

BERICHTE UND MITTEILUNGEN

DAS KONTINENTALE LUFTDRUCK- UND NIEDERSCHLAGSREGIME
SÜDAMERIKAS*The continental atmospheric pressure and precipitation regime of South America*

JOSE A. J. HOFFMANN

I DAS MITTLERE LUFTDRUCKFELD
UND SEINE JAHRESZEITLICHEN VERÄNDERUNGEN IN SÜDAMERIKA

Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle

Summary: The mean atmospheric pressure field and its seasonal variations in South America

The data of 196 meteorological stations of the tropics and 208 of the extratropical zones permitted one to show in more detail aspects of the continental atmospheric pressure regime.

The continental thermal low migrates between 7°S, 63°W in June and 23°S, 63°W in December. A stationary thermal orographic trough runs along the foot of the Andes from about 20°S to southern Patagonia, but in June and July only to about 40°S, interrupting throughout the year the subtropical high pressure belt. Part of this trough is the stationary low pressure cell in the Argentinian Cuyo region situated between the Andes and the highlands of the Sierras de Córdoba and San Luis. Another thermal orographic trough is found throughout the year in all the tropical pacific coastal region, ending in a shallow low pressure system over Colombia. In the Brazilian San Francisco river basin a minor regional thermal low develops. The mean monthly and yearly positions of the Intertropical Convergence cannot be defined by means of the mean sea level pressure field analysis.

In the southern hemispheric tropical and subtropical South America a simple yearly pressure oscillation takes place, but in Patagonia a double one, which corresponds with the semi-annual oscillation of the southern hemisphere at middle and high latitudes. Mainly in Venezuela, the Guayanas and the north-hemispheric part of Brazil a semi-annual pressure wave also exists, which corresponds with the semi-annual oscillation of the North Atlantic Subtropical High. Concerning the geographical distribution of the occurrence of the highest/lowest mean monthly atmospheric pressure, the influence of the thermal and dynamic components on the barometric oscillations mentioned may be appreciated. Finally, the geographical distribution of the mean yearly atmospheric pressure amplitude (highest monthly mean - lowest monthly mean) looks rather similar to that of the known mean yearly temperature amplitude.

1 Einführung

Im Auftrag des Regionalverbandes Südamerika der Weltorganisation für Meteorologie und in Übereinstimmung mit dem Projekt des Klimatischen

Weltatlas der WMO wurde eine neue Fassung der Klimakarten für den mittleren Luftdruck im Meeresniveau für den südamerikanischen Kontinent hergestellt; diese Karten wurden 1985 der WMO übergeben, damit sie gleichzeitig mit denen des Dampfdrucks, der Bewölkung und der jährlichen Temperaturschwankungen veröffentlicht werden.

2 Methodische Betrachtungen

Zur Anfertigung der erwähnten Druckkarten war es nötig, Kontrollen bezüglich der Qualität der Daten durchzuführen. Da die Serien, die zur Berechnung der Mittelwerte dienten, nicht verfügbar waren und die Entfernung zur Datenquelle oft mehrere tausend Kilometer betrug, wurden besagte Kontrollen vor allem durch die Untersuchung von Phase und Amplitude der jährlichen Luftdruckwelle bewerkstelligt. Wenn vernünftige geographische und zeitliche Verteilungen erzielt wurden, konnte daraus geschlossen werden, daß es sich um akzeptables Material handelte. Im vorliegenden Fall konnten relativ gute Ergebnisse erzielt werden (Abb. 4, 5, 6). Allerdings tauchten bei der Analyse der mittleren Druckfelder viele Probleme auf, zumal diese scheinbar guten Daten doch beträchtliche Heterogenitäten aufwiesen. Diese letzteren ergaben sich vor allem durch die Reduktion der Werte auf Meeresniveau. Um diese Probleme während des Analyseprozesses überwinden zu können, erwies es sich als notwendig, Korrekturfaktoren anzubringen, um eine Glättung der Heterogenitäten zu erreichen, speziell in den Gebieten mit Daten aus verschiedenen und kurzen Perioden. Schließlich sei erwähnt, daß es gelang, Luftdruckdaten von 404 Stationen zu sammeln, wovon 208 in der außertropischen Zone und 196 in den Tropen lagen. Die geographische Verteilung der Stationen war im allgemeinen akzeptabel. Die Daten bezogen sich auf die folgenden Zeiträume: Argentinien und Brasilien: 1931-60; Chile: 1916-45; Uru-

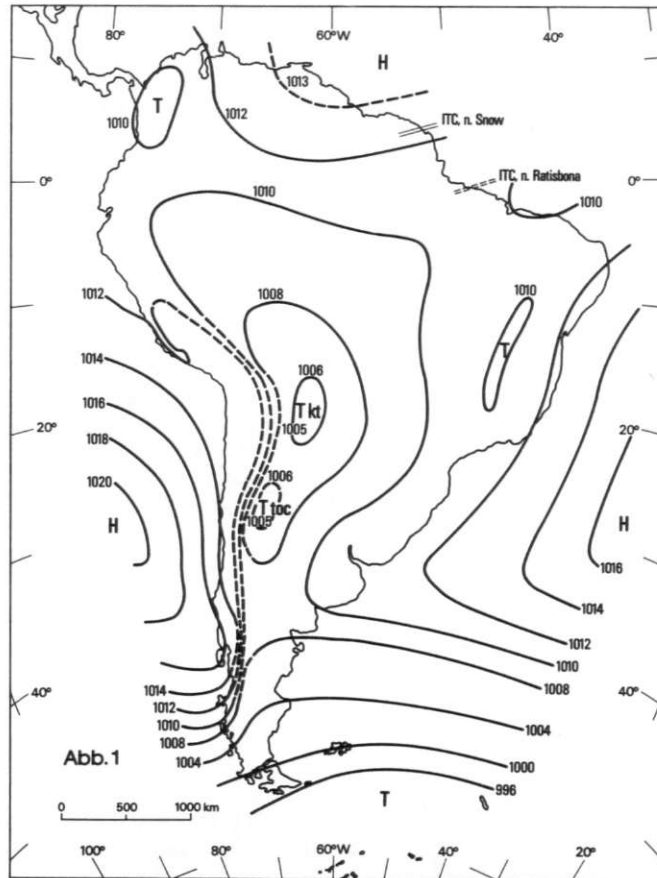


Abb. 1: Mittlerer Luftdruck (mb) im Meeresniveau im Januar sowie mittlere Januarlagen der innertropischen Konvergenz (ITC) nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976), des kontinentalen thermischen Tiefs (Tkt) und des stationären thermisch-orographischen Tiefs der argentinischen Region Cuyo (Ttoc). Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

Mean sea level pressure (mb) in January and mean January positions of the Intertropical Convergence (ITC) in accordance to SNOW (1976) and RATISBONA (1976), the continental thermal low (Tkt), and the stationary thermal orographic low of the Argentinian region Cuyo (Ttoc). Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

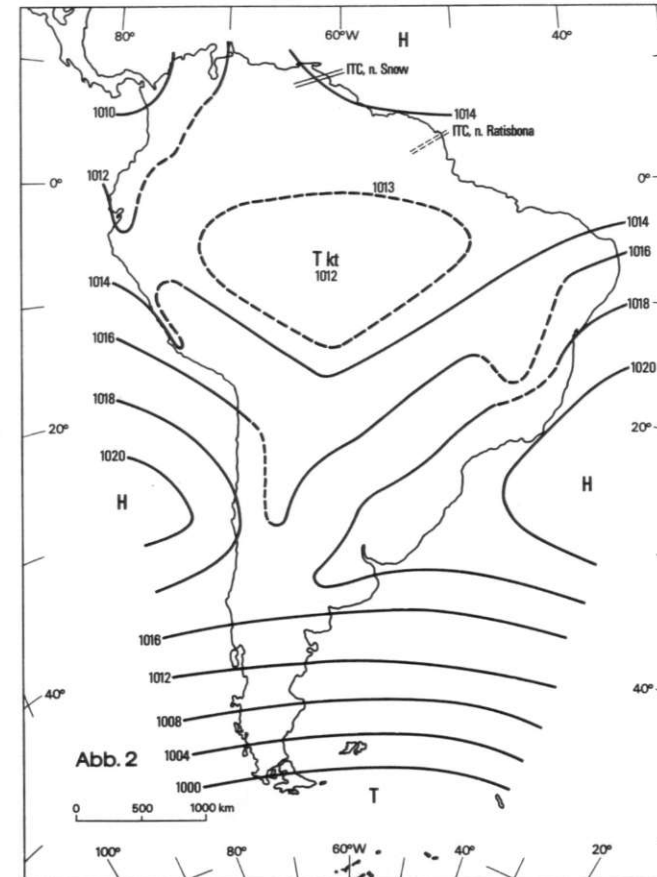


Abb. 2: Mittlerer Luftdruck (mb) im Meeresniveau im Juli sowie mittlere Julilagen der innertropischen Konvergenz (ITC) nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976) und des kontinentalen thermischen Tiefs (Tkt). Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

Mean sea level pressure (mb) in July and mean July positions of the Intertropical Convergence (ITC) in accordance to SNOW (1976) and RATISBONA (1976), and the continental thermal low (Tkt). Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

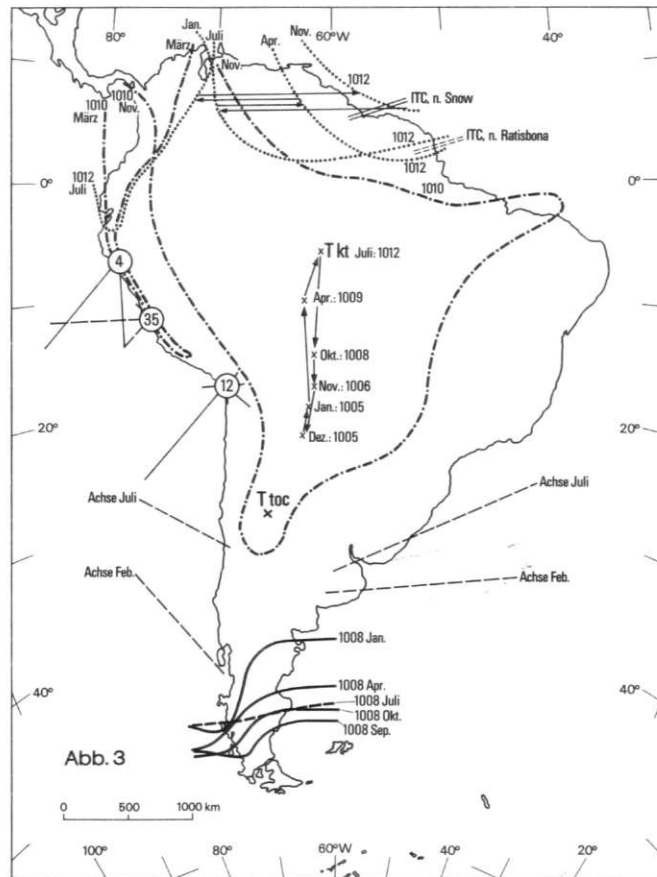


Abb. 3: Jährliche Zugbahn und Zentraldruck (mb) des kontinentalen thermischen Tiefs (Tkt) und Lage des stationären thermisch-orographischen Cuyotiefs (Ttoc); jahreszeitlicher Verlauf bedeutender Isobaren in Patagonien (1008 mb) und in den Tropen (1010 mb, März und November); mittlere Lage der innertropischen Konvergenz (ITC) im November nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976); Verlagerungen der 1012 mb Isobare im nordhemisphärischen Südamerika (entsprechend den halbjährlichen Druckschwankungen); mittlere jährliche Windrosen an der tropischen Westküste (im Kreis: prozentuale Kalmenhäufigkeit); mittlere extreme Lagen der Achsen der Subtropenhochs im Juli und Februar

Yearly trajectory and central pressure (mb) of the continental thermal low (Tkt) and position of the stationary thermal orographical Cuyo low (Ttoc); seasonal course of significant isobars in Patagonia (1008 mb) and in the tropics (1010 mb, March and November); mean position of the Intertropical Convergence (ITC) in November in accordance to SNOW (1976) and RATISBONA (1976); displacements of the 1012 mb line in the north-hemispheric South America (corresponding to the semiannual barometric oscillation); mean yearly wind roses at the tropical west coast (in the circle: frequency (%) of calms); mean extreme positions of the axes of the subtropical highs in July and February

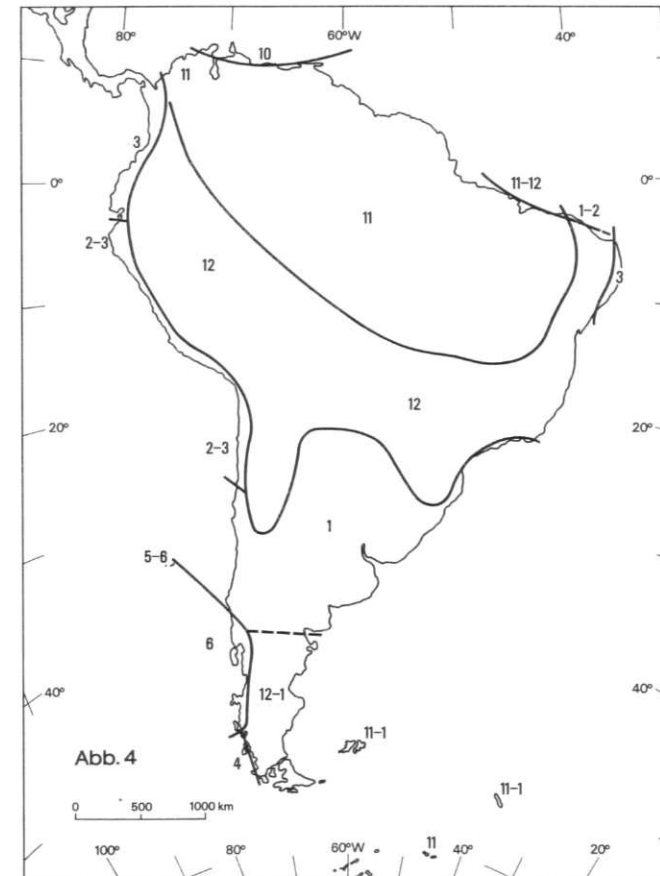


Abb. 4: Monat des niedrigsten mittleren Luftdrucks. Die Zahlen geben den jeweiligen Monat an. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

Month of the lowest mean atmospheric pressure. The numbers indicate the respective month. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

Tabelle 1: Koordinaten und mittlerer monatlicher Druck ($p(\text{mb})$) im Meeresniveau des kontinentalen thermischen Tiefs (Tkt) Südamerikas und des thermisch-orographischen Cuyotiefs (Ttoc). p = Werte der Tabelle + 1000. Datenperioden: 1931–60, 1951–60 u. a.

Coordinates and mean monthly sea level pressure ($p(\text{mb})$) of South America's continental thermal low (Tkt) and the thermal orographic Cuyo low (Ttoc). p = values of the table + 1000. Data periods: 1931–60, 1951–60 et al.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Breite S:	21	19	17	11	08	07	07	10	14	16	19	23	13
Länge W:	62	61	62	63	62	63	61	65	62	62	62	63	63
pTkt :	05	07	08	09	10	11	12	10	09	08	06	05	08
pTtoc :	05	07	09	11	13	14	15	14	12	10	07	05	10

Breite und Länge des Ttoc: ca. 30° S, 67° W während des ganzen Jahres

guay: 1941–60; Paraguay und Venezuela: 1951–60; die anderen Mitglieder des AR III: 1951–60 und andere.

Was die Isobarenführung anbetrifft, sei erwähnt, daß im Flußgebiet des Río San Francisco die 1010-mbar-Isobare von Oktober bis Februar geschlossen ist (Abb. 1); daher wurde entschieden, die Luftdruckwerte der folgenden Monate nicht zu glätten (Abb. 2).

An der tropischen Westküste ergibt sich der niedrigste Druck zwischen Februar und März (Abb. 4). Im Februar schließt sich die 1010mbar-Isobare um den Küstensaum von Peru zwischen 9° S und 15° S. Im März ist das Luftdruckfeld zwischen Kolumbien und dem letztgenannten Breitengrad durch die 1010mbar-Isobare gegeben (Abb. 3). Berücksichtigt man zudem die Windverteilung an der Küste Perus (Abb. 3), so bleibt kein Zweifel an der Existenz eines langgestreckten küstennahen Tiefdruckgebietes während des ganzen Jahres. Aus diesen Gründen wurde entschieden, die Werte für die folgenden Monate nicht zu glätten, sondern eine parallel zur Küste verlaufende Tiefdruckrinne darzustellen (Abb. 1, 2, 3).

Der Abstand der gezeichneten Isobaren beträgt in den mittleren Breiten 4 mbar und im Rest des Kontinents 2 mbar. Zwischenisobaren wurden gestrichelt gezeichnet. Das gleiche Symbol wurde verwandt, um Unsicherheiten der Linienführung zu zeigen.

3 Das Luftdruckfeld und seine jahreszeitlichen Änderungen

3.1 Der subtropische Hochdruckgürtel (STHG)

Der STHG ist während des ganzen Jahres durch eine Tiefdruckrinne unterbrochen, die sich östlich der Kordilleren vom Kontinentalen Thermischen Tief (Tkt) bis zum Süden Patagoniens erstreckt (Abb. 1), wobei die Monate Juni und Juli eine Ausnahme bilden, in denen sie bei etwa 40° S endet (Abb. 2). Was die jährlichen Änderungen des STHG betrifft, so wurden in Abb. 3 die extremen jahreszeitlichen Positionen der Achsen des atlantischen und pazifischen Hochs dargestellt, Positionen, die in beiden Fällen jeweils im Februar und Juli eintreten.

3.2 Das Kontinentale Thermische Tief (Tkt)

In Abb. 3 kann man die jahreszeitliche Verlagerung des Tkt erkennen, das etwa zwischen den Meridianen 61° W und 63° W von ca. 7° S im Juli bis $23,5^\circ$ S im Dezember wandert. Seine Tiefe beträgt im Juli 1012 mbar und im Januar 1005 mbar (Tab. 1). Das thermische orographische Tief von Cuyo (Gebiet zwischen der Sierra de Cordoba und den Anden; Ttoc in Abb. 1, 3 und 6) liegt während des ganzen Jahres bei etwa 30° S, 67° W, wobei sich der mittlere Druck im Zentrum zwischen 1015 mbar im Juli und 1005 mbar im Januar bewegt (Tab. 1).

3.3 Das Luftdruckfeld in Patagonien

Die Tiefdruckrinne östlich der patagonischen Anden verschwindet im Juni und Juli (Abb. 2). Die jahreszeitlichen Veränderungen desselben können in Abb. 3 mittels der 1008mbar-Isobare für Januar, April, Juli, September und Oktober abgeschätzt werden. Die größte Entwicklung und Tiefe der Tiefdruckrinne zeigt sich im Januar, dem wärmsten Monat. Der höchste mittlere monatliche Druck erscheint jedoch nicht im kältesten Monat, dem Juli, sondern im September und Oktober (Abb. 5). In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß SCHWERDTFEGGER (1976) in seiner Druckkarte für den Winter (Mittel von Juni, Juli und August) einen Hochdruckkeil über Patagonien und ein abgeschlossenes Hoch von 1018 mbar über der südlichen Pampaebene darstellt, Systeme, deren Vorhandensein in keinem der genannten Monate nachgewiesen werden konnte (Abb. 2).

3.4 Das Luftdruckfeld im nördlichen Südamerika

In Abb. 3 wird die jahreszeitliche Verlagerung der 1012mbar-Isobare gezeigt. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Verlagerung dieses Druckfeldes nach Westen/Osten ein Ansteigen/Abfallen des Luftdrucks in den Guayanastaaten und Venezuela bewirkt, wird offensichtlich, daß sich in dieser halbjährlichen Luftdruckschwankung die bekannte halb-

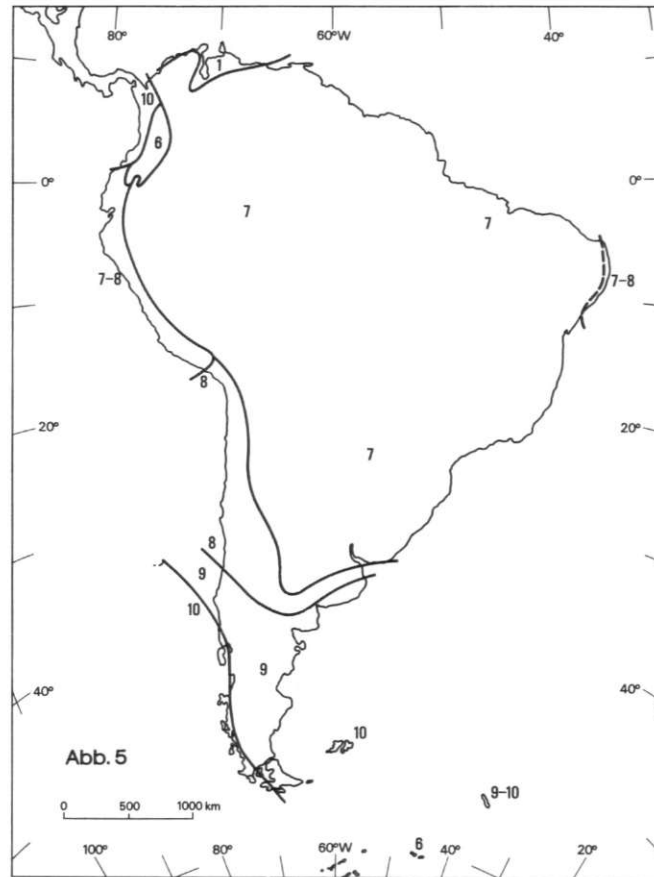


Abb. 5: Monat des höchsten mittleren Luftdrucks. Die Zahlen geben den jeweiligen Monat an. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.
 Month of the highest mean atmospheric pressure. The numbers indicate the respective month. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

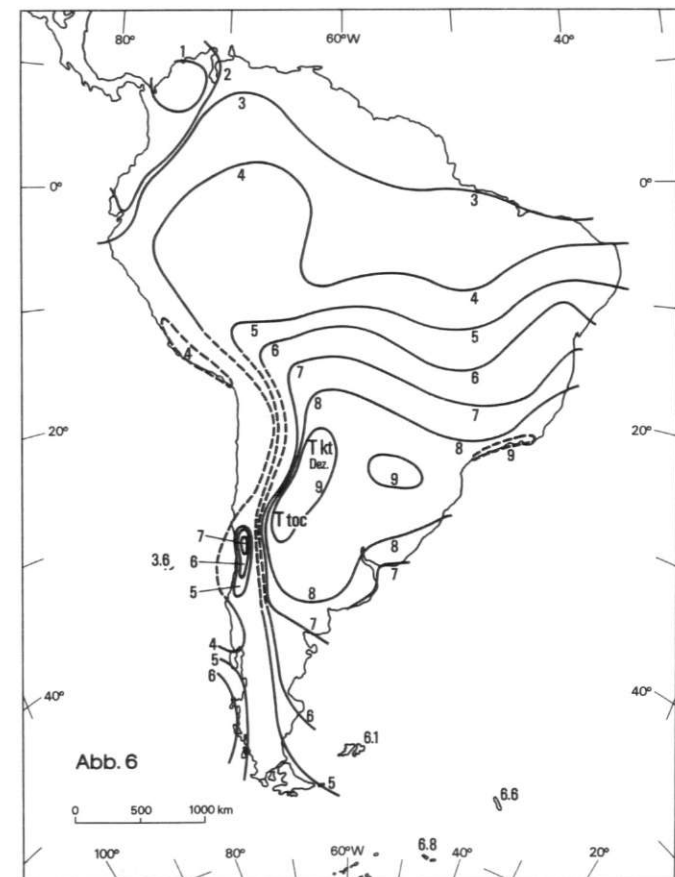


Abb. 6: Mittlere jährliche Luftdruckamplitude (mb) sowie mittlere Lagen des kontinentalen thermischen Tiefs (Tkt) im Dezember und des stationären thermisch-orographischen Cuyotiefs (Ttoc). Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.
 Mean yearly atmospheric pressure amplitude (mb) and mean positions of the continental thermal low (Tkt) in December and the stationary thermal orographic Cuyo low (Ttoc). Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

jährliche Schwingung des atlantischen Hochs der Nordhalbkugel widerspiegelt. Das Hauptminimum tritt im November ein (Abb. 4) und das sekundäre im April; das Hauptmaximum im Juli (Abb. 5) und das sekundäre im Januar. Es wurden folgende Besonderheiten beobachtet: Im Nordwesten von Venezuela stellt das Januarmaximum das Hauptmaximum dar (Abb. 5); im Osten von Venezuela und in den Guayanastaaten zeigt sich das Nebenmaximum im Februar.

3.5 Die Innertropische Konvergenz (ITC)

In Abb. 1 und 2 wurde die mittlere monatliche Lage für die ITC nach RATISBONA (1976) und SNOW (1976) gekennzeichnet und in Abb. 3 die entsprechende für November, den Monat mit dem Auftreten des tiefsten vorherrschenden Drucks im größten Teil der tropischen Zone (Abb. 4). Um das Druckfeld für November anzudeuten, wurden in Abb. 3 die 1010-mbar-Isobare und die Lage des Tkt gekennzeichnet, dessen zentraler Druck in diesem Monat 1006 mbar beträgt. Bezüglich der monatlichen Lage der ITC sei erläutert, daß diese für den Fall RATISBONA aus einer Karte entnommen wurde, die in seiner Arbeit veröffentlicht ist; im Fall SNOW jedoch wurde sie in angenäherter Form, gemäß den vom Autor gegebenen Beschreibungen, gekennzeichnet. Unabhängig von der Differenz zwischen den beiden Autoren wird klar, daß die mittleren monatlichen Luftdruckfelder in den besagten Monaten sich nicht eignen, um die mittlere Lage dieses wichtigen Systems der allgemeinen Zirkulation festzulegen. Das vorher Gesagte gilt für alle Monate sowie das Jahr in Südamerika.

3.6 Das Minimum erster Ordnung

Abb. 4 zeigt, wie sich das Hauptminimum zwischen Oktober und März quer über den Kontinent nach Süden und zu den Küsten hin ausbreitet, derart, daß die Phasenverschiebung zur thermischen Welle in den zentralen Tropen in der Größenordnung von ein bis zwei Monaten liegt. Das südliche Chile bleibt von dieser Entwicklung nicht ausgeschlossen, denn im Sommer zeigt sich dort ein Minimum zweiter Ordnung; das Hauptminimum jedoch findet man im Mai-Juni.

3.7 Das Maximum erster Ordnung

In Abb. 5 kann man abschätzen, daß sich das Hauptmaximum nördlich des 40° S-Breitengrades etwa im Juli entwickelt. In den Mittleren Breiten gibt es halbjährliche Druckschwankungen, die 1955 von SCHWERDTFEGER u. PROHASKA beschrieben wurden. Das Hauptmaximum tritt im September-Oktober auf und das Nebenmaximum im April. Das Hauptminimum entsteht an der Luvseite der Anden im Mai-Juni (Abb. 4) und das Nebenminimum um die

Zeit der Sommersonnenwende, im Lee ergibt sich ein umgekehrtes Auftreten.

3.8 Die jährliche Druckamplitude

Als Definition sei die „Differenz zwischen dem höchsten und dem tiefsten mittleren monatlichen Druck im Meeresniveau“ gegeben. Die größten Amplituden ergeben sich östlich der Anden etwa zwischen 20° S und 40° S (Abb. 6), genauer gesagt in Nordwest-Argentinien, im Küstenbereich Brasiliens, der vom Cabo Frío und dem Gebiet etwa 100 km westlich von Santos umschlossen wird, und in einer Zone mit Zentrum bei 25,5° S und 55,5° W, die Südp Paraguay, Nordost-Argentinien und die anschließenden Gebiete in Brasilien umfaßt. Die kleinste Amplitude, mit weniger als 1 mbar, registriert man in Nordkolumbien. Ein Minimum zweiter Ordnung erstreckt sich von den San Fernández-Inseln (etwa 34° S, 80° W) bis nach Südpatagonien, über die Isla de Chiloé (etwa 43° S, 74° W). Der relativ hohe Gradient zwischen 10° und 20° südlicher Breite entspricht dem des Feldes der mittleren jährlichen Temperaturamplitude, das hinreichend bekannt sein dürfte. In den Gebieten mit thermischen orographischen Tiefs an der Küste Perus und in Nordost-Brasilien bemerkt man geringere Singularitäten. Eine sehr auffällige Singularität findet sich im Längstal von Chile, die einer anderen markanten Singularität in der jährlichen Temperaturamplitude entspricht. Im Vergleich der Gebiete, die von den Achsen der Subtropenhochs überquert werden, ist die Amplitude im atlantischen Sektor doppelt so hoch wie im pazifischen.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Señorita Teresa A. Gardella und Señora Rosa H. de Moscato für ihre wertvolle Hilfe im Projekt des Klimaatlas für Südamerika. Gedankt sei außerdem der Diplom-Meteorologin Silvia E. Nuñez und der Technischen Assistentin Claudia I. Burza für ihre Hilfe bei den kartographischen Arbeiten. Bei der Übertragung aus dem Spanischen leisteten Herr Jürgen Coy und Frau Susanne Haluszcak, Studenten der Geographie, sehr wertvolle Hilfe.

Literatur

- RATISBONA, L. R.: The climate of Brazil. In: World Survey of Climatology, Vol. 12. Amsterdam et al. 1976, S. 219-269.
- SCHWERDTFEGER, W.: Climates of Central and South America. In: World Survey of Climatology, Vol. 12. Amsterdam et al. 1976, S. 1-12.
- SCHWERDTFEGER, W. u. PROHASKA, F.: Análisis de la mar-

cha anual de la presión y sus relaciones con la circulación atmosférica en Sudamérica austral y la Antártida. In: *Meteoros* V, Nr. 4, Buenos Aires 1955, S. 223-237.

SNOW, J. W.: The climate of northern South America. In: *World Survey of Climatology*, Vol. 12. Amsterdam et al. 1976, S. 295-379.

II ZUR DYNAMIK DES NIEDERSCHLAGSREGIMES IN SÜDAMERIKA

Mit 6 Abbildungen (z. T. als Beilage II) und 1 Tabelle

Summary: On the dynamics of the precipitation regime in South America

The analysis of the intermonthly variation fields $\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$, being P the monthly precipitation mean and i the considered month, represents an objective method for obtaining the fields of maxima and minima by superposition of the maps of consecutive months. In this way the onset of the rain/dry period, as well as the propagation of the maxima may be objectively obtained and related to the underlying physical processes. The present studies have been carried out on the basis of 600 meteorological stations (periods: 1931-60, 1951-60 et al.).

Concerning the onset of the rainy period in the tropics of the southern hemisphere, the corresponding positive ΔP system appears as early as August in the Matto Grosso region. This system broadens and intensifies in the following months, when shifting towards the east-southeast of the region of the December maximum in eastern Brazil. But the onset of the dry period starts in eastern Brazil and progresses to the west. An opposite zonal movement takes place in the subtropical zone. East of the Andes the precipitation maximum is running between January and June from the Andes to South Brazil and from September to January in the opposite direction.

In the northern part of the continent meridional displacements of the maxima predominate. The propagation of the maxima along the Atlantic coast between about 10°N and 5°S is attributed to the displacements of the Intertropical Convergence (ITC). Concerning the north-western part of the continent, it cannot be seen how the extended October maximum (13°N-5°S) and the adjacent November maxima could be associated with the ITC of the Pacific sector. On the contrary, these maxima, as well as the summer month maxima in Peru, Bolivia and western Brazil, correspond much better to the concept of "Zenithal Rains".

No easy explanation can be found for the November maximum at the Brazilian coast between 10°S and 20°S, on the one hand, and the displacement of the main maximum from March to June nearly in the same region (23°S-6°S) on the other one. More research seems necessary concerning this particularity, as also into the influence of the ITC. It would be desirable to repeat this study based on sufficient long records of the same period, as well as to apply this method to other continents.

1 Einführung

Bei der Ausarbeitung der Niederschlagskarten für den Klimaatlas von Südamerika (HOFFMANN 1975) war es notwendig, aufgrund ihrer wohlbekannten

Heterogenität Studien zur Qualität der Daten durchzuführen. Auf diese Untersuchungen mußte besonderer Wert gelegt werden, weil es sich einerseits um verschiedene Arten von Stationen und andererseits um verschiedene Zeiträume handelte (HOFFMANN u. a. 1977/78). Die einleitenden Studien zum Abschätzen des Einflusses verschiedener Zeiträume mündeten schließlich in die Analyse der periodischen jahreszeitlichen Schwankungen des Niederschlags auf kontinentalem Niveau, eine Analyse, die auf der Basis der Daten von etwa 600 meteorologischen Stationen durchgeführt wurde.

2 Methodische Betrachtungen

Da ausreichende Serien zur Berechnung der Mittelwerte nicht verfügbar waren und die Entfernung zur Datenquelle oft mehrere tausend Kilometer betrug, beruhte die Qualitätskontrolle, die durchgeführt werden konnte, vor allem im Studium von Phase und Amplitude der jährlichen Welle. Die Phase wurde einerseits durch eine visuelle Untersuchung der Daten bestimmt und andererseits durch die synoptische Analyse der Felder der Veränderung der Werte, bzw. deren Tendenz, zwischen aufeinanderfolgenden Monaten (Δ) mit $\Delta i = P_i - P_{i-1}$, wobei P den mittleren monatlichen Niederschlag darstellt und der Index i den betrachteten Monat. Durch Überlagerung der Felder (Δ) von zwei aufeinanderfolgenden Monaten erhielt man die Gebiete, in denen sich Maxima oder Minima für den betrachteten Monat (i) ergaben. Beträgt (Δ) Null, so dehnen sich Maxima bzw. Minima auf zwei Monate aus. In den Karten über die monatlichen Niederschlagsänderungen wurden die Isolinien für 20, 40, 80, 160 mm usw. eingezeichnet, wobei die Werte der Isolinien auf der Seite stehen, die dem Maximum bzw. Minimum zugewandt ist.

3 Aspekte des südamerikanischen Niederschlagsregimes

Um die Reichweite der genannten Methodik zu illustrieren, wurden die Werte für die Veränderung oder Tendenz der Monate September bis November dargestellt (Abb. 1-3), Monate, in denen sich einer-

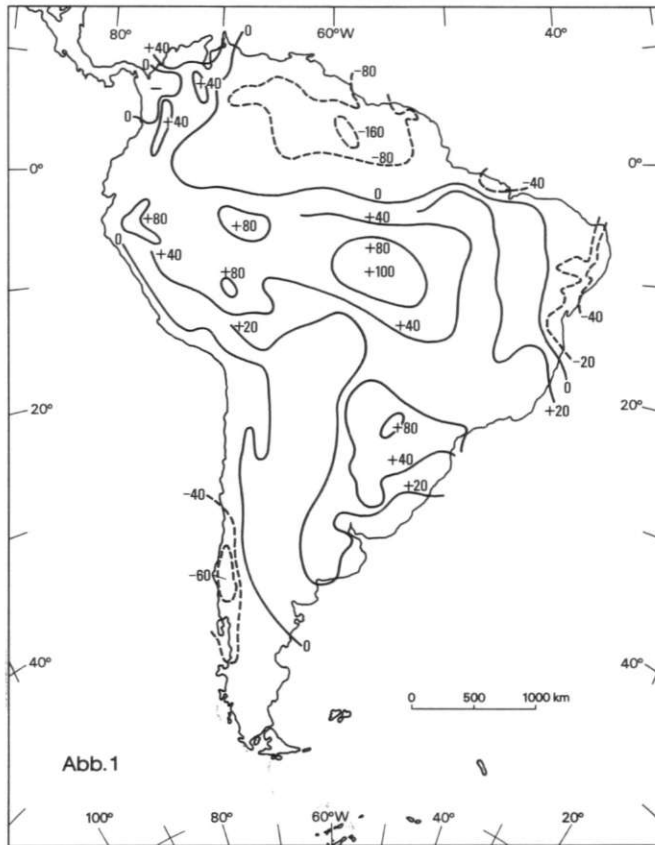


Abb. 1: Niederschlagstendenz (mm) im September: Septembertendenz minus Augustmittel. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.
 Precipitation (mm) tendency in September: September mean minus August mean. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

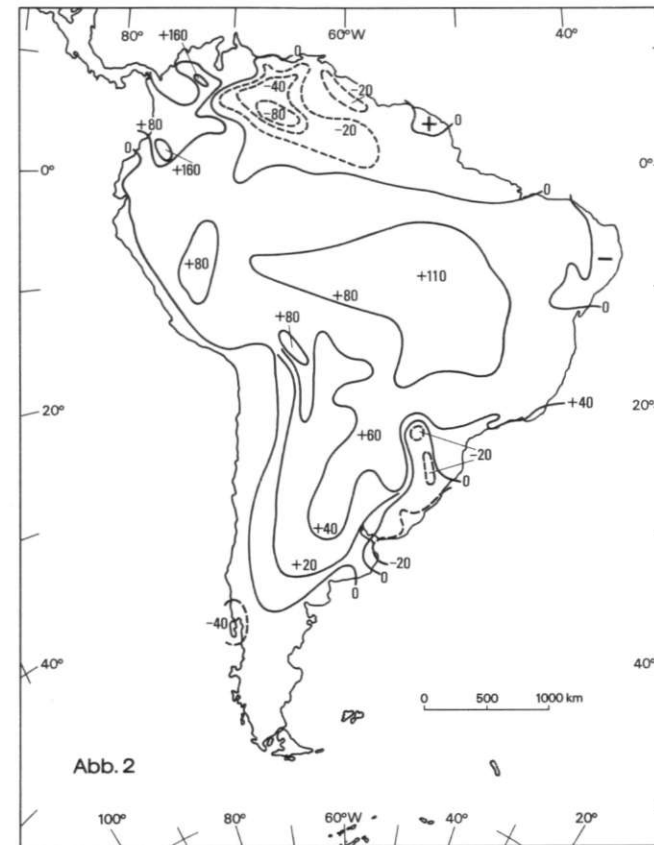


Abb. 2: Niederschlagstendenz (mm) im Oktober: Oktobertendenz minus Septembertendenz. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.
 Precipitation (mm) tendency in October: October mean minus September mean. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

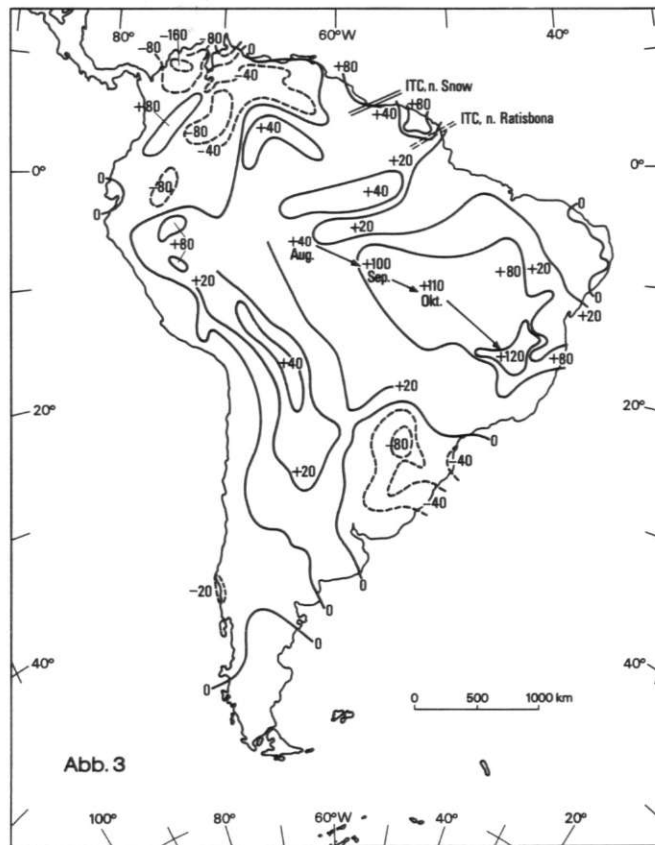


Abb. 3: Niederschlagstendenz (mm) im November: Novembermittel minus Oktobermittel; mittlere Lage der innertropischen Konvergenz (ITC) im November nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976); Zugbahn des Zentrums positiver Tendenzen von August bis November im südhemisphärischen Brasilien. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

Precipitation (mm) tendency in November: November mean minus October mean; mean position of the Intertropical Convergence (ITC) in November in accordance to SNOW (1976) and RATISBONA (1976); trajectory of the centre of the positive tendency system from August to November in the south-hemispheric tropical Brazil. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

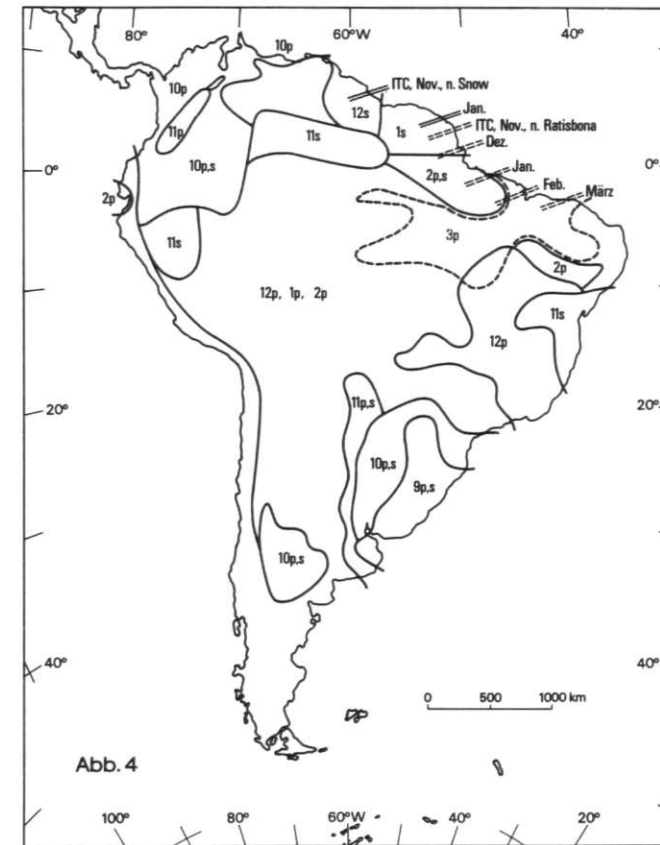


Abb. 4: Niederschlagsmaxima von September bis Februar sowie innertropische Konvergenz (ITC) an der Atlantikküste im November und Januar nach SNOW (1976) (Doppellinie) und von November bis März nach RATISBONA (1976) (gestrichelte Doppellinie). Subindizes: p = primär, s = sekundär. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

Precipitation maxima from September and Intertropical Convergence (ITC) at the Atlantic coast in November and January in accordance to SNOW (1976) (two lines), and from November to March in accordance to RATISBONA (1976) (two broken lines). Sub-indices: p = first order, s = second order. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.

seits die Regenzeit in der tropischen Zone der südlichen Hemisphäre und in den semiariden Gebieten östlich der Anden entwickelt und andererseits die Verlagerung der Innertropischen Konvergenzzone (ITC) zur Südhalbkugel beginnt.

3.1 Die Veränderung der Niederschläge von September bis November

Im September (Abb. 1) ist die monatliche Veränderung auf der nördlichen Halbkugel negativ, mit Ausnahme der Kordilleren und des Nordens von Kolumbien. Auf der südlichen Hemisphäre sind zwei positive Hauptsysteme zu sehen, eines in der tropischen Zone, mit Zentrum in 10° S, 57° W, und das andere in der subtropischen Zone, mit Zentrum etwa in 25° S, 55° W. In der küstennahen Zone Nordost-Brasilien und im zentralen Chile ist die Tendenz negativ.

Im Oktober (Abb. 2) ist die Verteilung der Tendenzen der des Septembers ähnlich, wobei jedoch die folgenden Unterschiede beobachtet werden können: Die positive Tendenz über Kolumbien hat sich verstärkt und die negative östlich der Anden abgeschwächt. An der Küste von Französisch Guayana erscheint ein beginnendes positives System. Auf der Südhalbkugel hat sich das positive Hauptsystem der tropischen Zone nach Osten hin verlagert, das entsprechende System der subtropischen Zone hingegen nach Westen. In den Küstengebieten und angrenzenden Teilen im südlichen Brasilien, Uruguay und Ost-Argentinien bestimmt ein System mit negativer Tendenz die westliche Grenze des Gebietes, in dem im September ein Maximum eintrat.

Die Karte für November (Abb. 3) zeigt die folgenden auffälligen Veränderungen: In den Guayana-Staaten erscheinen stark positive Tendenzen. Diese sind nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976) der ITC zuzuschreibende Erscheinungen, die im November über Guayana und Französisch Guayana stattfinden, wie in Abb. 3 zu sehen ist. Die Diskrepanz in der Darstellung der Situation für diesen und die folgenden Monate zwischen den beiden Autoren verursacht einige Zweifel. Daher ist es schwierig, mit wissenschaftlicher Genauigkeit zu sagen, welche Beziehungen die mittlere monatliche Lage der ITC zu den Systemen der monatlichen Tendenz bzw. den Gebieten mit Maxima der Abb. 4 u. 5 hat. Bezüglich der dargestellten Lagen der ITC in den Abb. 3–5 wurde für den von RATISBONA (1976) beschriebenen Fall die ITC aus der veröffentlichten Karte kopiert; für SNOW wurde eine ungefähre Kennzeichnung, entsprechend dem vom Autor gegebenen Beschreibungen, durchgeführt.

Die negativen Tendenzen im Nordwesten des Kontinents für November (Abb. 3), die sich bis etwa 4° S erstrecken, zeigen, daß sich im Oktober in diesem ausgedehnten Gebiet ein Maximum bildet,

wobei lediglich das mittlere und obere Tal des Río Magdalena und die hohen Lagen der östlichen Kordilleren bis zur Grenze nach Venezuela eine Ausnahme darstellen, da hier das Maximum erst im November auftritt.

In der tropischen Zone der Südhemisphäre hat sich das ausgedehnte positive System weiterhin nach Osten verlagert; um diesen Umstand besser darzustellen, wurde in der Abb. 3 die Zugbahn seines Zentrums für August bis November eingezeichnet. In der subtropischen Zone der südlichen Halbkugel bedeckt ein negatives System die Gebiete, in denen sich im September und Oktober Maxima befanden.

3.2 Die halbjährlichen und jährlichen Wellen

In ihrem Verlauf von Norden nach Süden an der Atlantikküste der Nordhalbkugel bilden sich sukzessive Maxima im Dezember, Januar und Februar (Abb. 4), die offensichtlich durch die Verlagerung der ITC nach Süden verursacht werden, mit der entsprechend südlichsten Lage des Maximums im März. Die Maxima für April, Mai, Juni und Juli/August (Abb. 5) entsprechen der Verlagerung der ITC nach Norden. In den Abb. 4 u. 5, mit der Darstellung ihrer mittleren monatlichen Lagen nach SNOW (1976) und RATISBONA (1976), sind die folgenden Besonderheiten zu beobachten: Für den von SNOW dargestellten Fall stimmen besagte Lagen im Januar, Mai und Juni praktisch mit den entsprechenden Gebieten der Niederschlagsmaxima überein; was den November betrifft, so erklärt SNOW, daß es in diesem Monat zu einer Phasenverschiebung um einen Monat kommt. In dem von RATISBONA dargestellten Fall hingegen verspätet sich das Niederschlagsmaximum um einen oder zwei Monate, während sich die ITC nach Süden verlagert, aber es läuft um einen oder zwei Monate voran, wenn sich die ITC nach Norden hin bewegt. Der Autor neigt zu der von SNOW gegebenen Lösung in dem Sinne, daß die mittlere monatliche Lage der ITC durch die des entsprechenden Niederschlagsmaximums gegeben ist.

Im pazifischen Sektor wiederum ist die Entwicklung völlig anders: Im Oktober bilden sich auf dem gesamten Breitengürtel mit halbjährlichen Schwankungen Maxima, ein Ereignis, das sich im Mai wiederholt. Es ist ersichtlich, daß die sich bildenden Maxima dem Höchststand der Sonne um jeweils ein bis zwei Monate folgen. Von Februar bis Juni jedoch, wenn sich die geographische Verteilung der Maxima sowohl der pazifischen Zone als auch deren relative Lage am Atlantik sowie im kontinentalen Bereich einigermaßen entsprechen, liegt die Vermutung nahe, daß in diesem Zeitraum die ITC quer über den ganzen Kontinent wirkt. Es wird angenommen, daß die z. T. unregelmäßige Verteilung der Maxima durch die kurzen Zeiträume für die Daten hervorgerufen wird.

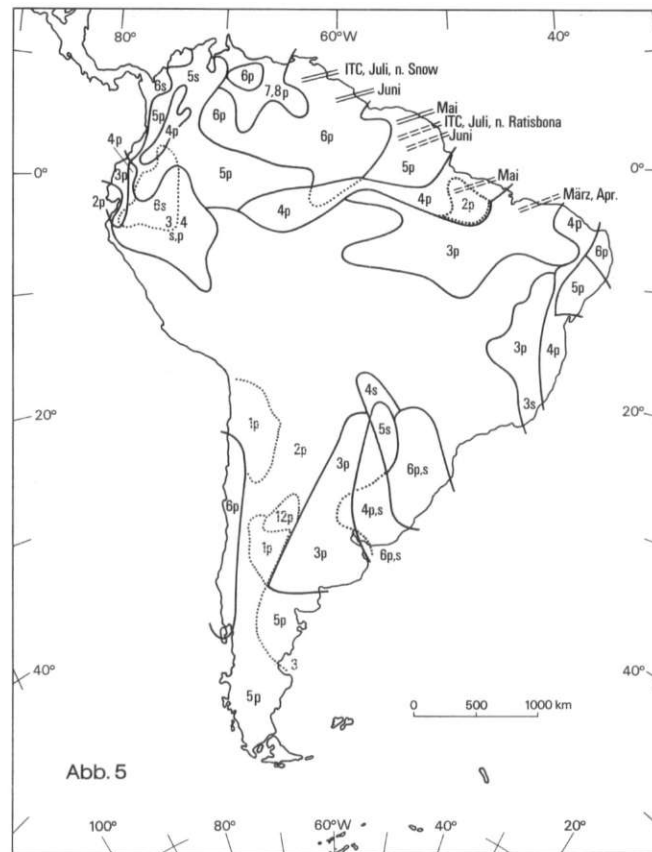


Abb. 5: Niederschlagsmaxima von März bis August sowie innertropische Konvergenz (ITC) an der Atlantikküste von Mai bis Juli nach SNOW (1976) (Doppellinie) und von März bis Juli nach RATISBONA (1976) (gestrichelte Doppellinie). Subindices: p = primär, s = sekundär. Datenperioden: 1931–60, 1951–60 u. a.

Precipitation maxima from March to August and Intertropical Convergence (ITC) at the Atlantic coast from May to July in accordance to SNOW (1976) (two lines), and from March to July in accordance to RATISBONA (1976) (two broken lines). Sub-indices: p = first order, s = second order. Data periods: 1931–60, 1951–60 et al.

In Zentralbrasilien und Nordwest-Argentinien (Abb. 4. u. 5) tritt eine einfache Jahresschwankung auf, die durch ein Maximum im Sommer und eine Trockenperiode im Winter charakterisiert ist. Deren Dauer kann in NW-Argentinien sowie in NE-Brasilien bis zu 8 Monate betragen. Das Amazonasgebiet und der Ostabhang der Anden bis 20° S haben Anteil an besagtem einfachen jährlichen Gang, jedoch nicht an der Trockenperiode. Auf der Nordhalbkugel ist diese einfache jährliche Oszillation mit Trockenzeit praktisch nur in Venezuela zu sehen (Abb. 4. u. 5). Eine andere jährliche einfache Welle, jedoch mit Maximum im Winter und Sommertrockenzeit, ergibt sich im zentralen Chile.

Die Größe der halbjährlichen Schwankungen in den humiden Teilen der subtropischen Zone muß dem Gewicht zugeschrieben werden, das die Faktoren Feuchtigkeit und atmosphärische Störungen für die jahreszeitliche Entstehung von Niederschlägen

haben; letztere sind nach HOFFMANN (1971) häufiger im Oktober in Corrientes (27°28' S, 58°49' W, Höhe 60 m NN), aber die Feuchtigkeit der tropischen Luftmassen ist dort im April am höchsten. In der Küstenzone Brasiliens schließlich, etwa zwischen 10° S und 20° S, gibt es eine halbjährliche Oszillation. Auffällig ist die Verlagerung des Maximums zwischen März und Juni von etwa 20° S nach 5° S (Abb. 5).

Abb. 6 (Beilage II) zeigt im Überblick den Jahresgang des Niederschlags auf dem gesamten Kontinent, wobei die verschiedenen Typen abgegrenzt und erläutert sind (vgl. Tab. 1; BURGHARDT et al. 1975/76).

Danksagung

Besonderer Dank gilt Señorita Teresa A. Gardella und Señora Rosa H. de Moscato für ihre wertvolle

Tabelle 1: Typen des Jahresganges der Niederschläge in Südamerika (regionale Verteilung siehe Abb. 6 (Beilage II))
Types of the seasonal variation of precipitation in South America (regional distribution see Fig. 6 (Supplement II))

Nr.	Typ	Eintritt der Extremwerte	Ergänzungen
1	äquatorial	2 Max. und 2 Min. Eintritt s. Abb. 4 u. 5	Nordküste: Trockenperiode im Winter, Hauptmax. im Herbst
2	tropisch	Max.: Sommer Min.: Winter	Nordbrasilien: Max. im Herbst, Trockenperiode im Winter; NW-Argentinien, Bolivien, Peru: Übergang zum ariden Typ
3	subtropisch	Max.: Winter Min.: Sommer	Zentralchile: ausgedehnte Trockenperiode im Sommer NE-Brasilien: örtlich sehr kurze Trocken- periode im Sommer
4	Übergangstyp von 3 zu 5	Max.: Winter Min.: Sommer	ohne Trockenperiode
5	gemäßigte Breiten	a), b) ¹⁾ Max. im Sommer/Winter und Min. im Winter/Sommer → kontinentaler/maritimer Typ c) 2 Max.: Frühling und Herbst 2 Min.: Sommer und Winter	Niederschläge zu allen Jahreszeiten
6	arid	a), b) ¹⁾ Max. im Sommer/Winter und Min. im Winter/Sommer → tropischer/suptropischer Typ c) variabel in gemäßigten Breiten	extrem geringe Niederschläge

¹⁾ Niederschlagsverteilung am Ostabhang der Hoch-Kordillere zwischen 30°S und 38°S:

a) ≤ 2000 m: sehr geringe Niederschläge mit Max. im Sommer;

b) > 2000 m: reichliche Niederschläge im Winter mit ausgedehnter Schneedecke (Wasserreservoir zur Bewässerung der argentinischen Wein- und Obstbaugebiete in den Provinzen Mendoza, San Juan, La Rioja, Neuquen und Río Negro)

Hilfe im Projekt des Klimaatlas von Südamerika. Gedankt sei außerdem der Diplom-Meteorologin Silvia E. Nuñez und der Technischen Assistentin Claudia I. Burza für ihre Hilfe bei den kartographischen

Arbeiten. Bei der Übertragung aus dem Spanischen leisteten Herr Jürgen Coy und Frau Susanne Haluszczak, Studenten der Geographie, sehr wertvolle Hilfe.

Literatur

BURGHARDT, S., SUAREZ DEVOTO, N. I. et al.: Distribución geográfica de la precipitación en América del Sur y su marcha anual. In: Meteorologica, Vol. VI-VII, Buenos Aires 1975/76, S. 205-214.

HOFFMANN, J. A. J.: Frentes, masas de aire y precipitaciones en el norte argentino. In: Meteorologica, Vol. II, Buenos Aires 1971, S. 130-149.

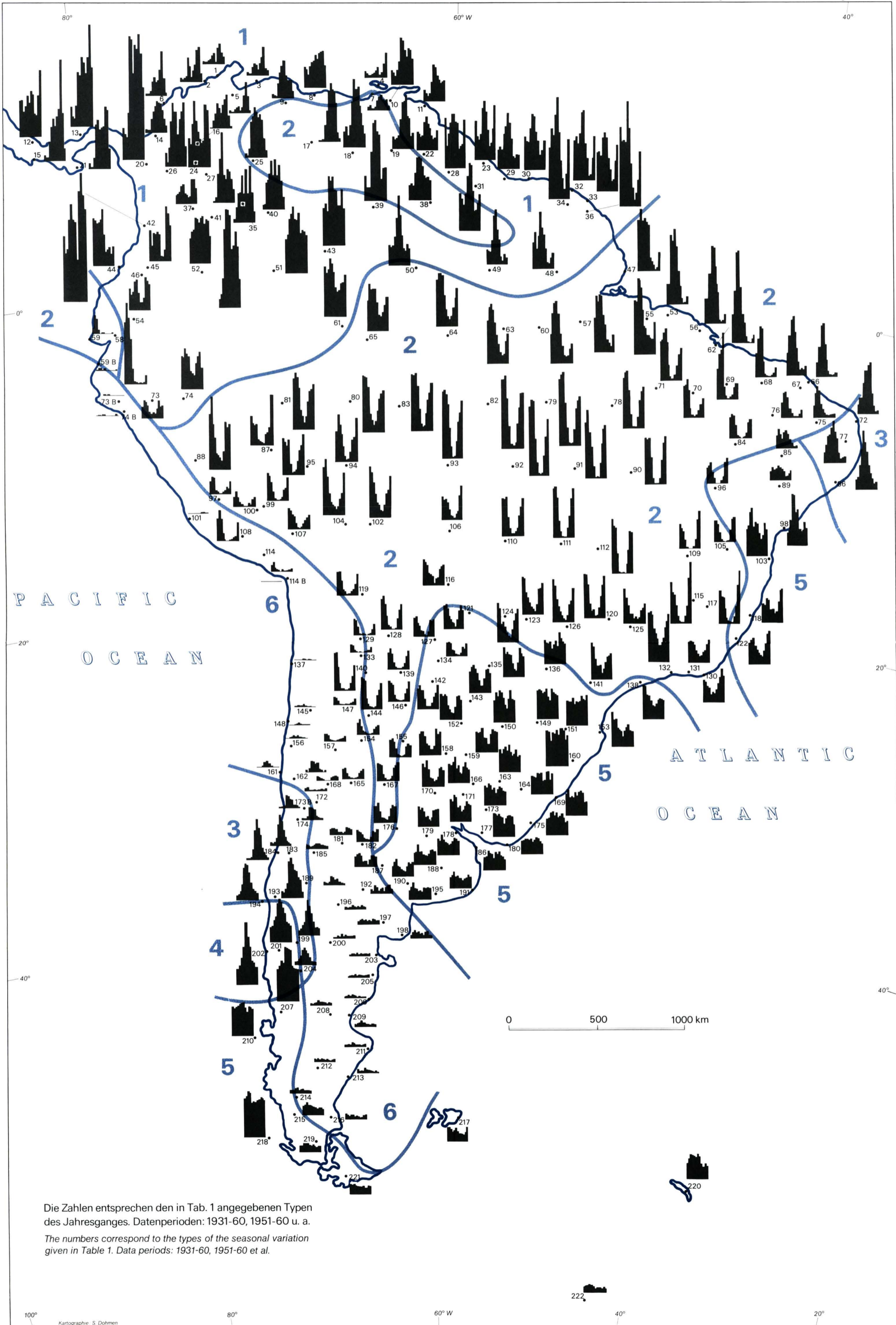
- : Atlas Climático de América del Sur, Vol. 1. WMO-UNESCO, Budapest 1975.

HOFFMANN, J. A. J. et al: Homogeneidad de los datos de la

frecuencia de precipitación y el análisis de sus campos correspondientes al Atlas Climático de América del Sur. In: Meteorologica, Vol. VIII-IX, Buenos Aires 1977/78, S. 187-196.

RATISBONA, L. R.: The climate of Brazil. In: World Survey of Climatology, Vol. 12. Amsterdam et al. 1976, S. 219-269.

SNOW, J. W.: The climate of northern South America. In: World Survey of Climatology, Vol. 12. Amsterdam et al. 1976, S. 295-379.



Die Zahlen entsprechen den in Tab. 1 angegebenen Typen des Jahresganges. Datenperioden: 1931-60, 1951-60 u. a.

The numbers correspond to the types of the seasonal variation given in Table 1. Data periods: 1931-60, 1951-60 et al.