

- KING, L. J.: Statistical analysis in geography. Englewood Cliffs 1969.
- LINDSKOG, P. A.: The periodic market-place exchange system in Malawi. *Mainzer Geographische Studien* 17, 1979, 53–63.
- MAHN, CHR.: Periodische Märkte und zentrale Orte – Raumstrukturen und Verflechtungsbereiche in Nord-Ghana. *Heidelberger Geographische Arbeiten* 59, 1980.
- McBRYDE, F. W.: Cultural and historical geography of Southwest Guatemala. Washington D.C., Smithsonian Institution, Institute of Social Anthropology, Publication No. 4, 1947.
- McKIM, W.: The periodic market system in northeastern Ghana. *Economic Geography* 48, 1972, 333–344.
- OETTINGER, B.: Die Wochenmärkte und ihre Rotationen im westlichen Mittelanatolien. *Erdkunde* 30, 1976, 19–24.
- OSWALD, K. E.: Agrarwirtschaft und sozialer Wandel im Baringo-District/Kenya. *Frankfurter Wirtschafts- und Sozialgeographische Schriften* 35, 1980.
- PARKS, S.: Rural development in Korea: The role of periodic markets. *Economic Geography* 57, 1981, 113–126.
- PYLE, J.: Tianguis: Periodic markets of Mexico City. In: SMITH, R. H. T. (Ed.), 1978, 132–141.
- SCHWIMMER, B.: Periodic markets and urban development in Southern Ghana. In: SMITH, C. A. (Ed.), 1976, 123–145.
- SKINNER, G. W.: Marketing and social structure in rural China. *Journal of Asian Studies* 24, 1964, 3–43.
- SMITH, C. A. (Ed.): *Regional Analysis. Vol. I: Economic Systems.* New York 1976.
- : Regional economic systems: Linking geographical models and socioeconomic problems. In: SMITH, C. A. (Ed.), 1976, 3–63.
- SMITH, R. H. T.: West African market-places: Temporal periodicity and locational spacing. In: MEILLASSOUX, C. (Ed.): *The development of indigenous trade and markets in West Africa.* London 1971, 319–346.
- : The synchronization of periodic markets. In: ADAMS, W. P. a. HELLENER, F. M. (Eds.): *International Geography 1972, Vol. I.* Toronto 1972, 591–593.
- : (Ed.): *Market-place trade – periodic markets, hawkers, and traders in Africa, Asia, and Latin America.* Vancouver, University of British Columbia, Centre for Transportation Studies, 1978.
- : Periodic market-places and periodic marketing: Review and prospect, Part. I. *Progress in Human Geography* 3, 1979, 471–505.
- SPENCER, J. E.: The Szechwan village fair. *Economic Geography* 16, 1940, 48–58.
- STINE, J. H.: Temporal aspects of tertiary production elements in Korea. In: PTTIS, F. R. (Ed.): *Urban systems and economic development.* Eugene, Oregon, University of Oregon, School of Business Administration, 1962, 68–88.
- SYMANSKI, R. a. WEBBER, M. J.: Complex periodic market cycles. *Annals of the Association of American Geographers* 64, 1974, 203–213.
- TAMASKAR, B. G.: The weekly market of the Sagar-Damoh plateau. *National Geographical Journal of India* 12, 1966, 38–50.
- THORPE, J. K.: Periodic markets in the Caspian lowlands of Iran. In: SMITH, R. H. T. (Ed.), 1978, 81–98.
- TINKLER, K. J.: The topology of rural periodic market systems. *Geografiska Annaler B* 55, 1973, 121–133.
- TROIN, J.-F.: *Les souks marocains: Marchés ruraux et organisation de l'espace dans la moitié du Maroc.* Aix-en-Provence 1975.
- UNWIN, P. T. H.: Rural marketing in medieval Nottinghamshire. *Journal of Historical Geography* 7, 1981, 231–251.
- WESTERN, J.: Market development in Central Southern Burundi. *East African Geographical Review* 12, 1974, 34–45.
- WIERTZ, H.: *Wochenmärkte im Ruhrgebiet: Strukturen, Einzugsbereiche, Verflechtungen – Ein Vorbericht.* *Mainzer Geographische Studien* 21, 1982, 74–82.
- YEUNG, Y.-M.: National development policy and urban transformation in Singapore. The University of Chicago, Dept. of Geography, Research Paper No. 149, 1973.
- ZAHAN, D.: Notes sur les marchés mossi du Yatenga. *Africa* 24, 1954, 370–377.

## ZUR SOMMERWITTERUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Mit 9 Abbildungen

PETER FRANKENBERG

*Summary:* Summer-time weather in the Federal Republic of Germany

The analysis of the spatial and temporal patterns of the summer-time weather in the FRG presents a map of the mean annual numbers of days of summer-time weather. It is evident that the 50th parallel nearly separates a region with summer temperatures above average (Southern Germany) from a region with summer temperatures below average (Northern Germany). The analysis further identifies years of maximum similarity of summer-time weather by means of a PCA (principal component analysis) – followed by an analysis of spatial patterns of these similarities in time. Two main boundaries of summer-time weather appear according to the

number of days with a maximum temperature  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  and the number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm: the Main and Nahe valleys and the northern boundary of the "Rheinisches Schiefergebirge". Southwestern Germany mostly shows a marked affinity with Northern Germany.

In der Erinnerung an den Witterungsablauf einzelner Jahre spielt der „Sommer“ stets eine bleibende Rolle, allein deswegen, weil seine Witterung die Ernteerträge und die Erntequalität (Wein!) ebenso entscheidend mitbestimmt wie das in unserer heutigen Zeit so wesentlich gewordene

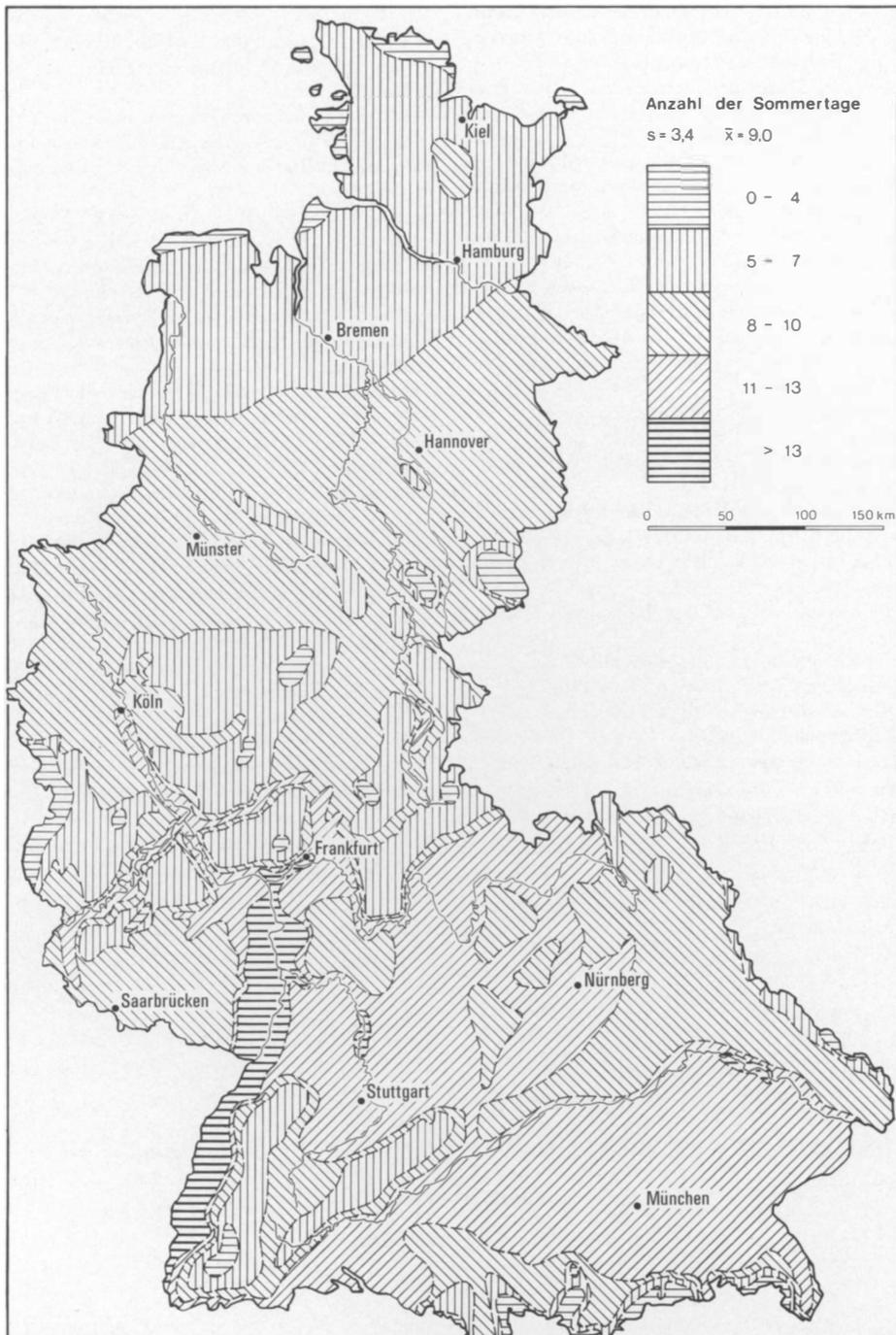


Abb. 1: Mittlere Anzahl der Sommertage in der Bundesrepublik Deutschland während des Monats Juli (Periode 1931-1960)  
 Average number of days with a maximum temperature  $\geq 25^\circ\text{C}$  in the Federal Republic of Germany in July (period 1931-1960)

Urlaubswetter. Die Sommer der Jahre 1947, 1959 und 1976 – wie auch zuletzt die Sommer der Jahre 1982 und 1983 – gelten in der Erinnerung als „gute“, weil warm-trockene Sommer in Mitteleuropa. Diese Sommer waren jedoch nicht in

allen Teilen der Bundesrepublik Deutschland gleich „gut“ ausgeprägt. Die Sommer von 1976 und 1982 zeigten sich lediglich in Nord- und Westdeutschland relativ warm und trocken, kaum jedoch im südlichen Bundesgebiet.

Es ist das Ziel der vorliegenden Studie, derartige räumliche und zeitliche Zusammenhänge der Sommerwitterung im Raume der Bundesrepublik Deutschland zu untersuchen. Es kann dabei festgestellt werden, welche Sommer sich in ihrer Ausprägung ähnlich waren und in welchen Räumen dies der Fall war, bzw. wo das Gegenteil zu vermuten steht.

#### Mittlere Raumstrukturen der Sommerwitterung

Als ein guter Indikator der Sommerwitterung kann die Zahl der Sommertage angesehen werden. Es sind dies Tage mit einem Temperaturmaximum  $\geq 25^\circ\text{C}$ . Die Schwellenwertbildung zur räumlichen Differenzierung der Zahl der Sommertage geschah mit Hilfe der Standardabweichung ( $s=3,4$ ), die bei einer Schiefe der Datenpopulation von lediglich 0,3 als ein probates Klassengrenzmaß gelten kann. Die Raumstruktur der mittleren Anzahl der Sommertage des Mittsommermonats Juli (Periode 1931–1960 für ca. 250 Klimastationen\*) zeigt einen deutlichen Nord-Süd-Wandel der Zahl der Sommertage, der mit einem Höhenwandel interferiert (vgl. Abb. 1). Die geringste Anzahl an Sommertagen findet sich an den Küsten sowie in den höchsten Teilen der Gebirge. Nördlich von  $50^\circ$  Breite übersteigt die Zahl der Sommertage den Mittelwert von 9,0 nur im Rhein-, Mosel- und Lahntal sowie in Teilen der Hessischen Senke markant. Südlich des  $50.$  Breitenkreises liegt die Zahl der Sommertage in der Regel deutlich über dem Mittelwert. Lediglich in den Gebirgsräumen werden Werte um den Mittelwert oder in kleineren Arealen auch geringere Werte konstatiert. Trotz seiner relativ hohen Lage eignen dem Alpenvorland – unter Ausnahme der höchsten Relieftteile – relativ hohe Zahlen von Juli-Sommertagen. Die höchsten Werte werden hier im niederbayerischen Dugau registriert. In vielen Teilen des Alpenvorlandes übersteigt die Zahl der Sommertage des Juli die Werte der norddeutschen Küstenregionen um mehr als das Doppelte. Im Alpenraum tritt oberhalb von 1800 m im Mittel kein Juli-Sommertag mehr auf. Oberhalb dieser Höhenstufe ist auch in anderen Monaten kaum einmal ein Sommertag zu beobachten. Das Maximum an Sommertagen ist im Oberrheingraben festzustellen, am deutlichsten ausgeprägt an der Station Mannheim. Städten eignen in der Regel 1–2 Sommertage mehr als dem Freiland. Darin kommt die Überwärmung der Stadt zum Ausdruck. So weist etwa Frankfurt/Main im Mittel 15, Frankfurt/Flughafen jedoch nur 13 Sommertage des Monats Juli aus.

Die Zahl der Sommertage des Juli zeigt im Mittel der Beobachtungsperiode (1931–1960) ein markantes, vornehmlich nord-süd-differenziertes Raummuster. Sommertage treten jedoch auch in anderen Monaten auf, nämlich zwischen April und Oktober. Um die Zahl der Variablen (Monate) und damit die Zahl der zu erstellenden Karten zu reduzieren, wurde der Datensatz der Zahl der Sommertage (Monate = Variable, Klimastationen = Fälle) einer Hauptkomponenten-

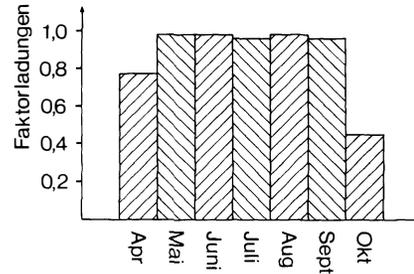


Abb. 2: Faktorladungen der Hauptkomponentenanalyse der mittleren Anzahl der Sommertage (Periode 1931–1960) über 7 Monate (Variable) und 250 Klimastationen (Fälle)

Factor loadings of the PCA of the average number of days with a maximum temperature  $\geq 25^\circ\text{C}$  (period 1931–1960) for 7 months (variables) and 250 climatic stations (cases)

analyse unterzogen. Sie integriert die sieben Ausgangsvariablen zu einer neuen Variablen (Eigenwert  $\geq 1$ ). Damit kann die Ausprägung der Zahl der Sommertage der Monate April bis Oktober in einer Karte dargestellt werden. Diese neue Variable (erster Faktor der Hauptkomponentenanalyse) vermag 80,9% der Varianz des Datensatzes aller sieben Monate mit Sommertagen zu erklären. Die Faktorladungen (vgl. Abb. 2) weisen die Repräsentanz der sieben Ausgangsmonate auf dem ersten Faktor der Hauptkomponentenanalyse aus. Die Monate von Mai bis September sind mit Faktorladungen von annähernd 1,0 vertreten. Die Varianz ihrer Sommertage im Raum geht also zu annähernd 100% in das Modell ein. Auch die Zahl der Sommertage des April ist noch mit ca. 60% ihrer Varianz repräsentiert. Am wenigsten vermag das faktorenanalytische Modell die Zahl der Sommertage des Oktober zu integrieren. Sie weichen in ihrer Raumstruktur offenbar von derjenigen der übrigen Sommertag-Variablen ab.

Die Karte der Raumstruktur positiver und negativer Faktorwerte des ersten Faktors der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Sommertage weist in ihrer räumlichen Struktur neben dem bereits erkannten Nord-Süd- und dem Höhenwandel der Zahl der Sommertage einen Ost-West-Wandel nach (Abb. 3). Mit zunehmender Kontinentalität erhöht sich im Rahmen der sieben Sommermonate die Zahl der Sommertage.

Positive Faktorwerte repräsentieren eine überdurchschnittlich hohe Zahl an Sommertagen der Monate April bis Oktober, negative Faktorwerte bedeuten eine entsprechend unterdurchschnittliche Repräsentanz an Sommertagen.

Positive Faktorwerte prägen im Norden des Bundesgebietes lediglich das Grenzgebiet zur DDR, Teile Westfalens sowie das Rheintal mit seinen Nebenflüssen. Im südlichen Deutschland dominieren höhere positive Faktorwerte, unter Ausnahme der ausgesprochenen Gebirgsregionen: Ostbayerische Grenzgebirge, Alpen, Alb, Schwarzwald, Odenwald, Spessart und Pfälzer Wald. Negative Faktorwerte prägen die Gebirgsräume des Bundesgebietes sowie ihren Norden ab ca.  $53^\circ$  nördlicher Breite.

\*1) Die entsprechenden Daten wurden freundlicherweise vom Deutschen Wetterdienst in Offenbach zur Verfügung gestellt.

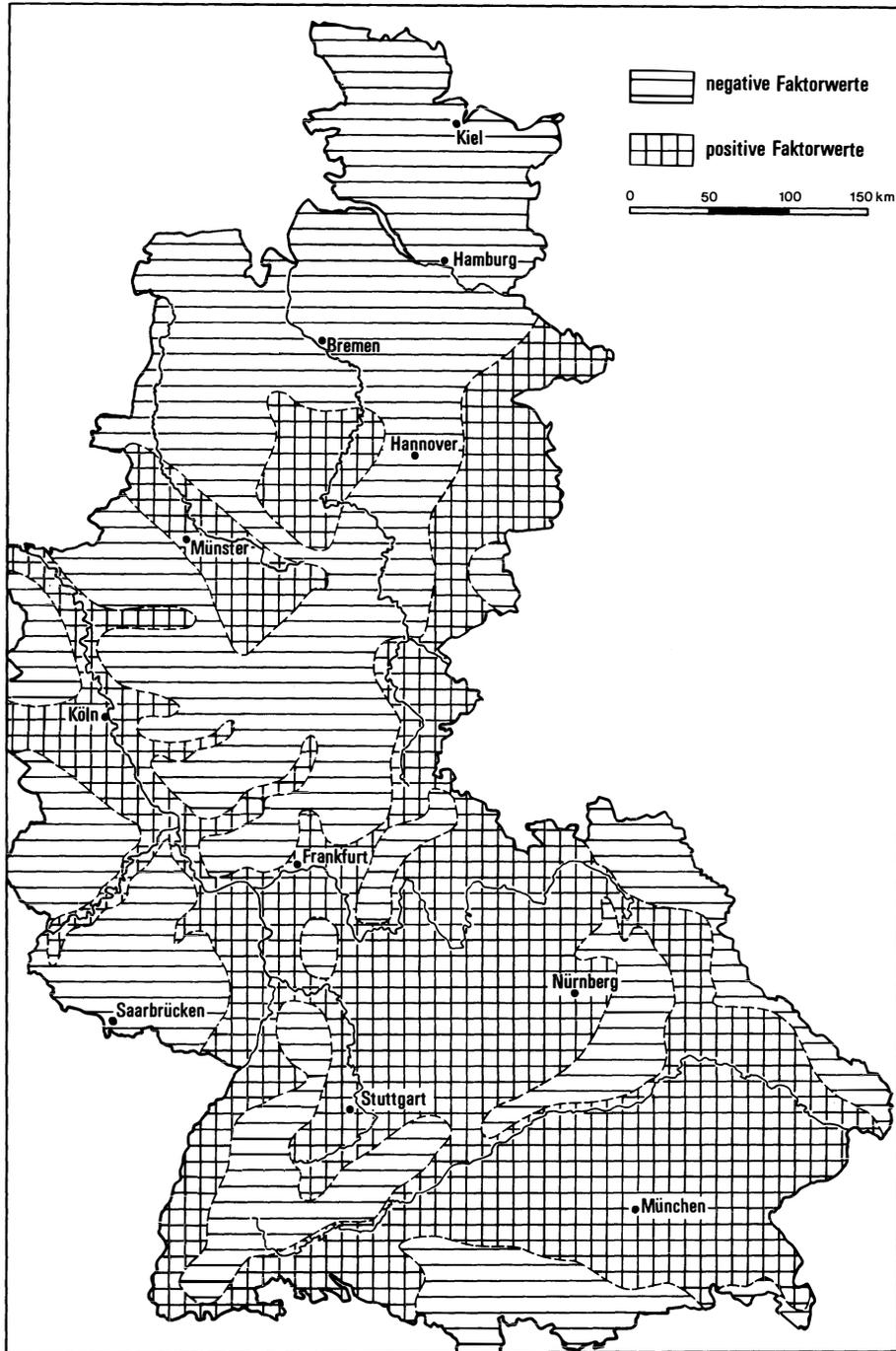


Abb. 3: Raummuster negativer und positiver Faktorwerte der Hauptkomponentenanalyse der mittleren Anzahl der Sommertage (Faktorladungen: siehe Abb. 2)

Spatial pattern of factor scores of the PCA of the average number of days with maximum temperature  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  (factor loadings: cf. fig. 2)

Das in der Abb. 3 skizzierte Raummuster weist die Grundstruktur der Verteilung der Sommertage der Monate April–Oktober im *Mittel* der Jahre 1931–1960 nach. Von

Jahr zu Jahr erfährt dieses mittlere Raummuster naturgemäß vielfältige Abwandlungen, die es in raum-zeitlichen Analysen der Sommerwitterung im folgenden auszuweisen gilt.

Die Zeit-Raumstruktur der Sommerwitterung

Die Analyse der Zeit-Raumstrukturen der Sommerwitterung der Bundesrepublik Deutschland basiert auf Zeitreihen der Jahre 1959 bis 1978 über 55 Klimastationen, die alle Landschaftsräume des Bundesgebietes hinreichend vertreten können. Die entsprechenden Werte der Zahl der Sommertage wurden den *Deutschen Meteorologischen Jahrbüchern* (1961–1980) entnommen.

Der zeitliche Gang einiger Witterungselemente zwischen 1959 und 1978 ist für die Klimastationen St. Peter (Schleswig-Holstein) und Altomünster (Oberbayern) exemplarisch nebeneinandergestellt worden, um die Grundstruktur der Sommerwitterungen der Beobachtungsperiode für Nord- und Süddeutschland nach den Ausgangswerten differenziert zu veranschaulichen (vgl. Abb. 4). Dargestellt sind die Zeitreihen der Sommertagesindizes des Juli. Der Sommertagesindex setzt sich zusammen aus der Zahl der Sommertage

plus der Zahl der Tage mit einer Temperatur  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ . Damit werden besonders heiße Tage doppelt gewichtet. Verzeichnet sind auch die Zahlen der Niederschlagstage ( $\geq 1$  mm) von Juli und August sowie die Monatsmitteltemperaturen und die Niederschlagssummen des Juli.

An der Klimastation *St. Peter* kennzeichnete insbesondere die Sommer der Jahre 1959, 1969, 1972, 1973 sowie 1976 und 1978 eine überdurchschnittlich hohe Anzahl heißer Tage. Bis auf die Jahre 1972/73 lag in diesen ‚heißen Sommern‘ die Zahl der Niederschlagstage unter dem Mittelwert.

An der Klimastation *Altomünster* haben sich während der 20 Beobachtungsjahre insbesondere 1959, 1964, 1967, 1971 und 1976 als reich an „Sommertagen“ erwiesen. Es waren dies in der Regel auch Jahre mit einer unterdurchschnittlichen Anzahl von Niederschlagstagen.

An dem Vergleich der beiden Stationen zeigt sich bereits, daß heiß-trockene Sommer in Süd- und Norddeutschland durchaus nicht immer gleichzeitig auftreten und daß nicht

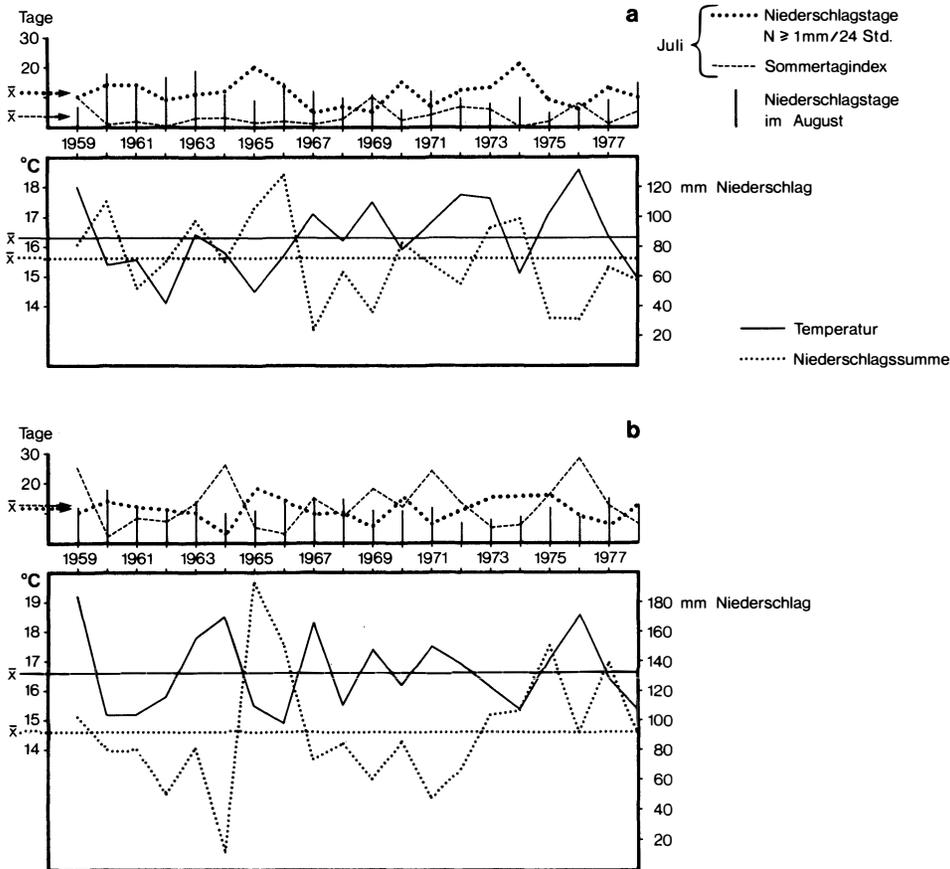


Abb. 4: Zeitreihen der Sommertagesindizes, der Mitteltemperatur, der Niederschlagssumme, der Anzahl der Niederschlagstage des Monats Juli sowie der Anzahl der Niederschlagstage des Monats August zwischen 1959 und 1978 für die Klimastationen St. Peter (a) und Altomünster (b)

Time series of days with a maximum temperature  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  (index), mean temperature, amount of precipitation, number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm in July as well as the number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm in August from 1959 to 1978 for the climatic stations of St. Peter (a) and Altomünster (b)

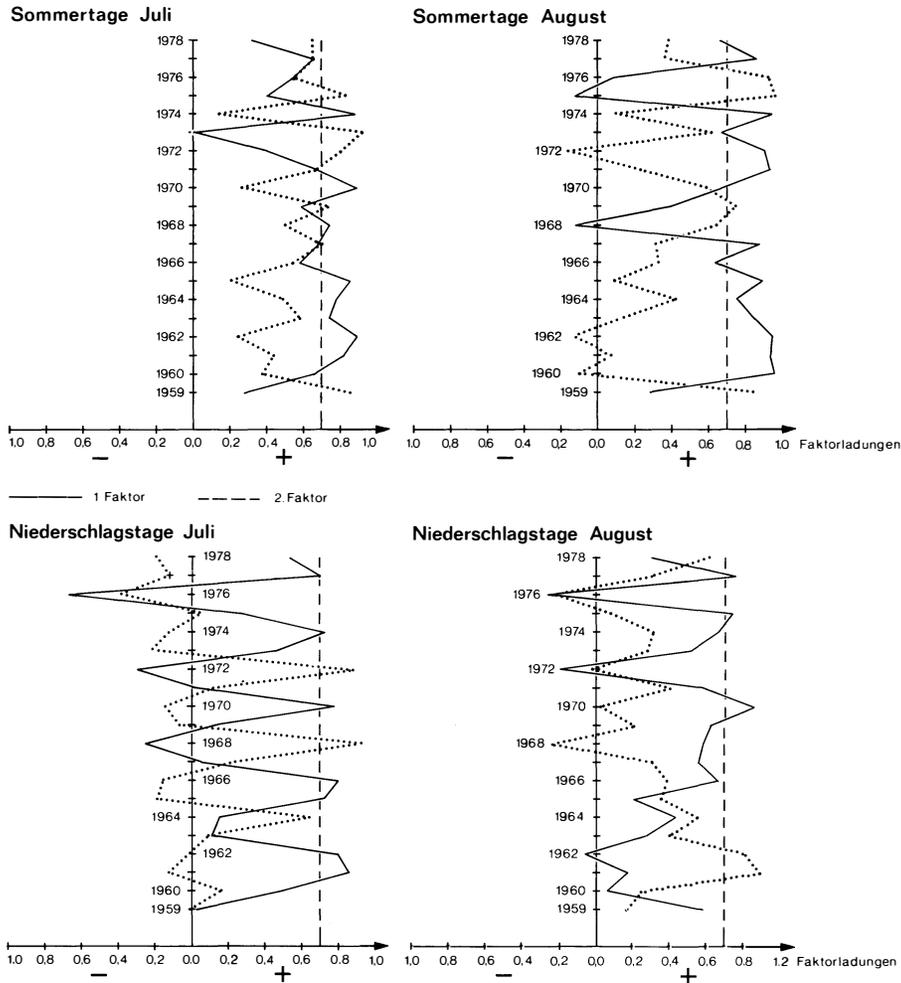


Abb. 5: Faktorladungen der Hauptkomponentenanalysen der Zahl der Sommertage (Sommertagindex) der Monate Juli und August und der Zahl der Niederschlagstage ( $N \geq 1$  mm) über 20 Jahre (1959–1978 = Variable) und 55 Klimastationen (Fälle)

Factor loadings of the PCA of the number of days with a maximum temperature  $\geq 25^\circ\text{C}$  (index) in July and August and of the number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm during a 20 years period (1959–1978 = variables) for 55 climatic stations (cases)

nur die Sommer 1959 und 1976 überdurchschnittlich gewesen sind, wie die Weinqualität glaubhaft macht.

Die Zeitreihen der Niederschlagssumme und der Mitteltemperaturen des Juli bestätigen dies. Als überdurchschnittlich feucht erweist sich die Juliwitterung der Jahre 1960, 1963, 1965, 1966, 1970 sowie von 1973 und 1974 an der Klimastation St. Peter. Diese Jahre zeitigten bis auf 1973 auch durchweg unterdurchschnittliche Julitemperaturen.

An der Klimastation Altomünster zeigte der Juli 1959 ein überdurchschnittlich hohes Niederschlagsaufkommen. Dies gilt in noch stärkerem Maße für die Jahre 1965, 1966 sowie 1973 bis 1977. Dort stellte sich die Juliwitterung der Jahre 1959, 1963, 1964, 1967, 1969, 1971, 1975 und 1976 von ihren Mitteltemperaturen als besonders warm heraus. Die Sommer 1959 und 1976 waren in Altomünster zwar warm, aber auch feucht; in St. Peter herrschte dagegen in diesen beiden Jahren eine trocken-warme Witterung vor.

Vergleicht man die Zeitreihen der Witterungselemente des Juli beider Stationen untereinander mit Hilfe von Korrelationsanalysen, so zeigt sich die geringste Übereinstimmung beim Niederschlagsaufkommen ( $r = 0,32$ ), gefolgt vom Sommertagindex ( $r = 0,55$ ), der Zahl der Niederschlagstage ( $r = 0,59$ ) und der Mitteltemperatur ( $r = 0,70$ ). Für den August ergibt sich ein ähnliches Bild. Es erweist sich überdies, daß die Sommerwitterung eines Jahres keiner Konstanz unterliegt, d. h. Juli und August können sich invers verhalten.

Nach diesen räumlich exemplarischen Erkenntnissen wurde für die ausgeprägten Sommermonate Juli/August untersucht, welche Jahre sich nach dem Sommertagindex sowie nach der Zahl der Niederschlagstage zwischen 1959 und 1978 ähnlich gewesen sind und in welchen Räumen diese Ähnlichkeit bzw. ihr Gegenteil ausgebildet war. Dazu wurden die Werte des Sommertagindex und der Zahl der Niederschlagstage über jeweils 20 Jahre und 55 Klimastatio-

nen je einer Hauptkomponentenanalyse unterzogen. Die Jahre dienten als Variable, die Klimastationen als Fälle. Die Faktorladungen der vier Hauptkomponentenanalysen weisen demnach für jeden der beiden Monate und jeden der beiden Klimaparameter die Ähnlichkeiten der Jahre zwischen 1959 und 1978 aus. Die Faktorwerte vertreten die räumliche Ausprägung dieser zeitlichen Ähnlichkeiten.

Die zeitlichen Ähnlichkeiten der Jahre 1959–1978 nach dem Sommertagindex bzw. der Zahl der Niederschlagstage des Juli und des August sind in der Abb. 5 dargestellt. Je höher positiv sich die Faktorladungen mutuell darstellen, desto ähnlicher ist die Ausprägung des betreffenden Witterungselementes in den betreffenden Jahren gewesen.

Die Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des Juli zeitigte zwei Faktoren mit einem Eigenwert  $\geq 1,0$ . Der erste Faktor erklärte 72,1%, der zweite 10,1% der Gesamtvarianz des Datensatzes. Der erste Faktor markiert die Jahre 1961–1965, 1968, 1970 sowie 1974 als in ihrem Sommertagindex des Juli über 55 Klimastationen besonders ähnlich (Faktorladungen  $> 0,7 = \geq 50\%$  der Varianz pro Jahr erklärt). Der zweite Faktor weist die Jahre 1959, 1969, 1972, 1973 und 1975 als in einer anderen Dimension ähnlich aus (Abb. 5).

Etwas anders stellt sich nach der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des August die Ähnlichkeit der Jahre 1959 bis 1978 dar. Es resultieren zwei Faktoren mit Eigenwerten  $\geq 1,0$ . Der erste Faktor vermag 61,0%, der zweite 20,4% der Gesamtvarianz des Datensatzes zu erklären. Der erste Faktor läßt nach dem Sommertagindex des August die Jahre zwischen 1959 und 1967 (Ausnahme 1966) sowie die Jahre 1971, 1972, 1974 und 1977 als besonders ähnlich erscheinen (Faktorladungen  $> 0,7$ ). Diesen Jahren besonders unähnlich zeigten sich mit negativen Faktorladungen (vgl. jeweils Abb. 5) die Jahre 1968 und 1975. Der zweite Faktor dieser Hauptkomponentenanalyse hebt die große Ähnlichkeit der Jahre 1959, 1969, 1975 und 1976 nach ihren Sommertagindices des August hervor. Es sind dies Jahre besonders warmer Sommer gewesen. Ihnen stehen mit negativen Faktorladungen, also unähnlich, die Jahre 1960, 1962 und 1972 gegenüber.

Der untere Teil der Abb. 5 weist die Ähnlichkeit von Jahren nach der Zahl der Niederschlagstage ( $\geq 1$  mm) der Monate Juli und August aus.

Die Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des Juli zeitigte fünf Faktoren mit Eigenwerten  $\geq 1,0$ . Davon werden nur die beiden ersten interpretiert. Sie vermögen 35,1% bzw. 14,8% der Gesamtvarianz der Ausgangsdaten zu erklären. Sie zeigen die Ähnlichkeiten jeweils anderer Jahre auf. Der erste Faktor integriert nach der Zahl der Niederschlagstage des Juli die Jahre 1961, 1962, 1965, 1966, 1970, 1974 und 1977 (Faktorladungen  $\geq 0,7$ ). Diesen Jahren stehen mit negativen Ladungen die Jahre 1968, 1972 und 1976 gegenüber. Der zweite Faktor dieser Hauptkomponentenanalyse weist die Ähnlichkeit der Jahre 1968 und 1972 aus. Diesen beiden Jahren sind die Jahre 1965, 1966, 1969, 1970, 1973, 1974 sowie 1976–1978 als in ihrer Zahl der Niederschlagstage des Juli besonders unähnlich.

Die Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des August 1959 bis 1978 erwies vier Faktoren mit einem Eigenwert  $\geq 1,0$ , von denen wiederum nur zwei interpretiert sein sollen (vgl. Abb. 5). Der erste Faktor vermag 44,9%, der zweite 12,2% der Gesamtvarianz der Ausgangsdaten zu erklären. Auf dem ersten Faktor erscheinen nach der Zahl der Niederschlagstage des August die Jahre 1970, 1975 und 1977 besonders ähnlich. Dem stehen als unähnlich die Jahre 1962, 1972 und 1976 gegenüber. Der zweite Faktor integriert die beiden Jahre 1961 und 1962 und stellt ihnen die Jahre 1968 und 1976 als besonders unähnlich gegenüber.

Damit sind die zeitlichen Ähnlichkeiten der Jahre 1959–1978 hinsichtlich der Sommertagindices und der Zahl der Niederschlagstage der beiden zentralen Sommermonate (Juli, August) aufgezeigt. Es folgen auf der Basis der Faktorwerte der Hauptkomponentenanalysen die Darstellungen der Raummuster, in denen diese zeitlichen Ähnlichkeiten gelten (positive Faktorwerte) und wo das Gegenteil gilt (negative Faktorwerte).

Die räumliche Ausprägung der zeitlichen Ähnlichkeiten der Witterung der Monate Juli und August (Sommertagindex, Niederschlagstage) über die Jahre 1959 bis 1978 ist in den Abb. 6–9 auf der Basis von 55 Klimastationen dargestellt. In den Karten sind jeweils die Raumstrukturen der Faktorwerte zweier Faktoren integriert repräsentiert und damit zwei räumliche Ähnlichkeitsmuster übereinandergelegt. An jeder Klimastation ist verzeichnet, ob ihr positive oder negative Faktorwerte eignen.

Die Abb. 6 weist die Raummuster positiver bzw. negativer Faktorwerte der beiden ersten Faktoren der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des Juli aus. Nach der Ähnlichkeit der Jahre des ersten Faktors (vgl. Abb. 5) ergibt sich eine deutliche Zweiteilung des Bundesgebietes. Der Süden zeigt in sich eine große Ähnlichkeit der Sommertagindices des Juli der betreffenden Jahre. Der Norden steht dem als unähnlich gegenüber.

Das Raummuster der Faktorwerte des zweiten Faktors der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des Juli weicht von dem erstskizzierten Raummuster deutlich ab. Die räumliche Ähnlichkeit im Sinne der auf diesem Faktor ähnlichen Jahre ist in Norddeutschland nördlich der Mittelgebirge unter Ausnahme der Küstenregion gegeben, dazu in der Pfalz, dem südlichen Hessen, Nordwürttemberg, Nordbaden und dem westlichen Nordbayern. Diesen Räumen in der Ausprägung des Sommertagindex des Juli der betreffenden Jahre am wenigsten ähnlich erwies sich der norddeutsche Küstenbereich, der Mittelgebirgsraum sowie Süddeutschland südlich der Alb.

Die Faktorwerte des ersten Faktors der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des August (vgl. Abb. 7) weisen große Ähnlichkeit innerhalb Süddeutschlands aus und eine gegenteilige Ähnlichkeit im Norden des Bundesgebietes. Allerdings zeigt sich nun – im Gegensatz zur ‚Julianalyse‘ – in Süddeutschland ein größerer Raum (Schwarzwald/Schwäbische Alb), der dem norddeutschen Typ ähnlich ist.

Die Faktorwerte des zweiten Faktors der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagindex des August bilden ein ähnliches Raummuster ab wie die entsprechenden Werte des

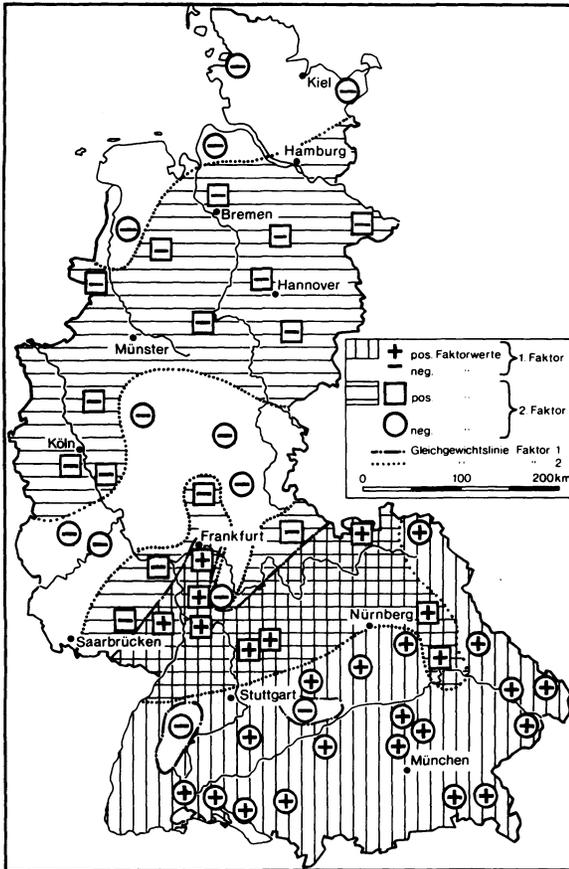


Abb. 6: Raummuster positiver bzw. negativer Faktorwerte der Faktoren 1 und 2 der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Sommertage (Sommertagindex) des Monats Juli (Faktorladungen: siehe Abb. 5)

Spatial pattern of factor scores of the components 1 and 2 of the PCA of the number of days with a maximum temperature  $\geq 25^\circ\text{C}$  (index) in July (factor loadings: cf. fig. 5)

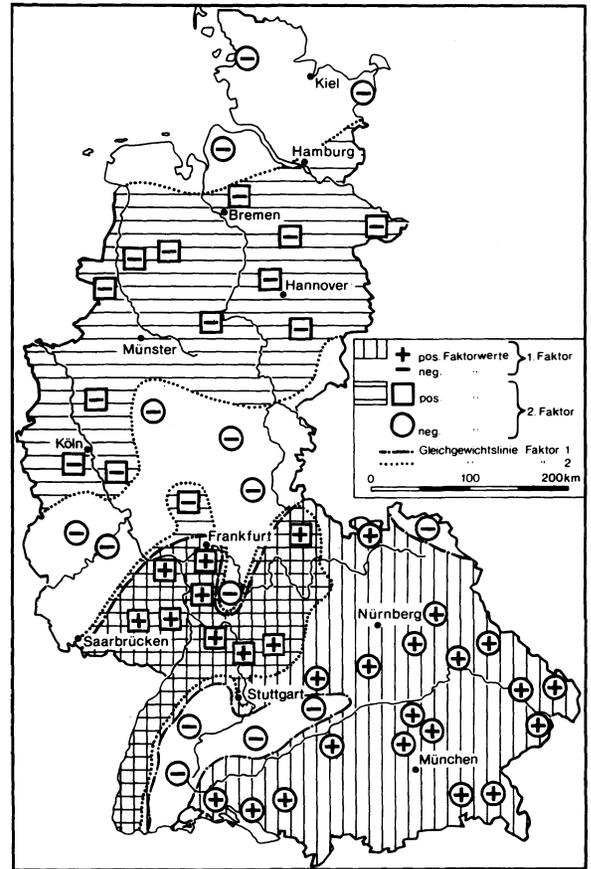


Abb. 7: Raummuster positiver bzw. negativer Faktorwerte der Faktoren 1 und 2 der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Sommertage (Sommertagindex) des Monats August (Faktorladungen: siehe Abb. 5)

Spatial pattern of factor scores of the components 1 and 2 of the PCA of the number of days with a maximum temperature  $\geq 25^\circ\text{C}$  (index) in August (factor loadings: cf. fig. 5)

Juli (vgl. Abb. 6 mit Abb. 7). Norddeutschland nördlich der Mittelgebirge, unter Ausnahme der Küstenregion, und Südwestdeutschland sind sich in den Jahren, die dieser Faktor hoch lädt, in ihrem Sommertagindex des August ähnlich. Unähnlich sind dem die Küstenregionen, der Mittelgebirgsraum, das südliche Württemberg und ganz Bayern.

Von diesen Raummustern der Faktorwerte der thermischen Indices weichen die Raummuster der Faktorwerte der Hauptkomponentenanalysen der Zahl der Niederschlagstage des Juli und des August deutlich ab (vgl. Abb. 8 u. 9). Sie sind auch untereinander wenig ähnlich und stellen relativ heterogene Raummuster vor. Die Abb. 8 zeigt in Norddeutschland überwiegend positive Faktorwerte des ersten Faktors der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des Juli und in Süddeutschland vornehmlich negative Faktorwerte. Positive Faktorwerte ziehen sich allerdings von Norden her über Unterfranken bis in den schwäbischen Raum hin.

Die Faktorwerte des zweiten Faktors der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des Juli kennzeichnen mit positiven Vorzeichen den nördlichen Mittelgebirgsraum, das Münsterland, Süd-Niedersachsen, Südost-Württemberg, Bayerisch Schwaben und das südliche Oberbayern mit dem Bayerischen Wald als Räume, in denen die Zahl der Niederschlagstage des Juli in den betreffenden Jahren (vgl. Abb. 8) ähnlich ausgebildet gewesen ist. Das Gegenteil gilt für Räume negativer Faktorwerte: Norddeutschland nördlich von Hannover, die Pfalz, Südhessen, das westliche Baden-Württemberg, Ober- und Mittelfranken sowie Niederbayern.

Das Raummuster der Faktorwerte der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des August (vgl. Abb. 9) macht neben einer Nord-Süd-Differenzierung auch eine Ost-West-Gliederung der Bundesrepublik deutlich. Positive Faktorwerte des ersten Faktors kennzeichnen folgende Räume im Sinne der Jahre, die der erste Faktor hoch

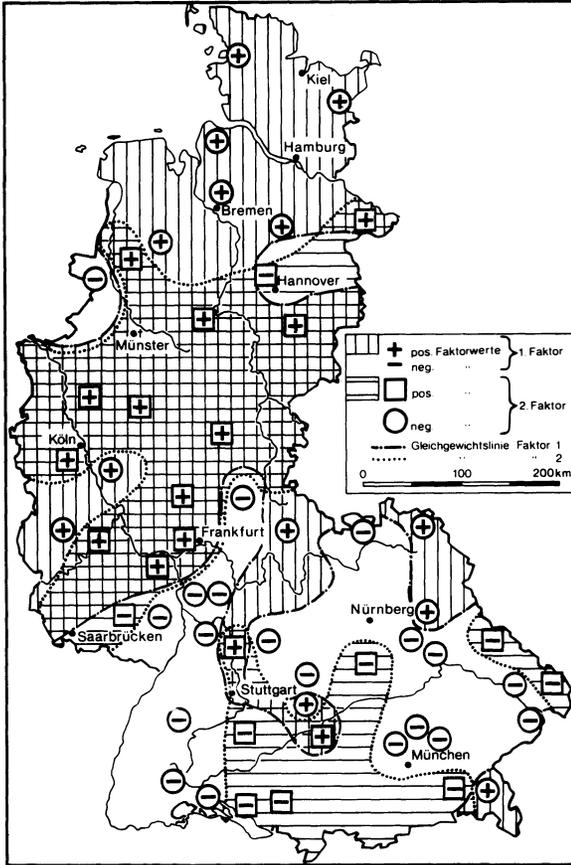


Abb. 8: Raummuster positiver bzw. negativer Faktorwerte der Faktoren 1 und 2 der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage ( $N \geq 1$  mm) des Monats Juli (Faktorladungen: siehe Abb. 5)

Spatial pattern of factor scores of the components 1 and 2 of the PCA of the number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm in July (factor loadings: cf. fig. 5)

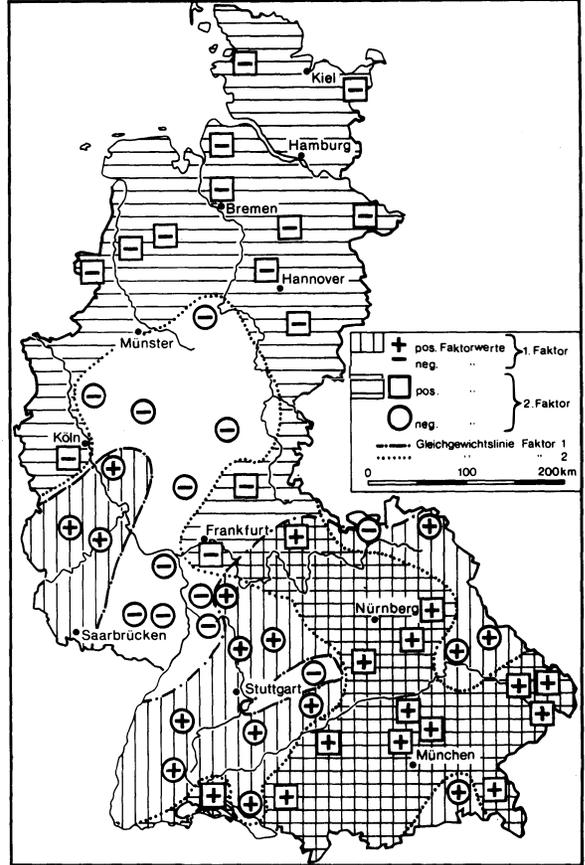


Abb. 9: Raummuster positiver bzw. negativer Faktorwerte der Faktoren 1 und 2 der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage ( $N \geq 1$  mm) des Monats August (Faktorladungen: siehe Abb. 5)

Spatial pattern of factor scores of the components 1 and 2 of the PCA of the number of days with precipitation  $\geq 0,1$  mm in August (factor loadings: cf. fig. 5)

positiv lädt: Süddeutschland unter Ausnahme der Pfalz und des nördlichen Baden sowie Teile des Rheinlandes. Als dem unähnlich weisen negative Faktorwerte Norddeutschland, Hessen und die Pfalz aus.

Dem zweiten Faktor eignet ein differenteres Raummuster seiner Faktorwerte. Positive Faktorwerte kennzeichnen den Norden der Bundesrepublik nördlich der Mittelgebirgsschwelle, Osthessen sowie weite Teile Bayerns unter Ausnahme der nördlichen Grenzgebirge. Negative Faktorwerte prägen das gesamte westliche und südwestliche Bundesgebiet.

*Diskussion der Ergebnisse der Zeit-Raummuster*

Die zeit-räumlichen Ähnlichkeitsanalysen erweisen für Gruppen von Jahren räumliche Differenzen der Zahl der Sommertage bzw. der Niederschlagstage der Monate Juli

und August. Sie werden im folgenden resümiert und mit Hilfe von Wetterkartenauswertungen interpretiert (Berliner Wetterkarten der Sommermonate 1959-1978).

Der erste Faktor der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagesindex des Juli integriert Jahre mit einer durchschnittlichen bis unterdurchschnittlichen Anzahl von Sommertagen (z. B. 1961-65). In diesen Jahren war die Zahl der Sommertage südlich der Mainlinie gering, nördlich der Mainlinie jedoch nicht-gering ausgeprägt. Die Mainlinie erweist sich so in einer Vielzahl von Jahren als wesentliche Klimascheide. Dies gilt auch für die räumliche Ausprägung der Zahl der Sommertage des August (s. u.).

Der zweite Faktor der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagesindex des Juli gruppiert Jahre einer überdurchschnittlichen Anzahl von Sommertagen, darunter den bekannten Jahrhundertssommer von 1959. Die überdurchschnittliche Anzahl von Sommertagen war in den betreffenden Jahren in Norddeutschland, unter Ausnahme des

Küstenraumes, sowie in Südwestdeutschland und Nordbayern gegeben. Dem war jedoch nicht so im norddeutschen Küstenraum, den Mittelgebirgen sowie in Süddeutschland südlich der Alb.

Der erste Faktor der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagesindex des August integriert Jahre einer durchschnittlichen bis unterdurchschnittlichen Anzahl von Sommertagen (z. B. 1971, 1972). Dem war in den betreffenden Jahren so in Süddeutschland südlich der Mainlinie, unter Ausnahme des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb. Nördlich der Mainlinie zeitigten die betreffenden Jahre jedoch keine unterdurchschnittliche Anzahl von Sommertagen. Dort war z. B. im Jahr 1968 der August relativ arm an Sommertagen, der in Süddeutschland nun wieder nicht so ausgeprägt war. Sogar das Jahr 1959 zeigte sich im August in Süddeutschland mit relativ wenigen Sommertagen. Die Tendenz zu einer geringen Anzahl von Sommertagen des August persistierte in Süddeutschland bis zur Mitte der 60er Jahre. Es war dies eine Zeit verstärkter Meridionalzirkulation, welche auch die strengen Winter der 60er Jahre mitbedingt hatte (vgl. LAMB 1966).

Der zweite Faktor der Hauptkomponentenanalyse des Sommertagesindex des August gruppiert Jahre einer überdurchschnittlichen Zahl von Sommertagen (z. B. 1959, 1975 und 1976). Die betreffenden Sommer waren in Norddeutschland, unter Ausnahme der Küstenregion, wirklich besonders reich an „heißen Tagen“. In Südwestdeutschland, d. h. in den Hauptweinanbaugebieten, zeigte sich der August ähnlich dem in Norddeutschland. Daher auch die „Jahrhundertweine“. In der Küstenregion, in Südwürttemberg und in Bayern war der August dieser Jahre keineswegs besonders reich an Sommertagen. Dort galt dies eher für die Jahre 1960, 1962 und 1972. Es erweist sich somit für Juli und August, daß die bekannt-warmen Sommer nur in Norddeutschland und in Südwestdeutschland wirklich ausgeprägt waren, während an der Küste und in Süddeutschland die Zahl der Sommertage nur wenig vom Durchschnitt abwich, der allerdings im Süden im Mittel auch höher liegt als in Norddeutschland (vgl. Abb. 1).

An der Küste macht sich stets der „konservative Einfluß“ der nicht so rasch erwärmten See bemerkbar. Daher bleiben dort selbst in den ausgeprägtesten Sommern die Höchsttemperaturen gedämpft und überschreiten seltener die 25°C-Marke.

In Norddeutschland sowie in Südwestdeutschland machte sich in den ausgeprägten Sommern der Einfluß der blockierenden Hochdruckgebiete bemerkbar, die von Westen oder Südwesten nach Deutschland hineinreichen. Die lange „blocking-phase“ von Mai 1975 bis August 1976 hatte ihr Zentrum über den Britischen Inseln. Diese Hochdrucklagen reichen seltener bis Süd- oder gar Südostdeutschland, woraus die räumliche Differenzierung der „warmen Sommer“ in der Bundesrepublik Deutschland herrührt (vgl. DOORNKAMP et al. 1980).

Der erste Faktor der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des Juli faßt Jahre einer überdurchschnittlichen Anzahl von Niederschlagstagen zusammen. Auch hierbei erweist das Raummuster eine deutliche Nord-

Süd-Differenzierung des Bundesgebietes. Nördlich der Mainlinie waren die betreffenden Jahre (z. B. 1961/1962, 1965/1966 oder 1977) wirklich reicher an Niederschlagstagen, nicht jedoch in Süddeutschland unter Ausnahme von Unterfranken und Schwaben. In Süddeutschland zeigte sich dafür der Juli der Jahre 1968, 1972 und 1976 verhältnismäßig „gesegnet“ mit Niederschlagstagen.

Der erste Faktor der Hauptkomponentenanalyse der Zahl der Niederschlagstage des August integrierte Jahre einer hohen Anzahl von Niederschlagstagen (z. B. 1970 und 1975). Dies galt nur in Süd-, nicht jedoch in Norddeutschland. Im Norden des Bundesgebietes waren andere Jahre solche einer überdurchschnittlichen Anzahl von Niederschlagstagen im August. Dazu gehört auch das Jahr 1976, also ein markantes Trockenjahr. Die ausgesprochene Trockenheit hatte im Norden jedoch bereits zu Beginn des Monats August geendet und war mit der Südwärtsverlagerung des Azorenhochs von einer intensiven Zonalzirkulation abgelöst worden, die erst allmählich auf Süddeutschland in dem Maße übergreifen konnte, wie sich das Azorenhoch zurückzog.

Die Raummuster ähnlicher Jahre der Anzahl der Niederschlagstage der Monate Juli und August weisen in erster Linie – wie die entsprechenden Analysen der Zahl der Sommertage – eine Nord-Süd-Differenzierung des Bundesgebietes aus. Als markante Klimascheiden konnten die Mittelgebirgsschwelle und die Mainlinie ausgewiesen werden. Der Südwesten des Bundesgebietes zeigt häufig eine hohe Affinität mit dem Norden.

Die Analysen der Zeitreihen der wesentlichen Klimaelemente der Sommerwitterung erwiesen folgende deutliche Raumlagerung des Bundesgebietes, wenn man über die einzelnen Variablen integriert:

1. Die Sommerwitterung ist nördlich und südlich der Mainlinie in der Mehrzahl der Jahre gegensätzlich ausgebildet.
2. Ein zweiter Raummustertyp faßt die Mittelgebirge als einen eigenständigen Typ der Sommerwitterung zusammen. Er ist allerdings weniger häufig als der Nord-Süd-Typ.

Die Analyse der Sommerwitterung führt zu einer Wahrscheinlichkeitsdifferenzierten Klimagliederung des Bundesgebietes. Die Analyse von Wetterkarten zwischen 1959 und 1978 macht die Abhängigkeit dieser Raumlagerung von Wetterlagen deutlich. Warme Sommer in Norddeutschland stehen mit einem „blocking high“ über Südengland in enger Beziehung. Es lenkt die Zyklonenbahnen nach Norden (Skandinavien) und nach Süden (Süddeutschland-Alpenraum) um. Daher sind diese Sommer in Norddeutschland trocken-warm, im südlichen Bundesgebiet demgegenüber aber feucht.

Erstreckt sich ein sommerlicher Azorenhochkeil – wie in der Mehrzahl der Fälle – nur bis in das Zentrum Frankreichs, so steuert es die Hauptzyklonenbahnen über Norddeutschland, dem dann feuchte Sommer eignen, während der Süden trockener bleibt.

Blockiert ein Hoch die Zyklonenzufuhr nach Nord- und Süddeutschland, so werden die regenbringenden Frontensysteme über das nördliche Skandinavien und den submediterranen Raum abgelenkt. In Deutschland ist dann ein warmer Sommer ausgeprägt, differenziert von der Kontinen-

talität. An der Mehrzahl aller Tage der Sommer 1959–1978 konnten die Zyklonen jedoch ungehindert auf Deutschland übergreifen. Die Sommer sind dann relativ feucht. In diesen Sommern erscheint der Südosten des Bundesgebietes relativ warm – verglichen mit dem übrigen Untersuchungsraum – infolge seiner ausgeprägteren Kontinentalität. Diese beschert ihm während „blocking“-Lagen übrigens eine höhere Anzahl von Niederschlagstagen als Folge häufigerer Gewitter.

Bei kontinentalen Hochdrucklagen im Sommer ist dieser im Südosten warm-trockener ausgebildet als im übrigen Bundesgebiet.

So erklären sich die häufigeren Raummuster der Affinität des Südwestens mit Norddeutschland.

### Schlußbemerkung

Die deutliche Nord-Süd-Differenzierung des Bundesgebietes, wie sie bei der zeit-räumlichen Analyse der Zahl der Sommer- bzw. der Niederschlagstage von Juli und August zutage getreten ist, hatte sich bereits bei den Analysen der zeitlich integrierten Mittelwerte der Zahl der Sommertage erwiesen. Nördlich der Mainlinie liegt generell die Zahl der

Sommertage unter dem Mittelwert, südlich davon darüber. Überdies eignen dem Osten mehr Sommertage als dem Westen. Damit erweist sich das Raummuster der mittleren Zahl der Sommertage geprägt durch den von Norden nach Süden zunehmenden solaren Strahlungsgenuß in Interferenz mit der von Westen nach Osten zunehmenden Kontinentalität. Nach Osten geht der Anteil advektiver Bewölkung zurück, was sich letztlich auch in einer West-Ost-Zunahme des Strahlungsgenusses ausdrückt.

### Literatur

- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1959 bis 1978.* Deutscher Wetterdienst, Offenbach 1961–1980.
- DOORNKAMP, J., GREGORY, K. J., a. BURN, A. S.: Atlas of the drought in Britain 1975–1976. Institute of British Geographers, London 1980.
- FLOHN, H.: Witterung und Klima in Deutschland. Entwurf zu einer allgemeinen Klimatologie Mitteleuropas. Forschungen zur Deutschen Landeskunde 41, Leipzig 1942.
- LAMB, H. H.: Climate in the 1960s. Geographical Journal 132, 1966, S. 183–212.

## GEOMORPHOLOGISCHE STUDIEN AN SCHUTTFÄCHERN IN OSTKRETA

### Ein Beitrag zur Klimageschichte des Jungquartärs in Mittelmeerländern

Mit 3 Abbildungen und 7 Photos

LUDWIG HEMPEL

*Summary:* Geomorphological studies on alluvial fans in Eastern Crete

The author has investigated sedimentation cycles within alluvial fans in the high mountains of Crete. They provide an insight into the palaeoclimatic situation during late-quaternary times.

The period from the high Würm glaciation to the present time is illuminated by sequences of debris masses moved by solifluction, fluvial transport and torrential washes. Consolidated material (breccia) gives evidence of warm interstadials. The Holocene can be divided into two periods characterized by torrential transport of weathered material. They are separated by a short humid phase. During this time the surface of older debris layers was converted into breccia. The origin of the older debris dates back to times prior to human influences on the ecosystems. The most recent debris-complex can be paralleled with the "historical fills" of the basin landscapes. With regard to the total volume of the alluvial fan, it is relatively small. Roughly calculated it comprises about 20% of the total debris masses of late-quaternary (Würm glaciation till present).

By historiograms (orientation, roundness) the sediments of the high zone are affiliated to the dated sediments of the coastal plains,

along the course of a valley extending from the sea shore to the high mountains area. This valley offers the only opportunity to indicate the lower limit of solifluction processes fairly reliably, probably because of the high amount of water. It must be left undecided whether the torrential sediments at an altitude of about 600 m a.s.l. are the result of Pleistocene melt water run off or of heavy rain fall run off during the warmer period.

### Problemstellung und Voruntersuchungen

Die Vielgliedrigkeit der Bergländer und Hochgebirge Kretas ist das Ergebnis einer Vielfalt von Gesteinen und tektonischen Störungsrichtungen. Dies hat ein schroffes Nebeneinander von Hoch und Tief im Relief zur Folge gehabt. Damit wurden alle Abtragungsprozesse besonders gesteigert. Darüber hinaus spielen wegen der Höhen bis 2400 m NN auch klimatische Unterschiede in Gegenwart