

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 3 (1961-1962)

Heft: 2

Artikel: Klimaschwankungen in Basel im Laufenden Jahrhundert

Autor: Bider, Max

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089479>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

KLIMASCHWANKUNGEN IN BASEL IM LAUFENDEN JAHRHUNDERT

MAX BIDER

1 EINLEITUNG

Sobald während einiger Zeit die Witterung ein etwas ungewöhnliches Verhalten zeigt, wird die Frage aufgeworfen, ob sich das Klima ändere bzw. geändert habe, und man ist in unserer schnellebigen Zeit rasch bereit, von Klimaänderungen zu reden. Nun gehört aber zum Witterungscharakter unserer Zone als eine normale Erscheinung ein recht erhebliches Mass von Schwankungen. Zur Abklärung des Begriffes Klimaschwankungen wird es zweckmässig sein, zuerst kurz den Begriff «Klima» zu betrachten. Die Definition dieses Begriffes hat sich im Laufe der Zeit mehrfach modifiziert. Während Alexander v. Humboldt 1845 unter Klima «alle Veränderungen der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren», zusammenfassen will, versteht Hann darunter den Ausdruck für «die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen». In neuerer Zeit hat man diese Definition insofern erweitert, als man auch von einem Klima der freien Atmosphäre (also nicht nur der Erdoberfläche) spricht. Im Ausdruck «mittlerer Zustand» ist der Begriff der Mittelbildung eingeschlossen, und es erhebt sich nun sofort die Frage, wie gross der Zeitraum sein soll, über den gemittelt werden muss. Ursprünglich vertrat man die Meinung, dass das Klima, wie es sich aus den meteorologischen Beobachtungen der Neuzeit ergibt, als unveränderlich betrachtet werden könne. In Anbetracht der sich jetzt über mehr als zwei Jahrhunderte erstreckenden instrumentellen Messungen kann dieser Standpunkt nicht mehr aufrecht erhalten werden. Vor einiger Zeit hat deshalb R. Meyer (1) vorgeschlagen, unter Klima «die statistische Zusammenfassung der Witterungsverhältnisse eines Ortes während einer bestimmten Zeit» zu verstehen. Damit wird das Klima nur in bezug auf die ausgewählte Zeitspanne definiert, sodass sich daraus die für klimatisch-geographische Studien bekannte Forderung ergibt, dass nur Mittelwerte, die sich über ein und dieselbe Zeitspanne erstrecken, verwendet werden sollen. Die klimatologische Kommission der internationalen meteorologischen Organisation (jetzt Organisation Météorologique Mondiale, OMM resp. WMO) hat schon 1935 an der Warschauer Konferenz vorgeschlagen, dass als Grundlage für klimatische Mittelwerte ein Zeitraum von mindestens 30 Jahren verwendet werden soll und hatte als «internationale Periode» die Zeit von 1901 bis 1930 gewählt, wobei später die Jahre 1921—1950 und dann 1931—1960 usw. herangezogen werden sollten. Wir werden uns allgemein an diesen Vorschlag halten, wobei wir vorwegnehmen wollen, dass nach dieser Definition das Klima keineswegs konstant ist.

Innerhalb dieser Festlegung gibt es viele Möglichkeiten, die «statistische Zusammenfassung» anzupacken. Die klassische Meteorologie beschränkte sich vorzugsweise auf Mittelwerte (z. B. Jahres- und Monatsmittel) verschiedener meteorologischer Elemente (meist Temperatur und Niederschlagsmenge, seltener Bewölkung, Feuchtigkeit, Wind usw.), wobei später auch die Streuungen und weitere statistische Charakteristiken untersucht wurden, die wertvolle Erkenntnisse brachten. Um von dem immer etwas fiktiven Mittelwert loszukommen, ist man dazu übergegangen, Häufigkeiten bestimmter ausgewählter Werte auszuzählen. In neuester Zeit untersucht man die klimatischen Faktoren bei bestimmten ausgewählten Wetterlagen (2), wie dies z. B. H. Flohn (3) getan hat, um so wieder mehr zu einer Synthese zu gelangen; man spricht von der «dynamischen Klimatologie». Im Zusammenhang mit solchen Untersuchungen wird dem Jahresverlauf der einzelnen meteorologischen Elemente vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt, wobei man sich nicht mehr mit Monatsmitteln begnügt, sondern die «Feinstruktur» des Jahrganges nach dem Vorgang von A. Schmauss anhand von mittleren Tageswerten oder von Häufigkeiten für jeden Tag des Jahres (Singularitäten) untersucht (4).

2 DAS VORLIEGENDE BEOBACHTUNGSMATERIAL

21 HOMOGENITÄT DES MATERIALS

Im Rahmen dieser Skizze kann es sich nicht darum handeln, alle erwähnten Methoden anzuwenden und ein auch nur einigermassen vollständiges Bild der klimatischen Veränderungen im laufenden Jahrhundert für Basel zu geben. Bevor wir uns dem Thema zuwenden können, müssen wir uns fragen, ob das vorliegende Material der Basler Beobachtungen zur Betrachtung klimatischer Schwankungen überhaupt geeignet ist. Eine absolut notwendige Voraussetzung ist die vollständige Homogenität der Beobachtungen. Jede Stationsverlegung, jede Änderung in der Aufstellung der Instrumente, ja gewisse Änderungen in der Umgebung der Station (z.B. vermehrte Ueberbauung) können Inhomogenitäten bedingen, die die Untersuchung von Klimaschwankungen verunmöglichen, da die dadurch bedingten Änderungen von der gleichen Größenordnung wie die zu untersuchenden Klimaänderungen sind. Falls, wie dies für Basel der Fall ist, Stationsverlegungen stattgefunden haben (bis 1928 im Bernoullianum, von 1929 an in der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt auf St. Margrethen-Binningen), müssen die Reihen sorgfältig homogenisiert werden.

In Basel liegen nun für die Monatsmittel der Temperatur (5) und des Lufdruckes (6) solche homogenisierte Reihen seit 1755 vor; sie sind bezogen auf die jetzige Station auf St. Margrethen-Binningen (317 m ü. M.). Die zu einer weiter gehenden Charakterisierung der Temperaturverhältnisse herangezogene Anzahl Tage mit bestimmten Extremwerten, wie Eistage (Maximaltemperatur $< 0^{\circ}$), Frosttage (Minimaltemperatur $< 0^{\circ}$) Sommertage (Maximaltemperatur $\geq 25.0^{\circ}$) und Tropentage (Maximaltemperatur $\geq 30.0^{\circ}$) wurden auf Grund 10jähriger Beobachtungen durch Reduktion der Einzel-

werte gewonnen. Während die Niederschlagsmenge durch die Verlegung der Station nicht beeinflusst wurde, ist die Anzahl der Niederschlagstage besonders für kleine Tagesmengen bei der alten Station merklich grösser als an der jetzigen (Differenz der Jahressummen der Niederschlagstage ≥ 0.1 mm = 5.6 Tage für ≥ 0.3 mm = 6.2 und für ≥ 1.0 mm = 3.0 Tage, während sich für solche ≥ 10 mm kein Unterschied ergibt). Auch die Anzahl der Tage mit Schneefall und Schneedecke musste reduziert werden. (Jahressumme am jetzigen Standort für Tage mit Schneefall 4.4, mit Schneedecke 5 Tage grösser als am alten.) Wegen Apparatdefekten musste die Sonnenschein-dauer in der Zeit von 1892—1928 neu reduziert werden; die Werte beziehen sich auf den jetzt in Gebrauch stehenden relativ unempfindlichen Sonnenscheinautographen (7). Zur Reduktion wurden vor allem langjährige Sonnenscheinregistrierungen von Buus-Wintersingen (Baselland) sowie von Bern, Zürich, Hallau (SH), Neuenburg, Strassburg, Karlsruhe und St. Blasien und dann die Bewölkungsschätzungen von Basel und Buus benutzt.

22 WERTE EINZELNER JAHRE, RESP. JAHRESZEITEN

Um einen Begriff von den Schwankungen der Einzelwerte zu geben, sind in Abb. 1 die wichtigsten klimatischen Elemente wie Temperatur, Niederschlagsmenge und Sonnenscheindauer für das ganze Jahr und die wichtigsten Jahreszeiten (Sommer: Juni bis August, Winter: Dezember bis Februar) in Form von Abweichungen vom langjährigen Mittelwert dargestellt; sie stellen in gewissem Sinne eine rudimentäre Witterungschronik für den betrachteten Zeitraum dar.

Eine Betrachtung der *Temperaturverhältnisse* zeigt, dass die Jahresmittelwerte 1901—1920 meist unter dem langjährigen Mittel liegen, wobei das Jahr 1911 wegen des heissen Sommers eine Ausnahme darstellt. In dieser Zeit ist der extrem milde Winter 1916 (1915/16) mit 4.4° erwähnenswert, ist er doch zusammen mit demjenigen vom Jahre 1834 der wärmste der ganzen 206jährigen Reihe. Von 1920—1942 zeigen die Jahresmittel relativ geringfügige Schwankungen; bemerkenswert ist der Winter von 1929; er ist mit -2.9° der kälteste im Zeitraum von 1896 bis jetzt; ebenfalls sehr kalt waren die drei aufeinanderfolgenden Winter 1940, 1941, 1942 (Kriegswinter). Die Jahreswerte 1943—1952 sind alle höher als normal, wobei 1947 mit 10.6° das höchste Jahresmittel der ganzen Reihe seit 1755 darstellt; besonders warm war der Sommer 1947 mit 20.6° ; er war ebenfalls der wärmste der ganzen Reihe. Uebrigens gilt dies auch für den Frühling 1947 (8). Im letzten Jahrzehnt ist noch die niedrige Jahrestemperatur von 1956 erwähnenswert; sie war die niedrigste seit 1890. Anderseits war der Sommer 1952 aussergewöhnlich warm; er war der letzte der Reihe der sehr warmen Sommer, die 1947 begonnen hatte.

Die Jahressumme der *Niederschlagsmenge* zeigt in den beiden ersten Jahrzehnten keine auffälligen Werte; im Sommer sind die niedrigen Werte von 1904 (102 mm) und 1906 (149 mm) erwähnenswert. Auffallend gross sind die Unterschiede der aufeinanderfolgenden Jahressummen 1921 (499 mm), dem trockensten Jahr der ganzen Reihe seit 1864, und 1922 (1141 mm). Dann folgen bis 1938 Jahressummen mit geringen Abweichungen vom Normalwert, bis dann das Jahr 1939 mit 1193 mm die grösste Menge

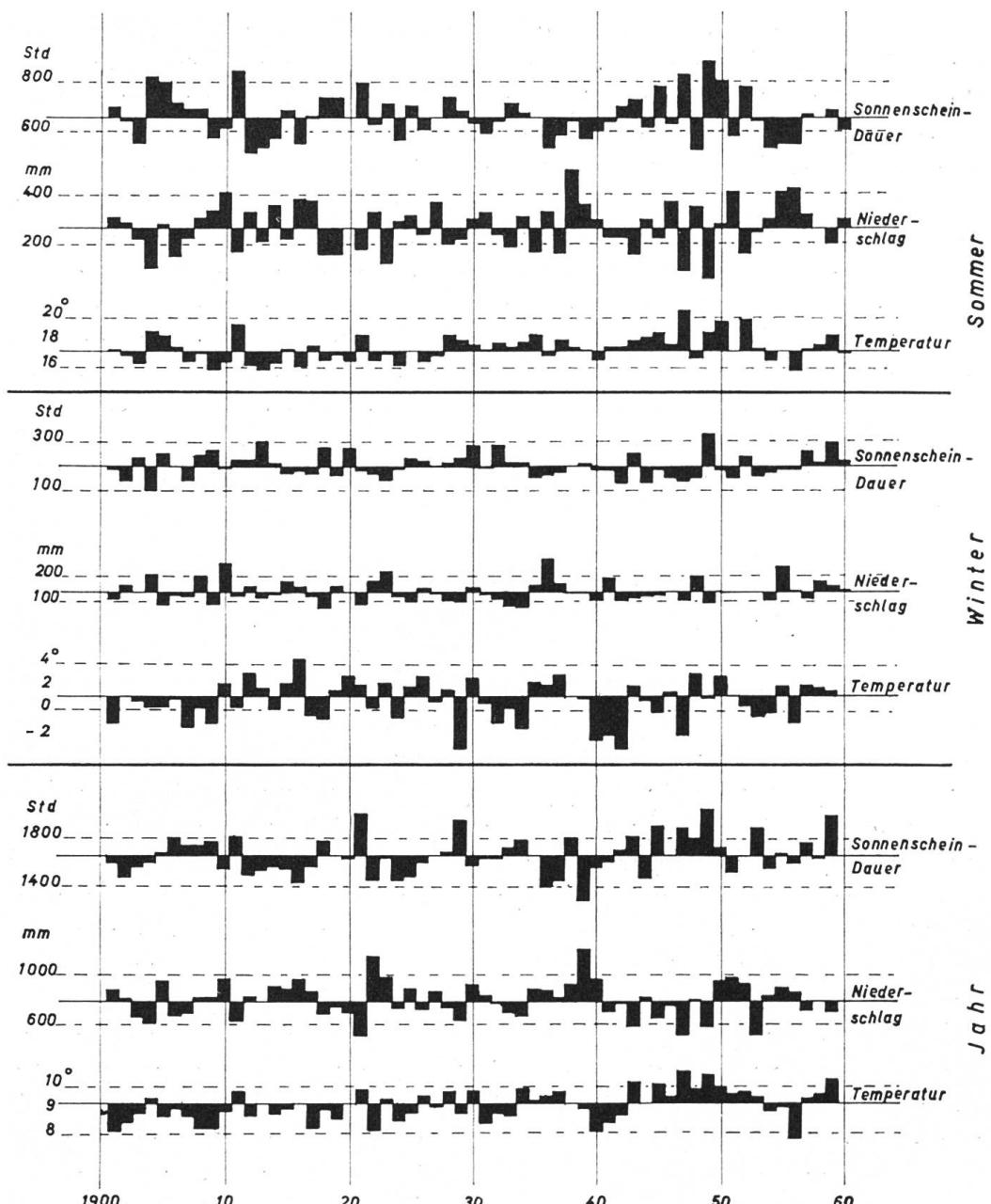


Abb. 1. Abweichungen vom Mittelwert

seit 1872 bringt, indem der Sommer mit 503 mm die höchste Sommerniederschlagsmenge seit Beginn der Reihe erreicht hatte. Von 1941—1949 weisen die meisten Jahre beträchtliche Defizite auf (besonders 1947 mit nur 514 mm), wobei die Dürresommer 1947 mit 94 mm und 1949 mit 73 mm erwähnenswert sind. Die folgenden Jahre 1950 bis 1956 brachten (mit Ausnahme von 1953) Ueberschüsse, die hauptsächlich auf die relativ grossen Sommerniederschläge von 1951 sowie 1955 und 1956 zurückzuführen sind.

Die Jahressummen der *Sonnenscheindauer* (drittunterste Kurve Abb. 1) zeigen in den Jahren 1901—1920 keine grossen Abweichungen vom Mittel-

wert; im Sommer dagegen brachten die Jahre 1904 und 1905, sowie vor allem 1911 (vgl. Sommertemperatur) grosse Ueberschüsse, diejenigen von 1912—1913 sowie 1915 beträchtliche Defizite. Sehr gross war die Jahressumme der Sonnenscheindauer in den Jahren 1921 (1998 Std.) und 1929 (1943 Std.), dagegen blieb sie von 1922—1928 fast stets unter dem Mittelwert. Recht niedrige Werte wurden 1936 und 1937, sowie besonders 1939 (1285 Std.) registriert; das letzterwähnte Jahr ist das sonnenärmste der ganzen Reihe. Von 1942 bis 1950 weist die Jahressumme der Sonnenscheindauer meist beträchtliche Ueberschüsse auf, besonders im Jahre 1949 (2032 Std.); ebenso sind die Sommer in diesen Jahren (mit Ausnahme von 1948) meist sehr sonnig, besonders 1947 und vor allem 1949. Im letzten Jahrzehnt bleiben die Abweichungen der Jahressummen vom Mittel im allgemeinen gering; grosse Ueberschüsse brachten 1953 und vor allem 1959. Erwähnenswert sind noch die sonnenarmen Sommer der Jahre 1954—1956.

3 VERGLEICH DER PERIODEN DER JAHRE 1901-1930 UND 1931-1960

31 MONATS- UND JAHRESMITTEL

In Tabelle 1 sind die dreissigjährigen Mittelwerte der beiden Perioden 1901—1930 und 1931—1960 für verschiedene klimatische Elemente zusammengestellt und zum Vergleich sind in einzelnen Fällen die Mittelwerte über die gesamte Reihe beigefügt. Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass sich einige Mittelwerte von der I. zur II. dreissigjährigen Periode wesentlich geändert haben. Am auffallendsten ist wohl der Anstieg der Jahrestemperatur von 9.04° auf 9.45° . Eine Veränderung des Jahresmittels der Temperatur um 0.41° ist ein Betrag, der zur Beurteilung des Klimas keineswegs vernachlässigt werden darf, beträgt doch der Unterschied der Jahrestemperatur (9) zwischen Basel-Binningen und Zürich (Gloriastrasse) nur 0.3° und gegenüber Bern (570 m ü. M.), dessen Klima mit Recht als wesentlich rauher als dasjenige von Basel gilt, erreicht die Differenz nur 1.0° . In beiden Städten lassen sich auch Unterschiede in der Vegetationsentwicklung feststellen; so blühen die Obstbäume in Zürich und Bern wesentlich später als in Basel und in Bern reifen Pfirsiche kaum noch aus, während sie in Basel und Umgebung ausgezeichnet gedeihen. Im Mittel entspricht die Temperaturerhöhung von 0.4° einer Südärtsverlagerung um einen halben Breitengrad, also 50—60 km (10). Dass dieser Anstieg keine lokale Basler Erscheinung ist, lässt sich einer kürzlich von M. Schüepp (11) verfassten Arbeit entnehmen, worin anhand von 50jährigen Mitteln der Durchschnittstemperatur der ganzen Schweiz gezeigt wird, dass dieses Temperaturmittel von 1871—1920 von 5.1° auf 5.6° für die Jahre 1910—1959 ansteigt; der Verlauf zeigt einen regelmässigen linearen Anstieg. Ja man kann nach H. Flohn (12) sagen, dass der Temperaturanstieg eine globale Erscheinung ist, indem auf der ganzen Erde, mit Ausnahme eines Teiles der Südhemisphäre (südl. 45°), seit 1880 durch-

schnittlich ein jährlicher Temperaturanstieg von 0.01° stattgefunden hat. Die Auswirkungen zeigen sich deutlich an einem Rückgang der Gletscher, sei es in der Arktis, sei es z. B. in den Alpen.

Man kann mit Hilfe statistischer Methoden untersuchen, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass die zwei dreissigjährigen Mittelwerte um 0.41° voneinander abweichen; man muss dazu nur die mittlere Streuung σ der beiden Reihen berechnen.

$(\sigma_I = \pm 0.46^{\circ}, \sigma_{II} = \pm 0.65^{\circ})$. Die Streuung σ_{MI} des Mittelwertes der ersten Periode beträgt $\frac{0.46}{\sqrt{30}} = \pm 0.084, \sigma_{MII} = \pm 0.119$.

Daraus berechnet (13) sich die Streuung der Differenz der beiden Mittel

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_{MI}^2 + \sigma_{MII}^2} = \pm 0.148^{\circ}.$$

Der Wert 0.41° entspricht nahezu der dreifachen Streuung. Dies bedeutet eine Wahrscheinlichkeit von nur etwa 0.5% , d. h. ein Temperaturanstieg von 0.41° kommt als zufälliges Ereignis nur einmal in 200 Fällen vor. Man darf also schliessen, dass dieser Anstieg keineswegs als zufällig zu bezeichnen ist, sondern dass er durch eine allgemeine Änderung der klimatischen Verhältnisse bedingt ist.

Der Anstieg verteilt sich auf die einzelnen Monate und Jahreszeiten recht verschieden; der Winter ist in der II. Periode sogar 0.3° kälter geworden, während die übrigen Jahreszeiten merklich wärmer geworden sind: Frühling 0.5° , Sommer 0.7° (Wahrscheinlichkeit 0.5%), Herbst 0.6° (Wahrscheinlichkeit 0.9%). Erwähnenswert sind die starken Anstiege im April (0.9°) und September (0.9°), sowie im Juni (0.8°) und August (0.8°); aber der grossen Streuung wegen ist die Zufallswahrscheinlichkeit in allen diesen Fällen merklich grösser als im Jahresmittel, nämlich mindestens $2-3\%$. Der Anstieg dieser Monatsmittel um $0.8-0.9^{\circ}$ ist, statistisch beurteilt, weniger bedeutend als derjenige des Jahresmittels um 0.4° . Bemerkenswert ist, dass alle Monats- und Jahresmittel der II. Periode höher sind, als diejenigen des 206jährigen Mittel 1755—1960.

Wie sehr sich noch 30jährige Mittel verändern können, zeigen die in Tabelle 2 angeführten tiefsten und höchsten 30jährigen Mittel von 1755—1960, wobei nur diejenigen 30jährigen Mittel berechnet wurden, die mit den Jahren 01, 11, 21 usw. beginnen. Die 30jährigen Monatsmittel schwanken in den Wintermonaten um 2.0° und in den wenig veränderlichen Sommermonaten noch um $0.8-1.2^{\circ}$. Der grösste Teil der höchsten Monatsmittel fällt in die Periode 1931—1960 (März, April, Juni, Juli, August, September); in den meisten Winter- und Herbstmonaten wurden die höchsten Werte zu Beginn des laufenden Jahrhunderts erreicht. Die tiefsten Werte traten in fast allen Monaten um Beginn des 19. Jahrhunderts oder noch im 18. Jahrhundert auf. Das tiefste Mittel des Dezembers 1861—1890 ist durch den extrem kalten Dezember 1879 mit -10.3° bedingt.

Auch die zur Charakterisierung der Wärmeverhältnisse herangezogenen Tage mit bestimmten Schwellenwerten der Tagesextreme der Temperatur zeigen in den beiden Perioden deutlich verschiedene Häufigkeiten. Dem etwas kälteren Winter entspricht eine leichte Zunahme der Eistage, während die Anzahl der Frosttage deutlich (um 7 Tage = 8 %) abgenommen hat, was mit der Erwärmung des Frühjahres und Herbstes zusammenhängt. Der Zunahme der Sommertemperatur entspricht eine deutliche Zunahme der Anzahl Sommertage (um 5 Tage = 9 %) und der Tropentage.

Im Gegensatz zur Temperatur zeigt die *Niederschlagsmenge* keine grossen Änderungen beim Uebergang von Periode I zur Periode II; aber gegenüber dem zum Vergleich hinzugefügten Mittel 1864—1960 zeigt die Periode II eine leichte Abnahme um 17 mm, im Gegensatz zu den Untersuchungen, die H. Uttinger (11) kürzlich veröffentlicht hat, wonach sich im Mittel über die ganze Schweiz in 50jährigen Mittelwerten von 1865—1914 bis 1910—1959 eine Zunahme um etwa 2 % ergeben hat. Wenn man die Jahreszeiten der beiden Basler-Perioden I und II vergleicht, so fällt die Abnahme im Frühjahr um 15 mm (besonders im April) und die leichte Zunahme im Sommer (11 mm) speziell im August (8 mm) auf. Auffallend ist auch die grosse Zunahme im Januar (14 mm), die deutlich auf Kosten des Dezembers (— 11 mm) und Februars (— 4 mm) erfolgte. Im Gegensatz zur Jahresniederschlagsmenge zeigt die Jahressumme der *Niederschlagstage* von der I. zur II. Periode eine ganz wesentliche Änderung, nämlich eine deutliche Abnahme, die bei Niederschlagstagen ≥ 0.1 mm 16 Tage = 9 % und bei solchen ≥ 0.3 mm 8 Tage = 5 %, bei ≥ 1.0 mm 5 Tage = 4 % beträgt. Da ja gleichzeitig die Niederschlagsmenge praktisch gleich geblieben ist, bedeutet dies eine wesentliche Zunahme der sog. Niederschlagsdichte, d. h. des Quotienten Niederschlagsmenge: Niederschlagstage (vgl. Tabelle 1): die Niederschläge sind ergiebiger geworden. Eine kleine Untersuchung über die Beziehung der Jahresniederschlagsmenge zur jährlichen Anzahl Niederschlagstage ergibt Korrelationskoeffizienten von 0.77—0.80, wobei die Unterschiede für Niederschlagstage mit verschiedenen Schwellenwerten überraschend gering sind. Dass die Abnahme der Niederschlagstage keineswegs eine lokale Erscheinung darstellt, zeigt eine Arbeit von W. Dammann (14), in der für die sommerlichen Niederschläge ebenfalls eine Abnahme der Niederschlagshäufigkeit über grossen Gebieten Westdeutschlands nachgewiesen wurde.

Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagstage zeigt die stärkste Abnahme im Frühjahr (besonders März und April), dann auch im Sommer; nur im Winter ist sie gering oder zeigt eine leichte Zunahme; im Januar nimmt sie sogar deutlich zu, entsprechend der grossen Zunahme der Niederschlagsmenge in diesem Monat. Die Niederschlagsdichte weist aber auch im Januar eine starke Zunahme auf (für ≥ 0.1 mm von 2.6 mm auf 3.4 mm, für ≥ 0.3 mm von 3.2 auf 3.8 mm / Tag). Es muss noch darauf hingewiesen werden, dass sich der Jahrgang der Niederschlagshäufigkeit von der I. zur II. Periode völlig geändert hat. Wie in der I. Periode der April die meisten Niederschlagstage auf, so ist es in der II. Periode der Januar und das Mini-

Tabelle I 30JÄHRIGE MITTELWERTE BASEL-BINNINGEN: I. 1901—1930 II. 1931—1960

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
Temperatur 1755—1960	I	0.4	1.4	5.0	8.4	13.3	16.2	18.1	17.2	13.9	9.1	3.9	1.7	1.2	8.9	17.2	9.0	9.04
	II	0.1	1.3	5.4	9.3	13.5	17.0	18.7	18.0	14.8	9.4	4.7	1.2	0.9	9.4	17.9	9.6	9.45
	—	—0.7	1.2	4.4	8.8	13.2	16.5	18.2	17.6	14.1	8.9	3.9	0.5	0.4	8.8	17.4	9.0	8.89
Niederschlags- menge 1864—1960	I	39	44	50	65	79	89	88	86	73	63	60	55	138	194	263	196	791
	II	53	40	48	55	76	93	86	94	79	61	56	44	137	179	273	196	785
	—	42	41	50	62	79	96	87	89	77	69	59	51	134	191	272	205	802
Niederschlags- tage ≥ 0.1 mm	I	14.7	13.2	15.6	16.5	16.0	15.6	14.2	14.2	13.3	13.9	14.7	16.2	44.1	48.1	44.0	41.9	178.1
	II	16.6	12.9	11.8	13.3	14.3	13.9	13.2	13.7	12.9	13.2	13.4	13.5	42.0	39.4	40.8	39.5	161.7
Niederschlags- tage ≥ 0.3 mm	I	12.0	11.2	13.2	14.7	14.3	13.8	13.0	12.5	11.6	11.9	11.9	13.6	36.8	42.2	39.2	35.4	153.7
	II	13.5	11.4	10.8	12.0	13.3	12.9	12.3	12.4	11.7	11.3	12.1	12.2	37.1	36.1	37.6	35.0	145.8
Sonnenschein- Dauer in Std.	I	66	90	119	138	199	210	234	219	152	104	61	49	205	456	663	317	1641
	II	63	80	140	163	195	214	232	209	160	109	60	52	195	498	655	329	1677
Luftdruck in mmHg 1755-1960	I	36.8	34.9	32.7	32.0	33.8	34.8	35.1	35.3	35.9	35.0	34.3	34.2	35.3	32.8	35.1	35.1	34.5
	II	34.8	34.4	33.9	33.6	33.6	35.1	35.1	34.9	35.8	35.2	34.6	34.7	34.6	33.7	35.0	35.2	34.6
	—	35.4	35.0	33.5	32.8	33.6	34.9	35.2	35.2	35.6	34.7	34.2	34.8	35.1	33.3	35.1	34.8	34.6

EINIGE WEITERE JAHRESMITTELWERTE (IN ANZAHL TAGEN)

	Eis- Tage	Frost- Tage	Sommer- Tage	Tropen- Tage	Schneefall	Schneedecke	helle Tage	trübe Tage	Niederschlagstage ≥ 1.0 mm	Niederschlagsdichte ≥ 10.0 mm	Niederschlagstage ≥ 0.1	Niederschlagsdichte ≥ 0.3	Niederschlagstage ≥ 1.0
I	14.1	89.1	57.0	15.2	30.4	29.9	37	154	122.3	22.2	4.4	5.1	6.5
II	16.1	82.4	62.2	16.1	24.0	29.5	49	154	117.1	21.4	4.9	5.4	6.8

mum hat sich vom September (resp. Februar) auf den März (trotz seiner Monatslänge von 31 Tagen) verlagert.

Die *Jahressumme der Sonnenscheindauer* nimmt von der I. zur II. Periode etwas zu (40 Std. = 2.4 %). Im Jahresverlauf ist die grosse Zunahme im Frühjahr (45 Std. = 10 %) erwähnenswert, die aber allein auf die Monate März (21 Std. = 17 %) und April (25 Std. = 15 %) entfällt. Wesentlich sonnenärmer ist der Februar geworden.

Um zu untersuchen, wie die festgestellten Veränderungen der klimatischen Verhältnisse mit den Luftdruckverhältnissen zusammenhängen, wurden der Tabelle 1 die Monatsmittel des *Luftdruckes* beigefügt, obschon diese in klimatischen Untersuchungen oft nicht behandelt werden, da der Luftdruck ja keine direkte klimatische Wirkung ausübt. Zunächst erkennt man, dass die Luftdruckveränderungen meist sehr gering sind; besonders das 30jährige Jahresmittel zeigt nur eine Zunahme um 0.2 mm. Typisch aber ist, dass im März (+ 1.2 mmHg) und im April (+ 1.6 mmHg) der Luftdruck relativ stark gestiegen, im Winter, besonders im Januar (-2.0 mmHg) aber gefallen ist. Es zeigt sich also überraschend deutlich, wie die trockenere, wärmere und sonnigere Frühlingswitterung mit einem Anstieg des Luftdruckes gekoppelt ist und wie mit der erhöhten Niederschlagstätigkeit im Januar ein relativ starkes Absinken des Luftdruckes einhergeht.

Die in der Tabelle 1 niedergelegten *Ergebnisse* des Vergleiches der beiden Perioden von 1901—1930 und 1931—1960 lassen sich folgendermassen zusammenfassen. Die Jahresmittel zeigen einen beträchtlichen Temperaturanstieg von der I. zur II. Periode. Während sich die Jahresniederschlagsmengen kaum geändert haben, hat die Niederschlagshäufigkeit stark abgenommen. Die Sonnenscheindauer hat sich etwas erhöht und die Zahl der hellen Tage ist stark angestiegen, während diejenige der trüben Tage gleichgeblieben ist.

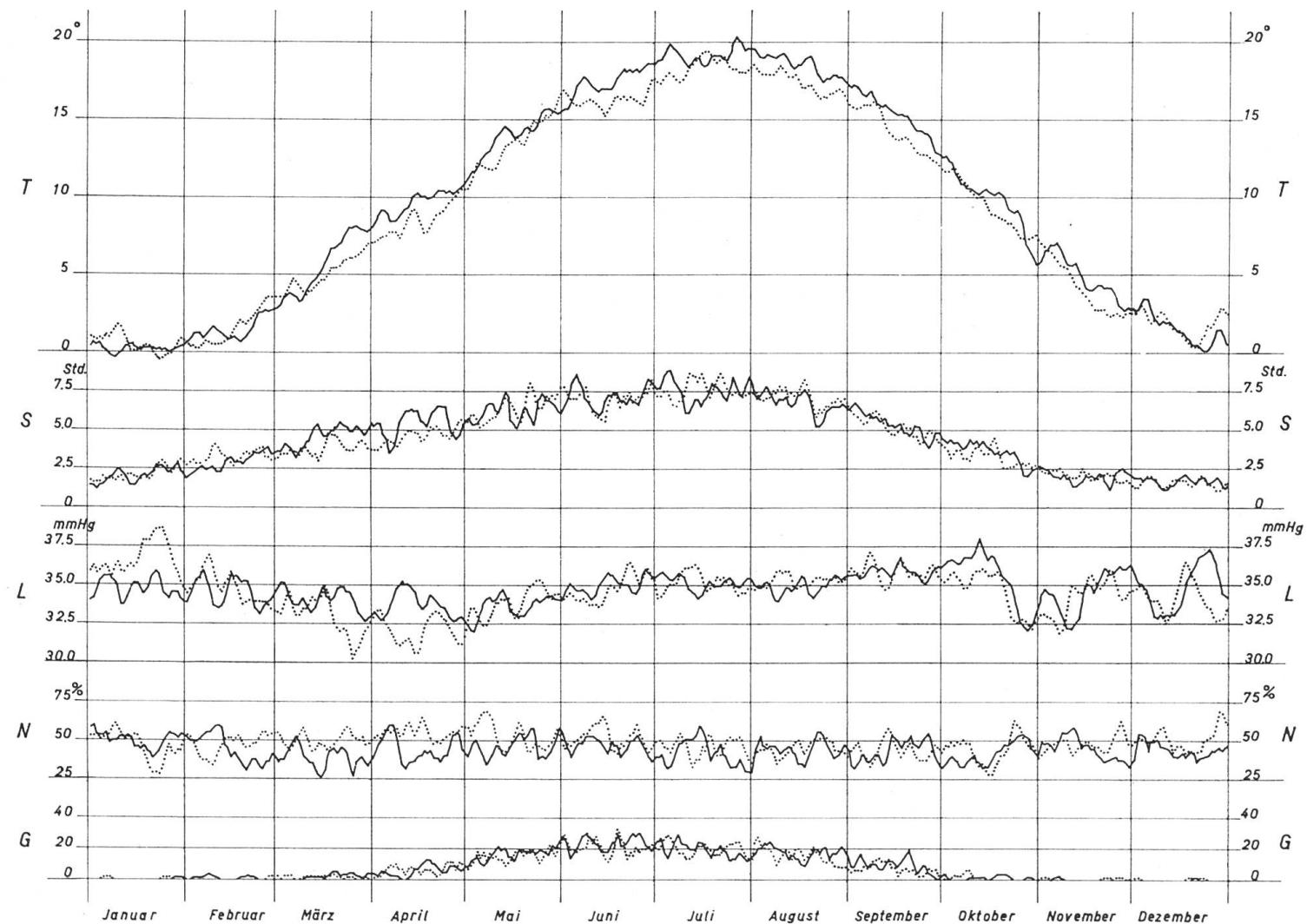
Der *Winter* ist etwas kälter geworden und im Januar hat die Niederschlagsmenge beträchtlich zugenommen. Im ganzen ist die Schneefallhäufigkeit geringer geworden, während die Anzahl der Tage mit Schneedecke gleichgeblieben ist. Im *Frühling* haben sich die klimatischen Verhältnisse stark geändert; er ist wesentlich wärmer, trockener und sonniger geworden. Der *Sommer* ist wärmer geworden, weist mehr Sommer- und Tropentage auf, verzeichnet aber eine leichte Zunahme der Niederschlagsmenge bei abnehmender Niederschlagshäufigkeit. Auch der *Herbst* ist wärmer und etwas sonniger geworden.

32 DER JAHRESPASS NACH TAGESWERTEN (SINGULARITÄTEN)

Um einen tieferen Einblick in die Veränderungen des Jahrganges einiger klimatischen Elemente zu bekommen, wurde der Jahresgang anhand von Tageswerten (dreitägige übergreifende Mittel) für die zwei Perioden berechnet und in Abb. 2 dargestellt. Bekanntlich zeigt der Jahresverlauf der

Abb. 2

Der Jahresgang nach
Tageswerten
(Singularitäten):
Temperatur,
Sonnenschein-
dauer, Luftdruck,
Niederschlags-
und Gewitter-
häufigkeit
(von oben nach
unten)



Witterung nicht nur die grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten oder Monaten, sondern es gibt bestimmte Zeitpunkte (mit Schwankungen bis zu einigen Tagen), an denen sich gewisse Wetterlagen besonders häufig einstellen, die zuerst von A. Schmauss eingehend untersucht wurden und die neuerdings Flohn (3) ausführlich diskutiert hat.

Es kann sich natürlich nicht darum handeln, jede Einzelheit im jährlichen Verlauf, resp. jede Veränderung, die sich beim Uebergang der I. zur II. 30jährigen Periode ergibt, zu besprechen. Wir beschränken uns auf die wesentlichen Züge, wobei wir nur Temperatur, Sonnenscheindauer, Niederschlags- und Gewitterhäufigkeit, sowie Luftdruck ausgewählt haben.

Es sei vorweggenommen, dass sich zahlreiche Singularitäten in der zweiten Periode abgeschwächt oder stark verschoben haben, die in der ersten Periode und auch in früheren deutlich aufgetreten sind; es sind auch solche darunter, die Flohn (3) als markant bezeichnet. Im Januar ist die Hochdruckperiode, die am 23. ihren Höhepunkt erreichte (Hochwinter nach Flohn), jetzt kaum noch angedeutet; entsprechend fällt auch die Abnahme der Niederschlagshäufigkeit um diese Zeit viel geringer aus. (In der I. Periode wurde am 23. Januar der höchste Luftdruck des ganzen Jahres erreicht, jetzt ist dies am 12. Oktober der Fall.) Auch der «Spätwinter» um den 8. Februar ist nur noch abgeschwächt erkennbar; die Niederschlagshäufigkeit zeigt erst nach dem 12. eine Abnahme. Der «Märzwinter», eine Rückkehr kälteren unbeständigen Wetters um den 5. März, zeigt sich mehr oder weniger deutlich in allen Kurven, und die um Mitte März einsetzende Hochdrucklage («Vorfrühling») prägt sich durch Zunahme der Temperatur und Sonnenscheindauer sowie Abnahme der Niederschlagshäufigkeit aus. Es sei noch darauf hingewiesen, dass vom 10. März bis Mitte Mai die Temperatur in der zweiten Periode stets höher liegt als in der ersten. Im April ist jetzt der Witterungsverlauf völlig anders als früher; nach einer Periode grosser Niederschlagshäufigkeit und geringer Sonnenscheindauer vor dem 5. April folgt eine Periode trockenen, sonnigen Wetters mit zunächst stark ansteigenden Temperaturen. Im Mai zeigt sich vom 13. bis 16. ein Temperaturrückgang, den man mit den «Eisheiligen» in Beziehung setzen könnte (doch müsste man dazu noch die Minimaltemperaturen untersuchen); er ist mit einer Zunahme der Niederschlagshäufigkeit und einer Abnahme der Sonnenscheindauer verknüpft. Der bekannte Kälterückfall anfangs Juni (1. Monsunwelle) beginnt jetzt merklich später, zeigt sich aber markant auch in der Abnahme der Sonnenscheindauer, der Zunahme der Niederschlags- und Gewitterhäufigkeit. Die Flohn'schen 2. und 3. Monsunwellen lassen sich nur undeutlich identifizieren. Nebenbei sei bemerkt, dass nach Untersuchungen von F. Baur (15) die Witterung um Ende Juni und anfangs Juli jedes einzelnen Jahres für die Witterung des Hochsummers entscheidend (Siebenschläferregel) ist, indem der Witterungscharakter dieser Zeitspanne einigermassen den ganzen Sommer über anhält. Um den 4. Juli zeigt sich eine Hochdrucklage (mit hoher Temperatur, grosser Sonnenscheindauer, geringer Niederschlagshäufigkeit), der die 4. Monsunwelle folgt. Ende Juli wird die höchste Temperatur erreicht (in der I. Periode um Mitte Juli), ver-

Tabelle 2. TIEFSTE UND HÖCHSTE 30JÄHRIGE MONATSMITTEL DER TEMPERATUR 1755—1960
BASEL-BINNINGEN

bunden mit geringer Niederschlagshäufigkeit und vermehrter Sonnenschein-dauer. Eine recht ausgeprägte Hochdrucklage entwickelt sich in der ersten Hälfte September etwa vom 12. an, gefolgt von einer Wetterverschlechte-rung. Während der «Frühherbst» (23.—30. September) sich kaum identifi-zieren lässt, tritt der «Mittelherbst» in der ersten Oktoberhälfte sehr mar-kant auf; er ist gegenüber früher etwas vorverlegt und dauert bis Mitte Oktober; in diese Zeit fällt jetzt das Jahresmaximum des Luftdruckes (12. Oktober 737.9 mmHg). Doch nun beginnt ein äusserst markanter Luftdruckfall, noch stärker ausgeprägt als früher, sodass der Luftdruck 16 Tage später am 28. Oktober mit 732.1 mmHg fast das Jahresminimum (3. Mai mit 731.9 mmHg) erreicht. Dieser Druckfall bedingt erhöhte Nieder-schlagshäufigkeit und gegen Monatsende einen scharfen Kälteeinbruch, den man als «ersten Wintereinbruch» bezeichnen kann, gefolgt von einem Einbruch milder Meeresluft um den 3. November. In der zweiten November-hälfte stellt sich häufig wieder eine Hochdrucklage ein, der anfangs Dezem-ber eine Periode grösserer Niederschlagshäufigkeit folgt. Die früher um Mitte Dezember häufige Hochdrucklage hat sich etwas verspätet, aber ver-stärkt. Die Weihnachtsdepression erfolgt später und der Temperaturanstieg ist jetzt wesentlich geringer.

Es sei nochmals betont, dass die sehr verallgemeinernde Ausdrucksweise nur der Kürze wegen verwendet wurde. Es handelt sich ja um Mittelwerte, und die geschilderten Witterungsperioden zeigen nur eine vermehrte Tendenz des Auftretens. Dass den Singularitäten keine prognostische Bedeutung im üblichen Sinn zukommt, dürfte schon der stark divergierende Verlauf der beiden Perioden zeigen.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich die Feinstruktur des Jahresverlaufes im Mittel 1931—1960 wesentlich anders präsentierte als im vorangegangenen 30jährigen Zeitraum, wenn sich auch eine beschränkte Anzahl von Singularitäten erhalten hat. Auch diese Veränderungen müssen mit der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre verknüpft sein; in welcher Weise dies der Fall ist, muss durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden.

4 DER CHRONOLOGISCHE VERLAUF DER KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN VON 1901-1960

Wenn man den zeitlichen Verlauf einer Erscheinung in grossen Zügen stu-dieren will, muss man die zufälligen Einzelwerte eliminieren und den ganzen Verlauf ausgleichen. Man wählt für Klimauntersuchungen dazu meist fünf-, zehn- oder gar dreissigjährige Mittel, die als übergreifende Mittel von Jahr zu Jahr gebildet werden (also z. B. fünfjährige Mittel 1901—1905, 1902—1906 usw.). Für unsere Untersuchungen wurden fünfjährige Mittel (Lustren) zur Darstellung der kurzfristigen und 30jährige Mittel zur Charakterisie-

rung der langfristigen Änderungen verwendet. Es wurden wieder möglichst verschiedene klimatische Faktoren herangezogen; meist handelt es sich um diejenigen, die beim Vergleich der beiden 30jährigen Perioden besprochen wurden. Es ist dabei schon im Interesse der Menge des zu verarbeitenden Materials, aber auch im Hinblick auf die Übersichtlichkeit der Ergebnisse zweckmäßig, auf die Monatsmittel zu verzichten und nur Jahre und Jahreszeiten als Ganzes zu betrachten. Dass dabei gewisse interessante Einzelheiten unterdrückt werden, ist unvermeidlich. Gelegentlich wird der Hochwinter (Januar und Februar) und der Hochsommer (Juli und August) für sich behandelt; doch konnte im allgemeinen darauf verzichtet werden, weil durch einzelne verwendete Häufigkeitsmittel diese Zeitabschnitte einigermaßen charakterisiert werden. Die Ergebnisse sind in den Abb. 3a und 3b dargestellt, wobei die angeschriebenen Jahreszahlen den *mittleren* Zeitpunkt der gewählten Zeitspanne bezeichnen (das fünfjährige Mittel 1901—1905 ist also bei der Jahreszahl 1903 eingetragen; analoges gilt für das 30jährige Mittel).

Wenn man zunächst den Verlauf fünfjähriger Mittel des ganzen Jahres betrachtet (Abb. 3a, oberer Teil), so kann man im grossen und ganzen zwei verschiedene Abschnitte unterscheiden, die sich durch die Grösse der Schwankungen einer Anzahl klimatischer Elemente unterscheiden; einen ersten bis etwa 1930 mit geringeren und einen zweiten mit wesentlich grösseren Schwankungen. Besonders deutlich zeigt sich dies im Verlauf der Temperatur: nach einem recht gleichmässigen Anstieg bis zum Gipfel im Jahre 1928 wird die Kurve unruhiger; es erscheint ein Maximum im Jahre 1936, gefolgt von einem deutlichen Minimum um 1940, bei dem die Lustrenmittel der Temperatur etwa auf den Wert zu Jahrhundertbeginn abfallen; dann folgt ein auffallend starker langandauernder Anstieg mit einem Maximum um 1947—1949; doch darnach sinkt die Temperatur wieder stark und erreicht ein vielleicht nur vorläufiges Minimum im Jahr 1956—1958. Das 30jährige Mittel (punktierte Kurve) zeigt einen fast geradlinig verlaufenden Anstieg bis zum Jahr 1940 (also 1926—1955); dies scheint ein mindestens vorläufiger Gipfelwert (mit 9.5°) zu sein. Der Verlauf in den einzelnen Jahreszeiten zeigt nun wesentlich andere Züge. Insbesondere ist im Winter (Abb. 3b) von einem fortlaufenden Anstieg des 30jährigen Mittels nichts zu erkennen. Zwar ist vom Jahrhundertbeginn an die Temperatur von 0.1° bis etwa 1.4° im Jahre 1924 angestiegen; aber von da ab sinkt die Temperatur bis etwa 1938 (1924—1953) auf 0.8° und bleibt etwa konstant. Die einzelnen Schwankungen des Lustrenmittels sind recht gross. Der Höchstwert wurde 1914 (1912—1916) mit 2.5° erreicht; nach einem Minimum um 1931 (0.0°) steigt sie im Jahr 1937 auf einen neuen Gipfel (mit 2.1°); doch nun folgt eine rasche Abnahme bis auf -0.8° im Jahr 1940, bedingt durch die oben erwähnten kalten Kriegswinter 1940—1942 (vgl. Abb. 1); die tiefste Temperatur ist jedoch nur von kurzer Dauer, und schon 1950 wird ein neuer Gipfel erreicht (1.9°). Das Absinken der Jahreskurve um 1940 ist offensichtlich durch die tiefen Wintertemperaturen bedingt. In den übrigen Jahreszeiten ist diese «Kälteperiode» zwar auch angedeutet, im Herbst aber kaum

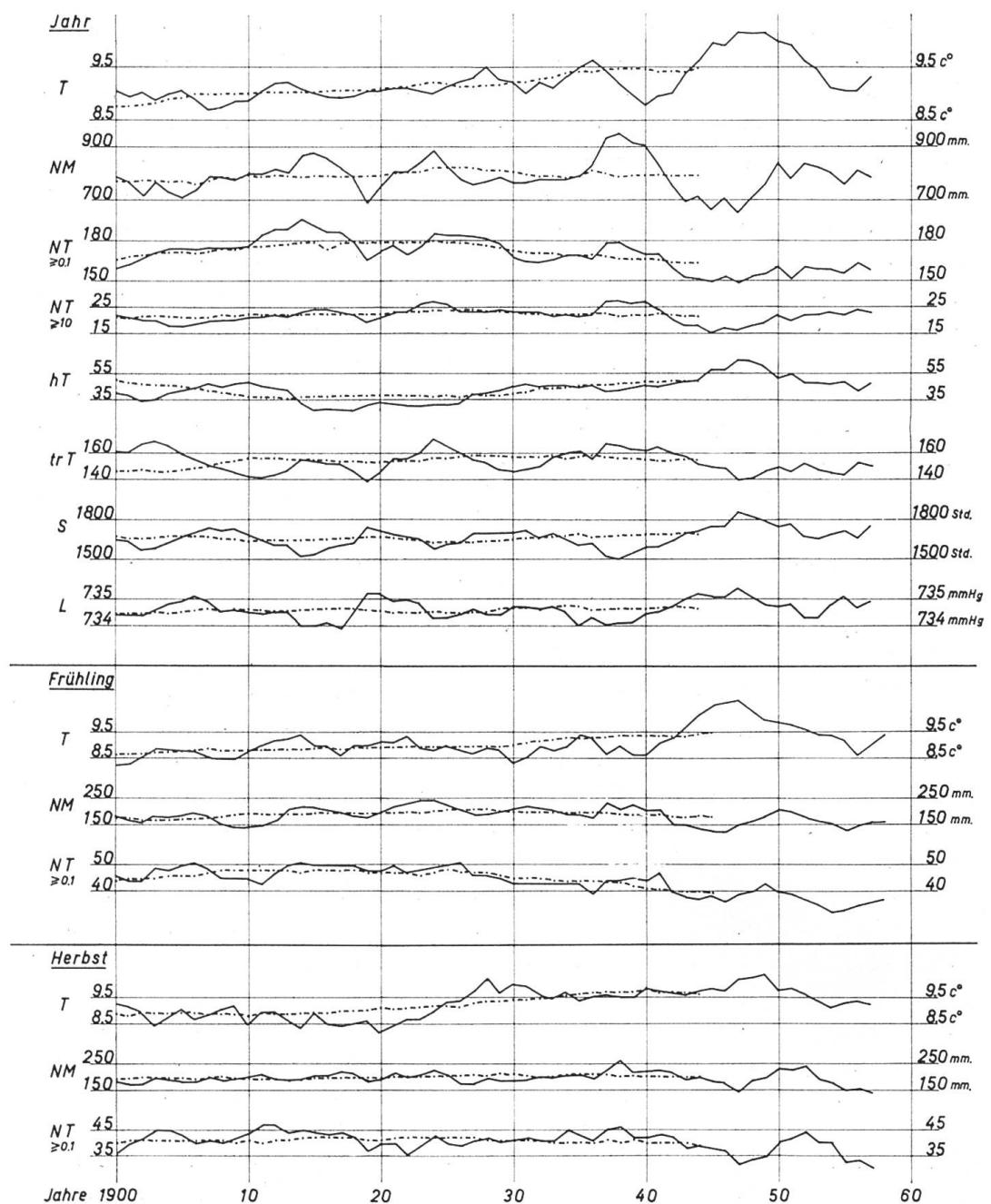


Abb. 3a. Verlauf fünf- und dreissigjähriger Mittel (Jahr, Frühling, Herbst)

erkennbar. In allen Jahreszeiten, aber mit Ausnahme des Winters, zeigt das 30jährige Mittel einen recht stetigen Anstieg, der im Sommer allerdings erst nach 1920 beginnt. Der grosse Wärmeanstieg in den Vierzigerjahren ist ganz besonders im Frühjahr ausgeprägt; der entsprechende Anstieg der Jahrestemperatur ist also vorzugsweise auf den Anstieg im Winter und Frühling zurückzuführen. Allerdings erfolgt auch im Sommer (und Herbst) ein Anstieg, der zwar die Jahrestemperatur nicht stark beeinflusst, aber in

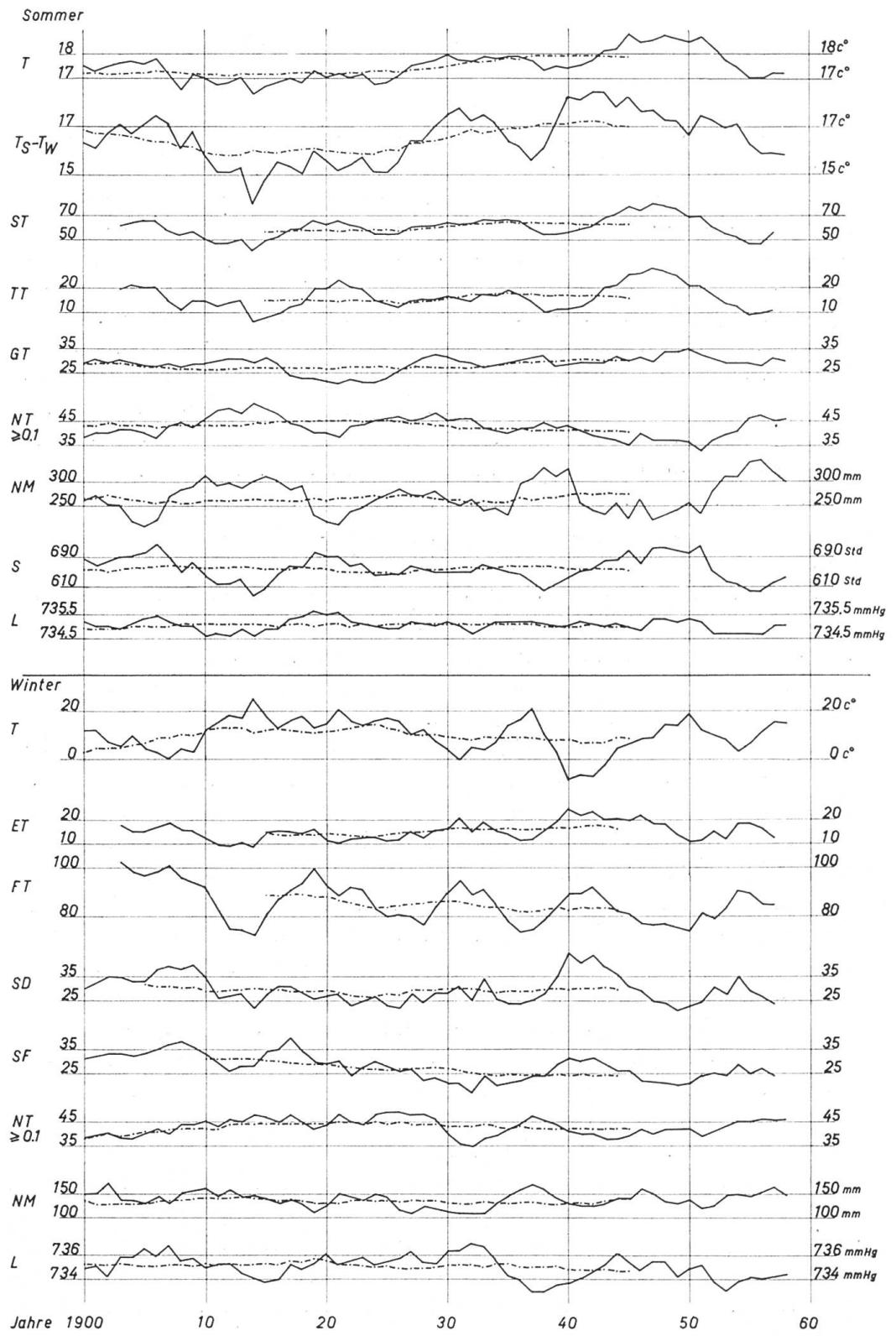


Abb. 3b. Verlauf fünf- und dreissigjähriger Mittel (Sommer, Winter)

seinen Auswirkungen im Sommer durch den sehr deutlichen Anstieg der Anzahl der Sommertage (ST) und der Tropentage (TT) zum Ausdruck kommt.

Zur Charakterisierung gewisser klimatischer Verhältnisse ist die Differenz der Temperatur des Sommers und Winters ($T_s - T_w$) besonders geeignet. Eine geringe Temperaturdifferenz entspricht einem mehr maritimen (ozeanischen), eine grosse Differenz einem mehr kontinentalen Klimacharakter. Wie das übergreifende 30jährige Mittel zeigt, verstärkte sich zu Beginn des Jahrhunderts der maritime Charakter und erreichte seine grösste Auswirkung in den Jahren 1910—1925 (trotz der einzelnen sehr warmen Jahre 1911 und 1921, Differenz $T_s - T_w = 15.8^{\circ}$). Nachher nahm die Kontinentalität deutlich zu und erreichte ihr Maximum um 1942 (1928—1937) mit 17.2° . Es sei nebenbei bemerkt, dass fast im ganzen 19. Jahrhundert die Differenz der Sommer- minus Wintertemperatur um 17° (zwischen 16.7° und 17.5° um das Jahr 1844) lag und dass in dieser Hinsicht die «maritime Periode» in den ersten Jahrzehnten des laufenden Jahrhunderts eine Ausnahme in der 200jährigen Witterungsgeschichte darstellt, worauf auch F. Steinhauser (16) in einer soeben erschienenen Arbeit über Klimaschwankungen in Europa hinweist. Die stärkste «Kontinentalität» herrschte in der Zeit um 1772 (17.9°), und sie blieb bis zu Ende des 18. Jahrhunderts über dem Höchstwert, der kürzlich erreicht wurde. Nun gehören im allgemeinen zum maritimen Klima vermehrte Niederschläge; diese Beziehung ist auch in unseren Kurven angedeutet (Abb. 3 NM Jahr); die Niederschlagsmenge zeigt einen wenn auch nur angenähert inversen Verlauf zur Kurve der Differenz der Sommer- minus Wintertemperatur. Besonders deutlich kommt aber das Maximum der Niederschläge zu Ende der Dreissigerjahre zum Ausdruck, das mit einer deutlichen Zunahme der Ozeanität zusammenfällt. Dieses Maximum zeigt sich vor allem in den Sommerniederschlagsmengen; auch der in den Fünfzigerjahren zunehmenden Ozeanität entspricht eine sehr kräftige Zunahme der Sommerniederschläge, die im fünfjährigen Mittel den Höchstwert der ganzen untersuchten Periode aufweisen. Wenn man nun die ausgesprochen kontinentalen Perioden, also etwa die Zeit von 1929—1934 und 1940—1950, betrachtet, so sind diese Zeitspannen gekoppelt mit Perioden geringerer Niederschlagsmengen, besonders im Sommer, aber auch mit grosser Sonnenscheindauer und mit einer Zunahme der Anzahl der hellen Tage.

Recht auffallend ist das Verhalten der Anzahl der Niederschlagstage; seit 1915 nimmt ihre Zahl unregelmässig, aber recht stetig ab, und selbst im letzten Jahrzehnt mit der stark erhöhten Niederschlagsmenge steigt die Anzahl nur geringfügig. Im Sommer allerdings ist der Anstieg von 1951—1956 deutlich. Die Tage mit grosser Niederschlagsmenge ($\geq 10 \text{ mm}$) laufen wesentlich deutlicher mit den Niederschlagsmengen parallel. Erwähnenswert sind noch einige winterliche Erscheinungen. So erkennt man, wie die Anzahl der Eistage (ET) angenähert invers zur Wintertemperatur verläuft; auch die Anzahl der Tage mit Schneefall (SF) und mit einer Schneedecke (SD) zeigt einen wesentlich engeren Zusammenhang mit den Wintertemperaturen

als etwa mit der Niederschlagsmenge oder Niederschlagshäufigkeit (NT). Es ist übrigens bemerkenswert, dass im 30jährigen Mittel die Anzahl der Tage mit Schneedecke wieder im Steigen begriffen ist, nachdem sie, beurteilt nach 20jährigen Mitteln, von 1866—1885 mit 36.2 Tagen stetig bis auf 26.6 Tagen im Mittel 1926—1945 gesunken war (17).

Zusammenfassend lässt sich der zeitliche Verlauf der klimatischen Faktoren folgendermassen kurz skizzieren. Von 1905—1925 herrschte eine Periode kühler regnerischer Sommer (besonders niederschlagsreich 1906—1918) und milder Winter (besonders von 1912—1925). 1920 beginnt ein langfristiger Anstieg der Herbsttemperatur. Von 1925 an steigt die Sommertemperatur unregelmässig an und die Sommerniederschlagsmengen nehmen nach dem Minimum um 1920 etwas zu und erreichen um 1935—1941 ein ausgesprochenes Maximum. Gleichzeitig sinkt die Wintertemperatur (nach einem sekundären Maximum um 1937) auf einen Tiefstand in den Jahren 1940—1942. Von diesem Zeitpunkt an folgt eine ungewöhnlich warme, sonnige und besonders im Sommer trockene Periode, die um 1947—1950 ihren Höhepunkt erreicht. Seither ist die Temperatur in allen Jahreszeiten mit Ausnahme des Winters merklich gesunken und die Niederschlagsmengen haben im Sommer stark zugenommen.

5 SIND LOKALE WERTE REPRÄSENTATIV FÜR EIN GRÖSSERES GEBIET?

Wenn man anhand der klimatischen Werte einer einzelnen Station «Klimaveränderungen» untersuchen will, muss man sich fragen, ob eine solche Untersuchung nur lokalklimatische Bedeutung hat oder ob sie auch für grössere Gebiete Geltung besitzt. Die Frage nach der Grösse des Geltungsbereichs lässt sich natürlich nicht generell beantworten. Zunächst ist klar, dass im allgemeinen der Geltungsbereich von den klimatisch-orographischen Verhältnissen abhängt, sodass man kaum enge Beziehungen der Basler Werte zu der Aenderung der Klimafaktoren z. B. des Alpensüdfusses erwarten darf, wohl eher allgemein zu derjenigen der Oberrheinischen Tiefebene und den angrenzenden Gebieten.

Man wird erwarten, dass sich die einzelnen Klimaelemente in bezug auf ihren örtlichen Geltungsbereich verschieden verhalten. Nach den allgemeinen Erfahrungen mit den einzelnen Monatswerten zeigen die *Temperaturverhältnisse* relativ geringe lokale Unterschiede; so sind z. B. die Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom langjährigen Mittel meist über einem ausgedehnten Gebiet von ungefähr gleicher Grösse. Untersuchungen langjähriger Reihen (150—200 Jahre) über die Korrelation von Jahresmitteln der Temperatur an weit von einander gelegenen Orten haben ergeben, dass natürlich mit zunehmender Entfernung die Strammheit der Korrelation abnimmt, aber doch für sehr grosse Distanzen noch eine enge Beziehung besteht. So ergibt sich zwischen der Jahrestemperatur von Basel und Strass-

burg ein Korrelationskoeffizient von 0.96. Aber selbst für Basel mit Berlin (in fast 700 km Entfernung von Basel) erreicht er noch 0.79; anderseits beträgt er für das nur 260 km von Basel entfernte Mailand, südlich der Alpen, ebenfalls nur 0.79 (5). Auch die zur Charakterisierung bestimmter Wärmeverhältnisse oft herangezogene Anzahl der Eis-, Frost- oder Sommertage zeigt nach Untersuchungen von Dammann (18) in der südlichen und nördlichen Hälfte Deutschlands (nach 11jährigen Mitteln) einen recht ähnlichen Verlauf. Man darf also annehmen, dass die Änderungen der Temperaturverhältnisse, wie sie für Basel dargestellt wurden, im allgemeinen auch für ein grösseres Gebiet, zum mindesten für die Oberrheinische Tiefebene und die angrenzenden Gebiete, gelten.

Bei den *Niederschlagsverhältnissen*, insbesondere den Niederschlagsmengen, liegen die Verhältnisse etwas anders. Bekanntlich können die Niederschlagsmengen einzelner Tage selbst sehr nahe beieinander gelegener Orte sehr stark verschieden sein. Als interessanter Einzelfall sei erwähnt, dass am 25. Juni 1955 in Wintersingen (Baselland) eine Niederschlagsmenge von 71 mm gemessen wurde (die wolkenbruchartigen Regengüsse bewirkten Ueberschwemmungen), während das 7 km westlich davon gelegene Liestal völlig niederschlagsfrei geblieben ist. Auch wenn solche extreme Fälle sehr selten vorkommen, so ist doch zu erwarten, dass sich bei Betrachtung der Schwankungen der Niederschlagsmengen merkliche Unterschiede zwischen verschiedenen Orten oder verschiedenen Gebieten zeigen. Mittelwerte einer Anzahl von Stationen ergeben gewiss zuverlässigere Werte als eine einzelne Station. Wenn man aber über mehrere Jahre mittelt, werden Zufallsreste auch weitgehend ausgeglichen. Die zeitliche Mittelbildung wirkt sich dabei ähnlich wie eine Zusammenfassung mehrerer Stationen eines Gebietes aus.

In letzter Zeit sind mehrere Untersuchungen angestellt worden, bei denen eine Anzahl Stationen zu Gebietsmittelwerten zusammengefasst wurden. W. Dammann (14) untersucht anhand von Mittelwerten von je 36 Stationen in Nord- und Süddeutschland anhand 11jähriger Mittel den Verlauf der Niederschlagsmengen und stellt einen zeitweise recht verschiedenen Verlauf in den beiden untersuchten Gebieten fest. Ein direkter Vergleich lässt sich mit den mir von H. Uttinger (11) freundlich zur Verfügung gestellten Werten der fünfjährig gemittelten Niederschlagsmengen durchführen, die alle Stationen des schweizerischen Einzugsgebiets des Rheins umfassen. Die in Abb. 4 (oberer Teil, Kurve R) eingezzeichneten mittleren Niederschlagsmengen des schweizerischen Rheingebietes zeigen einen nahezu parallelen Verlauf zu den Basler Werten (B); jedenfalls kommen in der Basler Kurve alle grösseren Schwankungen deutlich zum Ausdruck. Der Quotient der Basler Niederschlagsmenge zu der des Rheingebietes variiert in den einzelnen Lustrenmitteln nur zwischen 50 und 63% und bleibt meistens zwischen 54 und 58 %, wobei die grösseren Quotienten im allgemeinen bei grösseren Niederschlagsmengen et vice versa auftreten.

Im ganzen sind also die Basler Lustremittel der Jahresniederschlagsmenge für ein grösseres Gebiet repräsentativ. Für die einzelnen Jahreszeiten, insbesondere für den Sommer mit lokalen Gewitterregen, wird dies weniger

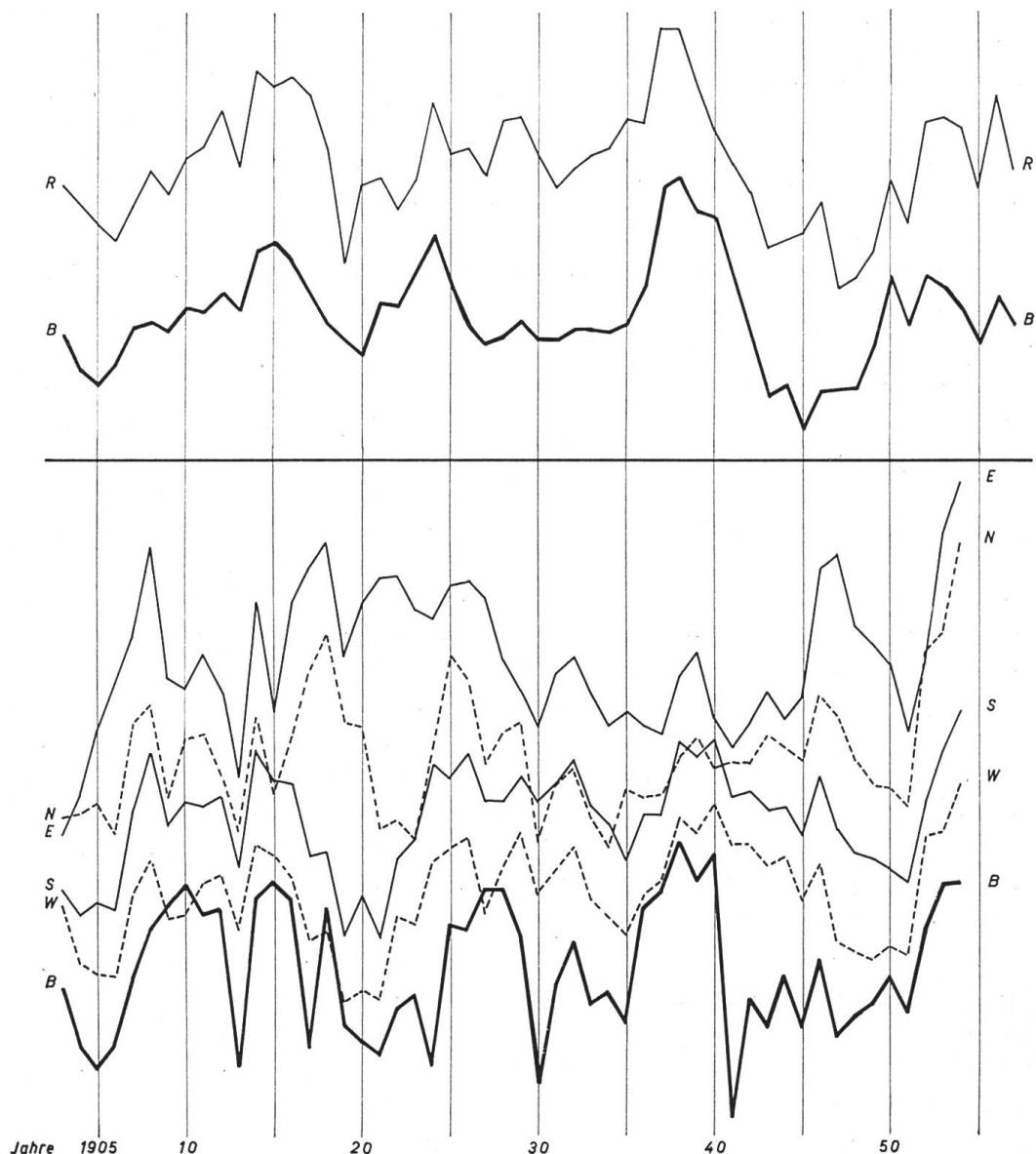


Abb. 4. Sommerniederschläge in Europa

zutreffen. Als Vergleich dazu eignen sich nun die Zahlen, die F. Baur (19) für die Sommerniederschläge (Juni—August) in verschiedenen Gebieten Mitteleuropas zusammengestellt hat. In Abb. 4 sind nach den Angaben von F. Baur die Niederschlagsmengen des Sommers (Juni—August) in 5jährigen übergreifenden Mitteln für das westliche (W), südliche (S), nördliche (N) und östliche (E) Mitteleuropa anhand des Mittels von 4—6 Stationen dargestellt. Man erkennt den ähnlichen Verlauf der Basler Werte (B) mit dem südlichen und vor allem dem westlichen Mitteleuropa, wobei allerdings berücksichtigt werden muss, dass Basel in den Baur'schen Werten mit einem Sechstel des Mittels einbezogen ist. Der Verlauf der Kurven für das nördliche und östliche Mitteleuropa weist aber charakteristische Unterschiede

gegenüber den Basler Werten auf. Auf Grund dieser Untersuchungen darf man wohl sagen, dass der für Basel festgestellte Verlauf der Niederschlagsmengen, sogar der besonders stark schwankenden Mengen des Sommers, ein gutes Bild des zeitlichen Verlaufes eines grösseren Gebietes, etwa des südwestlichen Mitteleuropas, liefert. Aehnlich, wenn nicht noch günstiger, liegen die Verhältnisse für die Anzahl der Niederschlagstage, wie das z. T. weiter oben (siehe Seite 222) gezeigt wurde.

Dass auch der Verlauf der Basler Werte der *Sonnenscheindauer* für ein grösseres Gebiet Geltung hat, zeigt ein Vergleich mit Diagrammen, die F. Steinhauser (20) kürzlich für die Ostalpen veröffentlicht hat. Die Kurven der Jahressummen (Lustrenmittel) von Basel stimmen mit denjenigen einiger Oesterreicher Stationen (Mittel von Wien, Kremsmünster, Innsbruck und Klagenfurt) recht gut überein. So treten die Maxima der Jahre 1919, 1930 und vor allem 1947 in beiden Kurvenzügen deutlich hervor. Im Sommer ist die Aehnlichkeit des Verlaufes nicht ganz so gross; aber auch hier fallen die meisten grossen Maxima und Minima beider Kurven auf die gleichen Jahre. In diesem Zusammenhang sei noch auf eine von W. Dammann (14) angestellte Untersuchung hingewiesen, wonach im Laufe des 20. Jahrhunderts in Westdeutschland die Anzahl der Tage mit einer NW-Lage stark abgenommen, diejenige mit SE-Lage und SW-Lage dagegen stark zugenommen hat, was sich aus Luftdruckwerten dreier Stationen (Bokum, Memel und München) ableiten liess. Auch eine Zusammenstellung der Grosswetterlagen nach Hess und Brezowski (21) in Mitteleuropa für die beiden Perioden führt zum selben Ergebnis. So ist der prozentuelle Anteil der Nordwestlagen von 1901—1930 mit 10.2 % auf 8.1 % in der Periode 1931—1960, derjenige der Nordlagen von 5.1 % auf 2.9 % gesunken, derjenige der Südwestlagen von 2.0 % auf 4.5 %, also auf mehr als das Doppelte angestiegen. Die übrigen Wetterlagen zeigen geringere Veränderungen. Erwähnenswert ist nur noch die Abnahme der Häufigkeit der Westlagen von 25.1 % auf 22.9 %. Auch dieses Ergebnis bestätigt, dass die für Basel festgestellten Klimafluktuationen in engem Zusammenhang mit allgemeinen meteorologischen Erscheinungen in Mitteleuropa stehen.

6 SCHLUSSBETRACHTUNGEN

Die bisherigen Ausführungen haben sich auf eine beschreibende Darstellung beschränkt, wobei versucht wurde, zwischen den einzelnen Klimaelementen Beziehungen zu finden. Naturgemäss stellt sich die Frage, ob man gewisse Gesetzmässigkeiten über das Auftreten von Mikrofluktuationen (12) des Klimas oder Klimapendelungen, wie H. v. Rudloff (22) solche klimatische Erscheinungen bezeichnet, erkennen kann.

Die sehr zahlreichen Versuche, Periodizitäten im zeitlichen Ablauf klimatischer Faktoren zu finden, haben zu keinem durchschlagenden Erfolg geführt. Die während einer Anzahl Jahrzehnte, ja während eines Jahrhunderts festgestellten Periodizitäten erwiesen sich nicht als persistent; es sei nur an die 35jährige Brückner'sche Periode und an die 16jährige Wagner'sche (23) Klimaperiode der Jahresschwankungen der Temperatur erinnert. Eine

Unsumme von Arbeit wurde darauf verwendet, Beziehungen zwischen Schwankungen klimatischer Elemente und der 11jährigen Sonnenfleckenperiode zu finden. Nachdem sich nun gezeigt hat, dass auch die von W. Köppen vor längerer Zeit gefundenen Beziehungen zwischen Sonnenfleckenzyklus und Temperatur in den Tropen nicht als ganz sichergestellt gelten können (vgl. 15, Bd. 1, S. 97), müssen auch diese Versuche im grossen und ganzen als gescheitert gelten. In neuerer Zeit hat F. Baur (12 und 15), indem er nicht von der 11jährigen Periode (die Länge der Sonnenfleckenzyklen variiert übrigens zwischen 8 und 15 Jahren) ausging, sondern die Stellung einer Jahreszeit in bezug auf den Zeitpunkt der Sonnenfleckenminima und -maxima untersuchte, Ergebnisse erhalten, die einen wesentlichen Schritt vorwärts bedeuten. So ist es Baur gelungen, auf Grund solcher Beziehungen und unter Berücksichtigung des vorangegangenen Witterungsverlaufes langfristige Prognosen mit Erfolg aufzustellen; so wurde z. B. für das Jahr 1959 ein trockener heißer Sommer und für das Jahr 1960 ein verregneter kühler Sommer schon im März oder April des betreffenden Jahres vorhergesagt. Der Grundgedanke ist der, dass die allgemeine atmosphärische Zirkulation, d. h. der grossräumige Luftaustausch zwischen dem Polar- und Aequatorialgebiet, von der von der Sonne ausgehenden Strahlung, speziell von der im ganz grossen Ausmass schwankenden ultravioletten Strahlung, die von der Ozonschicht absorbiert wird, beeinflusst wird.

Um die Klimapendelungen verstehen zu können, muss man den komplizierten Mechanismus der allgemeinen Zirkulation kennen. In dieser Richtung gehen auch theoretische Untersuchungen, über die in einem kürzlich von R. L. Pfeffer (24) herausgegebenen Buch berichtet wird. Eine amerikanische Forschergruppe hat sich zum Ziel gesetzt, auf Grund eines vereinfachten Modells der Atmosphäre anhand einer Anzahl physikalischer Gleichungen, die die Strömungsverhältnisse der Atmosphäre bestimmen, die allgemeine Zirkulation theoretisch zu erfassen. Die mit Hilfe elektronischer Rechenmaschinen durchgeföhrten Rechnungen, die natürlich auch die Strömungsverhältnisse in den höhern Luftsichten berücksichtigen, haben recht befriedigende Resultate ergeben (Phillips, 24, S. 25). Doch bedarf es noch vieler Arbeit, bis diese Methoden praktisch verwendbare Resultate geben können. Die allgemeine Zirkulation wird in erster Linie von der Intensität der einfallenden Sonnenstrahlung beeinflusst, wobei aber nach Simpson (25) ihr komplizierter Mechanismus dazu führen kann, dass eine vermehrte Sonnenstrahlung eine Abkühlung in grossen Gebieten verursachen kann. Entscheidend für die Erwärmung der Erdoberfläche ist ja nicht die an der oberen Grenze der Erdatmosphäre einfallende Strahlungsmenge, sondern derjenige Teil der Strahlung, der bis zur Erdoberfläche gelangt. Wenn nun, wie man bei Zunahme der Intensität der Sonnenstrahlung annehmen darf, vermehrte Bewölkung eintritt, wird ein grösserer Teil der einfallenden Strahlung reflektiert als bei wolkenlosem Himmel, und es tritt Abkühlung ein. Die eindringende Strahlung kann auch durch mikroskopisch kleine, in der Luft schwebende Partikel reflektiert werden, wie sie bei katastrophalen Vulkanausbrüchen (26) in gewaltigen Mengen in die hohe Atmosphäre geschleudert und über die ganze Erde verbreitet werden. Es ist nachgewiesen, dass die die Erdoberfläche erreichende Intensität der Sonnenstrahlung einige Zeit nach Vulkanausbrüchen (z. B. Krakatau 1883, Katmai 1912) stark herabgesetzt ist, und nach Humphreys (27) soll die mittlere Temperatur vor allem in den Tropen und Subtropen nach starken Vulkanausbrüchen merklich sinken. Die Wärmebilanz an der Erdoberfläche wird aber auch durch eine eventuelle Veränderung der Ausstrahlung beeinflusst. Der Hauptfaktor, durch den die Ausstrahlung modifiziert wird, ist der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre, indem die vom Erdboden ausgestrahlte ultrarote Strahlung vom Wasserdampf zum Teil absorbiert wird und als Gegenstrahlung wieder zur Erde gelangt (Treibhauswirkung der Erdatmosphäre). Es gibt aber noch andere in der Atmosphäre vorkommende Gase, die die ultrarote Strahlung absorbieren, insbesondere die Kohlensäure. Als Quellen für die Kohlensäure kommen in erster Linie die Abgase der Industriegebiete in Frage, die im Laufe der letzten Jahrzehnte stark zugenommen haben; aber nach Flohn (12) dürfte die Produktion der Kohlensäure durch Bodenbakterien nicht zu vernachlässigen sein; auch sie wird durch den Menschen stark beeinflusst. Messungen des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre haben eine Zunahme in den letzten Jahrzehnten ergeben, die die Temperaturzunahme etwa erklären könnte; doch sind die Resultate nicht ganz gesichert.

Aus dieser skizzenhaften Uebersicht ergibt sich, dass zwar eine grosse Anzahl von Erklärungsmöglichkeiten der Klimaschwankungen besteht, dass es aber noch nicht gelungen ist, die Klimafluktuationen im einzelnen voll zu erfassen. Wenn sich auch gewisse Zusammenhänge mit dem Sonnenfleckencyklus abzuzeichnen beginnen, so steht noch ein weiter Weg bevor, den komplizierten Mechanismus der allgemeinen Zirkulation in allen seinen Auswirkungen klar zu verstehen.

LITERATUR

- 1 *Meyer, R.* (1931): Klima und Klimaänderungen. *Gerl. Beitr. Geophys.* 32, 418—427
- 2 *Bürger, K.* (1958): Zur Klimatologie der Grosswetterlagen. *Ber. d. deutsch. Wetterd.* 6, 1—80
- 3 *Flohn, H.* (1954): Witterung und Klima in Mitteleuropa, *Forschung zur deutschen Landeskunde*. 2. Auflage S. Hirzel, Zürich, S. 214
- 4 *Bider, M.* (1934—35): Beiträge zur Kenntnis des Jahresganges der Niederschlagsverhältnisse in Basel, *Verhdlg. Nat. Ges. Basel XI. VI*, 122—162
- 5 *Bider, M., Schüepp, M. und v. Rudloff, H.* (1959): Die Reduktion der 200jährigen Basler-Temperaturreihe. *Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl. Serie B* 9, 360—412
- 6 *Bider, M. und Schüepp, M.* (1961): Luftdruckmittel der letzten zwei Jahrhunderte von Basel und Genf. *Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B* 11, 1—36
- 7 *Bider, M.* (1958): Ueber die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes. *Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B* 9, 199—230
- 8 *Bider, M.* (1948): Die ungewöhnliche Wärmeperiode 1947 statistisch untersucht. *Experimentia IV*
- 9 *Schüepp, M.* (1959): Klimatologie der Schweiz, C, Lufttemperatur. Beiheft der Annalen der Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt
- 10 *Hann-Süring* (1939—1950): Lehrbuch der Meteorologie. 5. Auflage, I. Band, Leipzig, S. 180
- 11 *Lugeon, J., Schüepp, M. und Uttinger, H.* (1960): Die klimatischen Verhältnisse der letzten 50 Jahre. Jubiläum 1910—1960, Schweiz. Wasserwirtschaftsbund, № 819/10, Zürich
- 12 *Flohn, H.* (1959): Bemerkungen zum Problem der globalen Klimaschwankungen. *Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl. Serie B* 9, 1—13
- 13 *Brooks, C. E. P. and Carruthers, N.* (1953): *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*, London
- 14 *Dammann, W.* (1957): Schwankungen der Sommerniederschläge im Rahmen rezenter Klimaschwankungen in Westdeutschland. *Met. Rundschau*, Jg. 10, 200
- 15 *Baur, F.* (1956, 1958): Physikalisch-statistische Regeln als Grundlagen für Wetter und Witterungsvorhersagen. 2 Bde., Frankfurt a. M.
- 16 *Steinhauser, F.* (1960): Sulle oscillazioni climatiche in Europa. *Geofisica e Meteorologia VIII*, 111—122
- 17 *Bider, M.* (1948): Vom Basler Klima. *Wirtschaft und Verwaltung, Statistisches Amt Basel*, S. 145—188
- 18 *Dammann, W.* (1957): Zum Problem rezenter Klimaschwankungen in Westdeutschland. *Met. Rundschau*, 10. Jg., 113—119
- 19 *Baur, F.* (1959): Die Sommerniederschläge in den letzten $1\frac{1}{2}$ Jahrhunderten und ihre Beziehungen zum Sonnenfleckencyklus. *Akad. Verlags - Ges. u. Portig, Leipzig*
- 20 *Steinhauser, F.* (1957): Die säkulären Änderungen der Sonnenscheindauer in den Ostalpen. 51.—53. Jahresber. d. Sonnenblick-Verein (1953—1955), Wien, 1—27
- 21 *Hess, P. und Brezowski, H.* (1952): Katalog der Grosswetterlagen Europas. Deutscher Wetterdienst in der U. S. Zone Nr. 33, Bad-Kissingen
- 22 *v. Rudloff, H.* (1955/56): Die Klimapendelungen der letzten 120 bis 200 Jahre im südlichen Oberrheingebiet. *Ann. d. Met.*, Bd. 7, 12—34

- 23 Wagner, A. (1924): Eine bemerkenswerte 16jährige Klimaschwankung. Sitz. Ber. Akad. Wiss., Bg. 133, Wien
- 24 Peffer, Rich. (1960): Dynamics of climate. Pergamon Press, London, S. 137
- 25 v. Fricker, H. (1935): Eine neue Eiszeittheorie von C. G. Simpson. Met. ZS. 52, 165—168
- 26 Sarasin, P. u. F. (1901): Verhdlg. Nat. Ges. Basel, Bd. 13, S. 603
- 27 Humphreys, W. J. (1940): Physics of the air. New-York, 586—618

VARIATIONS DU CLIMAT à BALE PENDANT LE SIÈCLE COURANT (Résumé)

Après avoir brièvement résumé les définitions du climat et les méthodes de traiter des variations du climat, on analyse les suppositions des observations (homogénéité des séries) pour en juger les variations. Après un résumé des variations annuelles des éléments météorologiques les plus importants de 1901 à 1960, c'est à dire la température, la quantité des précipitations et la durée de l'insolation, on compare les moyennes des deux périodes de 30 ans de 1901 à 1930 et 1931 à 1960. On constate une forte augmentation de la température annuelle avec 0.4° de la première à la deuxième période et on prouve par des méthodes statistiques que cette augmentation est réelle et non pas provoquée par le hasard. D'ailleurs c'est là un phénomène qui concerne la plus grande partie de la terre. On compare ensuite ces variations de la température avec celles observées dans toute la série de Bâle, c'est à dire à partir de 1755. La quantité des précipitations ne montre pas de variations notables, en revanche le nombre annuel des jours de pluie marque une régression très sensible; il atteint son maximum en mars et avril. La durée d'insolation augmente un peu de la première à la deuxième période. Puis on étudie la marche annuelle des deux périodes par des moyennes journalières (singularités d'après Schmauss). On constate que bon nombre de singularités sont, soit retardées ou avancées, soit affaiblies ou renforcées ou qu'elles ont même disparu. La marche chronologique (par moyennes de cinq ans et de trente ans) indique pour les années 1905 à 1925 un été relativement froid et pluvieux et un hiver doux, surtout de 1912 à 1925. Après 1942 une période commence avec un été extraordinairement chaud, ensoleillé et sec, qui atteint son point culminant en 1950. En appliquant la signification des données de Bâle pour une région plus étendue, on constate que les variations de la température sont les mêmes dans toute une région d'un rayon de quelques centaines de kilomètres; la quantité des précipitations, les jours de pluie et l'insolation montrent dans un assez grand rayon la même allure qu'à Bâle. Pour terminer on discute de quelques causes possibles des variations du climat.