.2	—5.2	—8.4	—5.6
	b)	0.5	—1.7	4.0	—5.4	—1.3	—4.2	—	—3.1
März	a)	—4.8	4.5	4.5	2.7	2.0	—0.3	1.8	2.4
	b)	2.3	6.5	6.8	3.6	5.2	2.7	—	4.6

Tab. 6
Mittlere monatliche 7- oder 8-Uhr-Werte der Lufttemperatur
a) Danzig b) Berlin-Potsdam c) Kopenhagen d) Kiel

		1709	1830	1893	1929	1940	1942	1947	1963
Jan.	a)	—15.2	—6.6	—10.4	—8.5*)	—8.7	—9.3	—	—
	b)	—15.3	—7.1	—8.2	—6.5	—11.2	—9.5	—7.3	—10.0
	c)	—8.5	—	—7.0	—2.6	—4.6	—6.9	—2.6	—
	d)	—9.0	—	—6.3	—2.8	—7.3	—6.7	—4.4	—4.9
Febr.	a)	—8.2	—5.1	—2.7	—15.9*)	—11.8	—8.0	—	—
	b)	—8.5	—4.4	0.3	—14.1	—9.7	—7.0	—11.1	—8.3
	c)	—6.6	—	—3.3	—7.0	—7.4	—7.1	—7.6	—
	d)	—6.6	—	—0.7	—10.1	—7.6	—6.6	—7.9	—6.0
März	a)	—8.0	0.9	1.1	—2.1*)	—2.0	—7.2	—	—
	b)	—7.5	1.5	1.8	—0.3	0.0	—3.9	—0.5	—1.7
	c)	—7.0	—	1.5	1.1	—0.9	—4.8	—2.9	—
	d)	—6.3	—	2.2	—0.1	0.2	—3.6	—2.1	—0.1

*) Marienburg

Tab. 7
Monatsminima kalter Winter im Raum Berlin

	1708/09	1829/30	1892/83	1928/29	1939/40	1941/42	1946/47	1962/63
	Berlin	Berlin	Potsdam	Frkft/O.	Oranienburg	Dahlem	Potsdam	
Okt.	—8.0	—0.2	—2.1	—4.0	—3.4	—4.4	—3.6	—1.0
Nov.	—4.0	—7.8	—13.4	—3.8	—10.4	—8.4	—3.6	—5.7
Dez.	—14.0	—11.1	—12.4	—16.5	—19.2	—14.4	—15.5	—15.5
Jan.	—30.0	—28.0	—31.9*)	—17.4	—25.2	—23.4	—20.0	—26.0
Febr.	—26.0	—17.7	—13.2	—31.2	—25.6	—14.1	—18.5	—23.0**)
März	—22.5	—5.0	—4.7	—22.1	—10.6	—17.8	—14.2	—19.7

*) Blankenburg

**) Spandau