

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 9 (1968)
Heft: 1

Artikel: Die thermische Ungunst der südhemisphärischen hohen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neuer dynamisch-klimatologischer Untersuchungen
Autor: Weischet, Wolfgang
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089449>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 18.04.2026

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

Die thermische Ungunst der südhemisphärischen hohen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neuer dynamisch-klimatologischer Untersuchungen

WOLFGANG WEISCHET

Vorwort: Ein klimatologisches Thema mag auf den ersten Blick etwas stark abgelegen sein von den übrigen der Festschrift. Ich bin aber sicher, dass der verehrte Jubilar die Widmung im Lichte des spezifischen Verhältnisses sieht, welches den Autor mit ihm verbindet. Es ist ausser der freundnachbarlichen Zusammenarbeit in regionalen Fragen geprägt durch die praktizierte Ergänzung im akademischen Bereich. Den offenen Blick und das Verständnis des Jubilars für eine sinnvolle gegenseitige Ergänzung zum Ganzen in der Geographie durch einen Beitrag zu unterstreichen, ist mein Anliegen im Kreise der Gratulanten.

1 Die zu erklärenden Klimaeffekte

Die — flächenmässig zwar geringen — Festlandsgebiete der hohen Mittelbreiten ($45\text{—}55^\circ\text{S}$) der Südhalbkugel zeichnen sich durch Wachstumsbedingungen für die natürlichen und kultivierten Pflanzen aus, die wesentlich ungünstiger als in vergleichbaren Breiten der Nordhemisphäre sind. Troll (1948, 1955, 1957) hat in verschiedenen Aufsätzen den dadurch bedingten asymmetrischen Aufbau der Vegetationszonen auf der Nord- und Südhalbkugel behandelt. Die relativ äquatornahe Lage der polaren Baumgrenze ist dafür ebenso kennzeichnend wie die Polargrenze der Getreidekultur.

In Südamerika verläuft die Anbaugrenze für Weizen auf der Westseite der Anden bei 42° ungefähr in der Mitte der Insel Chiloë. Das bedeutet, dass sie in einer geographischen Breite liegt, die man auf der Nordhalbkugel noch zu den Subtropen rechnet und die auch in Chile unter fiktiven solaren Klimabedingungen zu den Subtropen gehört.

Unmittelbar am Ostfuss der nur noch lokal 3500 m überschreitenden Cordillere springt die genannte Grenze um rund drei Breitengrade weiter nach Süden vor. Weiter polwärts können selbst auf der Leeseite der Cordillere nur noch unter ganz besonders günstigen lokalklimatischen Bedingungen wenige Parzellen Hafer oder Kartoffeln angebaut werden, wenngleich es sich um geographische Breiten handelt, die denjenigen von Südengland oder von Holland entsprechen. Auf der dem Pazifischen Ozean zugekehrten Seite der Cordillere ist auch an den anspruchlosesten Anbau gar nicht zu denken. Hier erreichen die Gletscherzungen des Inlandeises der Patagonischen Cordillere in 48° Breite bereits das Meeresniveau, zehn Breitengrade weiter äquatorwärts als an der nordamerikanischen Westküste.

Trotz des geographisch-landeskundlich entscheidend wichtigen Unterschiedes wird in fast allen Übersichtskarten über die Klimate der Erde das

Gebiet von Chiloë und Westpatagonien mit dem gleichen Klimatyp ausgezeichnet wie beispielsweise Südengland oder Westfrankreich¹. Die fiktiven thermischen und hygrischen Mittelwerte, auf welchen ja die Klimaklassifikationen basieren, lassen also die Repräsentation ökologisch sehr unterschiedlicher klimatischer Realitäten zu. In solchem Fall kann man sich aber für geographische Analysen nicht mit der Typisierung nach der klassisch-klimatologischen Methode zufrieden geben. Man muss sich vielmehr bemühen, erstens die Besonderheiten des Klimas wenigstens qualitativ herauszuarbeiten und zweitens die Ursachen für die sehr verschiedenen ökologischen Effekte in dem vermeintlich gleichen Klimatyp aufzuzeigen. Dazu werden dem Geographen entsprechende Beobachtungen im Gelände in vielen Fällen entscheidende Hinweise liefern.

Die für die folgende Abteilung wichtigen Feststellungen stammen aus der Region um den Seno de Ultima Esperanza. Auf der Farm Puerto Consuelo, in einer Breite von 52° etwas nördlich von Puerto Natales auf der Ostabdachung der Patagonischen Cordillere gelegen, lassen sich auf der windabgekehrten Seite eines ungefähr 25 m hohen Hügels in einem kleinen Hausgarten alle möglichen Beerensträucher wie Erd-, Johannis- und Stachelbeeren sowie auch etwas anspruchsloses Gemüse kultivieren. Auf der exponierten Wetterseite gedeihen dagegen neben einigen stark windgeformten niedrigen Büschen nur Stipagras-Büschel. Wo die Vegetationsdecke zerstört worden ist, beginnt die Bodendeflation.

Oder ein anderes Beispiel: An der Estancia Borries, ebenfalls nahe Puerto Natales gelegen, hat man eine Spindelobstplantage angelegt. Die freistehenden, windgeformten, sehr klein gebliebenen Bäumchen blühen aber nur ausnahmsweise und fruchten nie. Nur ein Apfelbaum, der unmittelbar am Haus und auf der windabgekehrten Seite eines hohen Bretterzaunes steht, blüht und trägt Früchte.

Ausser den beiden geschilderten Beobachtungen gibt es noch viele andere, die alle darin übereinstimmen, dass sich überall dort für den Anbau von Kulturpflanzen noch zureichende klimatische Bedingungen ausbilden, wo durch natürliche Gegebenheiten oder künstliche Einrichtungen ein begrenzter Luftraum der Einwirkung des freien, ungehinderten Austausches entzogen wird. Dann kann unter dem Einfluss der relativ kräftigen Strahlung noch ein Lokalklima entstehen, welches die für Früchten und Reifen notwendigen thermischen Bedingungen erfüllt.

Wenn man diese Beobachtungstatsachen hinsichtlich ihrer klimatologischen Konsequenzen auswertet, so besagen sie doch eindeutig, dass die Klimabedingungen in Ultima Esperanza wenigstens während der Wachstumszeit der Pflanzen wesentlich günstiger wären, wenn sich ganz allgemein, und nicht nur an lokal eng begrenzten Stellen, die aufgrund des sommerlichen Wärmehaushaltes am Ort selbst entstandenen, autochthonen thermischen

¹ Eine bemerkenswerte Ausnahme macht die Karte der Jahreszeitenklimate von Troll und Paffen (1964), in welcher für die Typenbildung vom ökologisch bedingten Habitus der Vegetation ausgegangen wird.

Bedingungen entwickeln könnten. Da das nicht der Fall ist, muss dem Gebiet die klimatische Wirklichkeit permanent von allochthonen, fremdbürtigen Einflüssen aufgezwungen werden.

2 Die thermischen Bedingungen der «Wasserhalbkugel»

Bei der Untersuchung der Ursachen für die relative Ungunst ist der Hinweis auf den Einfluss des Humboldtstromes, den man gelegentlich finden kann, abwegig, wie sich daraus ergibt, dass dieser als küstennaher Kaltwasserkörper normalerweise erst äquatorwärts 40° an der Oberfläche erscheint und er ausserdem auch so schmal ist, dass er gar nicht die notwendige erhebliche Transformation der über ihn hinweggeführten Luftmassen bewirken kann.

Die Berücksichtigung der thermischen Bedingungen, die sich für die gesamte Südhalbkugel als Folge ihres Charakters als sog. «Wasserhalbkugel» und des Einflusses des antarktischen Kontinentes ergeben, führt bei der Betrachtung der Ursachen schon einen bedeutenden Schritt weiter. Aus den Breitenkreismitteln der Lufttemperatur am Boden (Burdecki, 1955; van Loon, 1955; Blüthgen, 1966) ergibt sich, dass im Sommer die gesamte Südhalbkugel wesentlich kälter ist als die Nordhalbkugel, wobei der Differenzbetrag zirka 8°C ($24,0$ zu $15,6$) in 40° , 10° ($18,1$ zu $8,1$) in 50° und 12° ($14,1$ zu $2,1$) in 60° Breite ausmacht. Durch die wachsenden aerologischen Beobachtungen konnte dieses Ergebnis inzwischen auf die Gesamttroposphäre ausgedehnt werden (Burdecki, 1955, vgl. Abb. 7 und 8). Eine entsprechende Darstellung von Flohn (1950) zeigt (Abb. 1), dass der Unterschied in der relativen Topographie der Schicht 500/1000 mb im Sommermittel bei 50°S um 16 Dekameter beträgt, was einer um zirka 8° geringeren Mitteltemperatur zwischen dem Boden und ungefähr 5000 m entspricht. Im Winter ist der Unterschied in den Mittelbreiten unerheblich.

Aus diesen Feststellungen ergibt sich zwar schon, dass der in Frage stehende Raum von Chiloë bis Ultima Esperanza gemäss seiner geographischen Lage eingebettet ist in planetarische Temperaturbedingungen, die für die sommerliche Vegetationsperiode wesentlich ungünstiger sind als auf der Nordhalbkugel. Aber die planetarischen Werte der Breitenkreismittel sind wegen des äusserst geringen prozentualen Anteiles von Festland an der Gesamtoberfläche des Breitenringes 40° bis 60°S berechnet und repräsentativ für die Luft über dem Meer. Es ist nicht selbstverständlich, dass man sie auf die vorhandenen Festlandsteile übertragen kann. Im Gegenteil, die Tatsache, dass die Anbaugrenze nicht breitenparallel, sondern an der Westküste näher zum Äquator verläuft als auf der Ostseite Patagoniens, dass sie grossräumig dem orographischen Einfluss der Anden unterliegt und kleinräumig von der lokalen Reliefgliederung beeinflusst wird, zeigt doch schon deutlich, dass man zum vollen Verständnis der klimaökologischen Verhältnisse nicht allein durch die sommerlichen mittleren planetarischen Temperaturbedingungen gelangen kann. Es fehlt das dynamische Bindeglied, um den

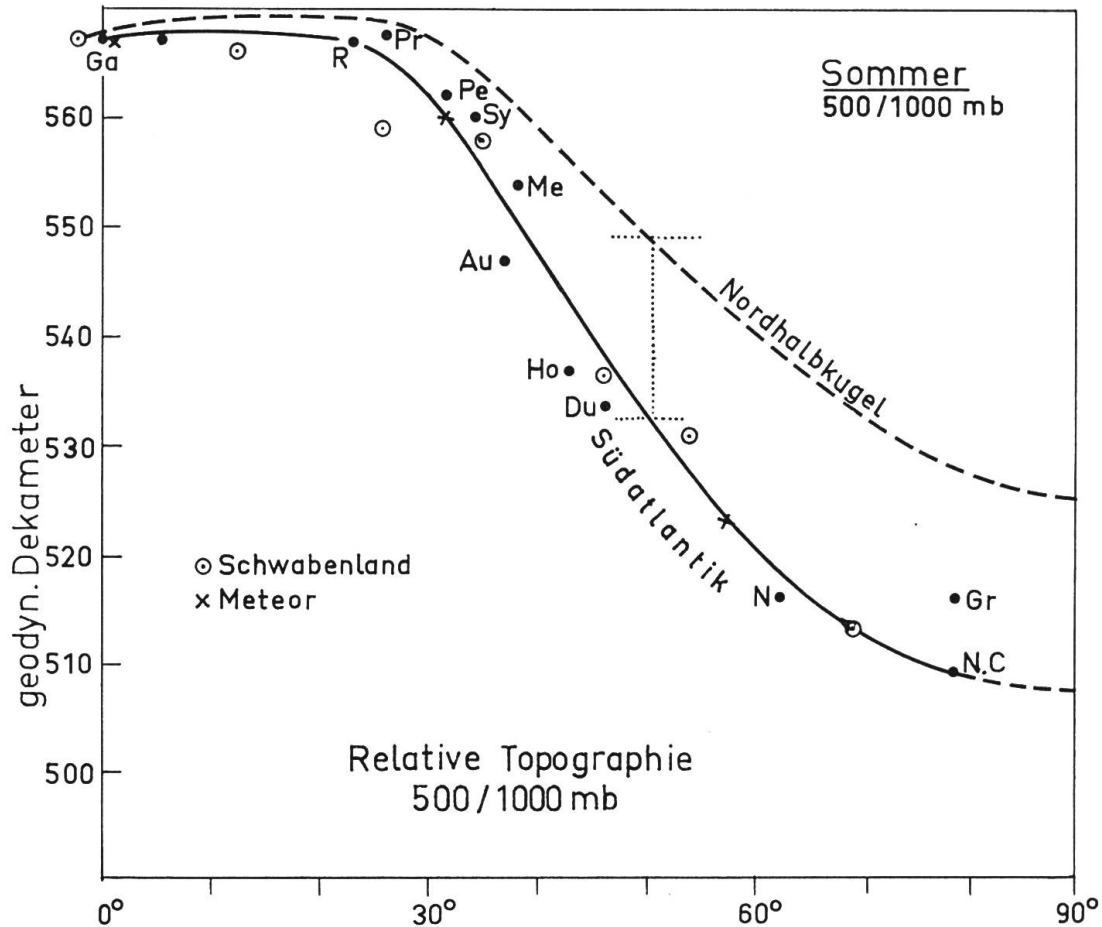


Abb. 1 Meridionalschnitt der mittleren relativen Topographie 500/1000 mb für den Sommer der Nord- und Südhalbkugel im Vergleich (nach Flohn, 1950). Der Unterschied von 16 Dekametern in 50° Breite entspricht einem Unterschied der Mitteltemperatur von ungefähr 8° C.

Vorgang der Vermittlung der thermischen Bedingungen in ihrem zeitlichen Ablauf und ihrer örtlichen Verschiedenheit besser durchschauen zu können. Man muss den Faden bei den beobachteten Klimaeffekten aufnehmen und systematisch rückwärts verfolgen.

3 Die dynamischen Voraussetzungen für den permanenten allochthonen Klimaeinfluss auf dem Festland

Um es noch einmal festzustellen: Zu erklären ist, wie es kommt, dass dem Gebiet in Ultima Esperanza z. B. auf der Ostseite der Patagonischen Cordillere permanent thermische Klimabedingungen aufgezwungen werden, die im Hinblick auf das Wachstum der Kulturpflanzen ungünstiger sind, als die autochthonen, am Ort selbst entstandenen, es sein würden.

Nun, fremdbürtiger Einfluss setzt Herantransport allochthoner Luftmassen voraus. Der Transportmechanismus ist bei klimatologischer Betrachtungsweise die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre. Es müssen also die für die in Frage stehende Region klimatisch wirksamen Zirkulationsvorgänge analysiert werden. Nun hat zwar Lamb (1959) vor einigen Jahren noch festgestellt, dass die grösste Lücke in der Kenntnis der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre auf der Südhemisphäre, und dort speziell über dem Pazifischen Ozean, klafft, indessen haben die Anstrengungen seit dem ersten Geophysikalischen Jahr doch zu einer Reihe von genügend gesicherten Aussagen geführt, von denen viele der letzten zehn Jahre auf den in diesem Zusammenhang besonders zu erwähnenden täglichen Wetteranalysen beruhen, die vom South-African-Weather-Bureau durchgeführt und in den Bänden der Zeitschrift «Notos» veröffentlicht werden.

Das zuständige Zirkulationssystem ist die südhemisphärische Westwinddrift. Das ist allgemein bekannt, ergibt sich aus der geographischen Lage des Gebietes, und man kann es in Ultima Esperanza auch allenthalben an den Windeffekten ablesen. Allgemein bekannt ist auch, dass diese Westwinddrift auf der Südhalbkugel besonders heftig und energiereich ist, haben doch die entsprechenden Breiten als «roaring forties» oder «roaring fifties» schon seit der Zeit der Segelschiffahrt entsprechende Eigennamen. Gleichwohl können diese Kenntnisse für das Verständnis des Phänomens noch nicht hinreichend sein.

Inzwischen erlauben nun die Untersuchungen der beiden letzten Jahrzehnte genauere Aussagen über die speziellen Bedingungen der südhemisphärischen Westwinddrift. Zunächst lässt sich aus einer theoretischen Modellrechnung von Smagorinsky (1963) verstehen, dass die aussertropische zyklonale Westwindzirkulation (Ferrel- oder Rossby-Typ der allgemeinen Zirkulation) auf der Südhalbkugel weiter äquatorwärts reicht als auf der Nordhalbkugel. Smagorinsky (1963) hat nämlich gezeigt, dass die Breitenlage der Achse des Subtropenhochs eine Funktion des mittleren meridionalen und vertikalen Temperaturgradienten ist (Abb. 2). Je grösser die beiden Parameter sind, in umso geringerer Breite liegt das Subtropenhoch als Grenze zwischen dem Hadley-Typ der tropischen und dem Ferrel-Typ der aussertropischen Zirkulation. Da vor allem der meridionale Temperaturgradient wegen der fast permanenten Wärmesenke der Antarktis auf der Südhalbkugel grösser ist als auf der Nordhalbkugel (vgl. die Werte von Burdecki in Abb. 7 und 8), weitet sich die aussertropische Westwindzirkulation äquatorwärts aus. Nach Auswertungen von Vowinkel (1955) liegt die Achse des südpazifischen Hochs im Sommer bei 29° S, im Winter bei 25° S (Nordhalbkugel: 44° im Sommer, 31° im Winter; nach Flohn 1950).

Aus der Modellrechnung ergibt sich für unseren Zusammenhang erstens die Tatsache, dass der ganze in Frage stehende Bereich von Mittelchiloë (42°) bis Ultima Esperanza (52°) ganzjährig innerhalb der Westwindzirkulation liegt. Wenn sich das auch aus anderen Beobachtungen ableiten liesse,

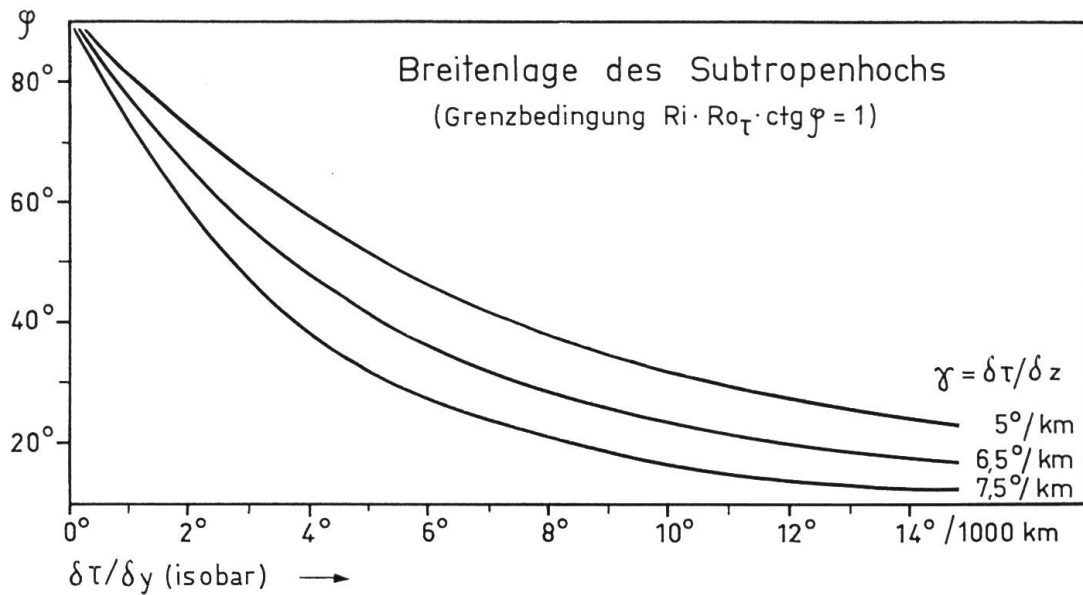


Abb. 2: Die Abhängigkeit der Breitenlage der subtropisch-randtropischen Hochdruckachse vom meridionalen und vertikalen Temperaturgradienten. Nach einer Modellrechnung von Smagorinsky (1963), entnommen aus Flohn (1964).

so liefert zweitens die Ableitung Smagorinskys aber erst die exakte Begründung für die von der Nordhalbkugel abweichenden Verhältnisse.

Zur grösseren Breitenausdehnung der südhemisphärischen Westwindzirkulation kommt nun noch die grössere Zirkulationsenergie mit ihren Konsequenzen. Entsprechend dem stärkeren meridionalen Temperaturgradienten wird die Südhalbkugel von sehr viel kräftigeren Luftdruckgegensätzen beherrscht. Nach der Darstellung von Assur (1949, entnommen aus Raethjen, 1953, siehe Abb. 3) sind die meridionalen Luftdruckgradienten zwischen dem Subtropenhoch und der subpolaren Tiefdruckrinne (bei 65° S) im Winter zirka dreieinhalbfmal, im Sommer gar zirka fünfmal grösser als auf der Nordhalbkugel.

Mit Hilfe der Luftdruckgradienten lassen sich die Strömungsgrössen der Westdrift berechnen. Aus fünfjährigen Breitenkreismitteln des Luftdruckes (1949—1953) kommt Vowinckel (1955) zu folgenden Werten des mittleren monatlichen Zonalindex der Zirkulation zwischen 35° und 55° bzw. 30° und 65° S:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
35/55 S Hemisphäre	7,1	6,4	7,1	7,4	7,5	7,7	8,0	7,3	7,7	8,3	8,3	8,1 m/sec
35/55 S Indischer Ozean	7,9	7,2	7,4	7,2	7,2	8,0	8,5	8,5	8,9	7,9	8,0	8,4 m/sec
35/55 S Atlant. Ozean	8,0	7,5	6,5	5,8	6,7	6,5	7,5	6,8	5,9	6,2	6,6	7,3 m/sec
30/65 S Hemisphäre	5,0	6,1	6,5	6,6	6,5	6,5	6,6	6,8	7,4	7,6	6,7	5,5 m/sec
Max/Min Hemisphäre	5,4	6,5	7,0	6,6	6,5	6,5	6,6	6,8	7,4	7,6	6,7	6,6 m/sec

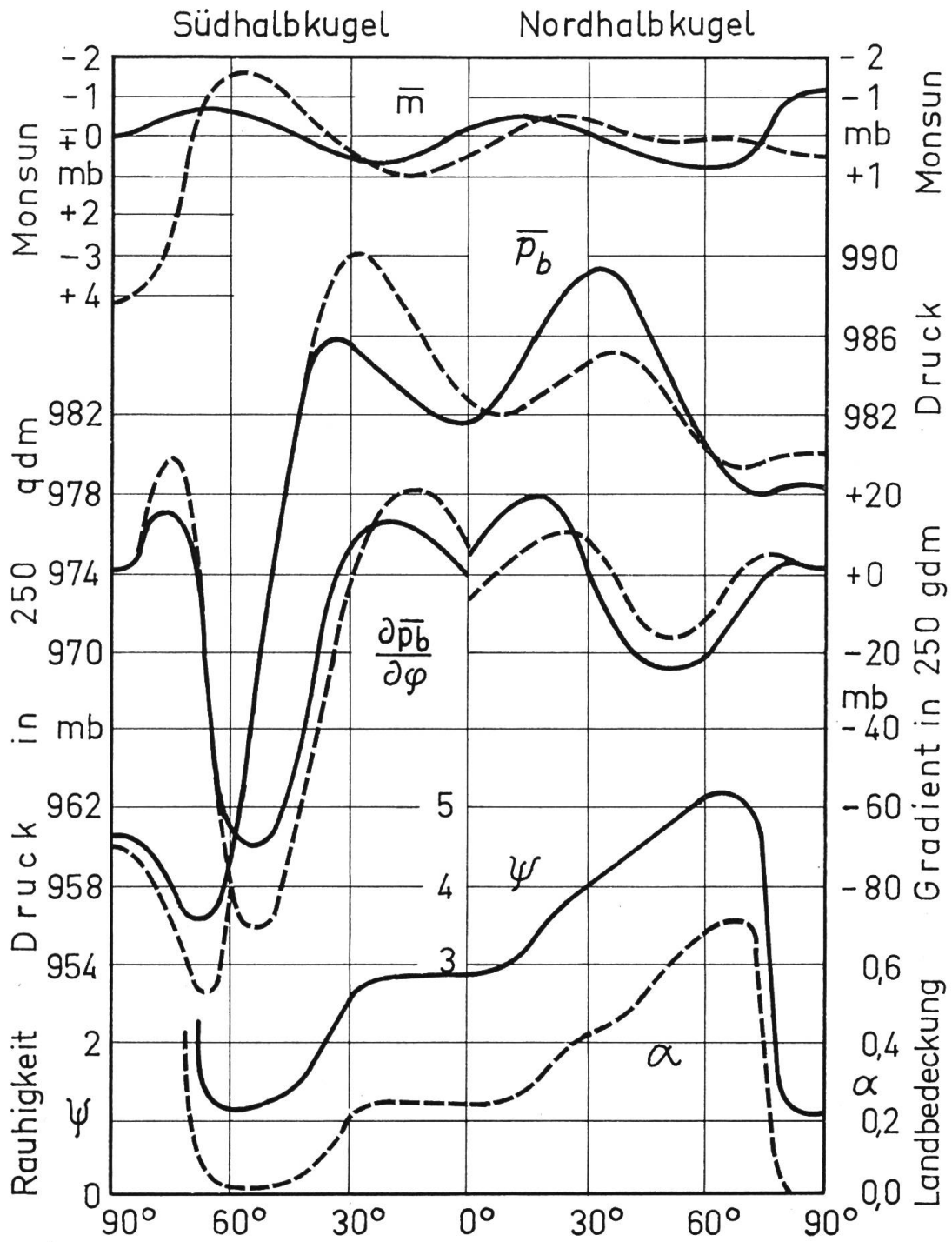


Abb. 3 Breitenmittelwerte des Luftdrucks und des meridionalen Luftdruckgradienten im Januar (ausgezogen) und Juli (gestrichelt). Nach Assur (1949) und Raethjen (1953).

Daraus ergeben sich folgende wichtige Feststellungen:

1. Nahe der Erdoberfläche beträgt im Breitenring zwischen 30° und 65° die mittlere West-Ost-Komponente des Windes nicht weniger als 5,0 bis 7,6 m/sec, entsprechend rund 18 bzw. 27 km/std.

2. Die Zonalgeschwindigkeit ist zwar in den Sommermonaten mit 5 m/sec relativ am schwächsten, doch ist der Wert nur 25 % geringer als im Hochwinter und 33 % kleiner als der maximale in den Frühjahrsmonaten.

3. Wenn auch für den im Ableitungszusammenhang besonders interessierenden Pazifischen Ozean keine eigenen Werte errechnet sind, so lässt sich doch aus dem Vergleich derjenigen für den Indischen und den Atlantischen Ozean mit dem der Gesamthemisphäre ersehen, dass auf dem Pazifik keine vom Mittel grundsätzlich abweichenden Zustände herrschen können.

Für die höheren Atmosphärenschichten und den besonders interessierenden Vergleich mit der Nordhalbkugel können zunächst Berechnungen von Flohn (1950), welche für den Südatlantik aus der Auswertung des aerologischen Materials der «Schwabenland»-Expedition gewonnen wurden (zum Vergleich eingetragen in der Abb. 4), herangezogen werden. Danach beträgt die mittlere Zonalkomponente des Windes in 5000 m Höhe zwischen 35° und 65° S in den Wintermonaten 60, im Sommer 65 km/std. Das Maximum der zonalen Windgeschwindigkeit ergibt sich in beiden Jahreszeiten in der Zone $40\text{—}50^\circ$ S mit Werten über 90 km/std. Das stimmt quantitativ gut überein mit den Berechnungen von van Lonn (1955) für den Meridionalausschnitt des südlichen Indischen Ozeans, wo sich für 45° in 5000 m auch 90 km/std im Winter und 83 km/std im Sommer ergeben.

Die Vergleichswerte für die Nordhalbkugel sind für den gesamten Breitenausschnitt 35° bis 65° N 50 bzw. 27 km/std bei Maximalwerten von 70 bzw. 37 km/std, die allerdings um fünf Breitengrade weiter äquatorwärts beobachtet werden als auf der Südhemisphäre.

Zieht man die Konsequenzen, so kann festgestellt werden, dass man für die hohen Mittelbreiten der Südhalbkugel mit einer mittleren Zonalkomponente der westlichen Höhenwinde rechnen muss, die im Winter, wenngleich auch etwas grösser (zirka 20 %) als die in vergleichbaren Breiten der Nordhalbkugel, so doch mit der nördlichen Halbkugel annähernd übereinstimmt, die aber im Sommer ungefähr zweieinhalbmal so stark ist.

Für das Strömungsfeld nahe der Erdoberfläche ist der Unterschied wegen der geringeren Reibung auf der Wasserhalbkugel noch krasser. Dort ist die Zonalkomponente nach den Werten von Vowinckel (1955) und Flohn (1950) im Winter fast viermal, im Sommer sogar sechs- bis siebenmal grösser als auf der Nordhalbkugel.

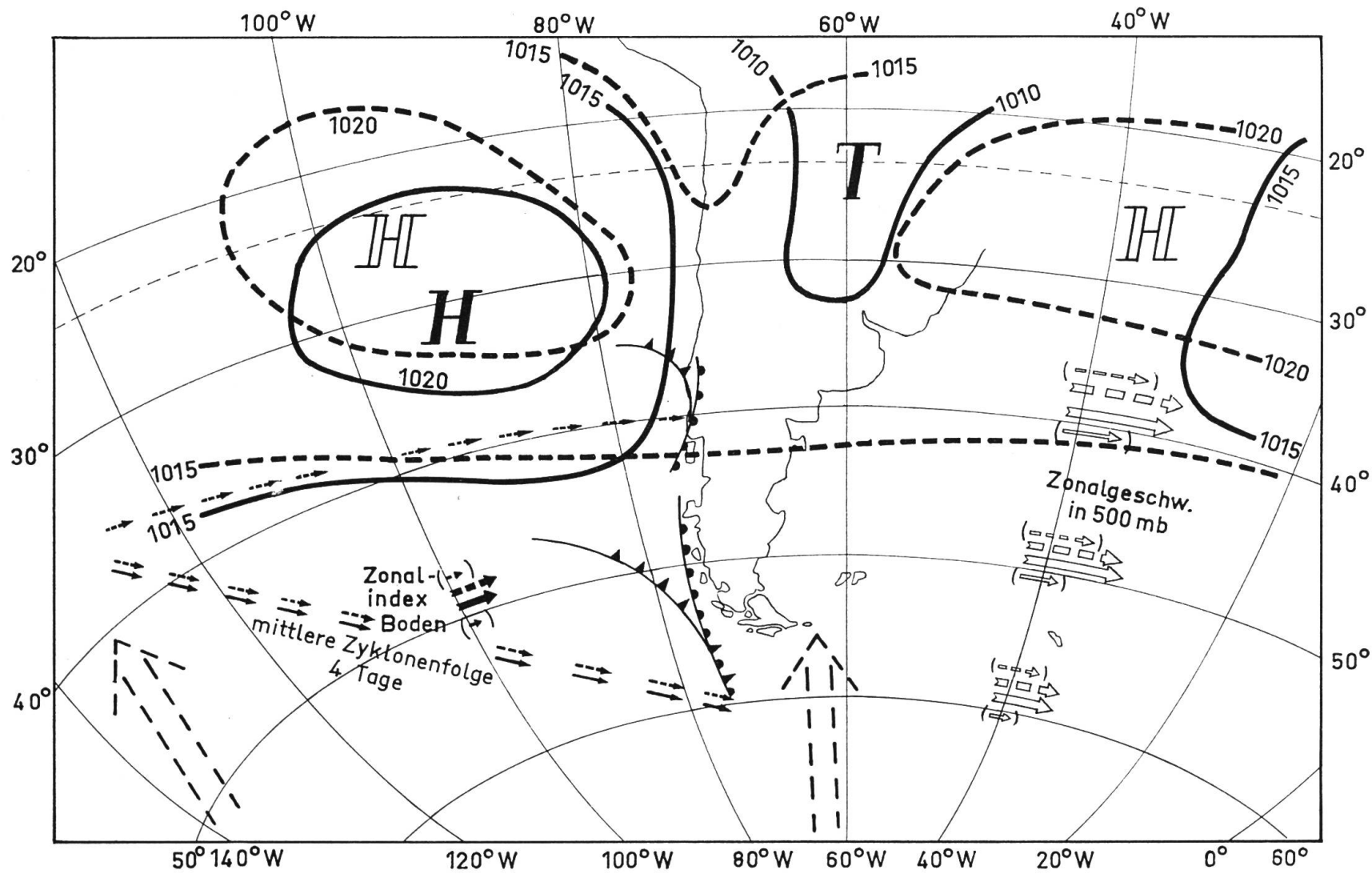
Der entscheidende, für die klimatischen Verhältnisse der aussertropischen Westwindzone Südamerikas wie der ganzen Südhemisphäre ausschlaggebende Tatbestand ist also, dass im Sommer im Mittel kein nennenswertes Nachlassen der Westwinddrift, keine Beruhigung des zyklonalen Westwetters stattfindet, und dass die Sommerwerte des Zonalindex sogar noch etwas höher liegen als die Winterwerte der Nordhalbkugel.

Das gilt für die Monats-, bzw. Jahreszeitenmittelwerte. Nun weiss man aber von der Nordhalbkugel, dass auch bei der relativ intensiven Zonalzirkulation im Winter der wahre zeitliche Ablauf aus einer zyklischen Aufeinanderfolge von zwei grundsätzlich verschiedenen Zirkulationsanordnungen besteht. Rossby und Willett (1948) sowie Namias (1950) haben das näher untersucht und dargestellt. Beim sog. «High-Index-Typ», für den man in der französischen Terminologie den bezeichnenden Ausdruck «circulation vite» gewählt hat, zeigen die Drucksysteme zircumpolar im wesentlichen einen zonalen Isobarenverlauf mit flachen Mäanderbögen der Höhenströmung. Dementsprechend herrscht im grossräumigen Mittel eine starke Westwindströmung bei grosser Zyklonenaktivität in den höheren Breiten vor. Beim anderen Extrem, dem «Low-Index-Typ» («circulation lente») beherrschen ausgeprägte Tiefdrucktröge und Hochdruckrücken mit abgeschnittenen kalten Zyklonen in niederen und warmen Antizyklonen in höheren Breiten das zircumpolare Luftdruckfeld. Die Druckgebilde zeigen eine im wesentlichen meridionale Anordnung, die durchgehende zonale Westwinddrift ist «blockiert» (Blocksituation) und abgelöst von meridionalem Transport von Warmluft polwärts und Kaltluft äquatorwärts. Im Einflussbereich der nach N vorstossenden subtropischen warmen Antizyklone (Vorstoss des äquatorialen Systems wurde es in den Zwanzigerjahren von A. Schmauss genannt) tritt die entscheidende Wetterberuhigung mit der Möglichkeit autochthoner Witterungsgestaltung ein.

Namias (1950) hat das Abwechseln dieser zwei Zirkulationstypen für die Zeit allgemein hoher Zonalzirkulation auf der Nordhalbkugel am Beispiel der Wintermonate 1943/44 bis 1948/49 dargestellt (vgl. Abb. 5). Bei aller Unregelmässigkeit sieht man doch, dass die jeweiligen Zeitabschnitte die Grössenordnung von zwei Wochen haben. Eine Auswertung von 82 klimatologisch wirksamen Block-Situationen («Low-Index-Typ») über dem

LEGENDE zu Abb. 4

Zusammenschau der wesentlichsten Merkmale der Westwindzirkulation in den hohen Mittelbreiten beiderseits des südamerikanischen Kontinentes. Die eingetragenen Isobaren für Januar (ausgezogen) und Juli (gestrichelt) verdeutlichen für den Sommer und Winter die relativ äquatornahe Lage der subtropischen Antizyklonen als mittlere Begrenzung der Westwinddrift (nach Vowinckel, 1955). Die nicht ausgefüllten breitenparallelen Pfeile über dem Südatlantik geben die mittlere Zonalgeschwindigkeit des Höhenwindes im 500 mb-Niveau der jeweiligen Breite für den Sommer (ausgezogene Pfeile) und den Winter (gestrichelte Pfeile) an. Die Vergleichswerte für die Nordhalbkugel sind als schmale Pfeile in Klammern hinzugefügt. (Alle Werte nach Flohn, 1950.) Die ausgefüllten Pfeile über dem Südpazifik charakterisieren die mittleren West-Ost-Komponente des Bodenwindes zwischen 35° und 65° S in den beiden Jahreszeiten (nach Vowinckel, 1955). Zum Vergleich mit den Verhältnissen auf der Nordhalbkugel sind in Klammern die entsprechenden Werte (nach Flohn, 1950) mit angegeben. Ausserdem sind die häufigsten Zyklonenbahnen (ausgezogene Pfeile für den Sommer, gestrichelte für den Winter) eingezeichnet (nach Vowinckel, 1953). Die breiten Pfeile mit gerissener Umrandung deuten die Regionen an, in welchen am häufigsten Ausflüsse antarktischer Kaltluft äquatorwärts verfrachtet werden.



Nordatlantik aus den Jahren 1932—1950 durch Rex (1950) ergab eine mittlere Andauer von 12 bis 16 Tagen mit einem Maximum bei 14 Tagen und einer Streubreite von wenigstens 10 bis höchstens 41 Tagen Dauer².

Wenn Entsprechendes nun auch für die Südhalbkugel gilt, wo der mittlere Zonalindex im Sommer ungefähr die Grössenordnung wie im Winter der Nordhalbkugel hat, so wäre immer noch eine gewisse Möglichkeit für die Ausbildung von Perioden mit autochthoner Witterungsgestaltung, besonders auf den Landmassen des aussertropischen Südamerika gegeben.

Nun hat aber Vowinckel (1955) zunächst an einigen extremen Beispielen (21. und 26. Dezember 1952) im Vergleich zur Nordhalbkugel (9. Januar und 1. März 1949) gezeigt, dass beim Low-Index-Typ auf der Südhemisphäre lediglich eine Verringerung der Westdrift gegenüber dem High-Index-Typ eintritt, hingegen keine fundamentale Veränderung der Massen- und Strömungsverteilung. Polwärts 35° S bleibt auch beim Low-Index-Typ die zusammenhängende Westdrift erhalten, wie sich aus dem durchgehend gleichsinnigen Druckgradienten (im Gegensatz zur Nordhalbkugel) aus der Abb. 6 ergibt. Von echter Blockierung der Westdrift kann nach Vowinckel auf der Südhalbkugel nicht gesprochen werden, weil — und das hervorzuheben ist wichtig — «die mehr zellenförmige Zirkulationsverteilung von tiefen Trögen zwischen den Hochdruckgebieten und nicht von der Verlagerung warmer Antizyklonen polwärts in die Westwindregion verursacht wird» (Vowinckel 1955, S. 213).

Repräsentative Werte für die Beständigkeit der Westwindzirkulation auf der Südhalbkugel liefert die prozentuale Häufigkeitsaufschlüsselung der Zonal-Indices für den Breitenausschnitt 35—55° S für die Sommermonate Dezember, Januar, Februar und März, die im Rahmen der bereits zitierten Arbeit ebenfalls von Vowinckel (1955) durchgeführt wurde.

Häufigkeit der Werte des Zonal-Index für die Sommermonate der Südhalbkugel (1949—1953) in %

	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5 m/sec
	9,6	9,1	8,6	8,1	7,6	7,1	6,6	6,1	5,6	5,1	4,6	4,1	3,6	3,1 m/sec
Dezember	1	2	5	7	12	22	14	12	10	4	7	2	1	1
Januar	1	1	5	10	17	10	13	13	8	11	10	5	2	1
Februar			1	1	5	11	9	23	12	19	11	4	3	1
März			1	6	3	7	8	15	17	15	15	6	4	3

In den Hochsommermonaten Dezember und Januar streut zwar der Indexwert relativ stark, im Dezember ist sogar neben dem Hauptmaximum auf 7,1 bis 7,5 m/sec noch ein sekundäres bei dem relativ niedrigen Wert

² Die entsprechenden Auswirkungen von Blocksituationen auf die Witterungsgestaltung über Europa in hygrischer und thermischer Hinsicht werden in der Arbeit dargelegt.

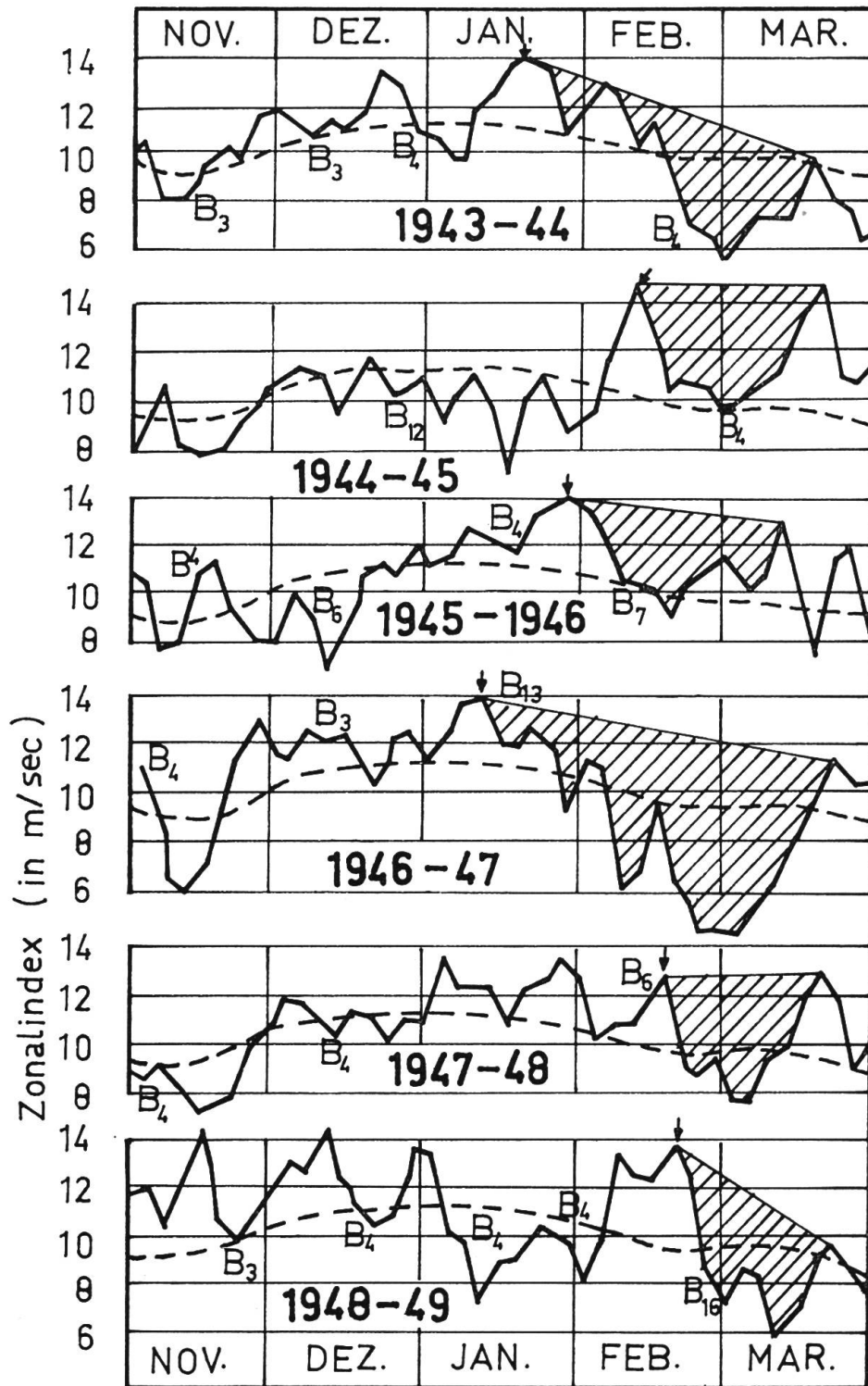


Abb. 5 High-Index-Typ (starke Westwindströmung mit hoher Zyklonenfrequenz) und Low-Index-Typ (Blockierung der Westwinddrift, meridionaler Luftmassentransport, Nachlassen der Zyklontätigkeit) in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge über dem atlantischen Sektor der Nordhalbkugel am Beispiel der Wintermonate 1943/1944 bis 1948/1949. Nach Namias (1950).

von 4,6 bis 5,0 m/sec vorhanden; jedoch machen alle Werte unter 5 m/sec insgesamt nur 10% aus und mit nur 1% sind jeweils Indexwerte von 3,1 bis 3,5 m/sec als die überhaupt niedrigsten vertreten. Damit ist aber der kleinste Wert noch dreimal grösser als der von Flohn (1950) für die Nordhalbkugel als Mittelwert errechnete. Negative Zonalindices, also Situationen, bei denen im Bodenwindfeld zwischen 35° und 55° die östlichen Komponenten überwiegen, wie das in der in Abb. 6 unter A verwerteten Lage vom 1. März 1947 auf der Nordhalbkugel z. B. der Fall ist, kommen auf der Südhalbkugel auch im Sommer nicht vor.

Damit ist aus den numerischen Unterlagen eindeutig bewiesen, dass auch im Sommer in der südhemisphärischen Westwinddrift in den Mittelbreiten um 50° keine Blockierungssituationen durch hochreichende warme Hochdruckgebiete in der Art wie auf der Nordhalbkugel eintreten. Unterbrechungen der Westwindzirkulation sind relativ seltene Ausnahmen, die jeweils nur über so begrenzten Bereichen auftreten können, dass sie im planetarischen Mittel nur eine gewisse Verminderung der zonalen Westwindgeschwindigkeit bewirken können. Van Loon (1956) hat unter Verwendung von Bodenluftdruck-Karten die blockähnlichen Zirkulationsbedingungen näher analysiert und kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Das Auftreten von «blockierenden» Hochdruckgebieten am Boden wenigstens 10° polwärts von der normalen Lage der subtropischen Antizyklone ist weitgehend beschränkt auf drei klar begrenzte Bereiche: Ostaustralien — Westpazifik (170—180° W), Südwestatlantik (40—60° W) und Indischen Ozean von 40—60° E.

2. Die häufigste Erhaltungsdauer dieser Hochdruckgebiete liegt zwischen sechs und zehn Tagen; je einmal in fünf Jahren betrug sie 15, 19 bzw. 26 Tage. Sie sind also wesentlich kurzlebiger als auf der Nordhalbkugel.

3. Während im Frühjahr mit 30% aller Tage ein relatives Maximum für Blocksituationen im Südwestpazifik und Südatlantik verzeichnet wird, fällt auf die Sommermonate Dezember bis Februar das Minimum der Häufigkeit mit unter 10% aller Tage.

Wenn unter dem bereits sehr grosszügig angesetzten Kriterium für Blocksituationen — 10° polwärts von der normalen Lage des Subtropenhochs entspricht einer Breite von ungefähr 45° S — für den Sommer trotzdem nur weniger als 10% aller Tage die Bedingung in eng begrenzten Gebieten erfüllen, so kommt darin ganz deutlich zum Ausdruck, dass die *zyklonale Westwinddrift in den in Frage stehenden hohen Mittelbreiten der Südhalbkugel während der Wachstumszeit der Pflanzen praktisch permanent fortbesteht. Es ist über den Festlandteilen keine Möglichkeit für Wetterberuhigung und grossräumige Ausbildung autochthoner Witterungsbedingungen gegeben.*

Damit ist die an die Interpretation der Geländebeobachtungen geknüpfte Frage so weit beantwortet, dass die Permanenz der allochthonen Klimaprägung in Ultima Esperanza aus den speziellen Eigenschaften der südhemisphärischen Westwindzirkulation für den Sommer nachgewiesen ist.

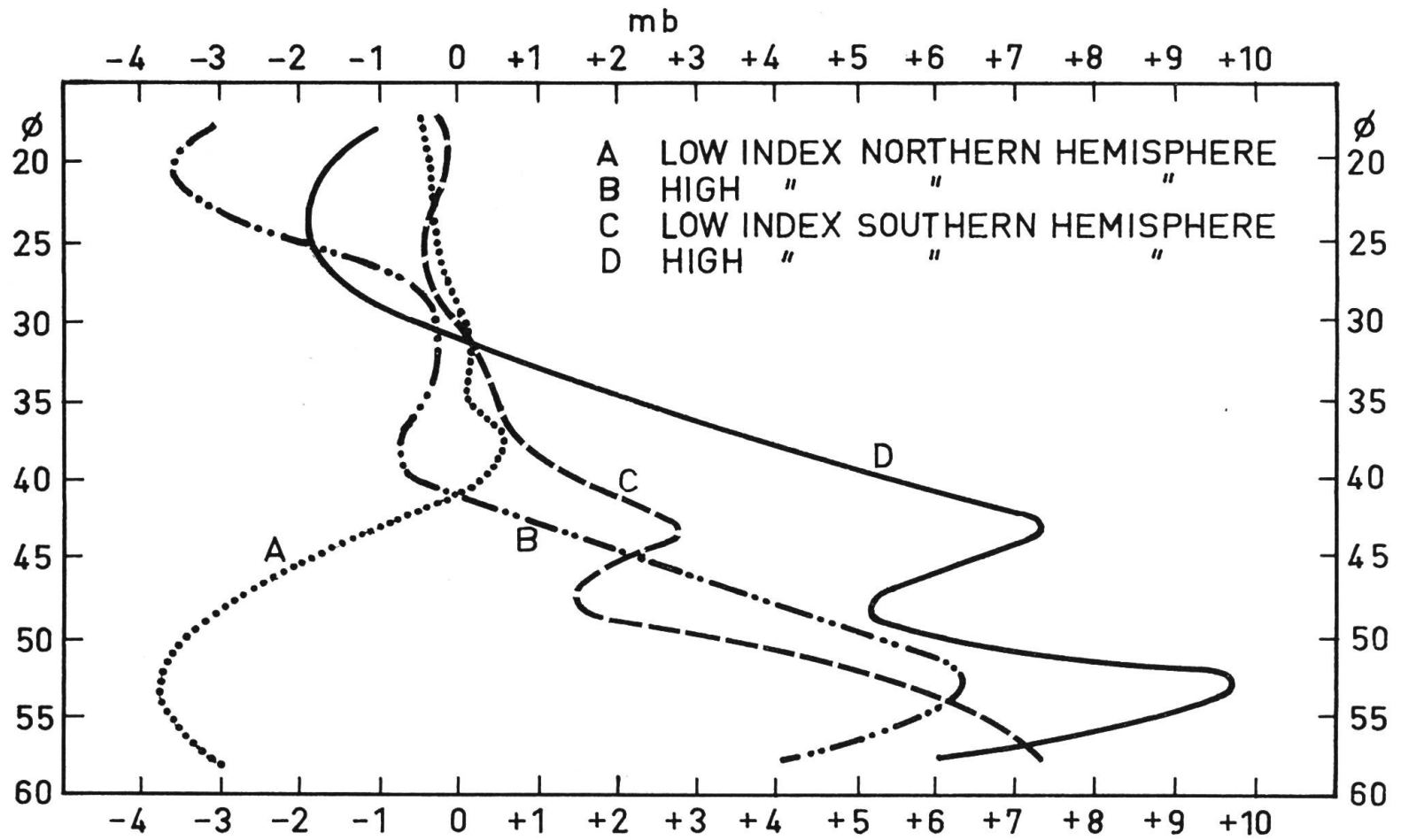


Abb. 6 Druckdifferenz für 5°-Breitenintervalle bei unterschiedlichen Index-Typen für die Süd- im Vergleich zur Nordhalbkugel. Auch beim Low-Index-Typ bleibt auf der Südhemisphäre polwärts 35° die durchgehende Westwinddrift erhalten. Nach Vowinckel (1955).

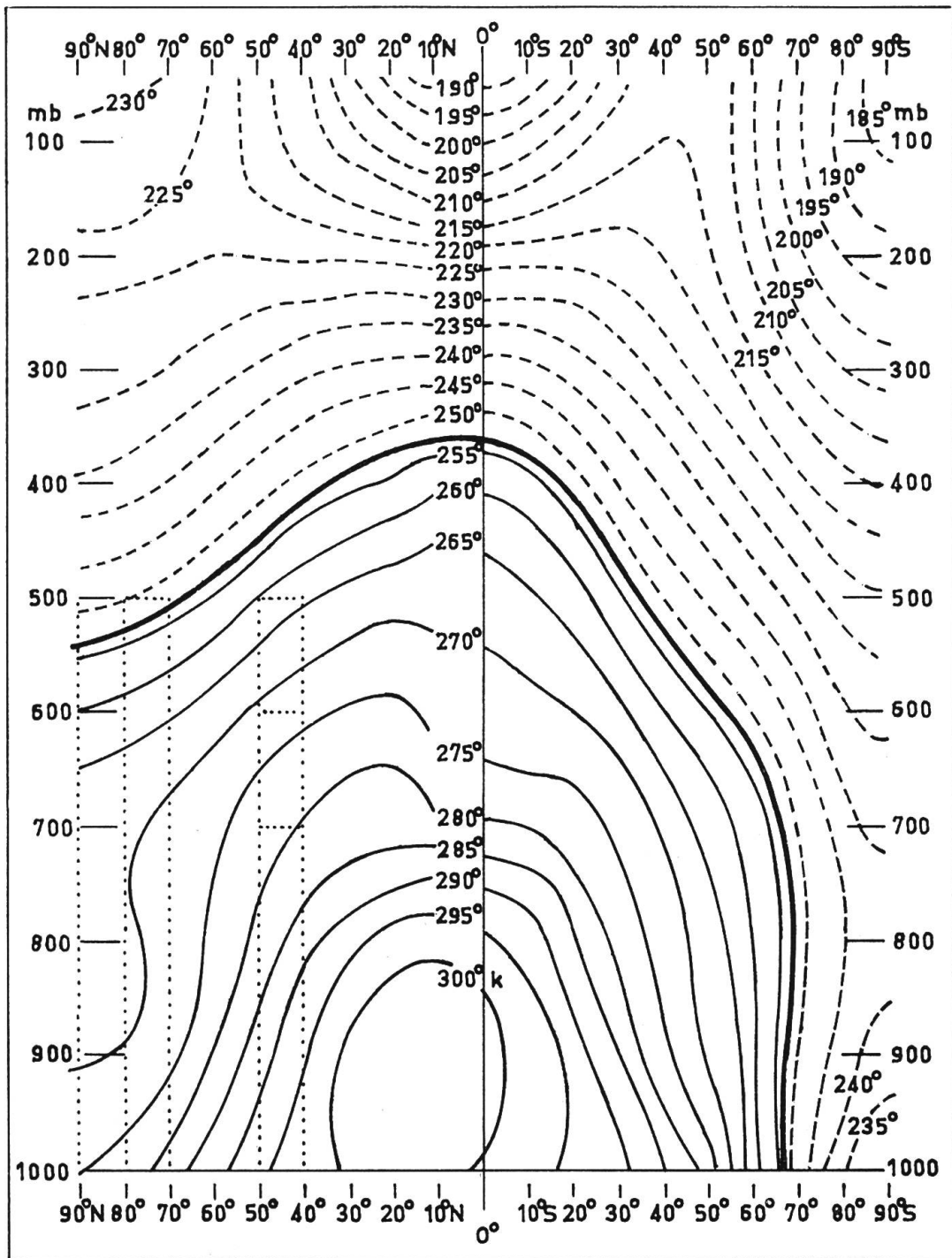


Abb.7 Mittlere Temperaturverteilung im Juli (in °Kelvin) im Meridionalschnitt (nach Burdecki, 1955).

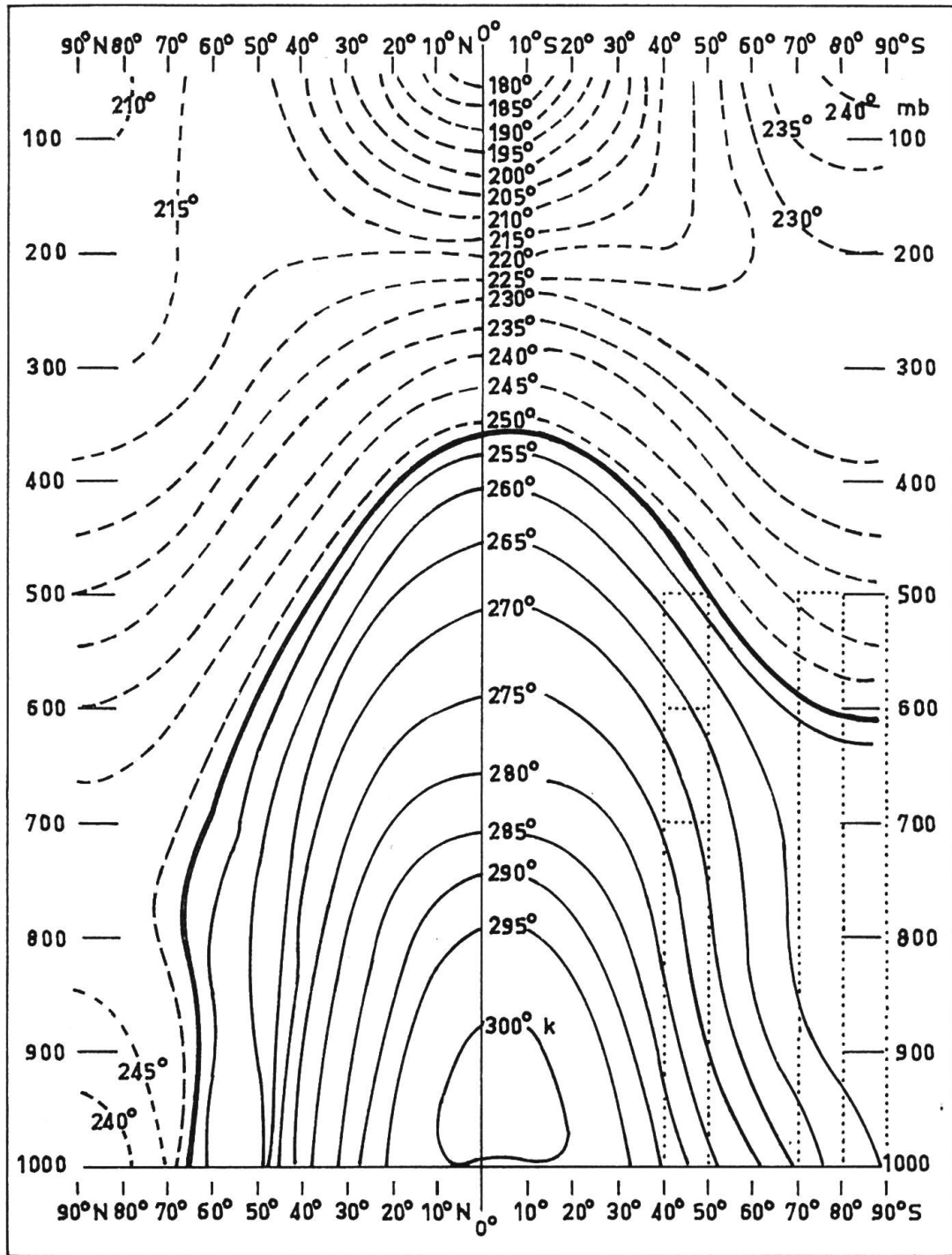


Abb. 8 Mittlere Temperaturverteilung im Januar (in °Kelvin) im Meridionalschnitt (nach Burdecki, 1955).

Mit diesen numerisch belegbaren Bedingungen sind nun alle jene synoptisch-klimatologischen Charakteristika verbunden, die für die südhemisphärische Westwindzone schon z. T. lange bekannt sind. Angeführt seien die hohe Zyklonenfrequenz sowie die damit zusammenhängenden Luftdruckwellen von knapp vier Tagen Dauer (Barkow, 1924), die hohe Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Depressionen im Winter wie im Sommer, auf die Meinardus (1928) besonders hingewiesen hat, die grossen mittleren Bodenwindgeschwindigkeiten und das relativ häufige Auftreten von Stürmen während des Hoch- und Nachsommers im Bereich der Magellanstrasse, welche sich aus den Auswertungen der Stationsbeobachtungen von Punta Arenas ergeben (Re 1945).

4 Ozeanischer und antarktischer Temperatureinfluss

Nach dem Beweis der Permanenz der allochthonen thermischen Beeinflussung der Festlandgebiete in den hohen Mittelbreiten der Südhemisphäre muss nun noch einmal die Frage gestellt werden, ob die tieferen Lufttemperaturen wirklich vorwiegend die Folge der geringen Landmassen oder hauptsächlich auf die Fernwirkung des antarktischen Kontinentes zurückzuführen sind. Während es sehr schwierig ist, die beiden Einflüsse genau auseinander zu halten, so lässt sich die folgende qualitative Abschätzung schnell überschauen. Aus Meridionalschnitten der mittleren Temperaturverteilung für den Sommer (siehe Abb. 7 und 8 nach Burdecki, 1955) ergibt sich in den unteren Schichten der Troposphäre ein isobarer Temperaturunterschied der Halbkugeln, der für die Polarzonen ($70-90^\circ$) $12-13^\circ \text{C}^3$, für die hohen Mittelbreiten aber nur $7-9^\circ \text{C}$ beträgt. Das thermische Defizit der Südhalbkugel verstärkt sich also im Sommer ganz deutlich polwärts.

Temperatur (in $^\circ \text{Kelvin}$) im Sommer (Januar bzw. Juli)

Niveau	in $40-50^\circ$ Breite				in $70-80^\circ$ Breite				in $80-90^\circ$ Breite			
	1000	700	600	500 mb	1000	700	600	500 mb	1000	700	600	500 mb
N-Halbkugel	297	277	272	260	282	269	262	250	278	266	260	248
S-Halbkugel	290	268	264	252	270	256	253	242	[263]	254	252	241
isobare Temperatur- Differenz	7	9	8	8	12	13	9	8	[15]	12	8	7

Der relative Temperaturunterschied zwischen der Kalotte polarer Kaltluft und der äquatorwärts anschliessenden Westwindzirkulation ist auf den Südhalbkugel um $4-5^\circ$ grösser als auf der Nordhemisphäre. Da dafür bei einer Wasserhalbkugel kein geophysikalischer Grund vorhanden ist, kann

³ Die Werte für 1000 mb sind für die zentrale Antarktis unsicher, da die starke Bodeninversion keine verlässliche Reduktion der in 2680 m NN beobachteten wahren Temperaturen auf den Meeresspiegel gestattet.

dies nur auf die Wirkung des ungünstigeren Wärmehaushaltes des antarktischen Eisschildes zurückgeführt werden. Die Luftmassen über diesem stehen aber im permanenten Wärmeaustausch mit den niederen Breiten, so dass einerseits die angegebenen Werte von 4—5 ° Minimalwerte der Auswirkung der antarktischen geographischen Bedingungen sind und andererseits von den 7—9 °, welche die südhemisphärischen Mittelbreiten kälter als die nordhemisphärischen sind, ein wesentlicher Teil auf die Fernwirkung der Antarktis zurückgeht.

Um sich ein richtiges modellmässiges Bild von der Situation zu machen, muss man noch berücksichtigen, dass im Sommer auf der Südhalbkugel die Luftkalotte mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt bis zu einer mittleren Breite von 64 °, d. h. bis auf acht Breitengrade an die Südspitze Südamerikas heranreicht. Und ausserdem hat die antarktische Kaltluft wegen der mittleren Höhe von 2000 m des Kontinentes eine erhebliche Lageenergie, wodurch sie mit den bekannten katabatischen Schwerewinden vom Kontinent herabdrängt. Damit hängt sicher auch die synoptische Erfahrung des South-African-Weather Bureaus zusammen, dass der Abfluss der polaren Kaltluft nicht, wie auf der Nordhalbkugel, in Form markanter Ausbrüche grossen Stils in gewissem zeitlichem Abstand vor sich geht, sondern sich mehr als permanentes radiales Ausfliessen vollzieht, wobei allerdings gewisse Sektoren ostwärts Neuseeland und im Südatlantik bevorzugt sind. Mit dem pulsierenden Ausbrechen der Polarluft in die Westwinddrift fällt auch einer der wesentlichen Gründe für die zeitweise Blockierung der Zonalzirkulation aus.

Zusammenfassung

Die Ungunst der sommerlichen thermischen Bedingungen auf den Festlandsteilen in den hohen Mittelbreiten der Südhalbkugel ist nur ganz zu verstehen als Konsequenz des Zusammenwirkens von:

1. geringem Anteil der Landmassen (ozeanischer Akzent)
2. thermischer Fernwirkung des antarktischen Kontinentes (antarktischer Akzent) und
3. Permanenz der zyklonalen Westwindzirkulation, die auch im Sommer nicht die für die Nordhalbkugel typischen Unterbrechungen durch Blockierungen erfährt und so keine Möglichkeit lässt für das Wirksamwerden autochthoner Strahlungstemperaturen über grösseren Gebieten des Festlandes.

LITERATUR

- Barkow, E.* (1924): Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der deutschen antarktischen Expedition 1911/12, Abh. Preuss. Meteorol. Inst. VII, 6
- Boffi, J. A.* (1949): Effect of the Andes Mountains on the general circulation over the southern part of South America. Bull. of Americ. Meteorol. Soc. 30. S. 242—247
- Borchert, J. R.* (1953): Regional Differences in the World Atmospheric Circulation. Annals of the Ass. of American Geograph. Vol. XLIII. S. 14—26

- Brezowsky, H., Flohn, H. and Hess, P.* (1951): Some Remarks on the Climatology of Blocking Action. *Tellus*. Vol. 3, Nr. 3. S. 191—194
- Britton, G. P. and Lamb, H. H.* (1956): A Study of the General Circulation of the Atmosphere over the far South. *Weather* 11. S. 281—291
- Burdecki, F.* (1955): A Study of Temperature Distributions in the Atmosphere. *Notos* Vol. 4. S. 192—203
- Defant, F.* (1958): Die allgemeine atmosphärische Zirkulation in neuerer Betrachtungsweise. *Geophysica* 6, Nr. 314. — *Meteorology*. — Helsinki. S. 189—217
- Flohn, H.* (1944): Die Intensität der zonalen Zirkulation in der freien Atmosphäre ausser-tropischer Breiten. *Gerlands Beitr. Geophys.* 60. S. 196—209
- Flohn, H.* (1950): Studien zur allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone* Nr. 18. Bad Kissingen
- Flohn, H.* (1950): Grundzüge der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation auf der Südhalbkugel. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie A: Meteorologie und Geophysik*, Bd. II. S. 17—64. Wien
- Flohn, H.* (1964): Grundfragen der Paläoklimatologie im Lichte einer theoretischen Klimatologie. *Geologische Rundschau*, Bd. 54, S. 504—515
- Gentilli, J.* (1949): Air Masses of the Southern Hemisphere. *Weather*, Vol. 4. S. 258—297
- Gentilli, J.* (1952): Climatology of the Central Pacific. *Seventh Pacific Science Congress*, Vol. III
- Gentilli, J.* (1958): *A Geography of Climat*. The University of Western Australia Press
- James, P. E.* (1939): Air masses and fronts in South America. *Geogr. Review* 29. S. 132—134
- Karelsky, S.* (1960): The Surface Circulation over the Southern Oceans, Southern Indian Ocean, Australasia and Southern Pacific Ocean regions during 1957 and 1958. *Australia, Bureau of Antarctic Meteorology*, Oxford. S. 293—309
- Lamb, H. H.* (1952): South Polar Atmospheric Circulation and the Nourishment of the Antarctic ice-cap. *Met. Magazine* 81. S. 33—42
- Lamb, H. H.* (1959): The Southern Westerlies: a preliminary survey; main characteristics and apparent associations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorol. Society*, London, 85. S. 1—23
- Loon, H. van* (1955): Mean Air-Temperature over the Southern Oceans. *Notos* Vol. 4. S. 292—294
- Loon, H. van* (1955): A Note on Meridional Atmospheric Cross Sections in the Southern Hemisphere. *Notos* Vol. 4. S. 127—129
- Loon, H. van* (1956): Blocking Action in the Southern Hemisphere. Part. I. *Notos* Vol. 5. S. 171—178
- Loon, H. van* (1961): Charts of average 500 mb absolute topography and sealevel pressure in the Southern Hemisphere in January, April, July and Octobre. *Notos* Vol. 10. S. 105—112
- Mecking, L.* (1928): Die Luftdruckverhältnisse und ihre klimatischen Folgen in der atlantisch-pazifischen Zone südlich von 30° S.Br. — *Deutsche Südpolarexpedition 1901 bis 1903*. III. Band, Meteorologie I. Band, II. Hälfte, 2. Teil. Berlin
- Meinardus, W.* (1928): Die Luftdruckverhältnisse und ihre Wandlungen südlich von 30° S.Br. — *Deutsche Südpolarexpedition 1901—1903*. III. Band, Meteorologie I. Band, II. Hälfte, 3. Teil. Berlin
- Meinardus, W.* (1929): Die Luftdruckverhältnisse und ihre Wandlungen südlich von 30° Breite. *Meteorol. Z.* S. 41—49, S. 86—96
- Meinardus, W.* (1940): Die interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur und verwandte Erscheinungen auf der südlichen Halbkugel. *Meteorol. Z.* S. 165—175, S. 219—233
- Namias, J.* (1950): The Index Cycle and its Role in the General Circulation. *Journal of Meteorology* Vol. 7. S. 130—139
- Pfeiffer, H.* (1958): Calculations of «Austausch»-coefficients for the Southern Hemisphere and remarks on the suitability of some circulation indices. *Notos* Vol. 7. S. 159—169
- Raethjen, P.* (1953): *Dynamik der Zyklonen*. Leipzig
- Re, J.* (1945): *El clima de Punta Arenas (21 años de observaciones meteorológicas)*. 1919

- bis 1940). Observatorio Meteorológico «Jose Fagnano», Punta Arenas, Magallanes (Chile)
- Reuter, F.* (1932): Die Witterungsverhältnisse auf der Kerguelenstation. Veröff. Geophys. Inst. Leipzig V. S. 211—329
- Rex, D. F.* (1950): Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. *Tellus* 2. S. 196—211, S. 275—301
- Rossby, C. G. and Willett, H. C.* (1948): The circulation of the upper troposphere and lower stratosphere. *Science* 108. S. 643—652
- Rossby, C. G.* (1939): Relations between variations in the intensity of the zonal circulation and the displacements of the semipermanent centers of action. *Journal of Marine Res.* 2. S. 38—55
- Rubin, M. J.* (1955): An Analysis of Pressure Anomalies in the Southern Hemisphere. *Notos* Vol. 4. S. 11—16
- Rubin, M. J. and Loon, H. van* (1954): Aspects of the circulation of the Southern Hemisphere. *Journal of Meteorology* 11. S. 68—76
- Smagorinsky, J.* (1963): General circulation experiments with the primitive equations: I. The basic experiment. *Monthly weather Rev.*, 91, S. 99—165
- Troll, C.* (1948): Der asymmetrische Vegetations- und Landschaftsaufbau der Nord- und Südhalbkugel. *Gött. Geogr. Abh.*, Heft 1. S. 11—27
- Troll, C.* (1955): Der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in den verschiedenen Klimagürteln der Erde. *Studium Generale*, Jg. 8. S. 113—133
- Troll, C.* (1957): Der Klima- und Vegetationsaufbau der Erde im Lichte neuer Forschungen. *Jahrbuch 1956 der Akad. d. Wiss. u. d. Literatur, Mainz*, 1957. S. 216—229
- Troll, C. und Paffen, K. H.* (1964): Karte der Jahreszeitenklimate. *Erdkunde* 18. S. 5—28
- Vowinckel, E.* (1953): Zyklonenbahnen und zyklogenetische Gebiete auf der Südhalbkugel. *Notos* Vol. 2. S. 28—36
- Vowinckel, E.* (1955): Southern Hemisphere Weather Map Analysis: Five-Year Mean Pressures. *Notos* Vol. 4. S. 17—26
- Vowinckel, E.* (1955): Southern Hemisphere Weather Map Analysis: Five-Year Mean Pressures (Part II). *Notos* Vol. 4. S. 204—216
- Vowinckel, E.* (1956): Das Klima des antarktischen Ozeans. I. Nord-Süd-Schnitt zwischen 20 und 40° E. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie* Band 7. S. 316—341
- Vowinckel, E.* (1956): Das Klima des antarktischen Ozeans. II. West-Ost-Schnitt zwischen 50° W und 150° E. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie* Band 7. S. 342—369
- Vowinckel, E. und Loon, H. van* (1958): Das Klima des antarktischen Ozeans. III. Die Verteilung der Klimaelemente und ihr Zusammenhang mit der allgemeinen Zirkulation. *Arch. f. Met. Geoph. Bioklim.* Bd. 8. S. 75—102

THE INCLEMENCY OF THE THERMAL CONDITIONS OF THE HIGH MIDDLE-LATITUDES IN THE SOUTHERN HEMISPHERE DURING THE SUMMER PERIOD, RESULT OF NEW DYNAMIC-CLIMATOLOGICAL INVESTIGATIONS (*Summary*)

The inclemency of the thermal conditions in summer on the continental parts of the high middle-latitudes of the Southern Hemisphere can only be comprehended as a consequence of the following corresponding facts:

1. the small percentage of land masses as compared with those covered by water (oceanic influence),
2. the thermal long-distance effect caused by the Antarctic Continent (antarctic influence), and
3. the permanent west-wind circulation which is — even in summer — only seldom interrupted by blocking-action, the occurrence of which is so typical for the Northern Hemisphere. On the Southern Hemisphere, therefore, no opportunity is left for the autochthonal radiation-temperature to become efficacious over larger parts of the continent.

