

Die Problematik des mittleren Jahresgangs des Niederschlags dargestellt durch Monatssummen

Ein Beitrag zur Frage der Auflösung des Mittelwertes

VON

KARL KNOCH

Mit 1 Falttafel als Beilage

Historischer Rückblick. Der Streit um den Mittelwert

Die Erkenntnis von der großen Bedeutung des Klimas für den Wasserhaushalt der Natur, die Landschaftsformen und Bodenbeschaffenheit, die Pflanzen- und Tierwelt und überhaupt für die ganze Gestaltung des menschlichen Lebens hat sich bei der länderkundlichen Forschungsarbeit schon frühzeitig durchgesetzt. Nach Schaffung der meteorologischen Beobachtungsnetze in den einzelnen Staaten entstanden im vorigen Jahrhundert systematisch die Grundlagen für eine vergleichende Klimaforschung. Vorausgegangen war eine bis etwa Mitte des 17. Jahrhunderts reichende Epoche der Aufzeichnungen allgemeiner oder auffallender Witterungserscheinungen — meist ohne Instrumente — und zweitens eine Zeit, in der Einzelpersonen oder Gesellschaften instrumentell ausgerüstete Beobachtungsstationen, die in vereinzelt Fällen auch zu Netzen zusammengefaßt wurden, schufen.

Da sich sehr bald internationale Kontakte als unbedingt notwendig herausstellten, kam es 1872 zu der in Leipzig beschlossenen „Internationalen Meteorologischen Organisation“. Diese bemühte sich dann in den folgenden Jahren um die einheitliche Durchführung des Beobachtungsdienstes und um die systematische Veröffentlichung der meteorologischen Aufzeichnungen.

Mit der zusammenfassenden Auswertung der Meßwerte zu Klimatologien einzelner Orte und größerer Gebiete bis zur Ausdehnung über die ganze Erde haben sich dann die Meteorologen und in hervorragendem Maße auch die Geographen beschäftigt. Dabei entwickelte sich allmählich eine gewisse Methodik. Da diese sich auch noch nach Jahrzehnten zu stark mit der bloßen Erörterung der statistischen Angaben begnügte, wurde dies mit Recht häufig gerügt. Als Beispiel seien hier die Ausführungen von *Alfred Hettner (1924)* unter dem Sammeltitle „Methodische Zeit- und Streitfragen“ erwähnt. Ihr Inhalt wird durch den Untertitel „Die Wege der Klimaforschung“ näher gekennzeichnet.

Neben dem weitmaschigen Stationsnetz mit den damaligen noch großen Lücken über gewissen Ländern wird die Verarbeitung des Beobachtungsmaterials als besonders mangelhaft bezeichnet. *Hettner* stellt fest: „Die Verwertung beschränkt sich im allgemeinen zu sehr auf die Berechnung von Mittel- und Extremwerten, ist also zu sehr statistisch im engeren Sinne des Wortes, zu wenig, wie man es ausdrücken kann, physiologisch. Bei gleichen Mittelwerten kann aber die Art des Wetters, der Verlauf der Witterung ganz verschieden sein.“

Karl Knoch (1925) hat sich mit diesen Ausführungen und der weiteren Kritik *Hettners* auseinandergesetzt. Für die Meteorologen war sie nichts Neues, denn die Mahnung, sich in der Klimatologie nicht nur mit der statistischen Verwertung des Zahlenmaterials zu begnügen, reicht bis in die achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück, fand aber leider in der Klimaforschung zunächst nur eine geringe Beachtung. Die Forderung, die Klimaschilderung so lebhaft und anschaulich wie nur möglich zu gestalten, wurde uneingeschränkt anerkannt, aber auch festgestellt, daß die Grundlage jeder Klimaschilderung die bekannten klimatologischen Tabellen sein müssen, sobald sie für den klimatisch zu schildernden Bezirk vorhanden sind.

Aber gerade gegen diese Tabellen, die für die meisten Stationen in den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralanstalten nur Monats- und Jahresmittel der klimatischen Elemente bringen, richtete sich die Kritik, die auch aus den Reihen der Klimatologen kam. Am schärfsten sprach sich *Moriz Topolansky (1923 u. 1924)*, ein Beamter des österreichischen Bundesamtes für Statistik, gegen die Mittelwerte aus. Die Mittelwerte wurden von ihm als „sinnlos“ bezeichnet, weil sie das „Merkwürdige“ unterdrücken, und nach diesem vernichtenden Urteil wäre es nicht überraschend gewesen, wenn der Mittelwert aus den Klimabeschreibungen überhaupt verschwunden wäre.

In *Julius von Hann*, Handbuch der Klimatologie, 1. Bd. 4. Aufl. von *Karl Knoch (1932)* sind auf S. 95 „Gedanken zur Methodik klimatologischer Darstellungen“ enthalten, die sich mit diesem für die Klimaforschung so wichtigen Problem beschäftigen und nachweisen, wie man sich schon damals bemühte, Abhilfe zu schaffen. Wegen der dabei genannten Arbeiten muß auf das Handbuch selbst verwiesen werden. Hier soll nur der von *Hugo Meyer (1891)* als Ersatz für den Mittelwert sehr lebhaft propagierte *Scheitelwert* erwähnt werden (Handbuch S. 38). Damit wurde der häufigste oder wahrscheinlichste Wert in einer längeren Reihe bezeichnet, um den sich die Einzelwerte nach ihrer Größe geordnet scharen.

Die Berechnung der Häufigkeit der einzelnen Meßwerte oder ihrer Gruppen erforderte früher einen sehr großen Arbeitsaufwand. Nachdem die modernen Datenverarbeitungsmaschinen zur Verfügung stehen, ist

die Arbeit minimal. Häufigkeitsberechnungen sind besonders für die praktischen Bedürfnisse der angewandten Meteorologie unentbehrlich.

Untersuchungen über die Häufigkeit und Veränderlichkeit der Tages-, Monats- und Jahreswerte sind bekanntlich schon in großer Zahl durchgeführt worden. Jedes umfassendere Lehrbuch gibt darüber Auskunft. *Alfred Hofmann (1960)* hat die Bedeutung der Statistik in der Meteorologie an treffenden Beispielen gezeigt, aber auch auf die Grenzen ihrer Anwendung hingewiesen.

Den Bemühungen von *Hugo Meyer*, den Mittelwert ganz durch den Scheitelwert zu ersetzen, wurden gewichtige Argumente entgegen gehalten. Der Scheitelwert läßt sich nur aus langjährigen Aufzeichnungen mit genügender Sicherheit ableiten. Aus kürzeren Zeiträumen berechnet, würden bei benachbarten Stationen Verschiedenheiten auftreten, die für die Überlegungen der Praxis bedeutungslos wären. Ferner kommt es nicht selten vor, daß der häufigste Wert nicht unbedingt auf *eine* bestimmte Temperatur oder Temperaturgruppe fällt, sondern daß zwei Scheitelwerte errechnet werden, die sich allerdings nur wenig voneinander abheben. Das Bedenkliche beim Scheitelwert liegt hauptsächlich darin, daß ein einziger Wert, wenn auch der häufigste, so stark herausgestellt wird, während die anderen Werte, die zusammen die Mehrheit bilden, ausgeschaltet sind. Wie schon betont wurde, ist die Berechnung der Häufigkeiten eine notwendige Bereicherung der Klimaforschung, ein Umstand, der zu ihrer allgemeinen Anwendung geführt hat. Der Scheitelwert hat aber den Mittelwert nicht verdrängen können. Allerdings muß die in letzterem liegende Aussage besonders in der angewandten Klimatologie richtig eingeschätzt werden. Daß dies nicht immer geschieht, wird später an einem Beispiel näher erläutert werden. Vorher erscheinen einige Hinweise auf den allgemeinen Gebrauch der mathematischen Statistik in der neueren Klimaforschung sehr zweckmäßig.

Die mathematische Statistik in der Klimatologie

Während in Deutschland der Mittelwert beiseite geschoben werden sollte, waren gleichzeitig aber auch Bestrebungen im Gange, die Grundsätze der mathematischen Statistik immer stärker in die Klimatologie einzuführen. Dabei sollten nicht nur, wie bisher, die primitiven und elementaren Charakteristiken der Kollektive angegeben, sondern auch die höheren Charakteristiken abgeleitet werden. *Richard von Mises* stellte allerdings noch 1930 fest, daß die Vertrautheit mit den Verfahren und Ergebnissen der mathematischen Statistik in Deutschland weit weniger verbreitet als in anderen Ländern mit gleicher wissenschaftlicher Höhe war. Demgegenüber soll besonders in den USA der hohe Wert richtig erkannt worden sein, den eine gründliche Durchbildung

in den Elementen der statistischen Wissenschaft für zahlreiche Berufskreise besitzt.

Diese Gedanken sind dem Vorwort entnommen, das die von *Franz Baur* 1930 bearbeitete deutsche Ausgabe des „Handbuches der mathematischen Statistik“ von *H. L. Rietz*, Professor an der Universität Jowa, einleitet. Das Original war 1924 erschienen. Die deutsche Ausgabe zeichnet sich durch ein umfangreiches Literaturverzeichnis aus, das *Franz Baur* bezüglich des deutschen Schrifttums auf den neuesten Stand brachte und für den Gebrauch durch deutsche Leser zuschnitt.

Seitdem hat bekanntlich die Mathematik immer mehr auch in klimatologischen Betrachtungen Eingang gefunden. In methodischer Hinsicht sei hier nur aus neuerer Zeit auf *Franz Baur (1953)* in „Linkes Meteorologisches Taschenbuch“, Neue Ausgabe, 2. Bd. aufmerksam gemacht: „Rechnerische und mathematische Hilfsmittel des Meteorologen“ (S. 5—36) und „Langjährige Beobachtungsreihen“ (S. 585—641). Daneben bringen die viel benutzten „Graphischen Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen“ von *Siegfried Koller* (3. Aufl. 1953) im Texte ebenfalls wichtige Ausführungen.

Es war selbstverständlich, daß die bekanntlich gut aufgebaute *Internationale Meteorologische Organisation — World Meteorological Organization (WMO)* in Genf — sich auch mit dem vorliegenden Problem beschäftigt hat. Da zu den Aufgaben der WMO die Standardisierung der in den verschiedenen nationalen Netzen durchgeführten Beobachtungen sowie die Sicherung einer einheitlichen Publikation und statistischen Auswertung des Beobachtungsmaterials gehören, werden nach Bedarf sogenannte „Technical Regulations“ herausgegeben, die zunächst in ganz großen Umrissen entsprechende Anordnungen und Vorschläge enthalten. Für engere Teilgebiete der Meteorologie werden sie durch Publikationen ergänzt, die als „Guide“ bezeichnet werden. Sie gehen mehr auf Einzelheiten ein. Für den Bereich der Klimatologie erscheint seit 1960 die Veröffentlichung „Guide to climatological practices“. Der in den bisher vorliegenden Ergänzungen behandelte Stoff ist nachstehend durch den Titel und das Erscheinungsjahr gekennzeichnet: Kapitel 5: The use of statistics in climatology (1962), Kapitel 6: Data-processing by machine methods (1966), Kapitel 7: Descriptive climatology (1965). — Ferner befinden sich in der gleichfalls von der WMO herausgegebenen Publikationsfolge der „Technical Notes“ (TN) beachtenswerte Ergänzungen zu den eben genannten Schriften. Hinzuweisen ist hier auf TN No 22 (1958) *Helmut E. Landsberg*: Preparing climatic data for the user, — eine Beschreibung der in den USA üblichen Bearbeitungsmethoden — und auf TN No 81 (1966) *H. C. S. Thom*: Some methods of climatological analysis, — eine kritische Erörterung der allgemeinen statistischen Parameter.

Die vorstehenden Ausführungen sind — was besonders zu betonen ist — nicht für die Autoren gedacht, die in der Klimaforschung bereits in sehr großer Zahl die Mathematik anwenden. Die bekannten Bibliographien geben darüber erschöpfend Auskunft. Vielmehr sollten durch die gegebenen Hinweise neue Mitarbeiter für die notwendige Weiterentwicklung der Klimatologie in dieser Richtung gewonnen werden. Gerade für die Geographen dürften die angeführten Veröffentlichungen sicher von Nutzen sein.

Im folgenden wollen wir uns mit dem primitivsten Wert der Statistik — dem Mittelwert — beschäftigen. Er wird zwar überall berechnet, kommt aber häufig bei praktischen Überlegungen in der angewandten Klimatologie doch nicht mit der erforderlichen Kritik zur Anwendung. Von den zahlreichen meteorologischen Elementen wird dabei eines der wichtigsten, nämlich der *Niederschlag*, herausgegriffen und unter dem Begriff „Auflösung des Mittelwertes“ gezeigt, wie sich Fehlüberlegungen vermeiden lassen. Die Betrachtungen gehen zunächst von den an einem bestimmten Ort angestellten Beobachtungen aus, sind also nur für einen Punkt gültig, greifen dann aber auf die Darstellung der Niederschlagsverteilung über einem gegebenen Ländergebiet über, sind also flächenhaft.

Der mittlere Jahresgang des Niederschlags. Seine Bedeutung für Fragen der Praxis

Die Aufgabe der Klimatologie wurde bereits vor 25 Jahren im Hinblick auf die Ausnutzung ihrer Erkenntnisse in der Praxis folgendermaßen formuliert: „Die Klimatologie soll eine lebendige Auskunft darüber geben, wie sich das Klima in einem vorgegebenen Zeitabschnitt des Jahres zu entwickeln pflegt. Mit Mittelwerten und dem Hinweis auf die Extremwerte ist nicht viel zu erreichen. Solche Zahlen werden sehr häufig mißverstanden und können dann Unheil anrichten. Viel richtiger erscheint es die *Klimageschichte* eines Ortes zu studieren, d. h. den Ablauf der Witterung in den einzelnen Monaten der einzelnen Jahre auf Grund möglichst kleiner Zeiteinheiten, mindestens des Tages, zu verfolgen.“ (K. Knoch 1942).

Im folgenden wird nicht dieser in Tageswerten aufgelöste mittlere jährliche Gang des Niederschlags diskutiert werden, sondern nur der durch Monatssummen dargestellte Jahresgang. Sicher ist dies kein spektakulär wirkendes Thema, wie es z. B. die Berichte über die Ergebnisse der Weltraumforschung sind. Es gehört auch nicht zu dem heute so attraktiv wirkenden Gebiet der Militärforschung; ebenfalls läßt es sich nicht direkt als Projektwissenschaft bezeichnen. Daß es hier wieder aufgegriffen wird, ist in dem Alter seiner Methodik, in der Gefahr einer

nicht richtigen Interpretation und in der auch heute noch weltweiten Anwendung begründet.

Die allgemeine Forderung, daß der Meteorologe das klimatologische Beobachtungsmaterial und die Ergebnisse der Klimaforschung für die Anwendung in der Praxis in einer Form bereitstellen muß, aus der auch der Nichtmeteorologe in einwandfreier Weise Nutzen ziehen kann, war der Anlaß, das Thema bereits 1944 zu behandeln (*K. Knoch 1944*).

Daß der Jahresgang der Niederschläge als das belebende Element aller Naturvorgänge innerhalb der Klimakunde von größter praktischer Bedeutung ist, bedarf nicht mehr der näheren Begründung. Zwar gehört die Klimaforschung nicht zu den sogenannten Großwissenschaften (*big sciences*), die sich in neuester Zeit immer mehr in den Vordergrund schieben, doch kann sie in grundlegender Weise mithelfen, Probleme zu lösen, die für die Menschheit sehr wichtig sind. Dies beweist die bisherige Teilnahme der Klimaforschung an großen zivilen Projekten der verschiedensten Art. In der Zukunft muß vor allem das gewaltige Problem der Sicherung der Ernährung der ständig wachsenden Erdbevölkerung gelöst werden. Zur Zeit wächst diese schneller als die Nahrungsmittelproduktion. Ein erheblicher Teil der Menschheit hungert, während daneben der Überfluß herrscht. In dieser Tatsache liegt eine der Ursachen, die leicht einen kriegerischen Konflikt auslösen können. Hier gilt das bekannte Wort: „Brot für den Hunger ist zugleich Brot für den Frieden“.

Besonders die Sowjet-Union hat sich bemüht, in großem Umfang bisher nichtgenutzte Flächen für die menschliche Ansiedelung und Nahrungsgewinnung umzugestalten. Zu dieser Nutzbarmachung von bisher ungenutztem Ödland bedurfte es beispielsweise der Umleitung stark wasserführender Flüsse in Trockengebiete. Grundwasservorkommen mußten aufgespürt und erschlossen werden. Die moderne Technik schreckt vor Schwierigkeiten, die in den Oberflächenformen der Erde liegen, nicht mehr zurück. Auch die künstliche Zerstörung des arktischen Meereises ist bereits erwogen worden. Vor all diesen Projekten steht eine gut durchdachte Klimaforschung. Sie muß das augenblickliche Klima mit allen örtlichen Eigenheiten kennen, aber auch jenes Klima richtig einschätzen, das durch Änderung der Topographie, der Verteilung von Wasser und Land, des Grundwasserspiegels, des natürlichen Pflanzenkleides u. a. m. sich einstellen wird. Werden die Klimatatsachen bei den Planungsüberlegungen gar nicht oder nur unvollkommen beachtet, dann besteht die große Gefahr der Fehlinvestierung der meist sehr erheblichen Kosten.

Die sogenannte, Anfang 1965 angelaufene „Internationale Hydrologische Dekade“ ist ein, was die Klimaforschung angeht, vorbildliches Unternehmen. Niederschlag, Abfluß und Verdunstung spielen in

der Hydrologie die ausschlaggebende Rolle. Sie sind auch grundlegend für den Anbau von Kulturpflanzen, und es ist zu hoffen, daß dieser sich über zehn Jahre hinziehende Plan neue wesentliche Unterlagen aus den bisher klimatisch noch wenig erforschten Gebieten beibringen wird.

Ein weiteres, seit Jahren geplantes und 1968 beginnendes, ebenfalls groß angelegtes Projekt der Welt-Meteorologischen Organisation sieht die Errichtung eines *globalen Wetterüberwachungsdienstes* vor — *World Weather Watch (WWW)*. Die wesentlichen Punkte dieses Programmes sind: Ausbau des Beobachtungsnetzes über den Kontinenten und den Meeren, ein globales Datenaustausch- und Verwertungssystem, ein globales Fernmeldesystem, ein Forschungsprogramm und schließlich ein Ausbildungsprogramm zur Lösung der Personalfrage (Wissenschaftlicher und Techniker). Auch dies Projekt wird die Klimaforschung wesentlich fördern.

Die bisherige Methodik der Darstellung des mittleren Jahresganges des Niederschlags, ihre Problematik und richtige Bewertung nach „Auflösung des Mittelwertes“

Der Veröffentlichung von 1944 (*K. Knoch 1944*) war eine Karte beigegeben, in der die mittleren jährlichen Gänge des Niederschlags 1891—1930 für ausgewählte Orte in Form von Säulendiagrammen mit den mittleren Monatssummen regional eingetragen sind. Obgleich die Karte eine verhältnismäßig große Zahl solcher Diagramme enthält (rund 350), kann sie doch nur in ganz großen Zügen die Abweichungen im Jahresgang der Niederschläge zwischen den einzelnen Teilen Deutschlands ausdrücken. Die durch das Relief bedingten Unterschiede auf engem Raum können der Karte nicht entnommen werden.

Der erste Eindruck, den diese vermittelt, entspricht der Wirklichkeit. Summiert der Beschauer nämlich in Gedanken die Höhe der einzelnen Monatssäulen, so bekommt er eine Vorstellung von der Jahressumme des Niederschlags. Im Großen hebt sich der regenreichere Westen von dem Osten ab, da dieser unter einem stärkeren kontinentalen Einfluß weniger Niederschlag empfängt. Auch setzen sich die größeren Jahressummen der Mittelgebirge von den trockeneren Leegebieten deutlich ab. In den Alpen sind diese Gegensätze auf geringe Entfernung noch ausgeprägter.

Bei näherer Betrachtung der Diagramme des mittleren Ganges des Niederschlags sehen wir dort, wo *kontinentale* Einflüsse überwiegen, das Maximum im Sommer, dagegen dort, wo *maritime* Einflüsse sich stärker durchsetzen, das Maximum im Winter oder doch mindestens vom Sommer zum Herbst verschoben. Das Minimum liegt normalerweise im Februar oder März. In den norddeutschen Mittelgebirgen tritt eine bemerkenswerte Verspätung des Minimums auf den Mai ein. Dies

ist der Fall im Oberharz, in den höheren Lagen des Sauerlandes, des Rothaargebirges, des Westerwaldes, des Hunsrücks und des Thüringer Waldes. In den süddeutschen Mittelgebirgen kommt es nicht zu dieser starken Verspätung. Meist liegt hier das Minimum im April, nur an vereinzelten Orten des Schwarzwaldes und des Odenwaldes im Mai. Im östlichen Teil des nördlichen Alpenrandes finden wir ein November-Minimum.

Das Maximum im Jahresgang schwankt in seiner Lage viel stärker als das Minimum. Normal ist das Maximum im Juli. Abweichend davon ist seine Verspätung im Mündungsgebiet des Rheins sowie der Weser und Elbe, in Schleswig-Holstein und im Ostseegebiet bis zur Memel. Es handelt sich dabei aber nicht um ein Herbstregenmaximum, wie früher aus kürzeren Reihen vermutet wurde, sondern lediglich um eine Verschiebung auf den Spätsommer. Dies gilt auch für einige kleinere Gebiete auf der Grenze zwischen Nord- und Süddeutschland. In den Alpen beherrschen die Gegensätze auf kleinem Raum den jährlichen Gang.

Schließlich sei noch auf das winterliche Maximum des Niederschlags hingewiesen, das in einigen Mittelgebirgen auftritt. Im Norden finden wir es im Harz, im Westen im Sauerland, Rothaargebirge, Westerwald, auf der Eifel und im Hunsrück. In schwächerer Ausbildung zeigen es Taunus, Vogelsberg, Spessart und Thüringer Wald. Weiter im Osten tritt es nur noch als Nebenmaximum auf. Im Südwesten ist auf den Höhen der Vogesen ein winterliches Hauptmaximum gut ausgeprägt. Im Schwarzwald ist es vereinzelt zu finden.

Soweit in großen Zügen das Bild, das dem Beschauer von dem mittleren Jahresgang des Niederschlags über Deutschland und Teile der angrenzenden Länder durch die Karte übermittelt wird. Die nebeneinandergestellten Monatssäulen lassen den Jahresgang recht ausgeglichen erscheinen. Stärkere Sprünge von einem Monat zum anderen treten nur ganz selten auf. Das Bild der Säulen für die einzelnen Orte prägt sich dem Gedächtnis leicht ein. Und doch erlebt jeder, der nur etwas Wettergedächtnis besitzt, den Ablauf der Niederschlagsspende in jedem Jahr ganz anders. Kurz gesagt, das rechnerisch ermittelte Bild täuscht. Es gibt zwar eine durch eine Rechenoperation erzielte Zusammenfassung eines außerordentlich wechselnden Ablaufs der Jahresgänge in den einzelnen Jahren, aber auch nicht mehr. Der mittlere Jahresgang des Niederschlags kann daher bei Überlegungen der Praxis nur mit großer Kritik verwendet werden.

Wie schon früher betont wurde, lassen sich Fehlüberlegungen, die bei Berücksichtigung des Jahresgangs*mittels* leicht möglich sind, in vielen Fällen sogar zwangsläufig eintreten müssen, nur durch die sogenannte „*Auflösung des Mittelwertes*“ vermeiden. Die Auflösung besteht darin,

daß die Mannigfaltigkeit der Verteilung der Niederschläge über die Monate der einzelnen Jahre des ganzen Zeitraums, für den der mittlere Jahresgang berechnet wurde, in der gleichen Diagrammform dargestellt wird. Man kann auch sagen, daß so ein Teil der Klimageschichte wiedergegeben wird. In ihr sind neben den Witterungsexzessen, sowohl nach der positiven als auch der negativen Seite, die Zeiten normaler Witterung erhalten. Die große praktische Bedeutung der Klimageschichte liegt darin, daß mit den Wetteranomalien der Vergangenheit erfahrungsgemäß auch in der Zukunft gerechnet werden muß.

Nach der geschilderten Methode wurden für einige Orte die 40 einzelnen Jahrgänge des Niederschlags der Reihe 1891—1930 untereinander gestellt und schließlich das Diagramm des mittleren Ganges der Gesamtreihe beigefügt. Für alle Orte ergibt sich mit überzeugender Deutlichkeit, daß das Mittel aus einer langen Reihe die für den Ablauf der Niederschläge in den einzelnen Jahren charakteristischen Besonderheiten so stark nivelliert, daß die Tatsachen, die für die angewandte Klimatologie sehr wichtig sind, vollkommen unterdrückt werden. Der aus einer langen Reihe errechnete Mittelwert des jährlichen Ganges des Niederschlags gibt als Rechenergebnis ein zwar schönes glattes Bild, läßt aber nicht ahnen, was sich in den verschiedenen Jahrgängen abgespielt hat.

Die Auflösung des mittleren Jahresganges wird auch häufig in Form einer sogenannten Punktwolke, auch Streudiagramm genannt, durchgeführt. Dieses Diagramm unterrichtet in anschaulicher Weise über die Extremwerte und die Häufigkeit ihres Auftretens sowie über die Monatsmengen, die der betreffenden Jahreszeit normalerweise eigen sind. Selbst über einem verhältnismäßig so kleinen Raum wie Deutschland werden in dieser Darstellungsform bereits ganz charakteristische Klimazüge deutlich.

Es ist sehr erfreulich, daß die vom Deutschen Wetterdienst seit 1950 für die Länder der Bundesrepublik herausgegebenen Klima-Atlanten sich bei der kartographischen Darstellung des Jahresganges des Niederschlags nicht nur mit der sonst üblichen Form der mittleren Säulendiagramme begnügten, sondern daneben auch die Jahresgänge in den einzelnen Jahren für ausgewählte Orte trotz des kleinen Maßstabes in übersichtlicher Form wiedergeben. Da auf diese Weise ein recht gutes Anschauungs- und Studienmaterial zustande gekommen ist, sollen nachstehend diese Orte genannt werden:

Jahresgänge des Niederschlags in den Klima-Atlanten des Deutschen Wetterdienstes in Säulendiagrammen für die einzelnen Jahre

Hessen (1950)
1891—1930

Kassel, Fulda, Frankfurt/M., Darmstadt.

Bayern (1952)
1901—1940

Hof, Würzburg, Weißenburg, Regensburg, München, Hohenpeißenberg, Partenkirchen, Hohenaschau.

<i>Baden-Württemberg (1953)</i> 1901—1940	Karlsruhe, Lauterburg, Hechingen, Schelingen, Todtmoos, Friedrichshafen.
<i>Rheinland-Pfalz (1957)</i> 1901—1940	Landau, Speyer, Trier, Hachenburg, Birkenfeld, Schneifelforsthau, Neuwied.
<i>Nordrhein-Westfalen (1960)</i> 1901—1940	Herford, Münster, Kleve, Arnsberg, Krefeld, Meierzhagen, Köln, Aachen.
<i>Niedersachsen (1964)</i> 1901—1940	Wangerode, Bremervörde, Emden, Lüneburg, Lönningen, Hannover, Osnabrück, Braunschweig, Clausthal-Zellerfeld, Göttingen.
<i>Schleswig-Holstein, Hamburg u. Bremen (1967)</i> 1901—1940	Westerland, Flensburg, Husum, Kiel, Eutin, Neumünster, Hamburg-Altona, Emden, Bremervörde, Lüneburg. (Die letzten drei Orte aus Atlas Niedersachsen wiederholt)

Auch der Meteorologische und Hydrologische Dienst der Deutschen Demokratischen Republik hat in dem 1953 erschienenen Klima-Atlas für das Gebiet der DDR von den Orten Fichtelberg, Dresden, Leipzig, Potsdam, Schwerin, Putbus den Jahresgang des Niederschlags in den einzelnen Jahren und das Mittel 1901—1950 veröffentlicht.

Die in den deutschen Klimaatlantent durchgeführte Gegenüberstellung der *mittleren* Jahresgänge mit den Jahresgängen der *einzelnen* Jahre ergänzt nun die schon 1942 gewonnenen Ergebnisse an einem größeren Material und bestätigt die ganze Problematik des Mittelwertes aus einer langen Reihe sehr deutlich. Es läßt sich die Tatsache nicht übersehen, daß der mittlere Jahresgang des Niederschlags aus einer langen Reihe doch ein „Blender“ sein kann, der, wie schon betont, zu stark vereinfacht, indem er markante, für praktische Überlegungen wichtige Vorgänge unterdrückt. Da bisher in den Lehrbüchern und Klimatologien immer noch mit diesem vereinfachenden Bild gearbeitet wird, wurde hier auf die richtige Beurteilung des mittleren Jahresgangs des Niederschlags in dieser schroffen Form hingewiesen. Das Blatt 82 aus dem 1952 erschienenen Klima-Atlas von Bayern, das mit freundlicher Erlaubnis des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes beigefügt ist (vgl. Faltafel in Tasche), soll den geringen Aussagewert des mittleren Jahresgangs bekräftigen. In der mathematischen Statistik wird vom „Vertrauensbereich“ des Mittelwertes gesprochen an Stelle der früheren Bezeichnung „Genauigkeitsgrenze“. Hier liegt ein Fall mit einem sehr kleinen „Vertrauensbereich“ vor.

In den letzten Jahren ist von *Heinrich Walter* und *Helmut Lieth (1960)* ein *Klimadiagramm Weltatlas* erschienen, der sich bezüglich des Jahresgangs des Niederschlags auf die mittleren Monatssummen aufbaut. Dieser Jahresgang ist mit dem der Monatsmittel der Temperatur in einem festen Verhältnis in Verbindung gebracht, wodurch die durch Wassermangel ungünstigen Jahreszeiten hervortreten sollen — ein Problem, zu dem hier nicht Stellung genommen werden soll. *Wilhelm Lauer (1960)*, *Alfred Schulze (1961)*, *Fritz Schnelle (1961)* u. a.

haben sich dazu geäußert. Bei aller Hochachtung, die der gewaltigen Arbeitsleistung, die in diesem Atlas steckt, gern entgegengebracht wird, gilt die vorstehende kritische Bewertung des in der besagten Form dargestellten Jahresgangs des Niederschlags auch für dieses Werk und mindert leider seinen Aussagewert für die Praxis.

Selbstverständlich gibt es Klimazonen der niederen Breiten, in denen die jährliche Regenspende mit größerer Regelmäßigkeit erfolgt und der *mittlere* Jahresgang einen besseren Hinweis auf die Verhältnisse in den einzelnen Jahren vermittelt als in den vorher aufgeführten Beispielen. Es ist aber auch bekannt, daß in den Bereichen mit durchschnittlich deutlich abgegrenzten Regen- und Trockenzeiten unerwartete Störungen in diesem Rhythmus eintreten, die dann zu den schwersten Katastrophen in der Ernährungsgrundlage führen können. Auf ein Beispiel großer Anomalien des Niederschlags in der Äquatorregion des Pazifischen Ozeans hat *Karl Knoch (1927)* aufmerksam gemacht. Hier fällt die Malden-Insel unter rund 4 Grad Süd, 155 Grad West durch starke unperiodische Schwankungen der Niederschläge auf. Neuerdings ist die Klimaforschung diesem Problem der niederen Breiten intensiver nachgegangen.

Auch *Heinrich Walter* ist dies bekannt. Bereits 1955 stellte er in einer Betrachtung über die Klimagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke fest, daß für eine eingehende Analyse der landwirtschaftlichen Möglichkeiten die Mittelwert-Klimagramme nicht genügen. Es wird für notwendig gehalten, sie durch „Klimagrammstreifen“ zu ergänzen. Später bezeichnet *H. Walter (1958)* diese als „Klimatogramme“, worunter eine fortlaufende Aufzeichnung der Niederschlags- und Temperaturkurven über möglichst viele Jahre zu verstehen ist. Im Grunde ist dies das gleiche, was in diesem Aufsatz mit „Auflösung des Mittelwertes“ bezeichnet wird. Aus den von *Walter* gegebenen Proben wird aber deutlich, daß bei einer *fortlaufenden* Aufzeichnung, d. h. bei einer Nebeneinanderstellung der einzelnen Jahre, der Vergleich mit dem ausgeglichenen mittleren Jahresgang nicht so eindringlich wird wie bei der in diesen Ausführungen angewandten Darstellungsform. Bei dieser stehen die Monate der Einzeljahre und des mittleren Jahresgangs senkrecht untereinander und lassen die Gegensätze in den Monatsmengen und in der jahreszeitlichen Verschiebung klar erkennen.

Daß diese Klimatogramme nicht in größerer Zahl veröffentlicht wurden — im Weltklimaatlas konnten, soweit die Einzellieferungen zugänglich waren, nur 8 Klimatogramme ermittelt werden — begründet *Walter (1958)* mit Raummangel. Daneben wird auch festgestellt, daß dafür keine Notwendigkeit bestehe, da die Klimatogramme nur lokale Bedeutung besitzen und nur für den von größerem Interesse sind, der

in dem betreffenden Gebiet arbeitet. Dieser Meinung kann ganz und gar nicht zugestimmt werden. In der Einführung zur zweiten Lieferung des Atlas wird übrigens nach der Reproduktion des Klimatogramms von Stuttgart-Hohenheim 1907—1956, das die im Vorstehenden gezeigten Bedenken gegen den mittleren Jahresgang des Niederschlags sehr treffend bestätigt, dem Benutzer des Atlas empfohlen, sich die Klimatogramme selbst zu zeichnen. — Dies ist sicher ein Rat, der nur von ganz wenigen befolgt werden kann. Abhilfe kann hier nur die sachgemäße Aufklärung des meteorologischen Nachwuchses durch Unterricht und Lehrmittel schaffen.

Die Auflösung des Mittelwertes soll seiner Belebung dienen. An einer sozusagen „toten“ Zahlenfolge des Jahresganges soll geklärt werden, durch welche Realitäten sie entstanden ist. Diese Arbeitsmethode führt erwünschterweise von der häufig gerügten, nur beschreibenden Methode der Klimatologie weg, weil sich nun die Frage nach dem „Warum“ aufdrängt und nach der Erklärung gesucht werden muß. Diese liegt in den Bewegungsvorgängen, in der Dynamik der Atmosphäre, auch der höheren Schichten, was zum Bereich der dynamischen Klimatologie gehört, von anderen auch synoptische Klimatologie genannt, die schließlich in der Theorie mündet (*H. Flohn 1965*).

Die Auflösung des Mittelwertes in der Regionalklimatologie als Teil der Topometeorologie

Bisher wurden nur Beobachtungsreihen diskutiert, die an festen Stationen gewonnen wurden. Ihre Auswertung gehört zum Begriff „Punktklimatologie“. Daneben steht die „Regionalklimatologie“. Sie arbeitet mit den Mittelwerten eines möglichst dichten Netzes von Beobachtungsstationen und versucht die mittlere Verteilung der meteorologischen Elemente über einem bestimmten Gebiet darzustellen. Dabei entstehen bekanntlich gerade beim Niederschlag Verteilungsbilder, die auf geringe Entfernung mehr oder minder große Gegensätze aufweisen. Ein Mittelwert, der sich auf eine größere Fläche bezieht, muß daher immer problematisch bleiben, wenn innerhalb ihres Bereichs derartige Unterschiede vorhanden sind.

Das Grundprinzip der Auflösung des Mittelwertes ist geeignet, auch in das Wesen dieser mittleren Verteilungskarten einzudringen. Wie dies geschehen kann, darüber hat *Steffi Zila* bereits 1943 unter Anführung einiger Untersuchungen berichtet. Die Analyse dieser mittleren Niederschlagskarten will die Ursachen ihres Zustandekommens ergründen. Weshalb auch hier die Methode der Auflösung des Mittelwertes erfolgversprechend angewandt werden kann, ist verständlich. Wenn schon in Karten der mittleren Verteilung, die in den Mittelwerten manche Tatsachen unterdrückt, noch deutlich hervortretende Eigen-

heiten zu erkennen sind, wie z. B. die bekannten Trockengebiete im Lee der Gebirge, dann müssen Wetterlagen vorhanden sein, die diese Leegebiete im Einzelfall noch ausgeprägter zeigen, als dies in den Mittelwertskarten der Fall ist. Diese Wetterlagen gilt es zu ermitteln. Solche Untersuchungen sind besonders interessant, weil sie sich mit dem wichtigen Element Niederschlag beschäftigen, bei dem nicht nur die Zustände der unteren Luftschichten, sondern auch mindestens die der gesamten Troposphäre ausschlaggebend sind.

Da *Zila* über die damals vorliegenden Untersuchungen bereits eingehend berichtet hat, genügt hier ein kurzer Hinweis. Angestrebt wurde eine Erklärung folgender Trockengebiete mit einer jährlichen Niederschlagssumme unter 500 mm: 1. das rheinisch-hessische Trockengebiet, 2. das brandenburgisch-pommersche Trockengebiet an der unteren Oder, 3. das sächsisch-thüringische Trockengebiet und 4. das Trockengebiet an der Warthe und unteren Weichsel. *Fred Meincke (1936)* ging den Ursachen des Trockengebietes an der unteren Oder nach. *August Janssen (1939)* zeigte am Beispiel des sächsisch-thüringischen Trockengebietes, wie sich bei Abweichungen von der Hauptrichtung der regenbringenden Strömung die Lage der Trockenzone merklich verschiebt. *Walter Kups (1940)* konnte für das Weichselmündungsgebiet die Unterschiede in der Niederschlagsverteilung bei West bis Westnordwest als Hauptregenwindrichtung und bei Winden aus den Ostquadranten, die hier stärker als im Westen auftreten, gut nachweisen. *Gerd Moritz (1940)* untersuchte bei typischen Nordwestwetterlagen die Stau- und Lee-Erscheinungen in dem größeren Gebiet der nordwestdeutschen Mittelgebirge nördlich der Rhein-Main Linie (Rothaargebirge, Westerwald, Taunus, Harz, Rhön, Thüringerwald). Der sich dabei auswirkende Geländeeinfluß wurde nicht nur durch die Niederschlagsverteilung, sondern auch durch Bewölkungskarten deutlich gemacht. Inzwischen sind viele neuere Arbeiten dieser Art erschienen. Sie gehören zu dem Sondergebiet der *Topometeorologie*, das mit dem Gebiet der Topoklimatologie verzahnt ist. Eine Zusammenfassung des heutigen Standes unseres Wissens über den Einfluß der Topographie auf die Gestaltung der Witterung kleiner Räume ist in Vorbereitung. Die Methode der individuellen Behandlung der Einzelercheinungen verspricht bei dieser Forschung einen sicheren Erfolg. Geographische Schulung ist eine sehr erwünschte Vorbedingung. Es ist sehr anerkennenswert, daß jene Länder, welche die Meteorologie in ihrem Bereich in den letzten Jahrzehnten auf- oder ausbauten und dabei von einer fortgeschrittenen Plattform ausgehen konnten, die Topometeorologie berücksichtigt haben. Die Tagungsberichte der jüngsten Zeit zeigen dies deutlich.*

*) Für freundliche Zusendung von Sonderdrucken aus dem Gebiet der Topometeorologie wäre der Verf. sehr dankbar.

Topometeorologie liefert nicht nur Elemente für eine Heimatklimakunde, sondern ist auch von erheblicher Bedeutung für die Wettervorhersage, von der seit langem eine stärkere Berücksichtigung der örtlichen Besonderheiten des Wetters gefordert wird. *Tor Bergeron (1966)* hat im September 1965 auf einem Symposium zum Thema „Probleme der Wettervorhersage“ in Wien sehr eindringlich für eine Vervollständigung der Prognosenarbeit plädiert. Diese soll neben der bisher üblichen „allgemeinen Prognose“ auch die „spezielle Prognose“ umfassen. Die letztere besteht nach den Worten *Bergerons*: 1. in der Berücksichtigung von allen Einflüssen der Orographie und der täglichen Periode der Strahlungsverhältnisse auf das Lokalwetter, 2. in der Deutung der vorausberechneten Karten in allen Niveaus bzw. des allgemeinen Prognosenresultats hinsichtlich der Wettersysteme, in bezug auf Wetterverlauf usw. während der ganzen Vorhersagezeit an einem gegebenen Ort und 3. in der durch 1) und 2) bedingten Formulierung von konkreten Aussagen über das Wetter.

Es ist sehr interessant, daß hier von berufener Seite zur notwendigen Verbesserung der Wettervorhersage an erster Stelle die Berücksichtigung von allen Einflüssen der Orographie auf das Lokalwetter gefordert wird. Dadurch bekommt auch das Problem der Auflösung des Mittelwertes einen praktischen Aspekt, der hoch eingeschätzt werden darf.

Von der Wettervorhersage nochmals zurück zu den regionalen Klimakarten kleinerer Bezirke! Was über die Notwendigkeit gesagt wurde, die in dem mittleren Verteilungsbild unter dem Einfluß der Orographie sich ausbildenden Gegensätze als Wirkung bestimmter Wetterlagen aufzuklären, gilt auch für *Großraumklimakarten*. Sie umfassen Räume von einer ganz anderen Größenordnung und schwanken zwischen einem Kontinent und der ganzen Erde. Daß gerade diese Großraumklimakarten, die immer wieder in den Lehrbüchern der Meteorologie und Klimatologie anzutreffen sind, nicht mehr dem Stand unseres Wissens entsprechen und als Lehrmittel falsche Vorstellungen von klimatischen Tatsachen erwecken können, ist bereits an anderer Stelle gesagt worden (*K. Knoch 1966*). Hier sei nur darauf verwiesen und immer wieder betont, daß die Global-Meteorologie und -Klimatologie, die bekanntlich schon sehr schöne Untersuchungen aufzuweisen haben, auch weiterhin einen systematischen Ausbau finden mögen.

Schlußbetrachtung

Dieser systematische Ausbau darf sich nicht damit begnügen, als Ziel der aufgewandten Arbeit nur einen allgemeinen Überblick geben zu wollen. Zu Anfang dieses Jahrhunderts bedeutete dieser allgemeine Überblick einen wesentlichen Fortschritt. Heute verlangt die angewandte

Klimaforschung viel, ja sogar sehr viel mehr. Ihre Ergebnisse müssen wahr sein, d. h. die Natur wiedergeben. Das bedeutet, daß sie von einem Grundsatz beherrscht sein muß, der abgewandelt für die gesamte angewandte Forschung gilt und den man in folgende Worte kleiden kann: Eine gesunde Klimaforschung muß aus der Natur geschöpft, d. h. in ihrer Umgebung geschaffen werden, und die Natur durchdringen, in der sich der Schöpferwille ausdrückt (*K. Knoch 1963*). Und ferner dürfen wir nie übersehen: Die Wissenschaft als Produkt der Geisteskräfte des Menschen bleibt immer unfertig. Auch an den einfachsten Problemen kann, wie dieser Aufsatz zeigen wollte, noch verbessernd gearbeitet werden — mit dem Ziel, einer Forschung zu dienen, die Qualität und Exaktheit anstrebt.

Literatur

Baur, Fr.: siehe *H. L. Rietz 1930*.

Baur, Fr.: Rechnerische und mathematisch-statistische Hilfsmittel des Meteorologen. In: Linkes Meteorologisches Taschenbuch. Neue Ausgabe. 2. Bd. — Leipzig 1953. S. 5—36.

Bergeron, T.: Der vollständige Wetterdienst. — Arch. Meteor., Geophys. Bioklimat. Suppl. 1. 1966, S. 54—58.

Deutscher Wetterdienst in der U.S.-Zone: Klima-Atlas von Hessen. Bad Kissingen 1950. — Klima-Atlas von Bayern. Bad Kissingen 1952. — Klima-Atlas von Baden-Württemberg. Bad Kissingen 1953.

Deutscher Wetterdienst: Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz. Bad Kissingen 1957. — Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. Offenbach 1960. — Klima-Atlas von Niedersachsen. Offenbach 1964. — Klima-Atlas von Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen. Offenbach 1967.

Flohn, H.: Probleme der theoretischen Klimatologie. — Naturwiss. Rdsch. 18. 1965, S. 385—392.

Hann, J. von: Handbuch der Klimatologie. 1. Bd., 4. Aufl. von *K. Knoch*. — Stuttgart 1932. S. 95—99.

Hettner, A.: Methodische Zeit- und Streitfragen. Die Wege der Klimaforschung. — Geogr. Z. 30. 1924, S. 117—124.

Hofmann, A.: Bedeutung und Grenzen der Statistik in der Meteorologie. — Allg. Statist. Archiv 1960, S. 272—284.

Janssen, A.: Das sächsisch-thüringische Trockengebiet. — Diss. Berlin 1939. 63 S.

Knoch, K.: Zur Methodik klimatologischer Forschung. Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorologischen Instituts im Jahre 1924. — Veröff. Preuß. Meteor. Inst. Nr. 327. Berlin 1925. S. 49—59.

Knoch, K.: Große Anomalien des Niederschlags in der Äquatorzone des Pazifischen Ozeans. — Ann. Hydrogr. u. marit. Meteor. 55. 1927, S. 361—367.

Knoch, K.: Weltklimatologie und Heimatklimakunde. — Meteor. Z. 59. 1942, S. 245—249.

- Knoch, K.: Betrachtungen zum Jahresgang der Niederschläge in Deutschland. — Petermanns Geogr. Mitt. 90. 1944, S. 74—77, 3 Taf.
- Knoch, K.: Die Landesklimateaufnahme. Wesen und Methodik. — Ber. Dt. Wetterd. Nr. 85. Offenbach 1963. 64 S., 39 Taf.
- Knoch, K.: Großraumklimakarten. — Z. f. Meteor. 17. 1966, S. 261—266.
- Koller, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. — 3. Aufl. Darmstadt 1953.
- Kups, W.: Die Niederschlagsverhältnisse und die Ursache der Niederschlagsverteilung im Weichselmündungsgebiet. — Arch. Dt. Seewarte 60. 1940, Nr. 5. 95 S.
- Landsberg, H. E.: Preparing climatic data for the user. — WMO, TN, No 22 (1958).
- Lauer, W.: Klimadiagramme. — Erdkunde 14. 1960, S. 232—242; desgl. Erdkunde 15. 1961, S. 75.
- Meincke, F.: Die Ursache des Trockengebietes an der unteren Oder. — Diss. Berlin 1936. 62 S.
- Meteor. u. hydrolog. Dienst d. Dt. Dem. Republ.: Klima-Atlas für das Gebiet der DDR. — Berlin 1953.
- Meyer, H.: Anleitung zur Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen für die Klimatologie. — Berlin 1891.
- Moritz, G.: Stau- und Lee-Erscheinungen in den nordwestdeutschen Mittelgebirgen. — Diss. Berlin 1940. 62 S.
- Rietz, H. u. Mitarb.: Handbuch der mathematischen Statistik. Dt. Ausg. von Fr. Baur. — Leipzig, Berlin 1930.
- Schnelle, F.: Besprechung d. Klimadiagramm-Weltatlas (1. Lfg.) von H. Walter u. H. Lieth. — Umschau i. Wiss. u. Techn. 61. 1961, S. 382.
- Schulze, A.: Besprechung d. Klimadiagramm-Weltatlas (1. Lfg.) von H. Walter u. H. Lieth. — Meteor. Rdsch. 14. 1961, S. 95—96.
- Thom, H. C. S.: Some methods of climatological analysis. — WMO. TN No 81 (1966).
- Topolansky, M.: Der Einzelwert. — Wetter 40. 1923, S. 87—89.
- Topolansky, M.: Mittelwerte und Einzelwerte in der Klimatologie. — Wetter 41. 1924, S. 188—190.
- Walter, H.: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. — Ber. Dt. Botan. Ges. 68. 1955, S. 331—344.
- Walter, H.: Klimadiagramm-Karte von Afrika. — Dt. Afrika-Ges., Schriftenreihe Nr. 4. Bonn 1958. 27 S., 1 Karte.
- Walter, H. u. H. Lieth: Klimadiagramm-Weltatlas. — Jena 1960 ff.
- Zila, Steffi: Die Auflösung des Mittelwertes in der neueren Klimaforschung. — Z. angew. Meteor./Wetter 60. 1943, S. 137—149.