

Abh. Naturw. Verein Bremen	39	185—261	Bremen 1980
----------------------------	----	---------	-------------

Eineinhalb Jahrhunderte meteorologische Beobachtungen in Bremen

D. BÄTJER und H.-J. HEINEMANN, Bremen

mit 21 Abbildungen und 17 Tabellen

Inhalt

Zusammenfassung / Abstract	186
Vorwort	187
1. Von der privaten Klimastation zum modernen Wetterdienst (D. Bätjer)	188
1.1 Von den Privatstationen zur Gründung eines Observatoriums 1796–1895	188
1.2 Meteorologisches Observatorium und Wetterwarte 1895–1922	192
1.3 Bremische Landeswetterwarte 1922–1934	194
1.4 Wetterwarte des Reichswetterdienstes 1934–1945	195
1.5 Der Weg zum „Wetteramt Bremen“ im Deutschen Wetterdienst 1945–heute	196
2. Das Klima von Bremen (H.-J. Heinemann)	200
2.1 Der Begriff „Klima“	200
2.2 Klimafaktoren	200
2.2.1 Die geographischen Gegebenheiten	200
2.2.2 Die globale Zirkulation	201
2.3 Das Beobachtungsmaterial	202
2.4 Darstellung der einzelnen Klimaelemente	203
2.4.1 Strahlung und Wärme	203
2.4.1.1 Sonnenschein und Globalstrahlung	203
2.4.1.2 Temperaturen	208
	185

2.4.2	Das Wasser in der Atmosphäre	229
2.4.2.1	Luftfeuchtigkeit	229
2.4.2.2	Wolken und Sicht	232
2.4.2.3	Niederschläge	234
2.4.2.4	Gewitter	240
2.4.3	Luftdruck und Wind	240
2.4.3.1	Luftdruck	240
2.4.3.2	Wind	243
2.5	Phänologie	249
2.6	Schlußbemerkung	252

Zusammenfassung / Abstract

Der erste Teil beschreibt die historische Entwicklung der meteorologischen Aktivitäten in Bremen seit 1796. Während bis zum Ende des 19. Jahrhunderts vor allem Privatinitiative den Wissensstand über Wetter und Klima mehrte, erfolgte in den letzten 80 Jahren der rasche Aufbau des staatlichen Wetterdienstes, heute eingebunden in ein globales Wetterüberwachungssystem.

Im zweiten Teil wird eine ausführliche Darstellung des Klimas von Bremen, basierend auf dem umfangreichen Beobachtungsmaterial der letzten Jahrzehnte und unter Einbeziehung älterer Meßreihen, gegeben. Eingearbeitet sind erste Hinweise auf stadtklimatische Besonderheiten.

The first part describes the historical development of meteorological activities in Bremen since 1796. While during the 19. century mainly private initiative improved our knowledge of weather and climate, the last 80 years showed a rapid improvement of a public weather service, which is today part of the global weather survey system.

The second part entails a detailed description of the climate in Bremen, based on the measurements and observations of the decades past and with consideration to elder data. There are also first results of climatic variations due to urban modifications.

Vorwort

Das Klima und seine möglichen Veränderungen sind in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend in das öffentliche Interesse gerückt. Trotz bemerkenswerter technischer Errungenschaften ist das wirtschaftliche und soziale Wohlergehen des Menschen nach wie vor in hohem Maße vom Klima abhängig. Die in letzter Zeit in verschiedenen Gebieten der Erde aufgetretenen extremen Witterungsverhältnisse, selbst einige im eigenen Land beobachtete Besonderheiten im Wetterablauf, führten zu Spekulationen über mögliche Klimaveränderungen oder -schwankungen, die entweder natürliche oder anthropogene Ursachen haben können.

Noch ist das Wissen um diese Vorgänge unbefriedigend. Sowohl von den nationalen Wetterdiensten als auch von der Weltorganisation für Meteorologie werden jedoch große Anstrengungen unternommen, die bereits vorhandenen Erkenntnisse zu erweitern. In diesem Zusammenhang haben alle vorliegenden langjährigen Klimareihen große Bedeutung gewonnen, und man ist daran gegangen, sie zu bearbeiten, auch wenn die Beobachtungen um so spärlicher werden, je weiter sie zurückliegen.

Systematische Wetteraufzeichnungen ohne Instrumente lassen sich schon in Tagebüchern aus den ersten Jahrhunderten n. Chr. finden. Tägliche Beobachtungen der Hauptklimaelemente Luftdruck, Temperatur und Niederschlag gehen an einigen europäischen Orten bis in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts zurück. In Bremen liegen solche ab 1803 vor; ab 1829, also seit nunmehr 150 Jahren, blieb die Reihe ohne wesentliche Unterbrechung.

Die Verwendung dieser älteren Beobachtungen ist nicht unproblematisch. Unterschiede in den eingesetzten Instrumenten und häufigere Wechsel der Beobachtungsstandorte erschweren die Vergleichbarkeit mit den heutigen Messungen. Aus den älteren Reihen Klimaschwankungen oder gar einseitige Klimaveränderungen nachweisen zu wollen, stößt daher auf große Schwierigkeiten. Dennoch sind diese Aufzeichnungen von besonderem Wert, lassen sie doch erkennen, daß die Breite der möglichen Witterungsschwankungen sich früher und heute kaum unterscheidet. Extreme Winter und Sommer, Nässe und Dürre, Stürme und Sturmfluten hat es auch in den vergangenen Jahrhunderten gegeben. Solche Ereignisse, treten sie heute auf, erlauben noch nicht den Schluß globaler Klimaveränderungen.

Die Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen waren von jeher – neben dem Bremer Meteorologischen Jahrbuch – das bevorzugte Organ für die Veröffentlichung meteorologischer und klimatologischer Arbeiten. Bereits im ersten Band 1866 werden Beobachtungen aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts mitgeteilt. Spätere Jahrgänge enthalten neben den errechneten Mittelwerten der Klimaelemente zahlreiche Beiträge über die in Bremen beobachteten meteorologischen und phänologischen Erscheinungen.

Im Teil 1 der vorliegenden Arbeit soll die Geschichte der meteorologischen Beobachtungstätigkeit in Bremen dargestellt werden, welche die Entwicklung von einer Klimadaten sammelnden Privatstation zum heutigen für die Öffentlichkeit arbeitenden modernen Wetterdienst aufzeigt. Im Teil 2 wird eine Klimabeschreibung von Bremen gegeben, der eine ausführliche Bearbeitung des neueren Klimamaterials zugrunde liegt, die aber, soweit möglich, auch die älteren Beobachtungsreihen mit einbezieht. Später sollen die Ergebnisse einer jetzt laufenden Stadtklima-Untersuchung mitgeteilt werden, die die Ermittlung der räumlichen Besonderheiten innerhalb Bremens zum Ziel hat.

1. Von der privaten Klimastation zum modernen Wetterdienst

1.1 Von den Privatstationen zur Gründung eines Observatoriums 1796–1895

Die Anfänge meteorologischer Arbeit gehen in Bremen auf die Initiative von Privatgelehrten zurück. Die ältesten bekanntgewordenen Beobachtungen, von denen leider keine verwertbaren Ergebnisse mehr vorliegen, führte der Physikus DR. JAWANDT in den Jahren 1796–1803 durch. Erste zuverlässige Aufzeichnungen über Temperatur und Luftdruck machte der bekannte Bremer Arzt und Astronom DR. OLBERS zwischen 1803 und 1821. Auch diese Reihe ist nicht vollständig erhalten.

Als dann 1829 der Arzt DR. HEINEKEN die Messungen fortsetzte, bildeten sie den Anfang einer sich nunmehr über 150 Jahre erstreckenden, nicht mehr nennenswert unterbrochenen Klimareihe von Bremen. Sie enthielt schon damals Angaben über Temperatur, Luftdruck, Niederschlagsmenge, Zahl der Niederschlags-tage und Wind. Auch nach dem Tode von Dr. Heineken 1871 zunächst noch von privater Seite weitergeführt, richtete erstmals die Sanitätsbehörde im Jahre 1873 eine amtliche meteorologische Station in der Krankenanstalt ein, die sogleich an das damals schon bestehende Netz preußischer Klimastationen angeschlossen wurde. Als Beobachter in dieser Zeit werden genannt der Apotheker TOEL, später Prof. DR. BUCHENAU, Apotheker OHM, Rendant DAMKE und – nach Verlegung der Station zur Strafanstalt Oslebshausen – Lehrer ROSSMANN.

1889 übernahm DR. BERGHOLZ die Station, damals in der Schönhausenstraße, im Osten der Stadt, untergebracht. Er verwandte erstmals registrierende Apparate und wandelte damit seine Beobachtungsstelle in eine Klimastation I. Ordnung um,

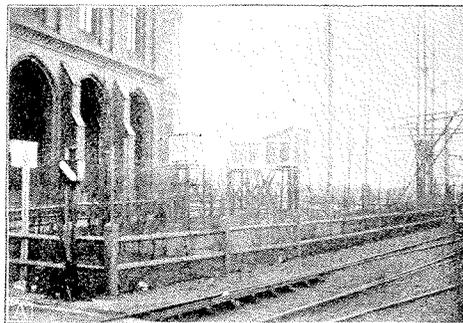
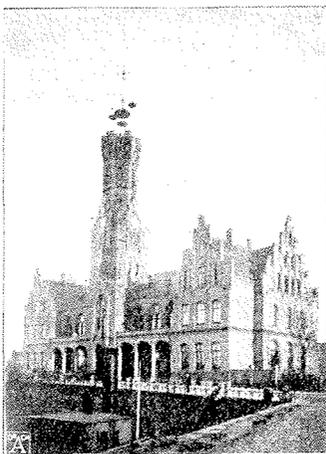


Abb. 1: Das meteorologische Observatorium im Hafenhhaus des Bremer Freihafens.

die den Grundstock für das nach Verlegung in das Hafenhäus im November 1895 entstandene „Meteorologische Observatorium“ bildete. Bemerkenswert ist die schon in dieser Anfangszeit des Observatoriums vorhandene gute Ausstattung mit meteorologischen Instrumenten, wozu u. a. die Registrierapparate zweier Regennmesser und zwei elektrisch aufzeichnende Anemographen gehörten. Prunkstück war zweifellos der große Waage-Barograph nach Sprung – Fuess (links in Abb. 3).

Zusätzlich wurden in den folgenden Jahren mehrere Regenmeßstationen in der näheren und weiteren Umgebung Bremens eingerichtet und dem Observatorium angeschlossen, so in der Schule am Doventor, im Bürgerpark, in Rablinghausen, Kattenturm, Borgfeld, Aschwarden, Sandstedt und an der Moorversuchswirtschaft Maibuscher Moor.

1890 ist das Geburtsjahr des Bremer Meteorologischen Jahrbuchs, in dem DR. BERGHOLZ alljährlich die Hauptergebnisse seiner umfangreichen Messungen veröffentlichte. Der erste Jahrgang beschreibt alle seit dem Jahre 1803 gesammelten Beobachtungen. Auch die seit 1882 zunächst von einem Lehrer, später vom Direktor des Bürgerparks durchgeführten phänologischen Beobachtungen gehören zum Inhalt des Jahrbuchs. Von besonderem Interesse sind Angaben über die Bedeckung der Weser mit Eis, die seit 1818 vorliegen, sowie ab 1900 Werte der Erdbodentemperaturen bis zu einer Tiefe von 3 m, da solche Messungen in dieser Zeit nur an wenigen Orten gemacht wurden.

Die Beobachtungen erfolgten zu drei Klimaterminen, aus denen jeweils das tägliche Mittel berechnet wurde, bei der Temperatur nach der bis heute beibehaltenen Methode $(07^h + 14^h + 2 \times 21^h)/4$. Untersuchungen hatten schon damals ergeben, daß auf diese Weise die Tagesmittel der meteorologischen Elemente in guter Annäherung ermittelt werden konnten.

Außer den instrumentellen Messungen wurde den direkten Beobachtungen aller atmosphärischen Erscheinungen besonderer Wert beigelegt. Im Jahrbuch 1892 liest man:

„Es muß hervorgehoben werden, daß im Jahre 1892 eine außergewöhnlich große Zahl von Ringsystemen um die Sonne . . . beobachtet wurde. Das am 14. Januar sich zeigende Sonnenringsystem war besonders glänzend . . . Außerdem waren noch von hervorragender Schönheit die Sonnenringe vom 4., 6. und 13. April und 9. September.“

Oder:

„Im Winter 1892/93 kam das Eis der Weser an der Großen Weserbrücke am 2. Januar morgens 8.30 Uhr zum Stehen . . . Ohne Eisaufbrechen durch Eisbrechdampfer würde die Weser an der Großen Weserbrücke 41 Tage mit stehendem Eis bedeckt gewesen sein.“

Der Jahresbericht im Meteorologischen Jahrbuch 1895 beginnt:

„Als besonders freudiges Ereignis für unsere Meteorologische Station muß hervorgehoben werden, daß die ‚Siebente allgemeine Versammlung der meteorologischen Gesellschaft‘ am 16.–19. April in Bremen, und zwar im Anschluß an die XI. Tagung des deutschen Geographentages, stattfand. Bei dieser Gelegenheit hatte der Unterzeichnete die Ehre, den Mitgliedern die Station zeigen zu dürfen; zu seiner großen Freude fand die instrumentelle Ausrüstung des jungen Instituts den Beifall der Besucher.“

DR. BERGHOLZ schreibt in seinem Bericht über die Einrichtung des Observatoriums:

„Ich kann nicht besser schließen, als daß ich den hohen Behörden für das bezeugte Wohlwollen den aufrichtigen Dank sage, und die Hoffnung ausspreche, daß das neue Observatorium durch seine Leistungen diesen Dank bethätigen werde.“

Es ist erstaunlich, in wieviel Länder der ganzen Welt das Bremer Jahrbuch schon in den ersten Jahren seines Erscheinens verschickt wurde. Für den Jahrgang 1902 sind beispielsweise 348 Abonnenten – in der Hauptsache Gelehrte und wissenschaftliche Institute – angegeben, davon 11 in Asien, 5 in Afrika, 24 in Nordamerika, 26 in Mittel- und Südamerika, 12 in Australien und je 135 in Deutschland und dem übrigen Europa.

1898 berichtete DR. BERGHOLZ vor der VIII. allgemeinen Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Frankfurt a. M. über seine Gesichtspunkte bei der Herausgabe des Bremer Meteorologischen Jahrbuches. In der Form habe er sich ganz nach den Publikationen des Potsdamer Observatoriums gerichtet. Die große Ausführlichkeit der mitgeteilten Beobachtungen sollte es jedem Forscher ermöglichen, diese nach eigenem Ermessen zu verarbeiten.

Das große Interesse, das Wetter und Klima von jeher in der Hansestadt fanden, dokumentiert sich auch in zahlreichen anderen Veröffentlichungen von Bremer Naturwissenschaftlern und Ärzten. Diese Arbeiten, von denen einige als Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins erschienen sind, enthalten zum Teil ausführliche und genaue Auswertungen und Interpretationen der Beobachtungsergebnisse. Sie bilden den Grundstock für die Beschreibung des Bremer Klimas. Manche bedeutungsvollen Zusammenhänge wurden schon frühzeitig erkannt. Als Beispiel sei eine Erklärung der Eiseiligen in der Arbeit von G. SCHNEIDER genannt, die 1887 im „Programm der Realschule in der Altstadt zu Bremen“ veröffentlicht wurde:

„Ein besonderes Interesse nehmen die Kälterückfälle des Mai für sich in Anspruch. Jedermann weiß, daß fast alle Jahre ein bedeutender Teil von Deutschland gerade dann, wenn die warme Frühlingssonne die jungen Triebe hervorgehört und die Blüten der Obstbäume geöffnet hat, von kalten Nord- und Nordostwinden heimgesucht wird. Diese Winde wirken noch besonders abkühlend durch ihre Trockenheit, indem sie heitere Nächte bringen, dadurch die Wärmeausstrahlung vermehren und auf diese Weise leicht zu Nachtfrösten führen, die mit einem Schlage alle Hoffnungen der Landleute auf eine reiche Obst- und Weinernte vernichten können. Diese Kälterückfälle treten in der ersten Hälfte des Mai häufiger ein als in der zweiten, und besonders gefürchtet sind die 4 Tage 11.–14. Mai, in Norddeutschland mehr die drei ersten, in Süddeutschland die drei letzten als solche, die häufiger Frost bringen als die vorhergehenden und nachfolgenden. Daher sind die Schutzheiligen dieser Tage, Mamertus, Pancratius, Servatius und Bonifacius, viel populärere Namen als die meisten anderen Kalenderheiligen.“

Meteorologische Station I. Ordnung zu Bremen.

Ergebnisse
der
Meteorologischen Beobachtungen
in
BREMEN
von **1803 bis 1890.**

Herausgegeben von Dr Paul Bergholz

Jahrgang I.

Mit 8 Tafeln.

BREMEN.
Max Nössler's Verlagsbuchhandlung
1891.

Abb. 2: Titelblatt des Meteorologischen Jahrbuchs der Freien Hansestadt Bremen.

1.2 Meteorologisches Observatorium und Wetterwarte 1895–1922

Bei der Gründung des Observatoriums 1895 mußte zur dauernden Wartung der Instrumente und zur Bearbeitung des in den Jahrbüchern veröffentlichten Klimamaterials erstmals ein Assistent eingestellt werden. Hier war jahrelang Kapitän BREMERS tätig, später von Kapitän FRERICHS abgelöst. Die Stelle des Leiters blieb dagegen immer noch nebenamtlich, auch als 1909 Professor DR. GROSSE, Direktor des Alten Gymnasiums, das Observatorium übernahm. Während aber bisher die Durchführung von Beobachtungen und deren wissenschaftliche Bearbeitung den Schwerpunkt der Tätigkeit des Observatoriums bildeten, kam nunmehr – zeitlich mit dem Wechsel der Leitung zusammenfallend – ein eigentlicher „Wetterdienst“ für die Öffentlichkeit hinzu.

Bereits in seinem ersten Jahresbericht betont Prof. DR. GROSSE die Nutzbar-
machung der meteorologischen Arbeit für die Praxis. Anfragen von Privatperso-
nen, Gerichten, Behörden und Rechtsanwälten über die verflossene Witterung
waren zu beantworten. Auch bemühte er sich darum, „daß die täglichen Depeschen,
welche in der Weserzeitung bereits mittags erscheinen und ein zutreffendes Bild
der Wetterlage von Europa geben, in übersichtlicherer Anordnung gebracht werden“.
Auf Anregung des Bremischen Gesundheitsrates beteiligte sich das Observatorium
1911 mit „Beiträgen zur Klimabeurteilung Bremens und zur Klimavergleichung
von Berlin, Bremen und Frankfurt a. M.“ an einer internationalen Hygiene-Aus-
stellung in Dresden.

Ab 1909 war vom Observatorium mit der Durchführung von Höhenwindmessun-
gen mit Pilotballonen begonnen worden. Damit konnten für mehrere Ballonfahrten
in Nordwestdeutschland kurz vor dem Start Beratungen über Windrichtung und
-stärke gegeben werden. Die Ergebnisse dieser bald regelmäßig erfolgenden
Pilotbeobachtungen – mit anderen Stationen telegraphisch ausgetauscht – ermög-
lichten es, einen „Luftfahrerwarndienst“ ins Leben zu rufen, dem eigentlichen Anfang
des heutigen Flugwetterdienstes.

Prof. DR. GROSSE widmete der Struktur des Windes, vor allem der Böigkeit,
seine besondere Aufmerksamkeit:

„Es erscheint mir, als ob die Fliegekunst insbesondere solche Untersuchun-
gen nahelegt. Die Stabilisierung der Flieger leidet noch an großen Mängeln,
weil die Apparate den unberechenbaren Stößen kurzer Böen ausgesetzt
sind. Es wird Aufgabe der Meteorologie sein, diese Stöße genauer zu erfor-
schen, als das bisher geschehen ist.

Auch der Windschutz von Häusern und Gebäuden wird eine große Rolle
beim Fluge des Systems ‚schwerer als die Luft‘ spielen und durch Versuche
aller Art studiert werden müssen“.

Auf Anregung Bremens wurde 1912 in ganz Deutschland ein „Gewitterwarn-
dienst“ organisiert, der sich in der Hauptsache auf die freiwillige Mitarbeit vieler
Postbeamter stützte, die ihre Beobachtungen telegraphisch weitermeldeten. All-
gemeine Wettervorhersagen gab zu dieser Zeit nur die Deutsche Seewarte in Ham-
burg heraus, für die aber Bremen telephonisch oder telegraphisch seine Wetter-
meldungen übermittelte und die hier außerdem aufgrund örtlicher Beobachtungen
für die Anfragen der Bremer Interessenten abgeändert wurden. Dafür erhielt das

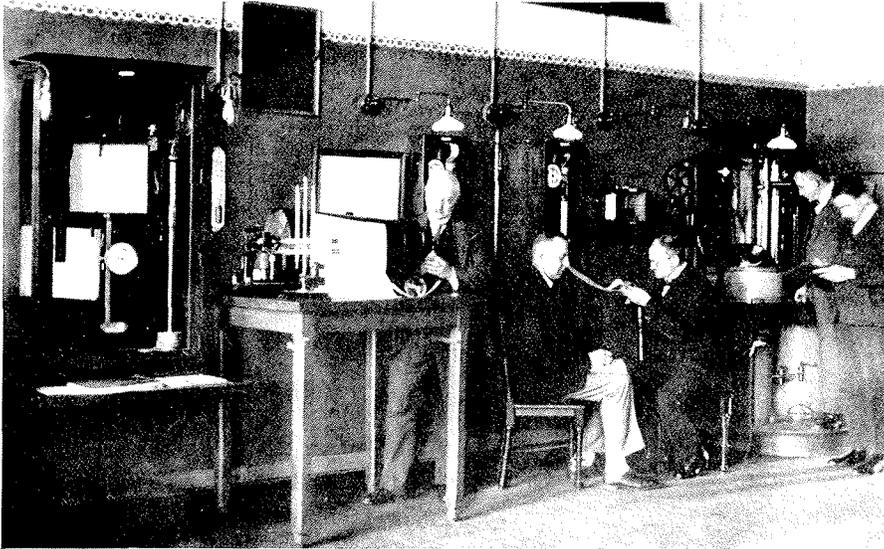


Abb. 3: Instrumentenwand der Landeswetterwarte Bremen.

Observatorium zusätzlich die Bezeichnung „Wetterwarte Bremen“. Solche Vorhersagen, per Telegramm übermittelt, hingen an vielen Postämtern aus. Als Nebenstationen Bremens waren inzwischen Bremerhaven und das Weserfeuerschiff hinzugekommen.

Besichtigungen des Observatoriums durch Schulklassen sowie Wetterkurse für Lehrer und Ballonfahrer sollten in der bremischen Öffentlichkeit die Kenntnisse über das Wetter und Klima Bremens und Deutschlands fördern. Im Jahrbuch von 1912 schreibt Prof. DR. GROSSE:

„Besonders läßt der Unterzeichnete es sich angelegen sein, den Mondaberglauben, sowie Ansichten über Klimaveränderungen in kürzeren Zeiträumen, die auch bei Gebildeten vielfach Eingang gefunden haben, durch wissenschaftlich begründete Tatsachen zu ersetzen.“

1913 heißt es:

„Am 18. Mai waren etwa 30 Herren der Bürgerschaft anwesend, denen der Unterzeichnete nach einem kurzen Vortrage über die Entwicklung des Observatoriums die Instrumente und Tätigkeitsgebiete des Observatoriums vorführte. Wir geben uns der Hoffnung hin, daß auch dieser Besuch dazu beiträgt, das Verständnis für die Aufgaben einer Wetterwarte in unserem Freistaate zu heben.“

Aus der dabei gehaltenen Rede an die Abgeordneten:

„ . . . Wenn wir sehen, wie Hamburg in großartiger Weise die Wissenschaft ihren Zwecken dienstbar macht, so sollten wir das kleine Pflänzchen, das sich hier im Hafen, also an der Stätte, wo Geld verdient wird, angesiedelt hat, nicht zertreten, sondern pflegen, damit es seinen vielseitigen, nicht ganz unwichtigen Aufgaben noch mehr als bisher gerecht werden kann.“

Mit Kriegsbeginn 1914 war die gesamte Arbeit des Observatoriums naturgemäß erschwert und eingeschränkt. Die beginnende Entwicklung der Fliegerei in den folgenden Jahren erforderte jedoch einen besonderen Ausbau der Höhenwindmessungen, wobei Bremen zur „Kriegspilotstation“ erklärt wurde. Wenn auch die schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse in den Kriegs- und Nachkriegsjahren eine Einschränkung des Umfangs des Meteorologischen Jahrbuchs notwendig machten, hat Prof. DR. GROSSE es doch erreicht, daß es in jedem Jahr erschien und somit wenigstens die wichtigsten meteorologischen Daten ohne Unterbrechung veröffentlicht wurden. Im schlechtesten Jahr 1921 reichten die Mittel nur noch für einen handgeschriebenen Steindruck.

1.3 Bremische Landeswetterwarte 1922–1934

Nachdem seit 1909 allmählich ein „praktischer Wetterdienst“ neben die bis dahin als Hauptaufgabe des Observatoriums anzusehende Sammlung und Bearbeitung klimatologischer Beobachtungen getreten war, wurde ab 1922 dieser Dienst für die Öffentlichkeit zur Hauptaufgabe. Die damals schon bestehende „Norddeutsche Wetterdienstorganisation“, dem Preußischen Landwirtschaftsministerium unterstellt, übertrug dem Observatorium ab 1. April 1922 den Wetterdienst für den gesamten Weser-Ems-Bezirk. Gleichzeitig konnte mit Unterstützung des Reichsverkehrsministeriums ein „Höhenwetterdienst“ zur Beratung der vom Bremer Flughafen startenden Flugzeugführer eingerichtet werden. Somit bestand das Institut nunmehr aus drei Abteilungen, dem „Observatorium“, der „Öffentlichen Wetterdienststelle“ und der „Flugwetterwarte“.

Diese neuen Aufgaben erforderten naturgemäß zusätzliche Aufwendungen und eine beträchtliche Personalvermehrung, Maßnahmen, denen sich Bremen als größte Stadt im nordwestdeutschen Raum auf die Dauer nicht entziehen konnte. Dennoch wurde in der ersten Zeit der nunmehr entstandenen „Bremischen Landeswetterwarte“ nur der Direktor und ein Assistent von der Stadt bezahlt; die Gehälter der übrigen Angestellten mußten aus den Einkünften der Wetterwarte selbst bestritten werden. Diese Mitarbeiter hatten daher oft eine vorsorgliche Kündigung in der Tasche. Die Einnahmen resultierten zu dieser Zeit hauptsächlich aus der Verbreitung von Wetterkarten und daraus erarbeiteten Vorhersagen.

Für die Veröffentlichung von Wetterberichten konnten in zunehmendem Maße die Tageszeitungen gewonnen werden. Zeitweise waren bis zu 50 verschiedene Zeitungen im Weser-Ems-Gebiet abonniert. Sie erhielten Vorhersagen und zum Teil Wetterkarten, wobei die „Bremer Nachrichten“ die Vervielfältigungen übernahmen. Eine eigene Druckerei stellte Wetterkarten her, deren Abnehmer sich auf ganz

Nordwestdeutschland verteilen, in manchen Jahren über 500 Abonnenten, darunter viele Schulen. Im Stadtgebiet Bremens gab es allein 14 Aushangstellen für diese Karten. Ab 1925 verbreitete zusätzlich der Bremer Rundfunksender die Wettervorhersage.

In den Anfängen der „Flugwetterwarte“ mußten aus Personalmangel die Beratungen vom Hafen aus telephonisch zum Flughafen übermittelt werden. Aber schon 1924 war die Bildung einer Zweigstelle der Landeswetterwarte am Flughafen selbst, zunächst aus der Abordnung eines Meteorologen und eines Technikers bestehend, nicht mehr zu umgehen. Beraten wurde die erste planmäßige Fluglinie der holländischen KLM Amsterdam – Bremen – Hannover – Prag und ein Zubringerdienst nach Hamburg, später die Lufthansastrecken und von Bremerhaven abgehende Columbusflüge.

In dieser Zeit des steten Auf- und Ausbaus des Flug- und Wirtschaftswetterdienstes hatte auch das eigentliche Observatorium seine Bedeutung nicht verloren. Die Beachtung, die es als wissenschaftliches Institut im In- und Ausland erfuhr, bewies die große, wertvolle Bibliothek, die zum größten Teil durch Austausch des Bremer Meteorologischen Jahrbuchs mit den Veröffentlichungen anderer Institute erworben worden war. Der Bestand der Bücherei umfaßte Ende 1933 etwa 7000 Bände.

Nach dem Ausscheiden von Prof. DR. GROSSE hatte 1926 Direktor MAY die Leitung der Bremischen Landeswetterwarte übernommen und behielt sie bis 1934.

Entsprechend der allgemeinen politischen Entwicklung brachten die Jahre nach 1933 weitreichende organisatorische und betriebliche Änderungen mit sich. Nachdem als erstes der Flugwetterdienst an das Reich übertragen wurde, bedeutete die am 6. 4. 1934 erfolgte Gründung des „Reichswetterdienstes“, dem Reichsluftfahrtministerium unterstellt, das Ende der traditionsreichen Bremischen Landeswetterwarte. Das Observatorium wurde aufgelöst und die gesamte Wetterwarte zum Flughafen verlegt. 1933 erschien der letzte Jahrgang des Bremer Meteorologischen Jahrbuchs. Für Bremen besonders schmerzlich war der Verlust der durch jahrelange Zusammenarbeit mit anderen Meteorologischen Instituten aufgebauten Bibliothek, die an das „Reichsamt für Wetterdienst“ in Berlin abgetreten werden mußte.

1.4 Wetterwarte des Reichswetterdienstes 1934–1945

Mit der Eingliederung in die straffe Organisationsform des Reichswetterdienstes wurden die technischen Einrichtungen der Wetterwarte Bremen, ab 1935 unter Leitung von DR. WIECHMANN, immer mehr erweitert und vervollständigt. Nach Umzug aus einer Baracke in das Hauptgebäude des Flughafens erfolgte die Einrichtung einer eigenen Funk- und Fernschreibstelle. Die Aufgaben im Flug- und Wirtschaftswetterdienst blieben zunächst etwa die gleichen, der Klimadienst verlor durch die Zentralisation in Berlin am meisten an Eigenständigkeit. 1934 wurde dort der 1. Band des „Deutschen Meteorologischen Jahrbuchs“ mit Beobachtungen aus dem ganzen damaligen Reichsgebiet herausgegeben.

Da mit dem Ausbruch des 2. Weltkrieges alle mit dem Wetter zusammenhängenden Angelegenheiten als geheim galten, mußte der Wirtschaftswetterdienst 1939

vollkommen eingestellt werden. Die ganze, jetzt unter außerordentlich erschwerten Bedingungen zu leistende Arbeit der Wetterwarte diente militärischen Belangen. Die verschiedenen Verbände der Luftwaffe mußten beraten werden. Das Personal wechselte häufig, da sein Einsatz vielfach bei anderen Einheiten erfolgte.

Das Ende kam in den letzten Kriegstagen, als das Flughafengebäude in Brand geschossen wurde und dabei die gesamte Wetterwarte mit ihrem Instrumentarium und dem in Bremen noch verbliebenen Rest der alten Bibliothek verbrannte.

1.5 Der Weg zum „Wetteramt Bremen“ im Deutschen Wetterdienst 1945 – heute

Wenn auch das Frühjahr 1945 mit der Auflösung des Reichswetterdienstes organisatorisch das vorläufige Ende der Bremer Wetterwarte brachte, erwies sich die meteorologische Arbeit schon bald wieder als unentbehrlich. Der erste Anstoß zum Wiederbeginn ging von der amerikanischen Besatzungsmacht aus, die zur Sicherung ihrer Militärfliegerei auf dem Bremer Flugplatz eine Wetterwarte einrichtete und dafür neben ihrem eigenen Personal auch deutsche Fachkräfte einstellte.

Auf Anforderung bremischer Wirtschaftskreise und dank der Initiative des damaligen Leiters DR. WIECHMANN konnte Ende 1946 eine eigene deutsche Wetterwarte neu entstehen. Entsprechend der Zugehörigkeit Bremens zur US-Zone wurde sie, ebenso wie die später hinzugekommene Wetterstation Bremerhaven, dem „Deutschen Wetterdienst in der US-Zone“ angeschlossen. Zunächst in einer Baracke des Kanalbauamtes in der Hemmstraße untergebracht und nur mit dem einfachsten Wetterdienstgerät ausgerüstet, wurde die Arbeit von wenigen Wetterdienstangehörigen besonders in dem kalten Winter 1946/47 unter den schwierigsten Bedingungen behelfsmäßig durchgeführt.

Einige Tagebuchaufzeichnungen mögen daran erinnern:

2. Jan. Schrank zusammengesetzt, Möbel verteilt,
Material für Antenne beschafft
6. Ofen angefahren, minus 15 Grad Celsius
7. Suche nach Ofenrohren
8. Kiste mit Wetterfunkgerät trifft ein, — 14° C
10. Funkgerät ausprobiert
11. Ofenrohr herangeschafft, Ofen angeschlossen
14. Antenne gezogen, erste Funkaufnahme

Februar 1947

. . . Es fehlt noch jegliche Beleuchtung. Glühbirnen sind zur Zeit nicht erhältlich. Selbst wenn Glühlampen vorhanden wären, wäre der Dienst in den frühen Morgenstunden wegen der oft den ganzen Tag über dauernden Stromsperrern nicht durchführbar. Das Enclave-Wirtschaftsamt will evtl. Petroleum zur Verfügung stellen. Es fehlen aber die Petroleumlampen, die ebenfalls nicht erhältlich sind . . .

. . . Die Beschaffung von Möbeln und Einrichtungsgegenständen bereitet große Schwierigkeiten. Der Senator für die Wirtschaft konnte bis jetzt kein Stück zur

Verfügung stellen, da die Läger vollkommen geräumt sind. In dieser Notlage haben die Angestellten einige Tische und Schränke aus eigenen Beständen zur Verfügung gestellt, damit mit den Arbeiten begonnen werden konnte . . .

März 1947

. . . Bei dem großen Brennstoffmangel blieb es zunächst dabei, daß der Dienst sich behelfsmäßig in einem Raum abspielte. Erst mit fortschreitender Erwärmung und als uns das Hochbauamt Möbelstücke zur Verfügung stellte, war die Möglichkeit gegeben, daß der Dienst sich zweckmäßiger abwickelte . . .

Die Klimabeobachtungen wurden von der amerikanischen Wetterwarte ab Januar 1946 und in der Hemmstraße ab 1947 wieder voll aufgenommen, so daß die Bremer Reihe kriegsbedingt nur zwischen April und Dezember 1945 unterbrochen ist. Auch die Niederschlagsstationen im Raum Bremen setzen die Messungen fort. Noch im gleichen Jahre 1947 wurde aus der Dienststelle das „Amt für Wetterdienst Bremen“, das wegen der besonderen Lage Bremens als Enklave in der Britischen Besatzungszone wichtige Verbindungsaufgaben innerhalb der „Zonenwetterdienste“, z. B. auf dem Nachrichtensektor, erhielt. Für die bremischen Behörden, Wirtschaft und Verkehr, Rundfunk und Tageszeitungen konnte die wetterdienstliche Versorgung bald wieder in fast gewohntem Umfang aufgenommen werden.

Die Rückverlegung zum Flughafen nach dessen Freigabe durch die Amerikaner und damit die Wiederaufnahme der Flugwetterberatungen zunächst für ausländische Luftverkehrsgesellschaften erfolgte im Januar 1949. Der weitere Aufbau ist, gekennzeichnet durch einen Ausbau der Nachrichtenverbindungen, die 24stündige Besetzung der Dienststelle mit Meteorologen, Wetterdiensttechnikern und Fernmeldern. Ab 1951 wurde ein Teil des Personals und der Aufgaben des für die Britische Zone zuständigen „Meteorologischen Amtes für Nordwestdeutschland“, Oldenburg, übernommen. Bremen gab wieder eine eigene Wetterkarte und einen „Monatlichen Witterungsbericht“ heraus. Mit der Eingliederung der Klimaabteilung aus Oldenburg wurde Bremen erstmalig für die Betreuung aller Klima- und Niederschlagsstationen im nordwestdeutschen Raum zuständig und verfügt von da an über das gesamte hier anfallende Beobachtungsmaterial.

Diese Entwicklung in Bremen spiegelt insgesamt den raschen Wiederaufbau und den Zusammenschluß der drei Zonenwetterdienste zum neuen „Deutschen Wetterdienst“ wider, der nach Inkrafttreten des Wetterdienstgesetzes am 11. 11. 1952 als Bundesanstalt gegründet wurde. Dem „Wetteramt Bremen“ wird als Amtsbereich das Land Bremen, die damaligen Regierungsbezirke Aurich, Osnabrück und Stade sowie der Verwaltungsbezirk Oldenburg zugeordnet. Zum Beobachtungsnetz gehören neben 8 hauptamtlichen Stationen anfangs etwa 20 Klima- und 165 Niederschlagsstationen, in denen nebenamtliche Beobachter das umfangreiche Klimamaterial zusammentragen.

Das Wetteramt Bremen unter seinen Leitern DR. WIECHMANN (1935–1954), DR. BRAND (1954–1956), DR. KOPP (1956–1966), DR. MÜLLER (1966–1973), Dipl.-Met. KAPS (1973–1976) und Dipl.-Met. BÄTJER (seit 1977) hat jetzt mehr als 25 Jahre alle wetterdienstlichen Belange im nordwestdeutschen Raum wahrgenommen. Dazu gehört

- der Wirtschaftswetterdienst mit seinen verschiedenen Formen der Vorhersagen, Beratungen und Warnungen,
- der Flugwetterdienst für den Flughafen Bremen und alle sonstigen im Bereich liegenden Flug- und Landeplätze,
- der Klimadienst mit der Betreuung des Stationsnetzes und der Prüfung und Bearbeitung aller Beobachtungsergebnisse, der Erteilung von klimatologischen Auskünften und Gutachten,
- der agrarmeteorologische Dienst mit eigenen Versuchsstationen zur Beratung der Landwirtschaft in Fragen, bei denen ein Zusammenhang zwischen Witterungsverlauf und Pflanzenwachstum bzw. landwirtschaftlichem Betriebsablauf gegeben ist.

Die instrumentelle und gerätemäßige Ausstattung aller Dienststellen des Wetterdienstes konnte und mußte in dieser Zeit der raschen technischen Entwicklung angepaßt werden. Damit gingen naturgemäß grundlegende Änderungen in den Arbeitsmethoden und im Personaleinsatz einher. Die wichtigsten Neuerungen seit Bestehen des Deutschen Wetterdienstes sind:

- Ausbau der Wetterfernsehnetze im Rahmen europäischer und weltweiter Nachrichtensysteme; Einsammlung, Verbreitung und Austausch des gesamten Datenmaterials durch Computersteuerung.
- Bildfunk zur Übermittlung der an der Analysenzentrale in Offenbach erarbeiteten Boden- und Höhenwetterkarten, nach dessen Einführung die bis dahin erfolgte Eintragung der Wetterkarten an den einzelnen Dienststellen weitgehend entfallen konnte.
- Einsatz einer Großrechenanlage am Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes, die nach Eingabe eines umfangreichen Beobachtungsmaterials unter Zugrundelegung physikalischer Modelle Vorhersagekarten errechnet und ausdrückt; Gültigkeitsdauer von anfangs 36 Stunden bis auf 96 Stunden erweitert.
- Verwendung elektrischer Anzeigeräte für Temperatur, Luftdruck und Wind; Installation von meteorologischen Großgeräten an der Landebahn zur Messung von Wolkenhöhe und Sichtweite.
- Installation eines Wetterradargerätes zur Erfassung bestimmter Wolken- und Niederschlagsgebiete in der Umgebung, insbesondere von Schauer- und Gewitterzügen, zur Verbesserung von Flugwetterberatungen und Kurzzeitvorhersagen.
- Bau eines Beobachtungshauses unmittelbar an der Landebahn zur Verbesserung der Beobachtungsmöglichkeiten, Verlegung des Klimagartens aus der dichten Bebauung in freies Gelände am Flughafenrand.
- Beginn des Einsatzes einiger automatischer Wetterstationen mit Fernübertragung der Meßwerte.
- Internationaler Einsatz von Wettersatelliten und Verwendung der von ihnen gelieferten Aufnahmen für die Wettervorhersage.

Das Phänomen Wetter kennt keine Landesgrenzen. Alle Witterungs- und Klimafragen bedürfen zu ihrer Lösung einer weltweiten internationalen Zusammenarbeit. Bereits 1873 war die „Internationale Meteorologische Organisation“ in Wien gegründet worden, auf deren Arbeit heute so selbstverständliche Dinge zurückgehen wie eine einheitliche Wolkenklassifikation, der internationale Wetterschlüssel, die Normung meteorologischer Instrumente und die Organisation des Wetterfernmelddienstes. Ihre Nachfolgerin, die „Weltorganisation für Meteorologie“ (WMO), eine Unterorganisation der Vereinten Nationen, fördert und koordiniert seit 1950 alle von den nationalen Wetterdiensten wahrgenommenen Aktivitäten. Dazu gehören Programme wie der Ausbau der Beobachtungsnetze (Welt-Wetterwacht) und die Durchführung umfangreicher atmosphärischer Forschungsvorhaben, beides Voraussetzungen für die Verbesserung der Wettervorhersage auf physikalisch-mathematischer Grundlage. Neuerdings ist ein „Welt-Klima-Programm“ entwickelt worden, mit dem die Kenntnisse über den Einfluß des Klimas auf die menschliche Gesellschaft nachhaltig verbessert werden sollen. Es hat zugleich die besonders gewichtige Aufgabe, „mögliche Änderungen des Klimas durch den Menschen, die für das Wohlergehen der Menschheit nachteilig sein könnten, vorherzusehen und zu verhindern“.

Der moderne Wetterdienst ist ohne die großen technischen Hilfsmittel wie elektronische Instrumente und Datenerfassung, Computer, Radar und Wettersatelliten und ohne die weltweiten Nachrichtennetze nicht mehr denkbar. Er bedarf aber auch heute und in Zukunft – von den einzelnen Wetterbeobachtungen bis hin zu den schwierigsten wissenschaftlichen Programmen – der unermüdlichen Mitarbeit vieler denkender Menschen in allen Ländern der Erde.

2. Das Klima von Bremen

2.1 Der Begriff „Klima“

Im Jahre 1883 postulierte JULIUS V. HANN seine inzwischen klassisch gewordene Klimadefinition, nach der „unter Klima die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen, zu verstehen ist“.

Diese Betrachtungsweise des Klimabegriffes war noch überwiegend statisch und unterlag im Laufe der Vergangenheit verschiedener Modifikationen bis zur heute gebräuchlichen dynamischen Auffassung der Klimatologie, wie sie zum Beispiel H. R. SCULTETUS 1969 formulierte: „Unter Klima versteht man die Gesamtheit aller an einem Ort möglichen und im Verlauf eines langjährigen Zeitraumes auch tatsächlich auftretenden Wettererscheinungen einschließlich ihrer typischen Aufeinanderfolge sowie der tages- und jahreszeitlichen Schwankungen.“

In dieser erweiterten Begriffsfassung wird deutlich, daß die mathematisch gebildeten und im allgemeinen fiktiven Mittelwerte nur im Zusammenhang mit Extremwerten, Schwankungsbreiten, Häufigkeitsverteilungen sowie zeitlichen Abläufen eine sinnvolle und aussagekräftige Klimabeschreibung eines Ortes oder einer Region ermöglichen.

Grundlagenmaterial für die vorliegende Arbeit sind die vom Deutschen Wetterdienst statistisch aufbereiteten meteorologischen Daten von Bremen der Perioden 1931 bis 1960 und 1951 bis 1970. Dabei ist, soweit möglich und sinnvoll, eine Zusammenfassung auf den 40 Jahre umfassenden Zeitraum 1931 bis 1970 vorgenommen worden.

Der sich außerdem anbietende Vergleich der gewonnenen Ergebnisse mit den älteren Bremer Reihen wird soweit wie möglich durchgeführt. Durch diverse Stationsverlegungen im Bremer Stadtgebiet und die sich verständlicherweise im Laufe der letzten 150 Jahre wandelnden Meßmethoden treten Inhomogenitäten im Material auf. Dadurch werden diesen Vergleichen, auch nach erfolgter Prüfung und Reduktion der einzelnen Beobachtungsabschnitte, Grenzen gesetzt.

2.2 Klimafaktoren

2.2.1 Die geographischen Gegebenheiten

Die Stadt Bremen liegt auf 53,1 Grad nördlicher Breite und 8,7 Grad östlicher Länge inmitten der norddeutschen Tiefebene und erhebt sich nur wenige Meter über den Meeresspiegel. Sie ist angesiedelt im hier etwa 20 km breiten und von Südosten nach Nordwesten verlaufenden Urstromtal der Weser. Während sich der Fluß selbst nur kleinräumig (Größenbereich unter 1 km) bemerkbar macht, wirkt die ungefähr 90 km entfernte Nordsee stark klimagestaltend. Mit ihren durch die Ausläufer des Golfstromes beeinflussten Wassermassen hat sie über das Jahr hinweg vor allem einen stark ausgleichenden Einfluß auf das Temperatugeschehen. Wie wirksam dieser Faktor ist wird am ehesten deutlich, wenn man sich vergegen-

wärtigt, daß Bremen auf der gleichen geographischen Breite wie Labrador und das mittlere Kanada liegt.

Höhere orographische Hindernisse fehlen in der Umgebung vollständig, und die etwa 150 km südlich beginnenden Mittelgebirge sind schon ohne Belang für unser Klima.

Es gibt jedoch noch eine Gruppe von Faktoren, die besonders bei Schwachwindwetterlagen wirksam werden, wenn auch wieder nur kleinräumig. Hierzu gehören die Bodenbeschaffenheit und die Bodenbedeckung (z. B. Wald, Wiesen und Ackerland oder städtische Bebauung) sowie die schon erwähnte Weser. Zur Erfassung dieser Einflüsse reicht eine Meßstation für Bremen naturgemäß nicht aus. Deshalb betreibt das Wetteramt seit Ende 1977 ein Forschungsprojekt „Stadtklima Bremen“, das mit zur Zeit 10 festen und einer mobilen Station eine Feinanalyse ermöglichen soll. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen werden hier berücksichtigt.

2.2.2 Die globale Zirkulation

Als Teil des atmosphärischen Zirkulationssystems unseres Planeten erstreckt sich in mittleren Breiten eine großräumige Westwinddrift um die Nordhalbkugel. In ihrem Einflußbereich werden überwiegend feuchte und nur mäßig temperierte atlantische Luftmassen nach Deutschland geführt, die mit eingelagerten Störungen einen sehr wechselhaften Witterungsablauf verursachen. Typisch für diesen „maritimen“ Charakter sind recht kühle, niederschlagsreiche Sommer und verhältnismäßig milde Winter.

Die Westwinddrift unterliegt mehr oder minder stark ausgeprägten Mäandrierungen. Dadurch können sich zeitweise dominierende Hochdruckgebiete über dem mitteleuropäischen oder skandinavischen Raum ausbilden, die mit östlichen Winden für kürzere oder längere Zeitabschnitte kontinentale Luftmassen zu uns führen. Bei längerer Beständigkeit dieser Zirkulationsform werden dann sogar ganze Jahreszeiten „atypisch“ gestaltet. Beispiele hierfür, die allgemein noch in Erinnerung sein dürften, sind die heißen und trockenen Sommer 1975 und 1976 sowie der schneereiche Winter 1978/79.

Der Ausnahmeharakter dieser kontinentalen Perioden wird aus einer über 20 Jahre (1949 bis 1968) durchgeführten Untersuchung deutlich. Danach waren in 76 % aller Fälle die Luftmassen maritimen und nur in 24 % der Fälle kontinentalen Ursprungs, ein Verhältnis von 3 zu 1 also. Unterschiede in den Einzeljahren und im Jahresgang werden bei der Diskussion der Wind- und Temperaturverhältnisse zu erörtern sein.

Eine weitere wesentliche Unterscheidungsmöglichkeit der Luftmassen ist ihr Ursprungsgebiet, die subtropische Region oder das Polargebiet. Im Grenzbereich dieser energetisch so unterschiedlichen Luftkörper entstehen die Tiefdruckwirbel auf dem Atlantik, die das bei uns oft lebhafte und unbeständige Wetter auslösen. Außerdem verursacht ein rascher Wechsel dieser Luftmassen die für unser Klima überraschend großen kurzfristigen Temperaturänderungen, verbunden mit besonders intensiven Wettererscheinungen wie Starkniederschlägen oder Gewittern.

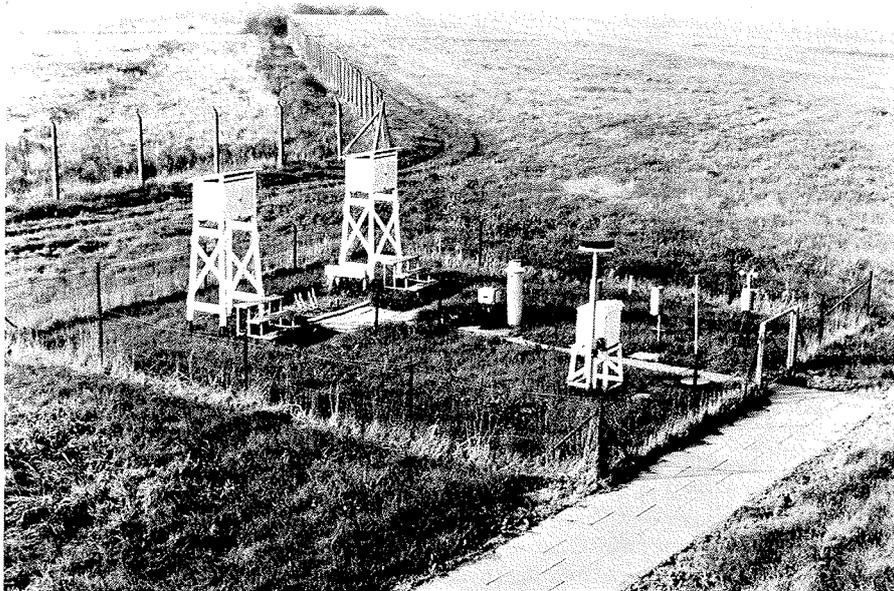


Abb. 4: Das meteorologische Meßfeld (Klimagarten) auf dem Bremer Flughafen.

2.3 Das Beobachtungsmaterial

Grundlage aller Aussagen über das Klima sind fortlaufende, regelmäßige Beobachtungen des Wettergeschehens über einen möglichst langen, ununterbrochenen Zeitraum hinweg.

Neben Messungen mit Instrumenten, z. B. von Temperaturen, Feuchte, Luftdruck, Wind etc., gehört hierzu eine ganze Reihe von „Augenbeobachtungen“. Als Beispiele seien genannt: Bewölkungsangaben, unterschieden nach Art, Bedeckungsgrad, Dichte, Höhe und Zugrichtung; Sichteinstufungen (Nebel, Dunst); der Erdbodenzustand und der weite Bereich der Hydrometeore, wie fallende und abgesetzte Niederschläge, sowie besondere Wettererscheinungen (Graupel, Hagel, Gewitter) mit näheren Angaben über Andauer und Intensität.

International sind für Klimabeobachtungen 3 Termine festgelegt worden, und zwar 7, 14 und 21 Uhr Mittlere Ortszeit (MOZ), um überall Messungen bei gleichem Sonnenstand zu gewährleisten. Dadurch ergibt sich für Bremen ein Zeitzuschlag von 25 Minuten, d. h. die Beobachtungen werden hier um 7.25, 14.25 und um 21.25 Uhr MEZ angestellt. Aus dem so gewonnenen Material sind Tages-, Monats- und Jahresmittel oder -summen zu berechnen und Häufigkeitsverteilungen zu erstellen.

Für Bremen steht zusätzlich noch ein wesentlich umfangreicheres Material zur Verfügung, da stündliche Beobachtungen und für einige meteorologische Größen fortlaufende Registrierungen vorliegen. Eine Auswertung dieser Datenflut ist in größerem Umfang erst seit Einführung der elektronischen Datenverarbeitung möglich und daher auch nur für die Periode 1951 bis 1970 erfolgt.

Das in dieser Arbeit verwendete Klimamaterial wurde seit 1931 im wesentlichen auf dem Gelände des Bremer Flughafens gewonnen. Dieser liegt im Süden des Stadtgebietes etwa 3,5 km vom Zentrum (Marktplatz) entfernt. Er befindet sich damit im Übergangsbereich zwischen kompakter städtischer Bebauung und den feuchten Niederungen mit aufgelockerten Siedlungen (Grolland, Huchting, Stuhr, Brinkum) des Umlandes.

Obwohl sich in den Jahrzehnten seit 1930 hinsichtlich der Geländebebauung und der Instrumentierung der Station vieles verändert hat, kann man nach Durchsicht des Materials davon ausgehen, daß die hier zu betrachtenden Reihen im wesentlichen homogen sind. Die aufgetretenen kleinklimatischen Veränderungen sind gegenüber den großräumig wirkenden Einflußgrößen vernachlässigbar.

Die Frage der Repräsentanz des Klimamaterials für das gesamte Bremer Stadtgebiet muß sicherlich gestellt werden. Wie schon angesprochen, treten bei einigen Größen signifikante Unterschiede, zumindest bei bestimmten Wetterlagen, auf, die gegenwärtig noch untersucht werden.

2.4 Darstellung der einzelnen Klimaelemente

2.4.1 Strahlung und Wärme

Unser gesamtes Wettergeschehen und damit auch das Klima ist nur möglich durch die von dem „atomaren Fusionskraftwerk“ Sonne fortlaufend abgestrahlte Energie in Form kurzwelliger Strahlung, die auf der Erde in langwellige Strahlung und damit in Wärme umgewandelt wird. Als Maß für diese lebensspendende Sonnenenergie gilt die Solarkonstante. Sie beträgt nach neuesten Untersuchungen im Mittel $1,36 \text{ kW} \times \text{m}^{-2}$ am Außenrand der Atmosphäre.

Nur etwa die Hälfte dieser zur Verfügung stehenden „Bruttoenergie“ gelangt tatsächlich zum Erdboden. Der Rest wird durch Absorption, Reflexion und Streuung von der Atmosphäre zurückgehalten, wobei Bewölkung, Wasserdampfanteil und Lufttrübung, z. B. durch Staubpartikel, einen wesentlichen Einfluß ausüben.

Auch der zur Erdoberfläche gelangende Strahlungsanteil unterliegt einer ganzen Reihe von Modifikationen, großräumig durch die Verteilung von Kontinenten und Ozeanen, kleinräumig durch unterschiedliche Bodenbeschaffenheit und Bedeckung sowie durch die orographischen Gegebenheiten.

Die für Bremen verfügbaren Strahlungsdaten, Sonnenschein und Globalstrahlung, werden nachstehend dargestellt und erläutert.

2.4.1.1 Sonnenschein und Globalstrahlung

Die Erfassung der Sonnenscheindauer erfolgt nach dem Brennglasprinzip, wobei täglich die auftretenden Brennsuren zeitlich ausgewertet werden. Eine quantitative Aussage über Intensitäten ist bei dieser Meßmethode naturgemäß nicht möglich.

Es stellt sich heraus, daß die Sonnenscheindauer eines bestimmten Ortes im wesentlichen von seiner geographischen Breite und den Bewölkungsverhältnissen abhängig ist.

Abb. 5 zeigt in einer Isoplethendarstellung sowohl den jährlichen als auch den täglichen Gang der Sonnenscheindauer für Bremen. Dabei spiegeln sich im Jahresgang verständlicherweise deutlich die unterschiedlichen Tageslängen, aber auch der Tagesgang der Sonnenhöhe wider. Darüber hinaus fällt auf, daß das sommerliche Maximum zweigeteilt ist. Im Juli zeigt die 15-Stunden-Isolinie eine kräftige Einschnürung und gibt einen Hinweis auf den während dieser Zeit häufig auftretenden „Sommermonsun“, d. h. auf den Herantransport von maritimen Luftmassen vom Atlantik her. Diese führen verstärkt zu sehr wechselhaften, kühlen und wolkenreichen Witterungsabschnitten, gerade im Hochsommer und zur Haupturlaubszeit ein kaum erwünschtes Phänomen.

Auch die in Tabelle 1 aufgeführten Stundensummen sind im wesentlichen mit den astronomischen Gegebenheiten gekoppelt, während bei den Tageszahlen in Tabelle 2 der Bewölkungsgang zusätzlich deutlich wird. Im Dezember ist das Sonnenscheinangebot im Mittel minimal, im Juni maximal, in den einzelnen Jahren können sich diese Extreme natürlich etwas verschieben. Der monsunale Einfluß tritt dagegen nicht so klar hervor. Wenn man sich verdeutlicht, daß die Monate Mai und Juli in etwa vergleichbare Tageslängen aufweisen, so wird auch hier wieder die Benachteiligung des Juli sichtbar.

Neben der Sonnenscheindauer wird in Bremen seit 1971 auch die Globalstrahlung registriert. Sie ist die Summe aus direkter solarer Einstrahlung und diffuser Himmelsstrahlung. Die in Tabelle 3 dargestellten Mittelwerte basieren, bedingt durch zeitweilige Ausfälle der Meßapparatur, nur auf einem Zeitraum von 6 bis 9 Jahren. Trotzdem geben die so gewonnenen mittleren Tagessummen schon ein recht repräsentatives Bild über die verfügbaren Energiemengen, gerade auch im Hinblick auf die verstärkt einsetzende Nutzung der Sonnenenergie.

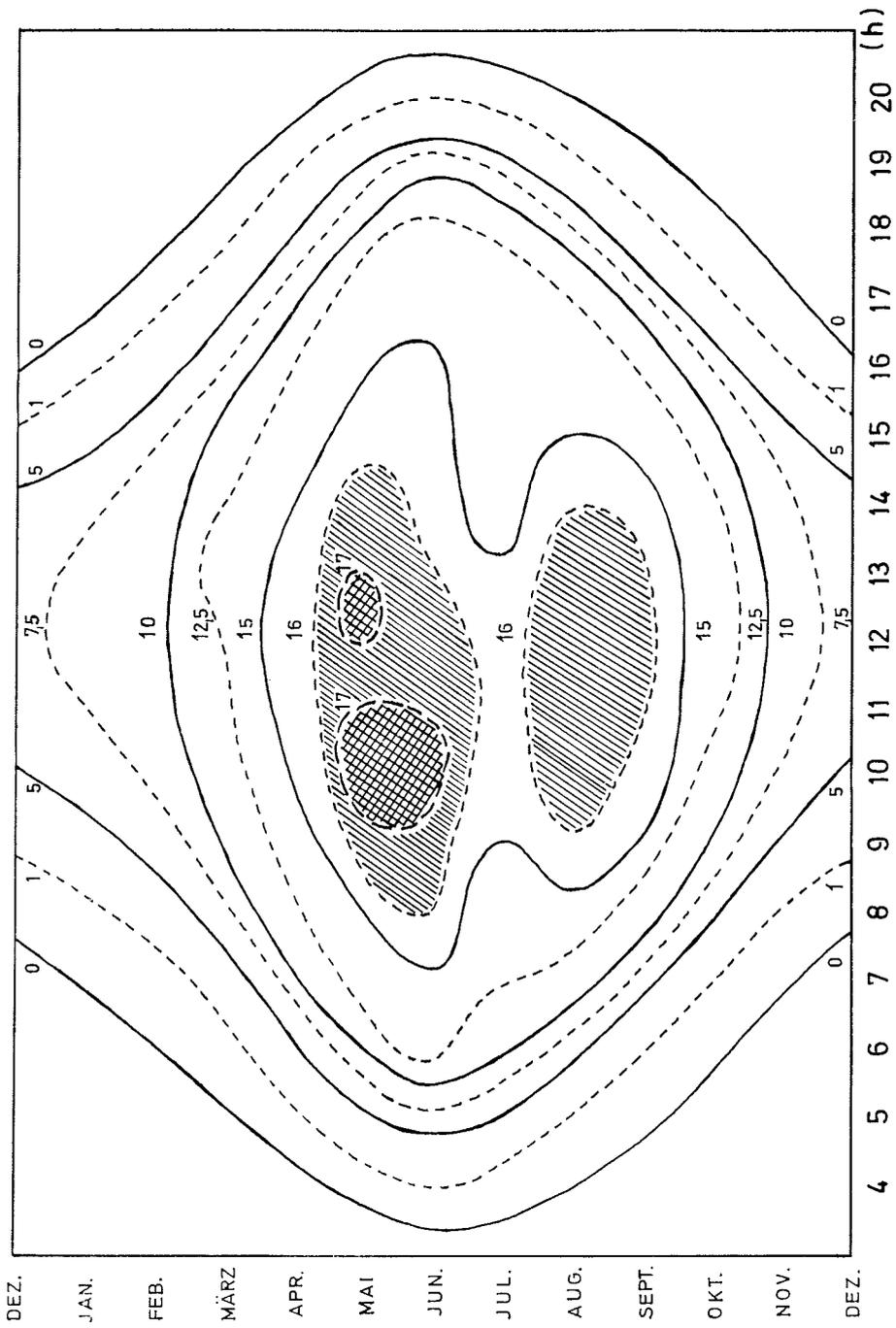


Abb. 5: Mittlerer Tages- und Jahresgang der Sonnenscheindauer in Stunden. Bremen, 1951-1970

Table 1 : Mittlere Sonnenscheindauer in Stunden (Bremen, 1951 - 1970)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
44.3	64.7	107.8	164.4	206.5	220.5	192.6	180.6	152.6	100.0	49.5	35.5	1519.0	(Std.)

Table 2 : Zahl der Tage mit Sonnenschein (Bremen, 1951 - 1970)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
≥1 Std.	11.2	14.1	20.0	24.3	27.0	26.5	26.6	26.9	24.8	19.8	12.9	10.3	244.5 (Tage)
≥5 Std.	3.8	5.3	10.1	15.6	18.9	19.4	17.9	17.4	14.6	9.6	3.7	2.0	137.9
≥10 Std.	.	0.1	1.1	5.5	7.9	10.3	7.1	5.4	3.8	0.8	.	.	42.0
ohne Sonne	15.4	10.6	7.8	3.4	2.3	1.7	1.8	2.0	2.3	7.4	12.8	16.8	84.3

Tabelle 3: Mittlere Tagessummen der Globalstrahlung in Bremen (1971—1979) in Joule pro cm²

Monat	Globalstrahlung	Anzahl der Jahre
Januar	193,0	7
Februar	428,9	7
März	768,2	7
April	1227,4	8
Mai	1608,5	9
Juni	1736,5	8
Juli	1602,6	6
August	1512,8	7
September	986,4	6
Oktober	567,5	7
November	248,0	6
Dezember	147,0	7

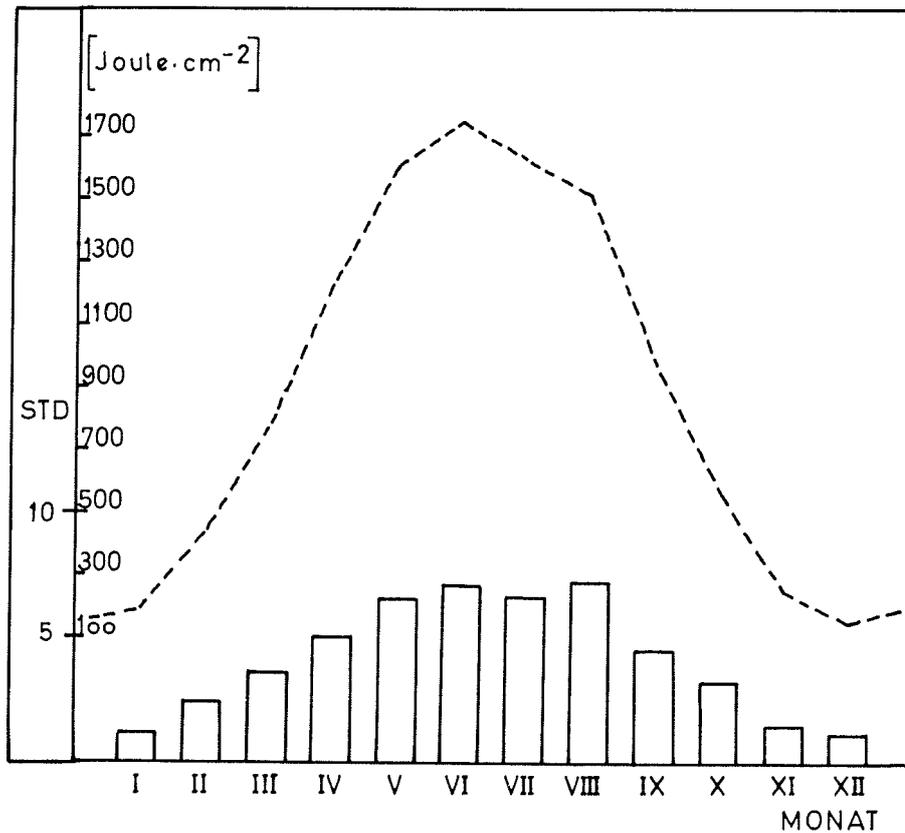


Abb. 6: Mittlere Tageswerte der Globalstrahlung und der Sonnenscheindauer in Stunden. Bremen, 1971—1979

Auch die Globalstrahlung ist abhängig von der Tageslänge und der Bewölkungsmenge. In den Wintermonaten Dezember und Januar ist die verfügbare Strahlungsenergie fast um den Faktor 10 kleiner als in der Zeit von Mai bis August. Hier tritt ganz deutlich die Problematik bei der heiztechnischen Nutzung dieser Energieform zu Tage. Gerade im Winter, in der Zeit hohen Wärmebedarfs, steht zumindest in unseren Breiten nur ein Minimum an solarer Zusatzenergie zur Verfügung.

Abschließend zeigt die Abb. 6 noch einen Vergleich der Jahrgänge der Globalstrahlung und der Sonnenscheindauer. Dabei fällt auf, daß das sommerliche Maximum bei der Globalstrahlung wesentlich ausgeprägter ist, verständlich, denn bei ihr ist der Anteil der langwelligen Himmelsstrahlung enthalten, und auch bei bewölktem Himmel wird Strahlung freigesetzt. Damit treten die astronomischen Randbedingungen (Tageslängen) signifikanter hervor.

2.4.1.2 Temperaturen

Die Lufttemperatur als Maß für die Wärme ist zwar eine abgeleitete Größe und resultiert aus der Strahlungsbilanz, sie ist jedoch wohl das wichtigste klimatologische Element, entscheidend für jegliches Leben auf unserem Planeten.

Die heute in der Meteorologie allgemein verwendete Meßgröße der Temperatur ist das Grad Celsius, wobei die Celsius-Skala definiert ist durch den Gefrierpunkt (0°C) und den Siedepunkt von Wasser (100°C) bei Normalschwerebedingungen (1013,2 mbar). Die Skaleneinteilungen nach Fahrenheit und Réaumur sind dagegen nicht mehr gebräuchlich.

Um vergleichbare Temperaturmessungen zu erhalten und um Verfälschungen durch Strahlungseinflüsse möglichst gering zu halten, erfolgen die Messungen überall in 2 m Höhe in gut belüfteten weiß gestrichenen Hütten. Als Meßinstrumente werden dabei Quecksilberthermometer und Thermographen mit Bimetall-Meßfühlern eingesetzt. Seit einer Reihe von Jahren finden, um Fernübertragungen zu ermöglichen, zusätzlich auch elektrische Widerstandsthermometer Verwendung.

Um einen ersten Überblick über die Wärmeverhältnisse in Bremen zu ermöglichen, sind in Tabelle 4 die Monatsmitteltemperaturen sowie die mittleren monatlichen Extreme für die letzten 40 Jahre zusammengestellt. Dabei deuten die in den Wintermonaten noch positiven Mittelwerte wieder auf den stark ausgleichenden Einfluß der nahen Nordsee hin. Bezeichnend ist auch die nicht sehr große mittlere Jahresamplitude von $16,7^{\circ}\text{C}$, die ebenfalls auf maritime Einflüsse hinweist. Die mittleren Tagesschwankungen sind zwischen November und Februar nur halb so hoch wie im Sommer, da durch die dann kurzen Tage und die verstärkte Bewölkung die Einstrahlung und damit auch der Tagesgang der Temperatur wesentlich gedämpft werden.

Tabelle 4: Mittelwerte der Lufttemperatur für Bremen (° C)
(Zeitraum 1931—1970)

Monat	Mitteltemperatur	mittleres Maximum	mittleres Minimum	mittlere Tageschwankung
Januar	0,6	2,8	— 2,0	4,8
Februar	1,0	3,8	— 1,9	5,7
März	3,8	7,8	0,2	7,6
April	8,3	13,0	3,6	9,4
Mai	12,7	17,6	7,4	10,2
Juni	16,2	21,0	10,6	10,4
Juli	17,3	22,1	12,5	9,6
August	17,0	22,0	12,2	9,8
September	14,1	19,0	9,7	9,3
Oktober	9,6	13,5	6,1	7,4
November	5,2	7,8	2,6	5,2
Dezember	1,8	4,0	— 0,4	4,4
Jahr	9,0			

Da seit 1951 Stundenwerte der Lufttemperatur vorliegen, wird in Abb. 7 der mittlere Tages- und Jahresgang der Temperatur in einem Thermoisoplethendiagramm für den 20jährigen Zeitraum bis 1970 dargestellt. Auch hier zeigt sich wieder ein ganz charakteristisches Bild für einen hauptsächlich maritim beeinflussten Ort mittlerer Breiten mit den schon vorher angesprochenen Auswirkungen auf das Temperaturverhalten.

In dieser Darstellung wird durch die eingezeichneten Tageslängen auch die etwa 4- bis 6wöchige Verzögerung der Temperaturextreme gegenüber dem Minimum bzw. Maximum der Einstrahlung sichtbar. Denn die solare Einstrahlung kommt nur zu einem geringen Teil der Luft direkt zugute. Im wesentlichen erwärmt sie die Erdoberfläche, und von hier aus erst wird durch Wärmeleitung die bodennahe Luftschicht erwärmt. Den gleichen Effekt der indirekten thermischen Beeinflussung bemerkt man auch im Tagesgang, denn das tägliche Maximum tritt erst etwa 1 bis 2 Stunden nach Sonnenhöchststand auf, und in klaren Winternächten wird das Minimum der Lufttemperatur etwa eine Stunde nach Sonnenaufgang beobachtet.

Mittelwerte können, wie schon erwähnt, immer nur einen ersten Überblick über das zu betrachtende Klimaelement geben. Das wird einmal mehr deutlich, wenn man aus den mittleren täglichen Temperaturdaten einen Jahresgang erstellt, wie in Abb. 8 für den Zeitraum 1951 bis 1970 geschehen. Selbst für diesen 20jährigen Zeitabschnitt ist der Temperaturverlauf sehr unregelmäßig. Einige auffällige Temperatursprünge, die auf „Singularitäten“ hindeuten und zum Teil auch durch die sogenannten „Bauernregeln“ belegt sind, lohnen jedoch eine genauere Betrachtung.

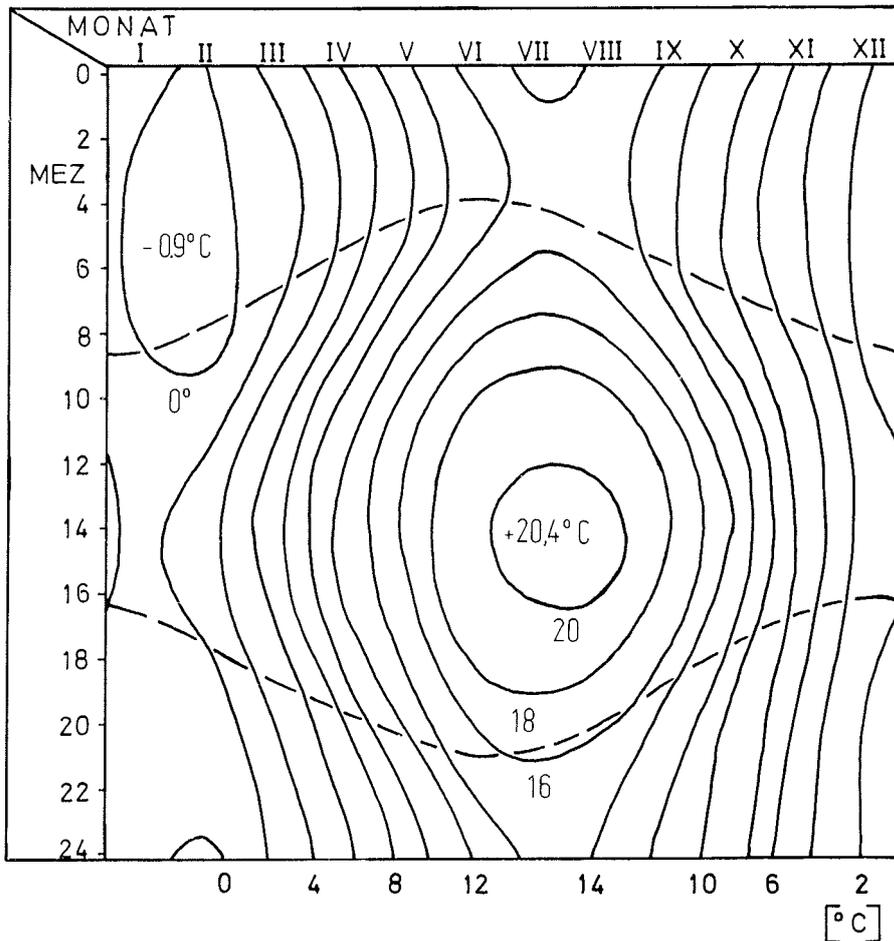


Abb. 7: Mittlerer Tages- und Jahresgang der Lufttemperatur in Grad Celsius.
 Bremen, 1951–1970
 (Gestrichelt: Sonnenauf- und -untergang nach MEZ)

tung. Da ist zum ersten der Temperatureinbruch in der zweiten Februardekade, Hinweis auf eine zu dieser Zeit häufig auftretende hochwinterliche Witterungsperiode.

Nach einer ersten vorsommerlichen Erwärmungsphase im Mai folgt dann im allgemeinen ein Kälterückfall, die sog. „Eisheiligen“. Diese, von Spätfrösten begleitete und für die Vegetation gefährliche Phase tritt relativ häufig auf. Dagegen sind die Kälterückfälle im Juni, im Volksmund „Schafskälte“ und „Siebenschläfer“ genannt, nicht so hervorstechend, also wohl nicht so häufig und nicht auf kürzere Zeiträume fixierbar.

Während sich auch die „Hundstage“ Mitte August im dargestellten Zeitraum kaum bemerkbar machen, ist der „Altweibersommer“ als letzte spätsommerliche Schönwetterphase gegen Ende September doch wieder recht gut belegt.

Bei allen diesen Singularitäten — und es gibt ja noch einige mehr, z. B. das „Weihnachtstauwetter“ — erscheint eine Bemerkung ganz wesentlich: Auf keinen Fall kann man diese Erscheinungen, wie im Hundertjährigen Kalender oder bei den Bauernregeln geschehen, auf ein bestimmtes Datum fixieren, höchstens auf eine gewisse Zeitspanne, etwa plus/minus eine Woche. Außerdem können durchaus Jahre ohne diese Effekte vergehen.

Zur Ergänzung der mittleren Extreme werden in Tabelle 5 die in Bremen registrierten absoluten Extremwerte aufgeführt. Dabei wurde ein möglichst großer Zeitraum (fast 90 Jahre) berücksichtigt, um die volle mögliche Schwankungsbreite des Temperaturfeldes zu erfassen.

Wie schon in den einleitenden Kapiteln erwähnt wurde, ist in Bremen mit Temperaturextremen immer dann zu rechnen, wenn kontinentale Luftmassen mit einer östlichen Strömung bis nach Norddeutschland vorstoßen, im Winter Kaltluft von den Eis- und Schneefeldern Sibiriens und im Sommer Heißluft, meist aus den überhitzten Gebieten Südosteuropas. Das erklärt auch die beachtlich große Spannweite von beinahe 60 Grad zwischen minus 23,6 Grad Celsius im Eiswinter 1939/40 und immerhin 36,0 Grad Celsius im August 1943.

Charakterisierender noch als diese absoluten Extreme ist eine Häufigkeitsverteilung von Tagen mit bestimmten, für das menschliche Wohlbefinden bedeutsamen Temperaturstufen (Tab. 6). Dies sind im Sommerhalbjahr Sommer- und heiße Tage und im Winterhalbjahr Eis- und Frosttage sowie Tage, an denen Bodenfrost auftritt. Es zeigt sich im großen und ganzen eine Gleichverteilung, einmal für Juni bis August, zum anderen für Dezember bis Februar. Keiner dieser Monate scheint als Hauptsommer- bzw. als Hauptwintermonat bevorzugt.

Dies bestätigt sich für den Winter, wenn man für die zugrunde liegenden 40 Jahre die kältesten Wintermonate ausählt. In jeweils 13 Jahren waren Dezember, Januar oder Februar und nur in einem Jahr der März der kälteste Monat. Wärmster Sommermonat nach den Mitteltemperaturen war jedoch in fast der Hälfte aller Jahre der Juli, die zweite Hälfte verteilte sich recht regelmäßig auf Juni und August. Der Juli ist also bezüglich der Temperaturen bevorzugt. Es darf aber nicht vergessen werden, daß durch monsunale Einflüsse hier meist Einschränkungen angebracht sind, die beim Sonnenscheinangebot und bei den Bewölkungsverhältnissen deutlich zum Ausdruck kommen.

Die Einflüsse von Temperaturverhältnissen auf den Menschen und seine Aktivitäten werden am sichtbarsten in der Landwirtschaft. Hier ist nicht nur die Frostperiode von Bedeutung, sondern auch Tagesmitteltemperaturen bestimmter Größenordnungen haben entscheidenden Einfluß auf das Pflanzenwachstum. Wichtige Schwellenwerte in unserem Bereich sind einmal plus 5° C für viele Getreidearten und plus 10° C für viele Laubbäume und Kartoffeln.

Im Zeitraum 1951 bis 1970 begann die Frostperiode im Mittel in Bremen am 27. 10. und endete am 20. 4., es verbleiben 189 frostfreie Tage. Die extremsten Eintrittszeiten bei den Spätfrösten im Frühjahr waren der 3. 4. 1952 und der 9. 5. 1957 als letzter Frosttag und bei den Frühfrösten im Herbst der 2. 10. 1957 und der 25. 11. 1953 als jeweils erster Frosttag. Tagesmittel von 5° C oder mehr können im Durchschnitt zwischen dem 29. 3. und dem 12. 11. erwartet werden,

**Tabelle 5: Extremwerte der Lufttemperatur (°C)
Bremen (1890 - 1978)**

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Maximum	13.4	18.5	23.5	30.2	34.4	34.9	34.6	36.0	33.4	25.8	19.4	16.1
Datum	1975	1900	1968	1968	1892	1947	1959	1943	1947	1977	1968	1977
Minimum	-21.8	-23.6	-15.6	-6.0	-3.5	0.5	5.1	4.3	-1.2	-5.5	-14.1	-17.4
Datum	1893	1940	1963	1911	1957	1936	1951	1939	1939	1940	1965	1936
größtes Tagesmittel	11.5	12.8	15.4	21.4	25.6	29.0	29.6	28.0	24.2	19.0	16.0	12.7
Datum	1936	1958	1896	1913	1922	1947	1923	1932	1947	1903	1968	1956
kleinstes Tagesmittel	-16.8	-17.3	-8.4	-2.6	2.5	7.9	10.4	9.6	6.5	-1.3	-10.8	-14.0
Datum	1893	1940	1942	1911	1957	1923	1961	1956	1940	1915	1890	1890

**Tabelle 6 : Mittlere Über- bzw. Unterschreitungshäufigkeiten bestimmter Temperaturen in Tagen
(Bremen, 1931 - 1970)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Sommertage (MAX ≥ 25 °C)	.	.	.	0.5	2.1	6.2	6.6	6.8	2.1	.	.	.	24.3
heiße Tage (MAX ≥ 30 °C)	.	.	.	0.1	0.2	0.9	1.3	1.2	0.1	.	.	.	3.8
Eistage (MAX < 0 °C)	8.0	5.5	0.9	.	.	.	.	.	.	.	0.6	4.6	19.6
Frosttage (MIN < 0 °C)	17.6	16.0	13.9	4.2	0.5	.	.	.	0.1	2.1	6.6	15.2	76.2
Bodenfrost (E-MIN < 0 °C)	20.2	19.1	18.2	8.6	2.8	0.2	.	.	0.5	4.9	10.8	17.6	102.9

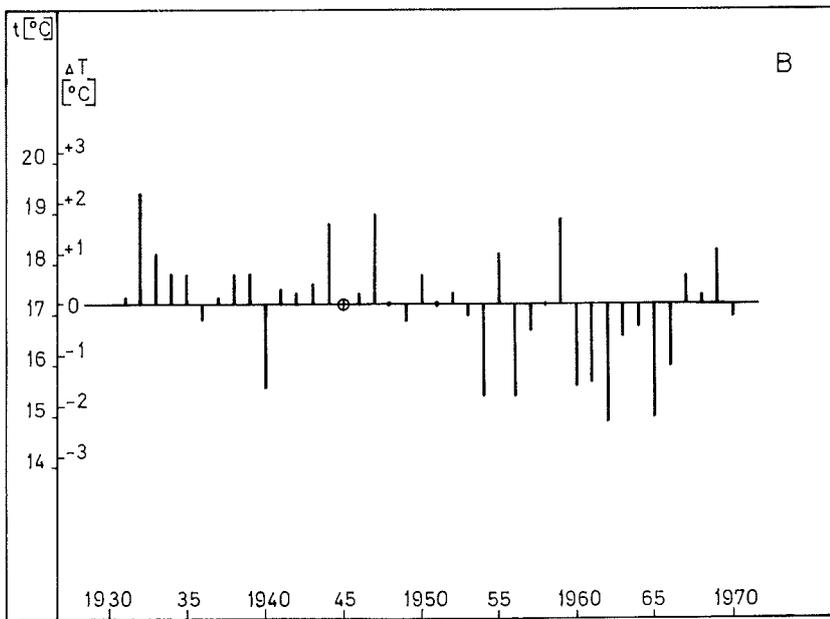
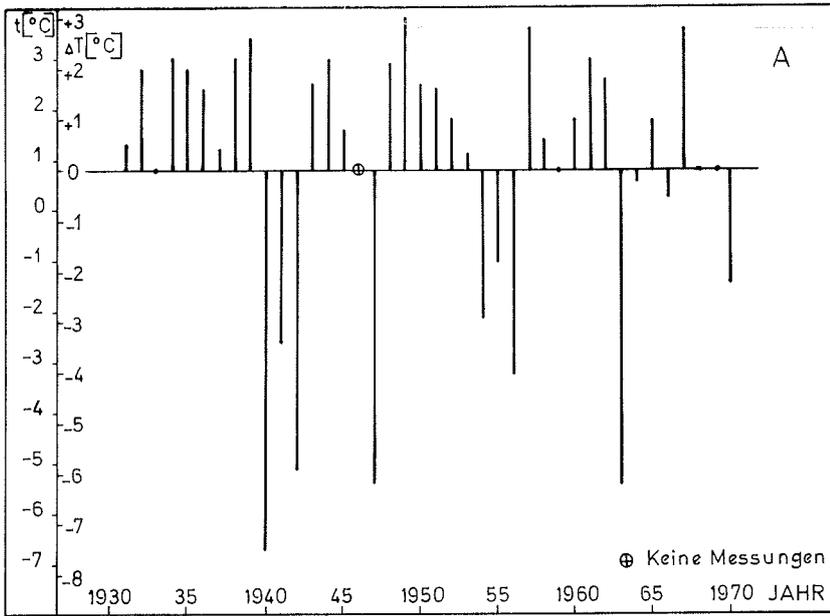


Abb. 9: Abweichungen der Einzeljahre vom langjährigen Temperaturmittel (1931–1970) für Bremen.
 A: Hochwinter (Januar und Februar)
 B: Hochsommer (Juli und August)

Werte von 10° C oder höher zwischen dem 30. 4. und dem 12. 10., also immerhin noch für etwas über 5 Monate.

Um den Einblick in die Veränderlichkeit des Wetters und seine Schwankungsbreite noch zu vertiefen, muß auch das thermische Verhalten in den Einzeljahren angesprochen werden. Zu diesem Zweck eignen sich die Hochsommermonate Juli und August und die Hochwintermonate Januar und Februar am besten. Für diese beiden Perioden werden in Abb. 9 die jährlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel im Zeitraum 1931 bis 1970 dargestellt. Die Variationsbreite und die Unterschiede fallen sofort ins Auge. Während im Hochsommer die einzelnen Jahre nur höchstens um etwa plus/minus 2 Grad vom Mittel abweichen, recht gemäßigte Verhältnisse also, bietet der Hochwinter ein ganz anderes Bild. Viele „milde“ Winter werden von einigen strengen Wintern unterbrochen. Dabei treten schon bei den Mitteltemperaturen negative Abweichungen bis zu 7,7 Grad C auf. Die Fiktivität eines Mittelwertes tritt ganz klar zu Tage und damit auch seine sehr beschränkte Aussagekraft. Außerdem werden wieder die für Bremen bestimmenden Luftmassen erkennbar: der dominierende maritime Luftkörper und die wesentlich seltener zu uns gelangenden kontinentalen Kaltluftmassen. Auch im Sommer werden in Bremen beide Luftmassen angetroffen, jedoch ist im Winter aufgrund des unterschiedlichen Wärmespeichervermögens von Land und Wasser und der größeren Temperaturdifferenz zwischen Nord und Süd eine wesentlich stärkere Wirkung im Temperaturfeld erkennbar.

Eine weitere Klassifikation für die Strenge der Einzelwinter ist durch die Kältesumme gegeben (Abb. 10). Sie entsteht durch die Addition aller negativen Tagesmitteltemperaturen eines Winterhalbjahres. Auch hier wieder ein ähnliches Bild, nur wenige Winter sind als sehr streng einzustufen, allen voran 1939/40. Überhaupt traten in den vierziger Jahren strenge Winter gehäuft auf. Dies ist jedoch kein Indiz für eine Klimaänderung, höchstens für eine kurzfristige und unperiodische Klimaschwankung. Wie man weiter erkennt, steht der sogenannte Jahrhundertwinter 1978/79, jedenfalls in bezug auf die Temperaturen, nur an sechster Stelle in den vergangenen 90 Jahren. Und noch eine vielgehörte Meinung sollte die Abb. 10 entkräften können, nämlich, daß „früher“ die Winter viel strenger waren, ein Vorurteil, das nur subjektiv zu erklären ist.

In diesem Zusammenhang muß auch die Frage der Klimaänderungen angeschnitten werden, die heute sehr wichtig geworden ist, gerade durch die sich verstärkenden anthropogenen Aktivitäten. Zu diesem Zweck wurden in Abb. 11 die seit 1830 vorliegenden Jahresmitteltemperaturen dargestellt und in einer zweiten Kurve nach Pentaden geglättet. Trotz der in dieser Darstellung sicher enthaltenen Inhomogenitäten durch unterschiedliche Meßgeräte und Beobachtungsorte im Bremer Stadtgebiet ist für die immerhin 150jährige Reihe kein Trend in Richtung Temperaturerhöhung oder -erniedrigung abzulesen; lediglich kurzfristige, etwa 5- bis 10jährige unregelmäßige Schwankungen werden durch die Pentadenglättung erkennbar. Der uns so lang erscheinende Zeitraum ist eben für solche Untersuchungen im Verhältnis zu den Andauerzeiten geologischer Erdperioden noch viel zu kurz.

Wir sollten uns jedoch vor dem sich anbietenden Umkehrschluß hüten, daß also auch in den nächsten Jahrzehnten keine signifikanten Änderungen eintreten könnten. Hierzu sind inzwischen die anthropogenen Einflüsse zu bedeutend und auch zu unkontrollierbar geworden, um eine solche Aussage zuzulassen.

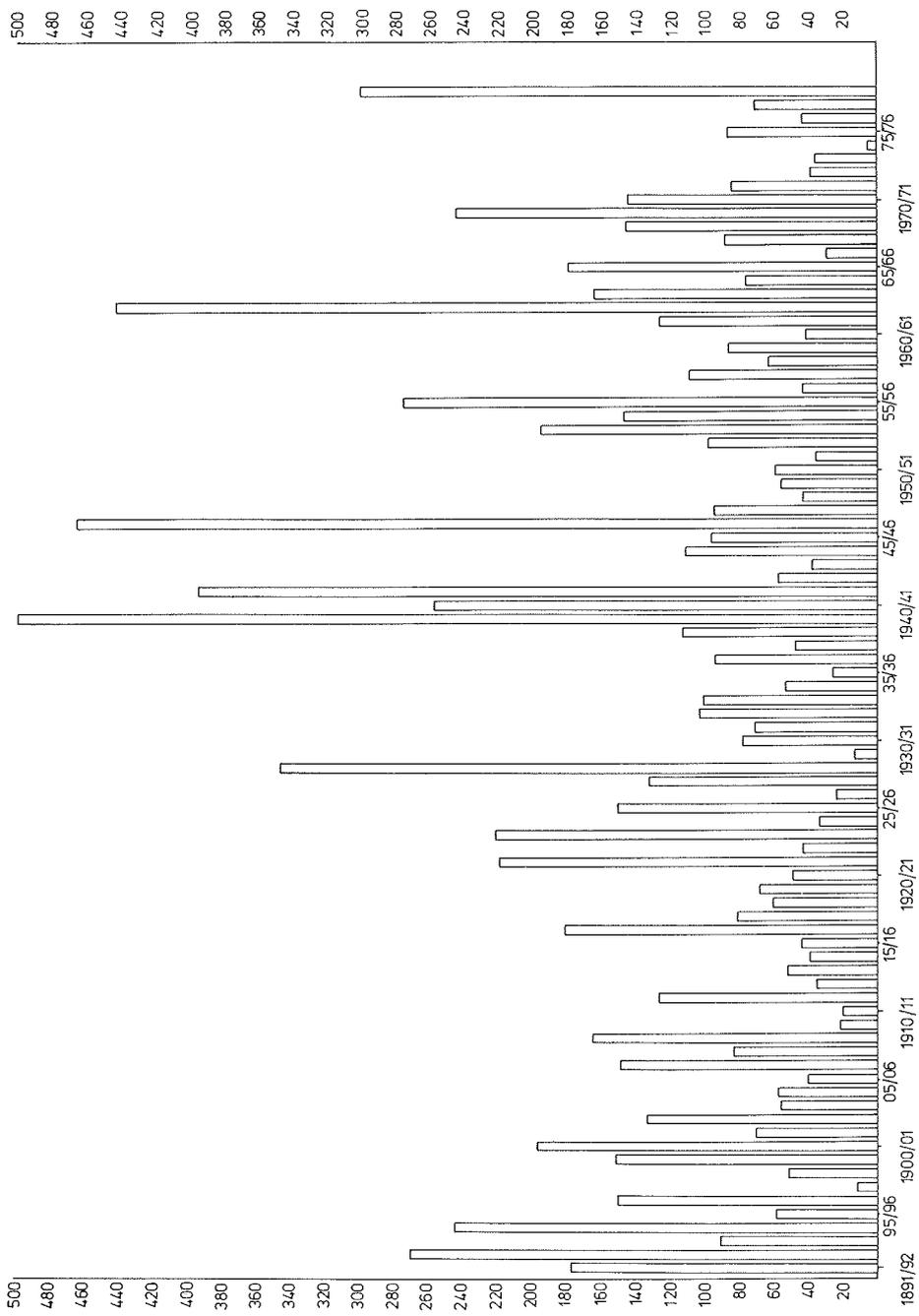


Abb. 10: Kältesummen für Bremen. 1891/92—1978/79

Zum Abschluß dieses Kapitels soll noch auf die thermischen Unterschiede zwischen dem Bremer Stadtgebiet und dem Umland eingegangen werden. Zu diesem Zweck werden in den Tab. 7 und 8 die Differenzen der Mitteltemperaturen zwischen der Station am Bremer Flughafen und einigen anderen Stationen, sowohl im Stadtgebiet als auch im Umland, aufgeführt. Es zeigt sich, daß die Stadt im Mittel ungefähr 1 Grad wärmer ist als das Umland, wobei die Unterschiede im Sommer aufgrund der längeren Einstrahlung und des unterschiedlichen Rückstrahlungs- und Absorptionsverhaltens von Land und Stadt etwas deutlicher ausfallen.

Neuere Untersuchungen, die noch andauern, bestätigen die auftretenden Temperaturunterschiede. Bei den Monatsmitteln kann sogar zwischen Innenstadt und Stadtrand schon 1 Grad Differenz auftreten, bei Einzelmessungen sind bei unbehinderten Strahlungsverhältnissen auch Differenzen bis zu 5 Grad gemessen worden. Hieraus ergeben sich, zusammen mit entsprechenden Feuchtedifferenzen, ganz wesentliche klimatische Belastungsgrößen für die Menschen der Stadt, die verstärkt bei Stadtplanung und -entwicklung Berücksichtigung finden sollten.

2.4.2 Das Wasser in der Atmosphäre

Neben der Wärme ist das Wasser von grundlegender Bedeutung für das Klima. Obwohl der Wasserdampfanteil in der Atmosphäre nur 2 bis 5 Prozent ausmacht, ist diese „Luftfeuchtigkeit“ mitentscheidend für das menschliche Wohlbefinden. Er sorgt unter anderem durch Absorption langwelliger terrestrischer Strahlung, den sog. Glashauseffekt, für annehmbare Temperaturverhältnisse und führt über Kondensation zu Wolkenbildung und Niederschlägen, also zu ganz markanten Wettererscheinungen. Dabei durchläuft das Wasser einen immerwährenden Kreisprozeß von Verdunstung über Kondensation zu Niederschlägen.

2.4.2.1 Luftfeuchtigkeit

Die Möglichkeit der Atmosphäre, Wasser im gasförmigen Aggregatzustand zu speichern, ist temperaturabhängig. Einige Zahlen sollen diese Tatsache verdeutlichen:

Temperatur	— 10° C	max. Wassergehalt	2,4 g/m ³
Temperatur	0° C	max. Wassergehalt	4,8 g/m ³
Temperatur	10° C	max. Wassergehalt	9,4 g/m ³
Temperatur	20° C	max. Wassergehalt	17,3 g/m ³
Temperatur	30° C	max. Wassergehalt	30,4 g/m ³ Luft

Die Wasserkapazität steigt also wesentlich rascher als die Temperatur. Das bedeutet absolut gesehen, daß Kaltluft in polaren Breiten immer „trockener“ ist als tropische Warmluft.

In der Öffentlichkeit bekannter und verständlicher als Feuchtemaß ist die Relative Luftfeuchtigkeit, das Verhältnis zwischen tatsächlichem und maximal möglichem Wasserdampfanteil in Prozent. Sie wird meist mit Haarhygrometern bestimmt, denn die Längenänderung des entfetteten menschlichen Haares ist proportional zur Feuchte und läßt sich auf einer geeichten Skala gut darstellen. Es gibt noch eine Reihe weiterer Meßverfahren, die aber hier nicht näher erläutert werden sollen.

Tabelle 9: Relative Luftfeuchtigkeit für Bremen in ‰ (1951–1970).
Monats- und Jahresmittel für den Tag sowie 07, 14 und 21 Uhr MOZ.

	Tag	07 ^h	14 ^h	21 ^h
Januar	86	89	83	88
Februar	84	89	77	86
März	79	88	67	82
April	74	85	58	78
Mai	71	80	57	78
Juni	71	78	57	76
Juli	75	83	62	81
August	77	87	62	83
September	80	90	64	86
Oktober	84	92	73	88
November	87	91	81	89
Dezember	88	91	85	89
Jahr	80	87	69	84

In der Tabelle 9 werden für Bremen Monatsmittelwerte der relativen Feuchte für den Zeitraum 1951 bis 1970 zusammengestellt. Auf einen längeren Zeitabschnitt wurde bewußt verzichtet, da im Vergleich mit älteren Reihen keine signifikanten Unterschiede erkennbar waren. In Bremen erreicht die relative Feuchte im Jahresgang ein Maximum in den Monaten November bis Januar mit 86 bis 88 Prozent und ein Minimum im Mai und Juni mit 71 Prozent. Wesentlich ausgeprägter ist der Tagesgang, der stark vom Temperaturverlauf abhängig ist. In den frühen Morgenstunden gegen Sonnenaufgang erreicht die Feuchte i. a. den höchsten Wert, am Nachmittag den niedrigsten. Dabei sind die Amplituden, ähnlich wie bei der Temperatur, im Sommer wesentlich größer als im Winter. Der obere absolute Extremwert liegt bei 100 Prozent, schon von der Definition her, und wird häufig erreicht. Das absolute Minimum für Bremen wird bei Einbrüchen polarer Kaltluft von Nordosten im Frühjahr und Vorsommer beobachtet, bei schon kräftiger Sonneneinstrahlung also. Dabei können 25 Prozent unterschritten werden. Der in den letzten Jahrzehnten in Bremen registrierte niedrigste Wert betrug 18 Prozent, und zwar im April der Jahre 1951 und 1953.

Beim Zusammentreffen von hohen Luftfeuchtigkeiten und hohen Temperaturen kommt es zu Schwülebildung. Diese Schwüle ist abhängig von dem subjektiven Empfinden des einzelnen Menschen und wird zum Teil als sehr belastend empfunden; hierbei spielt auch die Luftbewegung eine maßgebliche Rolle. Eine der in der Klimatologie verwendeten Definitionen der Schwüle geht von Temperaturen größer/gleich 18 Grad Celsius aus, gemessen mit einem gut befeuchteten und ventilierten Thermometer. Bei dieser Messung kommt es zu Verdunstung und damit zu Abkühlung. Die entstehende Differenz zur tatsächlichen Lufttemperatur gibt Aufschluß über die Feuchtesättigung. Von dieser Definition ausgehend steht schon fest, daß Schwüle nur im Sommerhalbjahr auftritt. In der folgenden Aufstellung

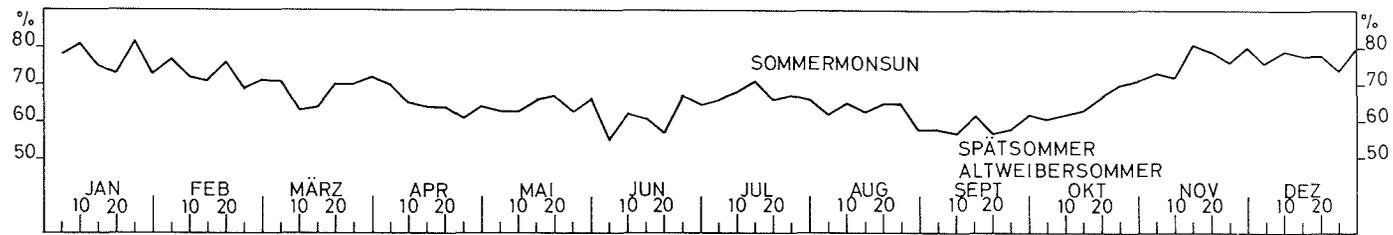


Abb. 12: Mittlerer Jahresgang der Bewölkung. Bremen, 1951–1970

ist für 14 Uhr MOZ die mittlere Verteilung der in Bremen registrierten schwülen Tage angegeben.

Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
0,6	3,4	6,8	5,3	2,0	0,1 (Tage)

Es wird ersichtlich, daß im Juli und August an 5 bis 7 Tagen zeitweise mit Schwüle gerechnet werden kann. Trotzdem ist die norddeutsche Tiefebene aufgrund der Windverhältnisse diesbezüglich gegenüber Mittel- und Süddeutschland wesentlich begünstigt.

Aber nicht nur hohe, sondern auch niedrige Feuchten wirken belastend auf den menschlichen Organismus. Dieses Problem taucht gerade im städtischen Ballungsraum auf, wo neben den schon angesprochenen erhöhten Temperaturen auch die stark bebauten Flächen durch fast fehlende Verdunstung die relative Feuchte absenken. Erste Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, daß im Sommer schon im Mittel Differenzen von über 10 Prozent zwischen Bremen und seinem Umland auftreten können. Sie belegen aber auch, wie wichtig Grünzonen, z. B. Bürgerpark und Wallanlagen, als Regulativ für das Feuchtefeld der Stadt sind.

2.4.2.2 Wolken und Sicht

Wolkenbildung setzt Kondensation und damit eine wasserdampfgesättigte Luftschicht voraus. Diese Sättigung kann auf unterschiedliche Weise eintreten, geht jedoch immer mit einer Abkühlung einher. In klaren Nächten tritt Ausstrahlung und damit ein Energieverlust auf. Bei Sättigung bildet sich Tau oder Reif, bei geringer Luftbewegung und behindertem Austausch sogar Nebel oder Hochnebel. Eine solche Abkühlung erfolgt auch, wenn relativ warme Luft über eine kalte Oberfläche, z. B. kaltes Wasser oder Schnee, advehiert wird.

Wolkenbildung entsteht jedoch vor allem durch Hebungsvorgänge in der Atmosphäre. Diese ergeben sich hauptsächlich in Frontbereichen, d. h. an Luftmassengrenzen, aber auch durch konvektive Umlagerungen oder durch erzwungene Hebung an Gebirgszügen. Wolkenauflösung setzt dagegen Absinken voraus, wie es großräumig in Hochdruckgebieten stattfindet.

Da Bremen im Bereich der globalen Westdrift, verbunden mit häufigen Frontdurchgängen, liegt, nimmt es nicht Wunder, daß der Bedeckungsgrad über das Jahr hinweg recht hoch ist (Abb. 12). Im Mittel sind 68 Prozent des Himmelsgewölbes verdeckt. Im Jahresgang fallen schon eher Besonderheiten ins Auge, vor allem die verhältnismäßig wolkenarmen Perioden im Juni und September, ein Hinweis auf zu diesen Jahreszeiten gehäuft auftretende Hochdrucklagen. Im Juli macht sich dagegen auch in der Bewölkung der schon angesprochene Sommermonsun bemerkbar.

Die Verteilung der heiteren und trüben Tage mit einem Bewölkungsmittel unter 25 bzw. über 75 Prozent (Abb. 13) bestätigt dies. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die Mittelbildung hierbei nur über die drei Beobachtungstermine 07, 14 und 21 Uhr MOZ erfolgt ist und somit weniger Aussagekraft besitzt.

Die Sichtweiten sind abhängig von der optischen Durchlässigkeit der Atmosphäre. Beeinträchtigungen treten durch Wasserpartikel und Kondensationskerne, z. B.

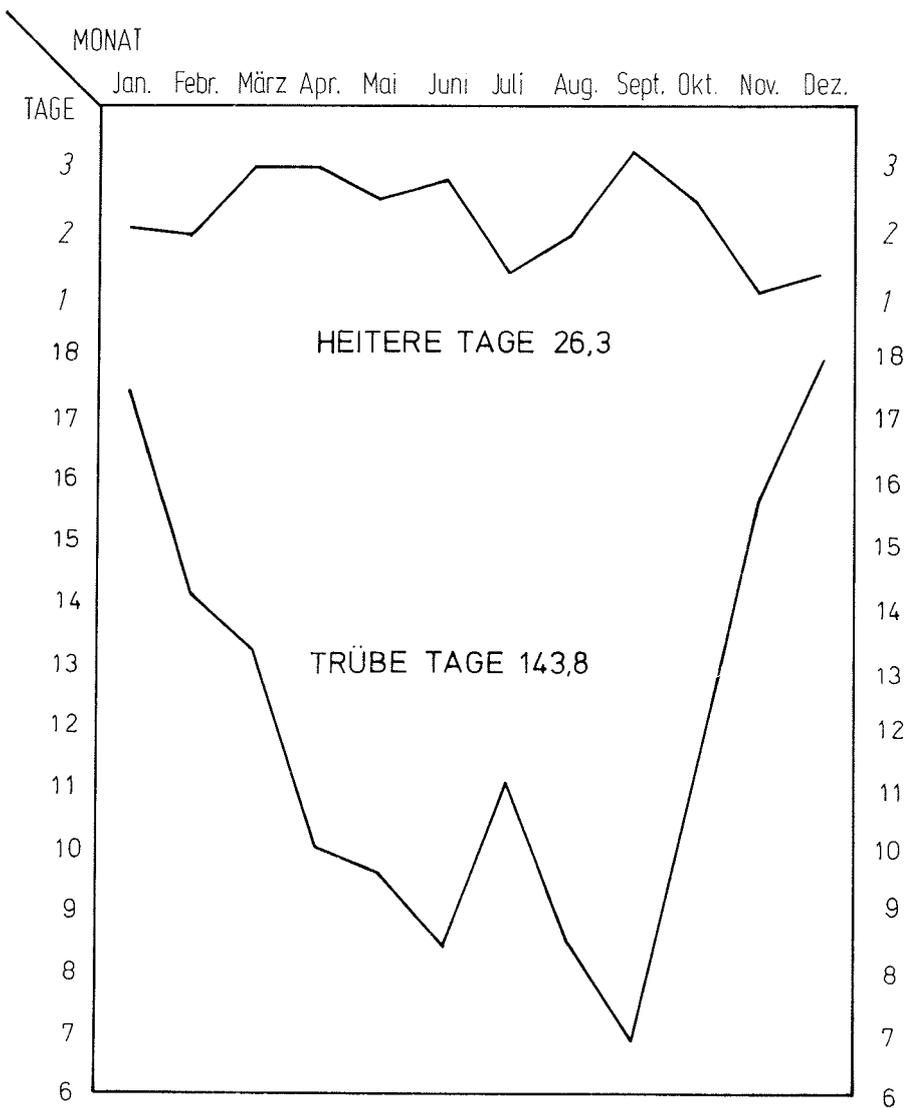


Abb. 13: Mittlere Anzahl der heiteren und trüben Tage.
Bremen, 1951–1970

Staub, Ruß etc., auf. Diese „Verunreinigungen“ sind luftmassenabhängig, so daß die Sichtweite ein guter Indikator für die Herkunft und das Alter eines Luftkörpers ist. Frische Polarluft zeichnet sich durch hervorragende Sichtweiten aus, während Luft subtropischen Ursprungs meist nur beschränkte Sichten zuläßt. Bei Sichtweiten unter 1000 Metern spricht man von Nebel, dessen Entstehung schon angesprochen wurde. Nebel ist im Prinzip eine am Boden aufliegende Wolke. In unserem Raum sind allerdings auch bei starkem Regen, Sprühregen oder Schneefall Sichtrückgänge unter 1000 Meter möglich.

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der Nebeltage in Bremen (Zeitraum 1951–1970)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
6,8	6,2	5,8	4,5	4,0	2,3	3,4	5,5	6,6	9,9	8,5	8,2	71,9 Tage

Die Nebelstatistik in Tabelle 10 zeigt eine Häufung der Nebellagen in den Herbstmonaten. Der Nebel bildet sich zu dieser Zeit durch Ausstrahlung bei wind-schwachen und wolkenarmen Hochdrucklagen; die Sonne hat tagsüber nicht mehr die Kraft, diesen wieder aufzulösen. Solche Nebellagen können im Extremfall über mehrere Tage hinweg andauern und zu einer starken Beeinträchtigung des gesamten Verkehrswesens führen.

2.4.2.3 Niederschläge

Wolken bestehen aus kleinsten, in der Atmosphäre frei schwebenden Wassertröpfchen, deren Durchmesser ca. 5 bis 10 μm beträgt. Durch physikalische Prozesse können diese Tropfen anwachsen, und ab etwa 50 μm Durchmesser wird ihr Gewicht so groß, daß sie als Niederschlag ausfallen. Dabei hängt es von den Temperaturen und den Wolkenformen (Schicht- oder Haufenwolken) ab, ob der Niederschlag als Schnee oder Graupel, Nieselregen, Regen oder Hagel fällt.

Gemessen wird der Niederschlag in einem 1 Meter über dem Erdboden angebrachten Auffanggefäß; die Menge wird auf die Flächeneinheit umgerechnet. 1 mm Niederschlag entspricht einer Wasserspense von einem Liter auf den Quadratmeter. Im allgemeinen werden bei den Niederschlägen nur Tagessummen registriert. Mit Regenschreibern lassen sich auch kurzdauernde Starkniederschläge, z. B. in Schauern oder Gewittern, zeitlich und mengenmäßig genau erfassen.

Die Niederschlagsmessungen sind nicht unproblematisch, da Fehler durch starken Wind und Verdunstung nur schwer abzuschätzen sind. Außerdem stellt sich auch bei noch so engem Meßnetz die Frage, inwieweit die gemessenen Werte für ein Gebiet repräsentativ sind. Gerade bei konvektiven Niederschlägen – Schauer und Gewitter haben nur eine horizontale Ausdehnung bis zu einigen Kilometern – ist die Inhomogenität beachtlich und mit der derzeit angewandten Meßmethodik nicht ausreichend erfaßbar. Hier können in nicht allzu ferner Zukunft zusätzliche Radarmessungen Abhilfe bringen. Neueste Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß die aus den Einzelmessungen errechneten Flächenniederschläge um etwa 10 Prozent zu niedrig ausfallen.

Die für Bremen relevanten Niederschlagsdaten sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11 : Niederschlagsangaben für Bremen (1931 - 1970)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Mittel	54.5	48.1	43.1	52.0	58.7	59.5	89.3	78.6	59.6	57.8	58.6	55.3	715.1 (Liter/m ²)
Maximum	120.6	114.5	106.7	121.4	123.6	131.1	170.9	167.7	184.4	127.6	124.9	118.2	877.1 (Liter/m ²)
Jahr	1948	1937	1951	1936	1967	1933	1942	1960	1968	1941	1951	1965	1961
Minimum	16.7	6.1	13.9	7.1	21.4	5.6	31.7	22.6	1.3	2.2	17.8	6.7	407.5 (Liter/m ²)
Jahr	1963	1959	1936	1946	1940	1936	1934	1942	1959	1951	1931	1932	1959
max. 24stdg. Niederschlag	41.2	33.2	30.7	29.5	37.0	38.9	58.0	78.5	68.1	51.4	30.7	36.7	78.5 (Liter/m ²)
Datum	4.1. 1932	9.2. 1966	24.3. 1951	18.4. 1936	26.5. 1965	28.6. 1967	3.7. 1958	13.8. 1964	1.9. 1968	7.10. 1905	5.11. 1940	4.12. 1960	13.8. 1960

Zahl der Tage mit Niederschlag

≥ 0.1 mm	18.4	17.2	14.9	15.4	14.7	14.1	16.9	16.0	15.0	15.9	18.4	17.9	194.8 Tage
≥ 10 mm	1.0	0.9	0.8	1.1	1.5	1.4	2.7	2.1	1.4	1.4	1.2	1.3	16.8 Tage

(Anmerkung: 1 mm Niederschlag entspricht einer Wasserspense von einem Liter auf den Quadratmeter.)

Die mittleren Monatssummen erreichen ein Minimum im März und das Maximum im Juli und August, hervorgerufen durch intensive sommerliche Gewitterregen. Wie groß dabei die Unterschiede in den Einzeljahren sein können, verdeutlichen die Extremwerte sehr anschaulich. Wenn auch kein Monat in den vergangenen Jahrzehnten ganz niederschlagsfrei war, so sind immerhin Monatssummen unter 10 mm aufgetreten. Bei dem anderen Extrem haben, z. B. für die Auslegung von Kanalisationsanlagen und für andere Entwässerungsfragen, besonders tägliche Starkniederschläge eine Bedeutung. Aus der Tabelle 11 wird ersichtlich, daß diese im Maximalfall in der Größenordnung des mittleren Monatssolls liegen können. Nach vorliegenden Registrierungen treten bei starken Gewittern im Sommer vereinzelt schon in ein bei zwei Stunden Summen bis zu 50 oder mehr Millimeter auf.

In Bremen werden im Durchschnitt an mehr als der Hälfte aller Tage meßbare Niederschläge beobachtet, Starkniederschläge (größer/gleich 10 mm) erwartungsgemäß im Sommerhalbjahr häufiger als im Winter.

Die Auswertung der für den Zeitraum 1951 bis 1970 vorliegenden stündlichen Niederschlagsregistrierungen ergibt, daß im Mittel an 14 Prozent der Jahresstunden Niederschläge fallen, das reicht von 9,5 Prozent im September bis zu 22,2 Prozent im Januar. Diese Zahlen weisen noch einmal darauf hin, daß im Sommer die intensiven und meist nur kurzen Schauerniederschläge überwiegen, während im Winter mengenmäßig nicht so bedeutende, dafür länger andauernde und ausgedehnte frontale Niederschlagsgebiete vorherrschen. In Bremen werden im Mittel im Winterhalbjahr 748, im Sommerhalbjahr nur 481 Stunden mit Niederschlägen beobachtet.

Eine weitere interessante Tatsache zeigt die Korrelation von Niederschlagstätigkeit und Windrichtung (Abb. 14). In beinahe $\frac{2}{3}$ aller Fälle treten Niederschläge bei Winden aus Südwest bis Nordwest auf. Dieses Phänomen wird sofort erklärbar wenn man sich daran erinnert, daß vor allem bei dieser Strömung feuchte maritime Luftmassen mit eingelagerten Schlechtwettergebieten nach Bremen gelangen.

Wie inhomogen das Niederschlagsfeld auch im Mittel ist, verdeutlichen die in Tabelle 12 zusammengestellten Monats- und Jahressummen des Niederschlags der im Raume Bremen vorhandenen Stationen, wobei die niedrigen Werte von Farge zusätzlich auf Abschirmungseffekte durch Bewuchs und Bebauung hinweisen. Hier werden sicherlich Einflüsse des Stadtklimas sichtbar.

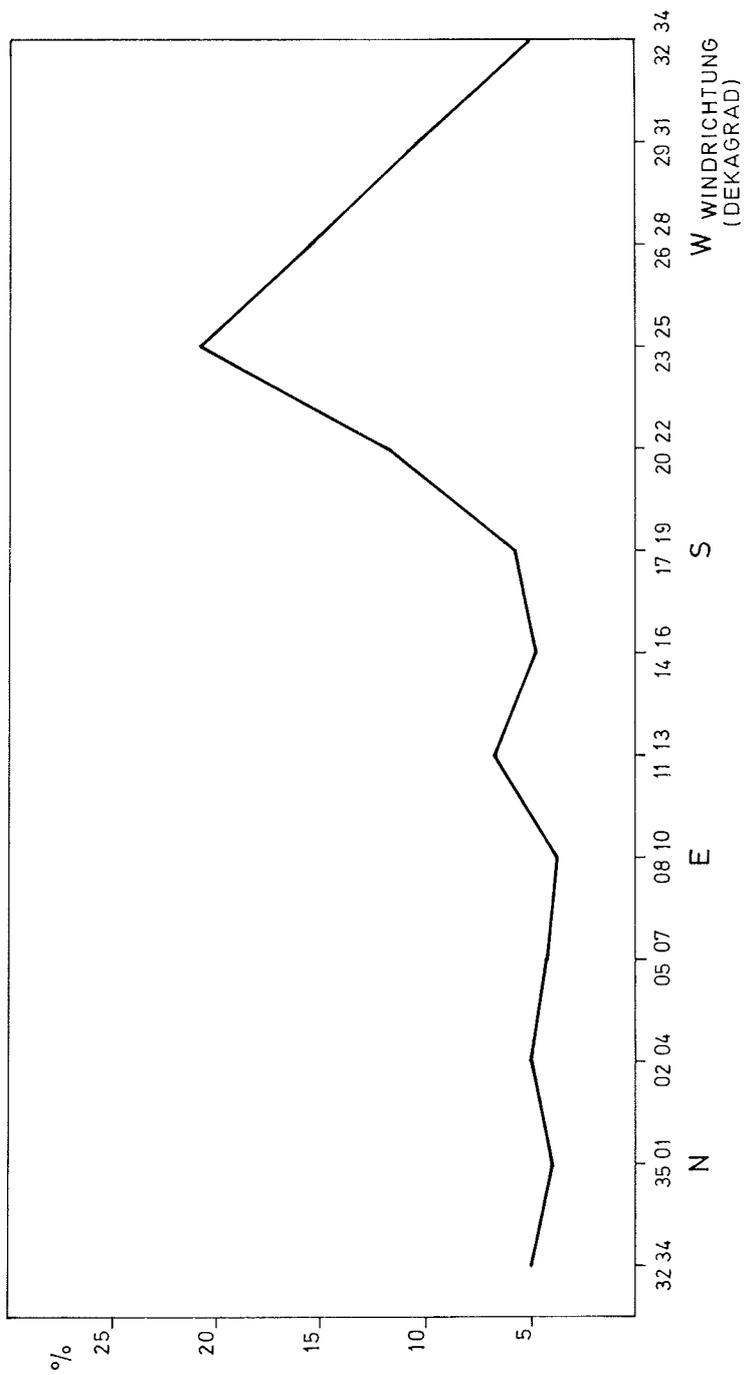


Abb. 14: Prozentuale Verteilung der Niederschläge auf die Windrichtungen.
(Nach stündlichen Beobachtungen in Bremen, 1951–1970)

Tab. 12 : Mittlere Monats- und Jahressummen des Niederschlages für den Raum Bremen
Zeitraum: 1951 - 1970

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	
Flughafen	56	48	46	51	64	63	90	90	58	57	58	63	744	(mm)
Bayernstr.	59	49	48	51	66	70	89	95	60	59	63	65	774	
Blumenthal	55	49	42	52	63	69	91	93	56	59	57	64	751	
Bürgerpark	54	48	45	48	65	66	87	96	58	56	57	61	741	
Farge	52	44	41	45	56	60	82	86	51	54	59	60	690	
Osterholz	58	49	49	53	66	69	93	95	59	59	60	64	774	
Ritterh.H.	53	44	45	50	64	67	90	94	57	58	61	62	745	
Strom	55	45	46	49	66	67	92	97	56	60	58	61	752	
Warturm	56	45	46	50	63	65	88	98	58	58	57	65	749	
Lankenau Mittelsb.	55	49	44	48	61	66	87	88	54	55	54	61	722	

Bei den in Bremen vorliegenden Temperaturverhältnissen fallen die Niederschläge auch im Winter nur teilweise in fester Form, und noch seltener bildet sich eine geschlossene Schneedecke aus, zumindest über einige Tage hinweg. Winter wie 1978/79 sind Ausnahmen. Dies wird durch die mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke in Tabelle 13 belegt. Sie zeigt außerdem, daß auch in für unsere Verhältnisse sehr strengen Wintern nur im Januar und Februar die Schneedecke über den ganzen Monat hinweg liegenbleiben kann.

Tabelle 13: Mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke in Bremen (1930/31—1959/60) sowie extreme Andauerzeiten des Zeitraums 1900/01—1969/70

Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Winter
0,0	0,4	3,1	7,2	8,8	3,5	0,2	23,2 Tage
1	17	25	31	29	15	4	81 Tage

Die größten bis heute in Bremen gemessenen Schneehöhen betragen 68 cm im Februar 1979 und 29 cm im Februar 1966.

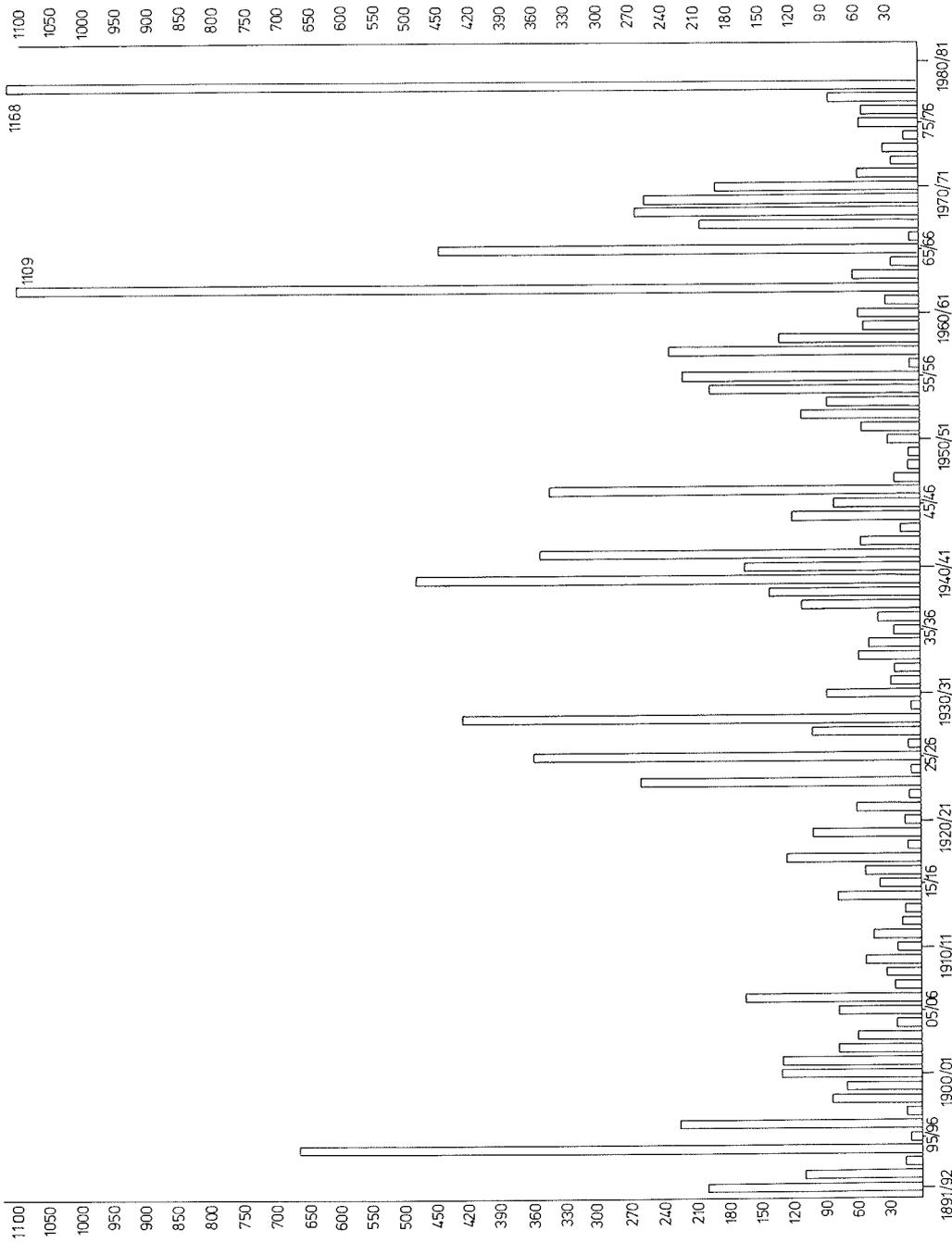


Abb. 15: Summen der täglichen Schneehöhen in Bremen für die Winterperioden seit 1891/92

Die Schneedecke wird außerdem neben den Kältesummen zur Klassifizierung der Winterstrenge herangezogen. Die täglichen Schneehöhen einer Winterperiode werden dazu aufsummiert (Abb. 15) und ermöglichen einen leichten Überblick über die letzten 90 Jahre in Bremen.

2.4.2.4 Gewitter

Gewitter zählen zu den eindrucksvollsten Phänomenen, die die Natur hervorbringt. Ihre Entstehung setzt eine hochreichend labil geschichtete Atmosphäre voraus, die außerdem genügend latente Energie, d. h. Wasserdampf, enthalten muß.

Gewitter können in weiten Lebensbereichen, genannt seien nur Land- und Forstwirtschaft, immense Schäden verursachen. Diese gehen nur zum geringsten Teil auf Blitzeinschläge zurück. Zur Hauptsache sind durch Starkregen ausgelöste Überschwemmungen, Hagelschlag und Sturmböen die eigentlichen Schadensverursacher.

In Bremen werden Gewitter vor allem im Sommer beobachtet, und zwar am häufigsten zwischen Juni und August. Der Tagesgang folgt dabei mit geringer Verzögerung dem Strahlungs- und Temperaturgang. Die Gewitterwahrscheinlichkeit ist in den Vormittagsstunden am geringsten, steigt dann mit einsetzender Konvektion stetig an und erreicht das Maximum zwischen 14 und 18 Uhr. Danach klingt die Gewittertätigkeit bis in die frühen Morgenstunden langsam aus. Eine Besonderheit zeigt sich dabei allerdings in der zweiten Sommerhälfte. Die Gewitterhäufigkeit erreicht in der ersten Nachthälfte zwischen 21 und 23 Uhr noch einmal einen Spitzenwert. Für dieses sekundäre Maximum bieten sich zwei Erklärungen an. Die erste geht von der zu dieser Zeit beginnenden Ausstrahlung aus. Bei bestimmten Wetterlagen beginnt diese an der Wolkenobergrenze in mittleren atmosphärischen Schichten. Es erfolgt hier eine Abkühlung und damit eine zusätzliche Labilisierung. Da ein solcher Vorgang nicht auf eine bestimmte Jahreszeit begrenzt ist, muß noch eine weitere Ursache vorhanden sein. Es ist der Nordseeinfluß. Unser Küstenmeer erreicht im Spätsommer das höchste Temperaturniveau; da zudem die Wassertemperaturen nur einen geringen Tagesgang aufweisen, klingt die Labilität in der Nacht kaum ab. Es können sich weiterhin Gewitterzellen entwickeln und auf das Land übertreten. In Bremerhaven ist dieses Nachtmaximum sogar noch größer als das am Nachmittag.

2.4.3 Luftdruck und Wind

2.4.3.1 Luftdruck

Die Atmosphäre wird durch die von der Erde ausgehenden Schwerkräfte festgehalten. Das bedeutet, daß die Luft, wie jede andere Masse auch, einen Druck auf die Erdoberfläche ausübt. Dieser Druck ist definiert als Kraft pro Flächeneinheit und wird gemessen in Pascal (Newton/m²). Das in der Meteorologie gebräuchliche Luftdruckmaß ist das Millibar, wobei 1 mbar = 10⁻³bar = 100 Pascal ist. Das in der Literatur noch vielfach angeführte mm Hg entspricht dabei 1,333 mbar. Die wichtigsten Druckmeßinstrumente sind Quecksilber- und Aneroidbarometer.

Soweit wir heute wissen, hat der Luftdruck keinen wesentlichen direkten Einfluß auf das Leben auf unserem Planeten. Das Luftdruckfeld bestimmt jedoch in starkem Maße das Windfeld und spielt auch bei Temperatur und Feuchte eine

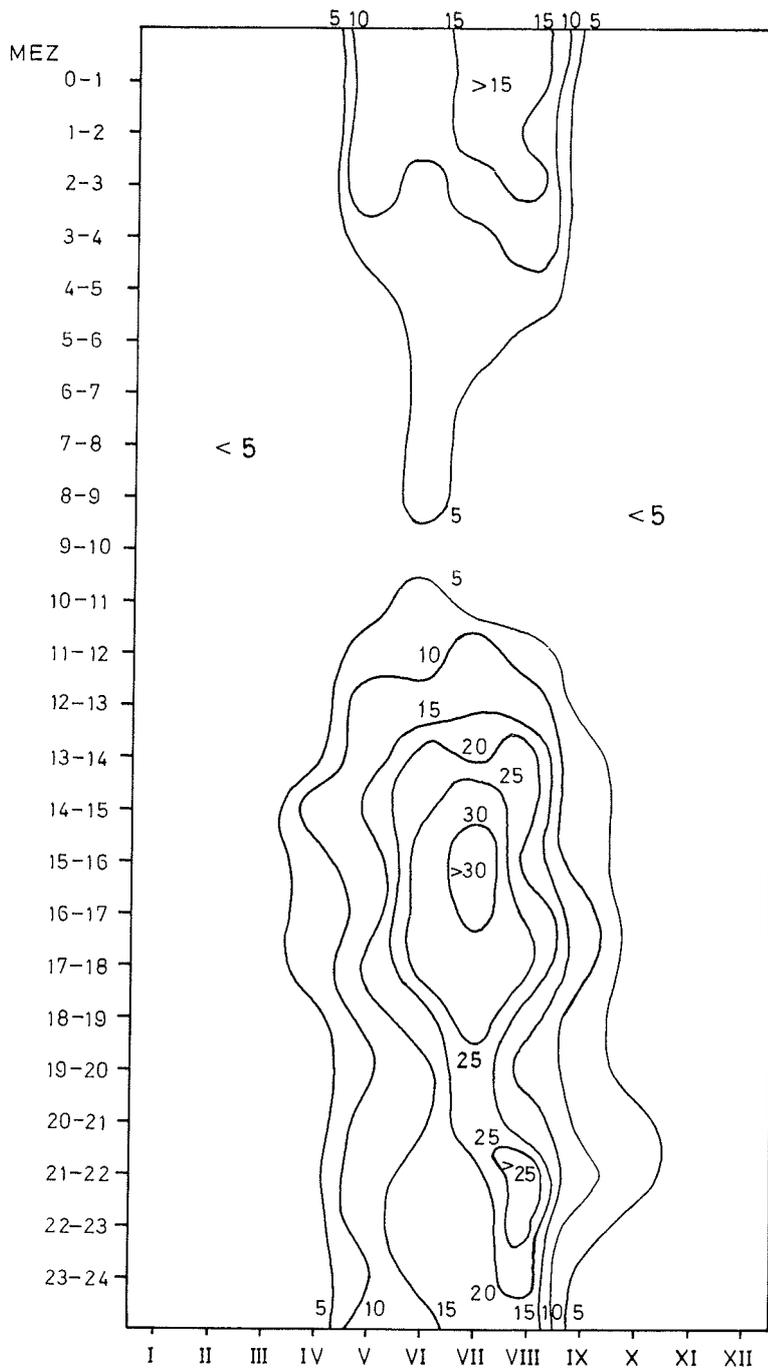


Abb. 16: Tages- und Jahresgang der Gewittertätigkeit in Bremen.
(Anzahl der Stunden mit Gewittern, 1951–1970)

**Tabelle 14: Mittel- und Extremwerte des Luftdrucks (mb)
Bremen (1931 - 1970)**

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Mittel	1013.5	1013.5	1014.1	1013.0	1014.4	1014.7	1013.5	1013.3	1014.4	1014.4	1012.3	1013.1 (mb)
höchstes Monats- mittel	1028.7	1031.3	1027.5	1019.7	1018.7	1019.8	1018.3	1019.8	1021.0	1023.9	1022.4	1021.3 (mb)
Jahr	1964	1959	1948	1957	1956	1962	1969	1947	1941	1947	1948	1948
tiefstes Monats- mittel	1000.8	1000.8	1003.9	1005.5	1008.8	1008.4	1007.7	1008.4	1009.1	1003.0	1003.0	1000.0 (mb)
Jahr	1948	1937	1937	1932/50	1932	1933	1931	1941/63	1950	1932	1969	1965
Maximum	1051.0	1045.0	1043.5	1037.6	1037.1	1036.3	1030.6	1031.2	1035.9	1037.5	1042.0	1048.0 (mb)
Datum	23.1. 1907	7.2. 1960	1.3. 1929	10.4. 1947	16.5. 1943	6.6. 1962	27.7. 1963	16.8. 1966	7.9. 1953	30.10. 1891	20.11. 1951	23.12. 1962
Minimum	969.0	969.9	976.6	979.9	984.6	988.6	988.3	982.4	979.5	974.8	966.8	963.5 (mb)
Datum	19.1. 1945	20.2. 1907	27.3. 1966	1.4. 1897	11.5. 1898	25.6. 1904	18.7. 1954	25.8. 1956	11.9. 1903	6.10. 1901	25.11. 1928	6.12. 1940

(Maximum und Minimum beziehen sich auf den Zeitraum 1876 - 1970)

Rolle. Diese mittelbaren Einflüsse führen dazu, daß heute wie gestern Hoch- und Tiefdruckgebiete und ihre Verlagerungen zu den wichtigsten Grundlagen für jede Vorhersage des Wettergeschehens gehören.

Unter klimatologischen Gesichtspunkten gesehen ist der Luftdruck also nur von untergeordneter Bedeutung. Dennoch sollen in der Tabelle 14 die in Bremen gemessenen Mittel- und Extremwerte aufgeführt werden, die, um Vergleiche zu ermöglichen, auf 0° C und Normalschwerebedingungen reduziert wurden.

Die Monats- und Jahresmittel weisen keine wesentlichen Variationen auf und liegen alle in der Nähe des Normaldruckes von 1 atm = 1013,2 mbar. Wesentlich interessanter und aussagekräftiger sind die Extreme. Sie erreichen im Winter die höchsten bzw. niedrigsten Werte und überdecken langjährig eine Spannweite von fast 90 mbar. Die Begründung für diese Tatsache liegt in den im Winter am stärksten ausgeprägten Temperaturgegensätzen und damit Dichteunterschieden auf unserer Halbkugel. Die sehr kalten winterlichen Hochdruckgebiete führen durch ihre Dichtekonzentration zu besonders hohen Luftdrücken, und die wesentlich schärfere Frontalzone der mittleren Breiten führt zu kräftigen Sturmzyklonen, in denen die niedrigsten Drucke registriert werden. Im Sommer sind die Dichteunterschiede dagegen i. a. wesentlich geringer, dies kommt auch in den Druckwerten für Bremen zum Ausdruck.

Abschließend sollen noch extreme kurzfristige Druckänderungen innerhalb eines Tages oder einiger Stunden angesprochen werden. Sie treten bei Durchzug von ausgeprägten Tiefdruckwirbeln auf und können in Bremen im Extremfall Werte von 10 bis 15 mbar in 3 bis 6 Stunden erreichen, in 24 Stunden sogar bis zu 40 mbar.

2.4.3.2 Wind

Der Wind ist eng verknüpft mit dem Luftdruckfeld. Er ist zur Hauptsache eine Ausgleichsbewegung zur Nivellierung von Druckgegensätzen. Die wirksamen Kräfte sind dabei die Druckgradientkraft und die ablenkende Kraft der Erdrotation (Coriolis-Kraft). In Bodennähe wirken dazu noch Reibungsvorgänge zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche, so daß der Windvektor immer eine Komponente zum tiefen Druck hin aufweist. Dieser Ausgleichseffekt ist bei Aufüllungs- bzw. Abschwächungsprozessen von Tief- und Hochdruckgebieten im täglichen Wettergeschehen gut zu verfolgen. Daß sich trotzdem Tiefs vertiefen und Hochs verstärken, hängt mit mittel- und hochatmosphärischen Vorgängen zusammen, deren Diskussion in die theoretische Meteorologie gehören.

Der Wind wird mit Anemometern gemessen oder nach seinen Auswirkungen geschätzt. Er ist eine vektorielle Größe, registriert werden Richtung (aus der der Wind kommt) und Geschwindigkeit. Die immer noch gebräuchliche Stärkeeinteilung nach Beaufort ist mit den zugehörigen Geschwindigkeitsangaben in Tabelle 15 zusammengestellt. Es muß darauf hingewiesen werden, daß der Wind nach internationalen Vereinbarungen in 10 Meter Höhe gemessen wird und daß bei der Geschwindigkeit 10-Minuten-Mittel zugrunde liegen.

Tabelle 15: Beaufortskala und Windgeschwindigkeit

Beaufort-grad	Bezeichnung	Auswirkungen des Windes im Binnenland	Windgeschwindigkeit		
			m/s	km/h	Knoten
0	still	Windstille	0.0– 0.2	1	1
1	leiser Zug	Windrichtung angezeigt nur durch Zug des Rauches.	0.3– 1.5	1– 5	1– 3
2	leichte Brise	Wind am Gesicht fühlbar, Windfahne bewegt sich.	1.6– 3.3	6– 11	4– 6
3	schwache Brise	Blätter und dünne Zweige bewegen sich.	3.4– 5.4	12– 19	7–10
4	mäßige Brise	Hebt Staub und loses Papier, bewegt Zweige und dünnere Äste.	5.5– 7.9	20– 28	11–15
5	frische Brise	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken.	8.0–10.7	29– 38	16–21
6	starker Wind	Starke Äste in Bewegung, Pfeifen in Telegraphen-Leitungen.	10.8–13.8	39– 49	22–27
7	steifer Wind	Ganze Bäume in Bewegung, fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind.	13.9–17.1	50– 61	28–33
8	stürmischer Wind	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien.	17.2–20.7	62– 74	34–40
9	Sturm	Kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel werden herabgeworfen).	20.8–24.4	75– 88	41–47
10	schwerer Sturm	Entwurzelt Bäume, bedeutende Schäden an Häusern.	24.5–28.4	89–102	48–55
11	orkanartiger Sturm	Verbreitete Sturmschäden (sehr selten im Binnenland).	28.5–32.6	103–117	56–63
12	Orkan	Schwerste Verwüstungen.	≥ 32.7	≥ 118	≥ 64

Infolge der schon angesprochenen höheren Druckgegensätze im Winter sind natürlich auch die Windgeschwindigkeiten in dieser Jahreszeit größer als im Sommer. Das verdeutlicht die Tabelle 16. Die mittleren und hohen Geschwindigkeitsbereiche sind zwischen November und April mit einem Anteil bis zu 40 Prozent erheblich häufiger anzutreffen als im übrigen Jahr.

Tabelle 16: Mittlere monatliche Häufigkeiten für verschiedene Windgeschwindigkeitsbereiche in Bremen in Prozent (Zeitraum: 1951–1970)

Monat	Beaufort 0	Beaufort 1–3	Beaufort 4–5	Beaufort ≥ 6
Januar	2,2	55,6	37,3	4,9
Februar	2,7	59,1	34,2	3,6
März	2,3	57,2	37,0	3,5
April	3,1	63,5	31,6	1,8
Mai	2,9	68,4	28,0	0,8
Juni	2,7	72,9	24,1	0,4
Juli	2,6	70,2	26,5	0,6
August	4,1	71,5	23,5	0,9
September	4,1	71,2	23,6	1,2
Oktober	4,2	69,2	25,5	1,2
November	3,0	63,0	30,7	3,3
Dezember	2,2	61,6	32,0	4,1
Jahr	3,0	65,3	29,6	2,2

Ähnliche Verhältnisse liefert auch eine Auszählung der Tage mit Windstärken größer/gleich 6 bzw. größer/gleich 8 Beaufort in Tabelle 17. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die sommerlichen Gewitterlagen mit ihren i. a. nur kurzzeitigen starken oder stürmischen Winden die Statistik etwas verzerren, da es für die Auszählung gleichgültig ist, ob an einem Tag nur in einem oder zwei 10-Minuten-Mitteln die geforderte Windstärke auftrat oder wie im Winter über Stunden hinweg.

Tabelle 17: Mittlere Zahl der Tage mit Windstärke 6 bzw. 8 Beaufort oder größer für Bremen (Zeitraum: 1951–1970)

Monat	Beaufort ≥ 6	Beaufort ≥ 8
Januar	7,7	2,4
Februar	5,6	1,3
März	7,3	1,3
April	6,8	1,3
Mai	5,4	1,1
Juni	3,1	0,6
Juli	6,3	1,0
August	4,8	1,3
September	5,0	1,4
Oktober	4,6	1,1
November	5,9	1,6
Dezember	6,7	1,4
Jahr	69,3	16,0

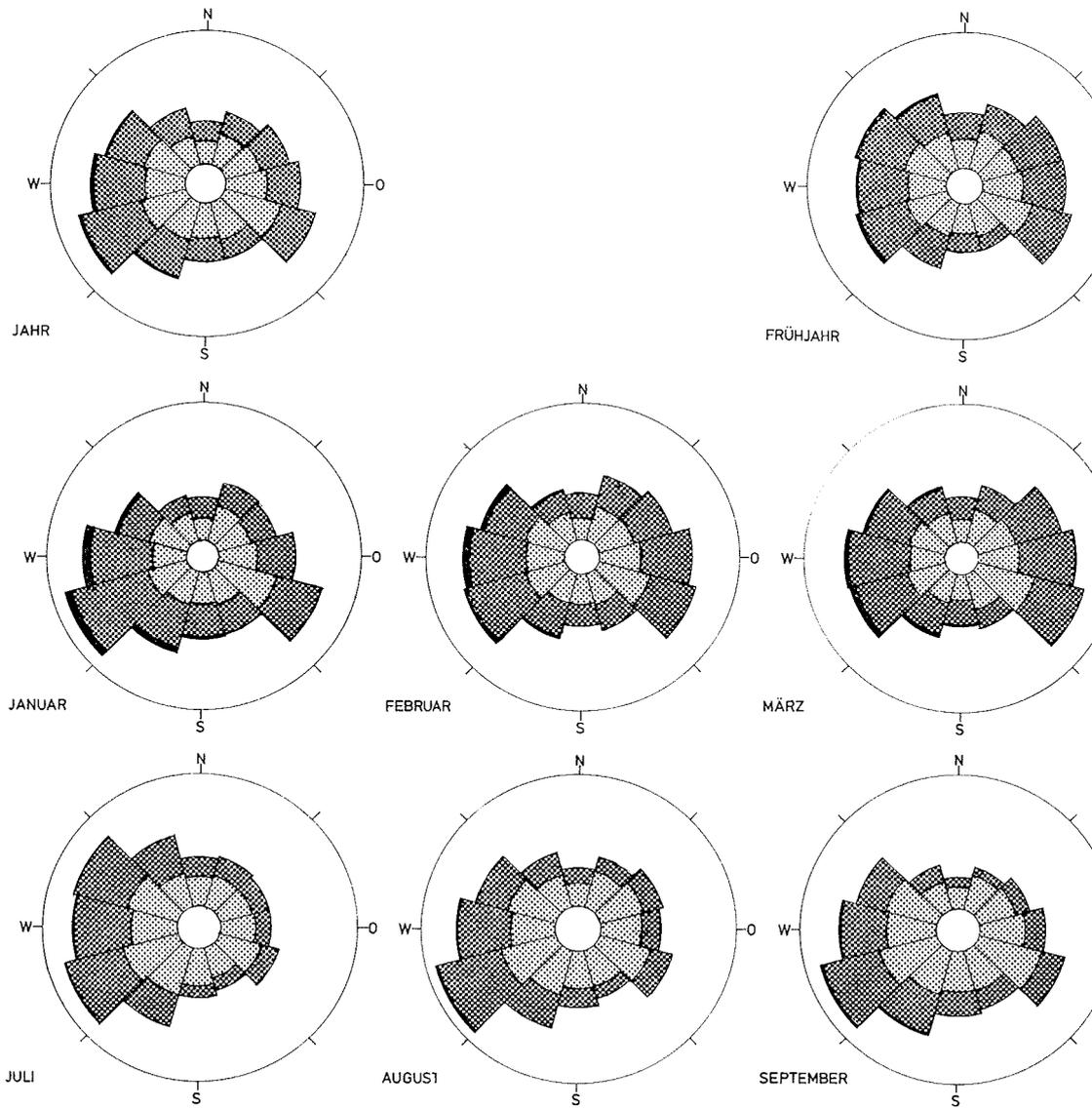
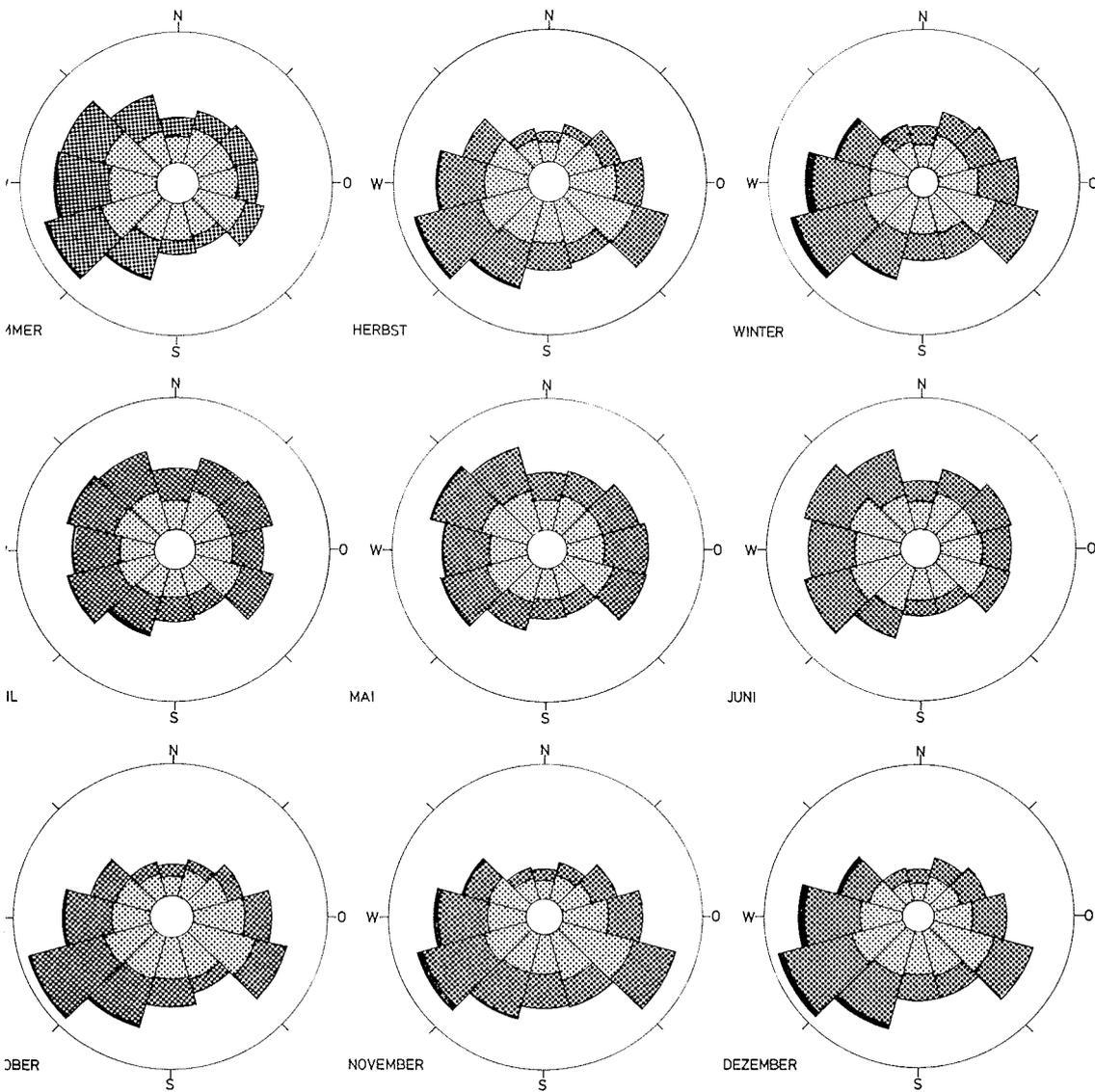


Abb. 17: Mittlere Windverteilung nach Richtung und Geschwindigkeit, Bremen, 1951–1970 (Entwurf: Plath/Heinemann)



ZEICHENERKLÄRUNG

- WINDSTILLE • UMLAUFENDE WINDE
- SCHWACHWINDE
- MITTLERE WINDLAGEN
- STARKWINDE

BEAUFORT KNOTEN m / sec

—	—	—
1 - 2	1 - 6	0,3 - 3,3
3 - 5	7 - 21	3,4 - 10,7
6 - 12	> 21	> 10,7

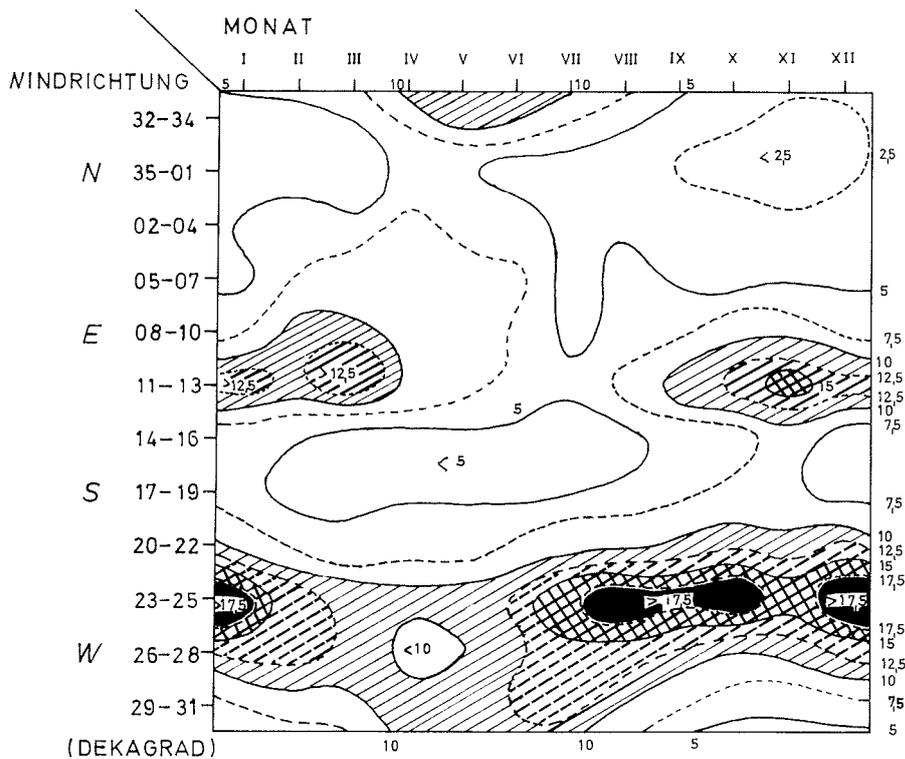


Abb. 18: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Windrichtung.
Bremen, 1951–1970

Wind ist das Transportmittel für Luftmassen unterschiedlichen Ursprungs und verschiedener Eigenschaften. Aus diesem Grund ist nicht nur die Stärke sondern auch die Windrichtung von erheblicher Bedeutung. Abb. 18 zeigt, daß in Bremen fast über das ganze Jahr hinweg westliche Winde vorherrschen. Das unterstreicht noch einmal die Dominanz der maritimen Luftkörper für unser Gebiet. Das Maximum liegt i. a. zwischen Südwest und Westsüdwest, verschiebt sich aber im Frühling und Frühsommer auf Nordwest und erklärt die zu diesen Zeiten recht häufigen Einbrüche maritimer Kaltluft mit wechselhaftem Wettergeschehen, allgemein als „Aprilwetter“ bekannt. In dem sekundären Maximum von südöstlichen Winden im Winterhalbjahr kommt das Vordringen kalter Festlandsluft bis nach Norddeutschland hin zum Ausdruck.

Eine zusammenfassende Häufigkeitsverteilung des Windvektors nach Richtung und Stärke zeigen die Diagramme in Abb. 17. Hierbei wurden die prozentualen Windstärkeanteile flächengetreu dargestellt, um eine Verzerrung der Relationen zwischen den einzelnen Sektoren zu vermeiden. Auch dabei wird die vorherrschende Westkomponente wieder ganz deutlich. Der starke Anteil an Winden aus östlichen Richtungen ist dagegen besonders im März sichtbar.

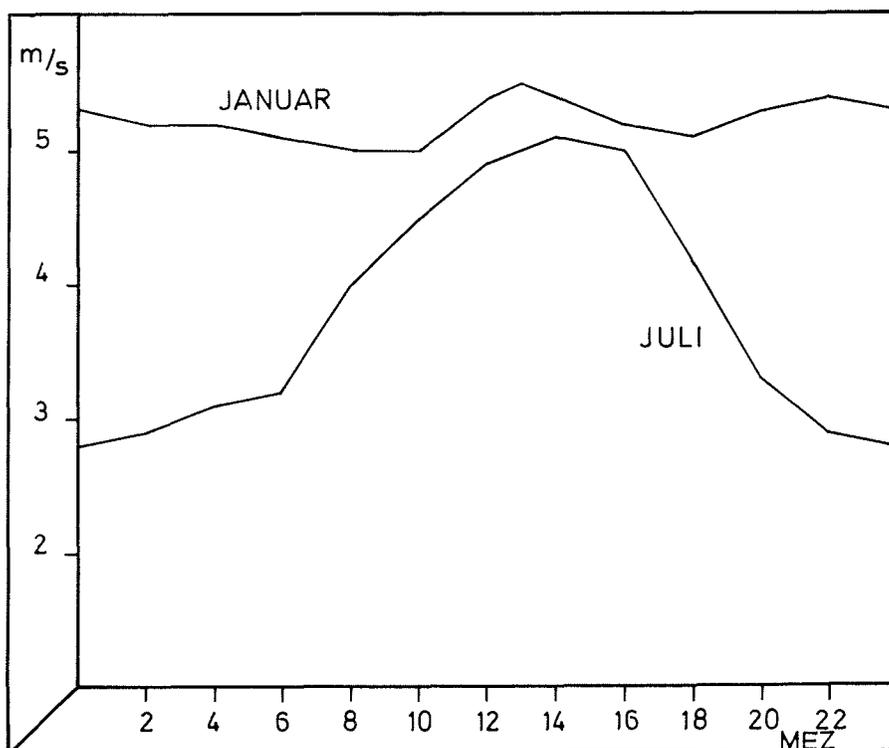


Abb. 19: Mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit im Januar und im Juli. Bremen, 1951–1970

Betrachtet man noch die mittleren monatlichen Tagesgänge der Windgeschwindigkeit, die in Abb. 19 exemplarisch für Januar und Juli dargestellt sind, so wird erkennbar, daß im Winter kein wesentlicher Tagesgang auftritt. Erheblich anders ist dagegen das Bild im Juli. Bei meist gradientschwachem Druckfeld, aber intensiver Strahlung, können lokale Einflüsse, d. h. unterschiedliche Aufheizung des Erdbodens und damit der bodennahen Luftschicht, tagsüber zu der sogenannten „Sonnenböigkeit“ führen und einen ausgeprägten Tagesgang verursachen. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich auch in den übrigen Sommermonaten.

2.5 Phänologie

Witterung und Klima beeinflussen in starkem Maße das Pflanzenwachstum. Die Untersuchung dieser Zusammenhänge ist Aufgabe der Phänologie. Beobachtungen der Eintrittszeiten verschiedener Wachstumsphasen können die Klimamessungen ergänzen und zusätzliche Aufschlüsse über die Gunst oder Ungunst der Witterung einzelner Monate und Jahre geben sowie über die durchschnittlichen Verhältnisse

eines längeren Zeitraumes etwas aussagen. Sie liefern damit wertvolle Planungsunterlagen für die Landwirtschaft, den Obst- und Gartenbau oder andere Interessenten.

Im Bremer Meteorologischen Jahrbuch sind bereits seit 1893 nach bestimmten Richtlinien durchgeführte phänologische Beobachtungen aus dem Stadtgebiet und der Umgebung Bremens veröffentlicht worden. Zu den Beobachtungsobjekten zählen wildwachsende und Kulturpflanzen sowie Obst, deren Entwicklung von den ersten Phasen im Frühjahr bis zum Wachstumsende im Herbst aufgezeichnet wird. Diese Aufgabe obliegt ehrenamtlichen Beobachtern, die nicht selten mehr als 25 Jahre oder gar 40 Jahre tätig waren und durch ihre sorgfältige Mitarbeit langjährige Beobachtungsreihen sichergestellt haben. So liegt eine solche aus Bremen-Oberneuland seit 1927, von 1935 bis 1978 ohne Wechsel des Beobachters, vor.

Mit Hilfe ausgewählter Wachstumsphasen läßt sich das Jahr in natürliche phänologische Jahreszeiten einteilen, die in der heute gültigen Form von SCHNELLE (1955) zusammengefaßt wurden.

In Abb. 20 sind die phänologischen Jahreszeiten für Bremen-Oberneuland dargestellt, basierend auf Mittelwerten der Beobachtungen von 1951 bis 1977. Diese fast 30jährige Reihe liefert einen repräsentativen Durchschnitt für das Stadtrandgebiet im Nordosten Bremens. Ältere Reihen bringen ähnliche Ergebnisse.

Die phänologischen Mittelwerte ermöglichen interessante Vergleiche der Klimaverhältnisse verschiedener Orte und Landschaften. Während beispielsweise der den Vorfrühling anzeigende mittlere Beginn der Apfelblüte in Bremen auf den 9. Mai fällt, tritt diese Phase am Oberrhein bereits um den 20. April ein und verspätet sich im nördlichen Schleswig-Holstein bis zum 20. Mai. Bei einigen Phasen des Vorfrühlings kann diese Zeitdifferenz noch größer sein.

Abb. 21 enthält außer den Mittelwerten das im Zeitraum zwischen 1951 und 1977 aufgetretene früheste und späteste Datum des Eintritts einer Wachstumsphase. Die Termine der phänologischen Erscheinungen schwanken von Jahr zu Jahr, die Abbildung verdeutlicht deren mögliche Spannbreite. Sie ist bei den frühen Phasen im Vor- und Erstfrühling zumeist größer als im weiteren Verlauf des Jahres, da bis dahin unterschiedliche Witterungsabschnitte ausgleichend auf das Wachstum gewirkt haben können.

So kann der Zeitunterschied zwischen einem sehr frühen und einem sehr späten Jahr bei der Blüte von Haselnuß, Schneeglöckchen, Huflattich und Salweide 8 Wochen und mehr betragen, bei den meisten Phasen vom Vorfrühling und Frühsommer an nur noch 4 Wochen oder weniger.

Neben den Terminverschiebungen im Auftreten der einzelnen Phasen zeigen sich auch bemerkenswerte Unterschiede in der Andauer bestimmter Wachstumsabschnitte bei ein und derselben Pflanze. So kann die Zeit von der Blattentfaltung der Roßkastanie bis zu den ersten offenen Blüten zwischen 12 und 38 Tagen liegen. Vom Aufgang bis zum Schossen des Hafers wurde eine Zeitdauer zwischen 14 und 45 Tagen beobachtet. Ähnlich große Spannbreiten sind in den Abschnitten bis zur Reife und Ernte festzustellen. Hier wird der enge Zusammenhang zwischen den Wachstumsvorgängen und dem Witterungsablauf besonders deutlich. Für umfassende Klimabeschreibungen sind daher ergänzende phänologische Beobachtungen unverzichtbar.

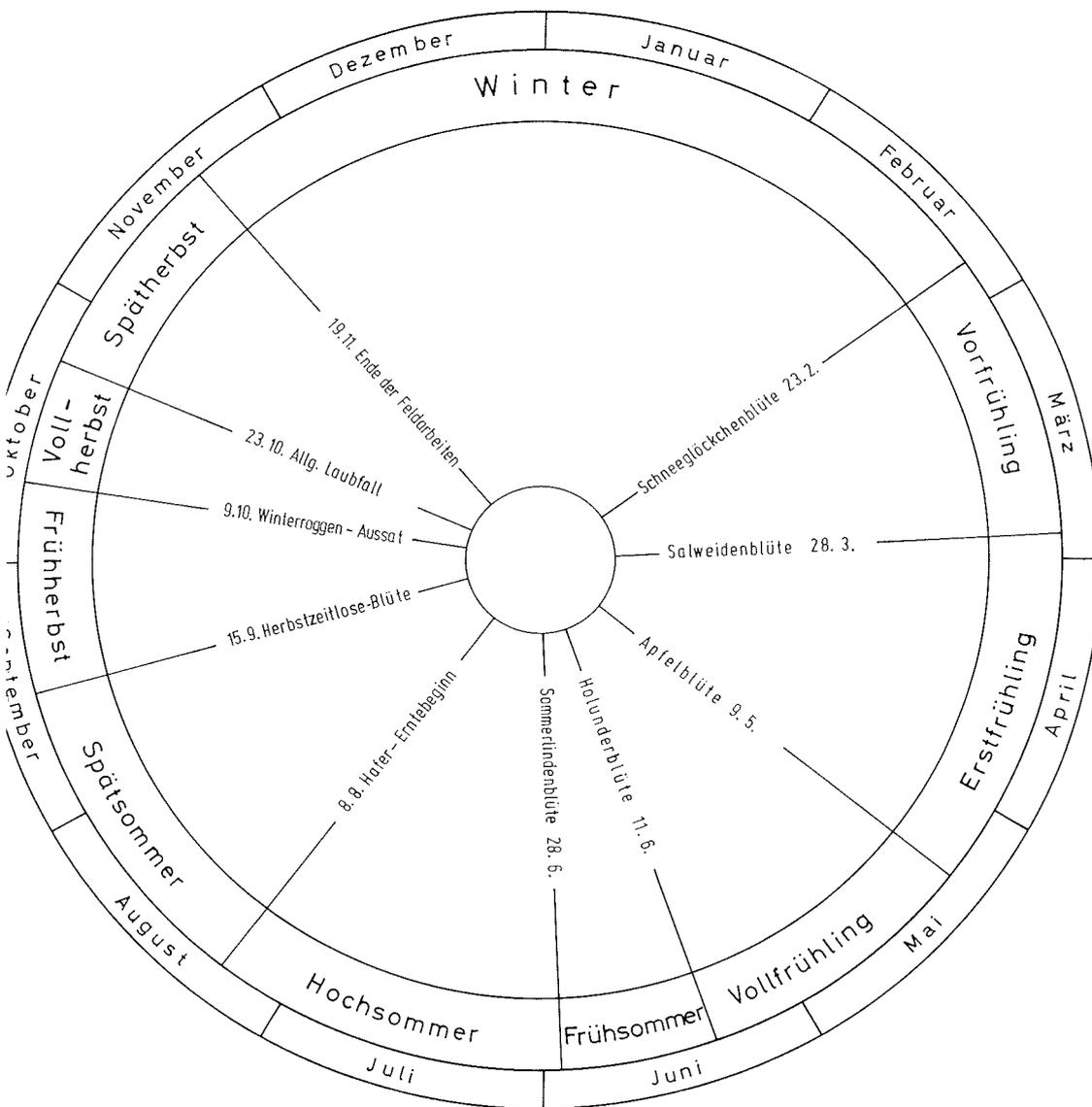


Abb. 20: Die phänologischen Jahreszeiten.
 (Nach Mittelwerten von Bremen-Oberneuland von 1951–1977)

2.6 Schlußbemerkung

Das Ziel dieser Arbeit war, einer breiten Öffentlichkeit ein möglichst vollständiges und dennoch überschaubares Bild der klimatischen Verhältnisse unserer Stadt zu geben. Dazu wurde das vorhandene umfangreiche Datenmaterial tabellarisch und graphisch sehr gestrafft dargestellt, wobei naturgemäß manche zu sehr ins Detail gehende Problemstellung nur angedeutet werden konnte. Die Herausgabe eines umfassenden Tabellenwerkes ist für Ende 1980 vorgesehen.

Auch der stadtklimatische Aspekt, d. h. die anthropogenen Einflüsse auf unser Klima, erfordert noch eine ausführlichere Diskussion nach Abschluß des laufenden Meßprogramms.

Es bleibt aber zu hoffen, daß es gelungen ist, die Grundzüge des Bremer Klimas sowie die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen den wirkenden Klimafaktoren und Elementen verständlich zu machen. In einer Zeit der Rückbesinnung auf die Tatsache, daß auch wir Menschen trotz allen technischen Fortschritts von der Natur abhängig sind, soll damit ein Beitrag zum besseren Wissen und Verständnis über diese unsere Umwelt geleistet werden.

Literatur

Allgemeine Klimaarbeiten:

- BLÜTHGEN, J. (1966): Allgemeine Klimageographie. — 2. Aufl., 720 S., 189 Abb., 98 Tab.; Berlin, Walter de Gruyter & Co.
- BORCHERT, G. (1978): Klimageographie in Stichworten. — 1. Aufl., 152 S., 72 Abb., 9 Tab.; Kiel, Ferdinand Hirt.
- CAPPEL, A. & KALB, M. (1976): Das Klima von Hamburg. — Ber. Dtsch. Wetterdienst 18, 141, 247 S., 37 Abb., 200 Tab.; Offenbach
- ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie. — 1. Aufl., 114 S., 10 Abb.; Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- FAUST, V. (1977): Biometeorologie. Der Einfluß von Wetter und Klima auf Gesunde und Kranke. — 1. Aufl., 359 S., 5 Klappkarten, 19 Abb., 48 Tab.; Stuttgart, Hippokrates.
- FLOHN, H. (1954): Witterung und Klima in Mitteleuropa. — 1. Aufl., 214 S., 2 Karten, 33 Abb., 10 Tab.; Stuttgart, Hirzel.
- GRIFFITHS, J. F. (1976): Applied Climatology. — 2. Aufl., 136 S., 49 Abb., 6 Tab.; Oxford, Oxford University Press.
- GUSS, H. & REGULA, H. (1956): Die flugklimatologischen Verhältnisse deutscher Verkehrsflughäfen. — Ber. Dtsch. Wetterdienst 3, 21, 12 S., 24 Abb., 19 Tab.; Offenbach.
- HEYER, E. (1977): Witterung und Klima. — 4. Aufl., 460 S., 247 Abb., 70 Tab.; Leipzig, BSB. B. G. Teubner.
- KALB, M. & SCHMIDT, H. (1977): Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland. Hannover. — Ber. Dtsch. Wetterdienst 18, 143, 273 S., 5 Abb., 195 Tab.; Offenbach.
- KÖPPEN, W. (1931): Grundriß der Klimakunde. — 2. Aufl., 388 S., 28 Abb., 9 Taf.; Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter & Co.
- Reichsamt für Wetterdienst (1939): Klimakunde des Deutschen Reiches. — 1. Aufl., 560 S., 2 Karten, 49 Tab.; Berlin, Dietrich Reimer.
- V. RUDLOFF, H. (1967): Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit Beginn der regelmäßigen Instrumentenbeobachtungen. — 1. Aufl., 370 S., 89 Abb., 68 Tab.; Braunschweig, Friedrich Vieweg Sohn.
- SCHERHAG, R. (1968): Klimatologie. — 5. Aufl., 131 S., 9 Abb., 12 Tab.; Braunschweig, Georg Westermann.
- SCHNELLE, F. (1955): Pflanzen-Phänologie. — 1. Aufl., 299 S., 46 Abb., 31 Tab., 14 Karten im Anhang; Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.
- SCULTETUS, H. R., (1969): Klimatologie. — 1. Aufl., 163 S., 26 Abb., 15 Tab.; Braunschweig, Georg Westermann.
- (1971): Klima und Boden als Standortfaktoren in der Landwirtschaft. Teil 1: Das Klima Nordwestniedersachsens unter besonderer Berücksichtigung des Weser-Emsgebietes. — 1. Aufl., 107 S., 30 Abb., 21 Tab.; Berlin und Hamburg, Paul Parey.
- Das Welt-Klima-Programm (1979): Eine Dokumentation internationaler und nationaler Aktivitäten. — 98 S.; Offenbach.

Veröffentlichungen über Klima und Wetter in Bremen:

- BÄTJER, D. (1953): Das Sturmtief vom 30. Januar bis 1. Februar 1953 und sein Orkanstreifen in der westlichen Nordsee. — Beilage zur Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 32.
- (1963): 1962/63, der drittkälteste Winter seit über 70 Jahren. — Beilage zur Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 15, 69.
- (1965): Die bemerkenswerte Gewitterlage vom 7. Juni 1964 über Norddeutschland. — Meteor. Rdsch. 18, 1, 16–23.
- (1967): Der Nebelniederschlag und seine Bedeutung für das norddeutsche Flachland. — Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 8, 1, 13–30.
- (1968): Wetterberatung für die Luftfahrt am Flughafen Bremen — 7 Jahrzehnte Wetterdienst für die Luftfahrt. — Wetteramt Bremen.

- (1968): Der Wasserhaushalt Nordwestdeutschlands. — 130 S., 28 Abb., 43 Tab.; Berlin und Hamburg, Paul Parey.
- BERGHOLZ, P. (1888): Das Klima von Bremen. — Abh. Naturw. Ver. Bremen X, 1.
- (1890): Das Klima von Bremen; in: Die freie Hansestadt Bremen und ihre Umgebungen; Festgabe zur 63. Versamml. d. Ges. deutscher Naturforscher u. Ärzte.
- (1891): Ergebnisse der met. Beobachtungen in Bremen 1803–1890. — Jahrb. Bremen I.
- (1895): Das met. Observatorium in Bremen. — Deutsche Geogr. Bl.
- (1902): Das Klima von Bremen. — Met. Z. 19, 526–527.
- (1906): Ergebnisse der met. Beobachtungen in Bremen 1876–1905. — Jahrb. Bremen XVI.
- FOCKE, W. O., (1868): H. W. M. Olbers Beob. über Lufttemperatur und Luftdruck zu Bremen 1803–1813. — Abh. Naturw. Ver. Bremen I.
- (1878): Notizen über die Witterungsverhältnisse in Bremen 1795–1825. — Abh. Naturw. Ver. Bremen V.
- (1878 und 1880): Die Vegetation in den Wintern 1877–1880. — Abh. Naturw. Ver. Bremen V und VI.
- (1882): Die Jahresmittel, Maxima und Minima aus den bisher zu Bremen angestellten thermometrischen und barom. Beobachtungen. — Abh. Naturw. Ver. Bremen VII.
- GROSSE, W. (1911): Beiträge zur Klimabeurteilung Bremens u. zur Klimavergleichung von Berlin, Bremen und Frankfurt/Main. — Bremen.
- (1916): Ergebnisse der Stations-Beobachtungen Bremen 1876–1915. — Jahrb. Bremen XXVI.
- (1922 und 1923): Bearbeitung langj. Beobachtungen. — Jahrb. Bremen XXXIII und XXXIV.
- (1927): Temperatur- und Dampfdruck in Bremen (1890–1920). — Das Wetter 44, 282–284.
- HÄPKE, L. (1866): Witterungsbeob. zu Bremen in den 30 Jahren von 1829–1858. Angestellt durch Dr. med. Ph. Heineken. — Abh. Naturw. Ver. Bremen I, 152–211.
- (1866): Witterungsbeob. zu Bremen in den 8 Jahren von 1859–1866. Angestellt durch Dr. med. Ph. Heineken. — Abh. Naturw. Ver. Bremen I, 346–361.
- (1881): Beiträge zur Physiographie der Gewitter. — Z. f. Met. XVI, 533–534.
- HEINEKEN, PH.: Witterungsbeobachtungen 1829–1870. — Einzelne Jahresberichte auf Blättern in plano.
- HEINEMANN, H.-J. (1979): Eine vorläufige Bilanz des Winters 1978/1979. — Wetterkarte des DWD. Amtsblatt des Seewetteramtes 53 und 54.
- HELLMANN, G. (1906): Die Niederschläge in Norddeutschen Stromgebieten. — 3 Bd. Berlin.
- HILLEBRAND, R. (1952): Flugklimatologische Studien am Flughafen Bremen. — Ber. DWD US-Zone 38, 316–320.
- (1952): Die Eisheiligen in diesem Jahr wieder verspätet. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 4, 123.
- (1953): Ein Kugelblitz wurde beobachtet. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 147.
- KULENKAMPFF, H. (1873): Klimatolog. Daten f. Bremen (1816–1871). — Met. Z. 1873, 368.
- (1875): Über den Einfluß der Witterung auf die Sterblichkeit in Bremen. — Dtsch. Vierteljahr. Z. f. öffentliche Gesundheitspflege VII.
- MÜLLER, W. C. (1824): Außerordentliche Wärme und Kälte in Sommern und Wintern seit 500 Jahren, nach Bremer, Hamburger und Oldenburger Chroniken u. mehreren anderweitigen thermometr. Beob. seit 100 Jahren. — Bureau f. Bremische Statistik.
- OLBERS, H. W. M. (1851): Über die mittlere Wärme in Bremen (1803–1813). — Astronom. Nachr. XXXI.
- REIDAT, R. (1957): Klimadaten für Bauwesen und Technik. Nr. 7, Bremen.
- SCHNEIDER, G. (1887): Über das Klima von Bremen. — Progr. Realschule in der Altstadt Bremen.
- (1889): Die Bestimmung wahrer Monatsmittel der Temperatur für Bremen. — Abh. Naturw. Ver. Bremen X.
- (1889): Die Bestimmung stündlicher Mittel der Temperatur für Bremen 1898–1917. Abh. Naturw. Ver. Bremen X.
- SCHUMACHER, A. (1918): Frostgrenzen im Erdboden nach Beobachtungen in Bremen. — Met. Z. 35, 189–199.

- TROEGER, H. (1953): Phänologische Richtwerte für Bremen. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 90.
- (1955): Die Kosten der Schneeräumung in Bremen: 70 000 DM. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 7, 95.
- (1957): Olbers als meteorologischer Beobachter. Beilage zur Wetterkarte DWD Nr. 18/1957.
- WAGNER, F. (1953): Bemerkungen zu der Gewitterlage Mitte Mai 1953. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 118, 119.
- (1953): Ursachen des letzten Dauerregens. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 293.
- WEIKINN, C. (1958): Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahr 1850. Hydrographie, Teil I. Berlin.
- Wetteramt Bremen (1951): Der sonnenreiche Oktober 1951. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 3, 261.
- (1951): Winterstrenge und Winterkälte in Bremen. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 3, 291, 296, 303.
- (1952): Schneeverhältnisse der Bremer Winter von 1891/92 — 1951/52. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 4, 52, 58.
- (1953): Höchste und tiefste Temperaturen in Bremen. — Wetterkarte des Wetteramtes Bremen 5, 56.

Regelmäßige Veröffentlichungen:

- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Freie Hansestadt Bremen. — Bd. 1–44, 1890–1933.
- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch. — Ab 1934.
- Täglicher Wetterbericht der Öffentlichen Wetterdienststelle. — Bremen 1922–1933.
- Wetterkarte des Wetteramtes Bremen. — Jg. 1–20, 1949–1968.
- Wetterkarte des Deutschen Wetterdienstes, Amtsblatt des Seewetteramtes und der Wetterämter Bremen, Essen, Hannover und Schleswig. — Ab 1968.
- Monatlicher Witterungsbericht für Bremen und das westliche Niedersachsen. — Jg. 1–33, 1946–1978.
- Monatlicher Witterungsbericht, Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes, mit Beilage für den Wetteramtsbereich Bremen. — Ab 1979.

Die älteren Veröffentlichungen befinden sich zum größten Teil in der Bibliothek des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach, ein Teil in der Universitätsbibliothek Bremen. Die Meteorologischen Jahrbücher sowie die neueren Arbeiten sind Bestandteil der Bibliothek des Wetteramtes Bremen.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Met. D. Bätjer

Dipl.-Met. H.-J. Heinemann

Deutscher Wetterdienst

Wetteramt Bremen

Flughafen

