

- gen und Karten. Überlegungen zu den Vorträgen der Jahresversammlung der SGmG 1982. In: *Materialien z. Physiogeographie*, H. 5, Basel 1983, S. 5–13.
- LESER, H. u. G. STÄBLEIN (Hrsg.): *Geomorphologische Kartierung, Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25000*. 2. veränderte Auflage. *Berliner Geogr. Arb., Sonderheft*, Berlin 1975.
- : *Legende der Geomorphologischen Karte 1:25000 (GMK 25) – 3. Fassung im GMK-Schwerpunktprogramm –*. In: *Berliner Geogr. Abh.*, H. 31, 1980, S. 91–100.
- MÄUSBACHER, R.: *Geomorphologische Kartierung im Oobloyah-Tal, N-Ellesmere Island, N.W.T., Canada*. In: *Heidelberger Geogr. Arb.*, H. 69, Heidelberg 1981, S. 413–440.
- : *Die geomorphologische Detailkarte der Bundesrepublik Deutschland (GMK 25) – ein nutzbarer Informationsträger auch für Nicht-Geomorphologen*. In: *Materialien z. Physiogeographie*, H. 5, Basel 1983, S. 15–28.
- OEGGERLI, H.: *Kartierungsprobleme der geomorphographischen und aktualgeomorphodynamischen Verhältnisse des Blattes Mössingen (TK 25 7520) und ihre Beziehungen zur Geomorphogenese des Gebietes*. Diplomarbeit, Forschungsgruppe Physiogeographie und Geoökologie, Geographisches Institut, Universität Basel. Basel 1980.
- PASSARGE, S.: *Morphologischer Atlas. Lieferung I: Morphologie des Meßtischblattes Stadtreuda*. *Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg*, Bd. 28, Hamburg 1914.
- SALOMÉ, A. I., H. J. VAN DORSSER a. P. L. RIEFF: *A comparison of geomorphological mapping systems*. In: *ITC-Journal* 1982, S. 272–274.
- SCHMIDT, M.: *Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25000*. Erläuterungen zu Blatt 7520 Mössingen. Stuttgart 1967. Unveränderte Ausgabe der 1. Auflage von 1933.
- SEMMEI, A.: *Die geomorphologische Karte als Hilfe bei der geologischen Landesaufnahme*. In: *Berliner Geogr. Abh.*, H. 31, 1980, S. 67–73.
- : *Landschaftsnutzung unter geowissenschaftlichen Aspekten in Mitteleuropa*. *Frankfurter geowiss. Arb., Serie D*, Bd. 2, Frankfurt a. M. 1981.
- STÄBLEIN, G. (Hrsg.): *Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I*. *Berliner Geogr. Abh.*, H. 30, Berlin 1978.
- : *Die Konzeption der Geomorphologischen Karten GMK 25 und GMK 100 im DFG-Schwerpunktprogramm*. In: *Berliner Geogr. Abh.*, H. 31, 1980, S. 13–30.
- TRICART, J.: *Normes pour l'établissement de la carte géomorphologique détaillée de la France: classification codée, critères d'identification et légende pratique (1/20000, 1/25000, 1/50000)*. In: *Mém. et doc.* 12, 1972, s. 37–105.
- VAN DORSSER, H. J. a. A. I. SALOMÉ: *Different methods of detailed geomorphological mapping*. In: *Geografisch Tijdschrift* 7, 1973, S. 71–74.
- : *Two methods of detailed geomorphological mapping (with colored example)*. In: *Geografisch Tijdschrift* 8, 1974, S. 467–468.
- VANMAERCKE-GOTTIGNY, M. C.: *De geomorfologische kaart van het Zwalmbekken*. *Verh. Koninklijke Vlaamse Acad., Klasse der wetenschappen* 29, 1967, Nr. 99, Brüssel 1967.
- WERNER, R.: *Geomorphologische Kartierung 1:25000, erläutert am Beispiel des Blattes 5816 Königstein im Taunus*. *Rhein-Main. Forsch.*, H. 86, Frankfurt a. M. 1977.

ZUR WITTERUNGSKLIMATOLOGIE DER WINTERREGEN-SUBTROPEN CHILES

Mit 11 Abbildungen und 4 Tabellen

WILFRIED ENDLICHER

Summary: On weather types in the summer-dry subtropics of Chile

The dominant weather types of the summer-dry subtropics of Chile are shown by means of satellite-IR-imagery and surface weather charts. Their genesis is explained as an interaction of the pacific high, the polar front cyclones, the continental low and their specific air masses. Examples are given to show the consequences in Central Chile, especially in the coastal range east of Concepción.

Das „Mittelmeer-Klima“ bildet aus europäischer Sicht den Prototyp des Winterregen-Subtropen-Klimas. Der Begriff des „Mediterran-Klimas“ wird deswegen auch häufig im übertragenen Sinne für die Winterregen-Subtropen der anderen Kontinente verwendet. Diese Betrachtungsweise übersieht, daß die Winterregen-Subtropen in der Ausnahmesituation des europäischen Mittelmeeres mit ca. 4000 km

ihre größte West-Ost-Erstreckung erreichen. Dort ist eine spezielle Binnenmeervariante des Winterregen-Subtropen-Klimas ausgebildet, während z. B. in Chile eine knapp 200 km breite Küstenvariante vorliegt. Dieser Aufsatz soll zur besseren Kenntnis des Witterungsablaufs in dieser Kernzone Chiles beitragen.

Die Winterregen-Subtropen Chiles erstrecken sich mit ihren hygrischen Abstufungen zwischen 29° S (Rio Huasco) und 38° S (Rio Imperial) und umfassen das „Flußoasen Chile“ des Kleinen Nordens sowie die Zentralzone (vgl. VAN HUSEN 1967, WEISCHET 1970). Eine Untergliederung der Witterungstypen dieses Raumes erweist sich im Vergleich zu Südeuropa als weniger kompliziert, da praktisch nur 3 verschiedene Luftmassen und Druckgebilde beteiligt sind. Im Nordwest-Sektor ist dies zum einen das stabile Subtrophenhoch über dem Pazifik als Quelle tropisch-maritimer Luftmassen.

Mit diesen werden die polar-maritimen Luftmassen aus dem Südwest-Sektor in den Polarfrontzyklonen verwirbelt. Und schließlich greift noch von Nordnordost eine Zunge des kontinentalen Hitzetiefs mit tropisch-kontinentalen, trockenen Luftmassen auf Chile über. Das Zusammenwirken dieser Druckgebilde ist besonders während der großzirkulatorischen Umstellung im Sommer-Winter-Übergang interessant, wenn auch das Fehlen von routinemäßig erstellten Höhenwetterkarten noch viele Fragen offen läßt. Mit Thermalbildern des geostationären Wettersatelliten GOES-East und Bodenwetterkarten können aber im folgenden die vier wichtigsten Witterungstypen exemplarisch vorgestellt und ihre Auswirkungen im südlichen Zentralchile beschrieben werden.

1. Die sommerlichen Schönwetterperioden unter der Dominanz des Pazifikhochs

Für den südhemisphärischen Subtropensommer ist in Zentralchile eine Trockenperiode zwischen November und März charakteristisch (LAUER 1960), in der nur selten und wenn, dann unergiebig Niederschläge fallen. Verbunden damit sind hohe Einstrahlungswerte und ausgeprägte Lokalwindssysteme. Dieser heitere Subtropensommer ist auf die Dominanz des semipermanentes Subtropenhochs über dem Südostpazifik zurückzuführen. Seine Stabilität ist aufgrund des unterlagernden Kaltwasserkörpers wesentlich größer als die des Azorenhochs auf der Nordhemisphäre. Seine Isobaren verlaufen auffallend küstenparallel (LYDOLPH 1957, TREWARTHA 1961). Aufgrund der Randlage im Bezug zum Hochdruckkern herrschen jedoch insbesondere in der breiten Längssenke von Zentralchile häufig frische Südwinde (*Surazo*) vor. Die geneigten Windschutzstreifen aus Pappeln und Platanen zeugen deutlich davon (Abb. 4 u. Bild 4 in WEISCHET 1959). Eine wichtige Differenzierung an derartigen Hochsommertagen zwischen der Küstenregion einerseits und der zentralen Längssenke jenseits des Küstenberglands andererseits bildet dabei der Temperaturgegensatz. So überschreiten die absoluten Lufttemperaturmaxima an der Küste in Concepción trotz einer Breitenlage wie Palermo oder Athen nur an wenigen Sommertagen 30°C, in manchen Jahren wird dieser Wert nicht einmal erreicht. Dies ist auf die durch das kalte Auftriebswasser des Humboldtstromes, dessen Südgrenze etwa bei 38°S angesetzt wird (SCHOTT 1931), verstärkte thermisch ausgleichende Wirkung des Pazifiks zurückzuführen. Die Seewinde der einstrahlungsbedingt kräftigen Lokalzirkulation bewirken eine Advektion kühler Luftmassen bis ins Küstenbergland. Zusammen mit der subtropisch intensiven Einstrahlung bei hohem Sonnenstand resultiert daraus an der Küste bioklimatisch ein in dieser Breitenlage ungewöhnlicher Gegensatz zwischen besonnten und beschatteten Arealen: Den Pull-over, den man gerade in der Sonne ausgezogen hat, kann man im Schatten auch im Sommer gar nicht schnell genug wieder anziehen. Jenseits des Küstenberglandes in der zentralchilenischen Längssenke liegen die Lufttemperaturmaxima dagegen regelmäßig über 30°C.

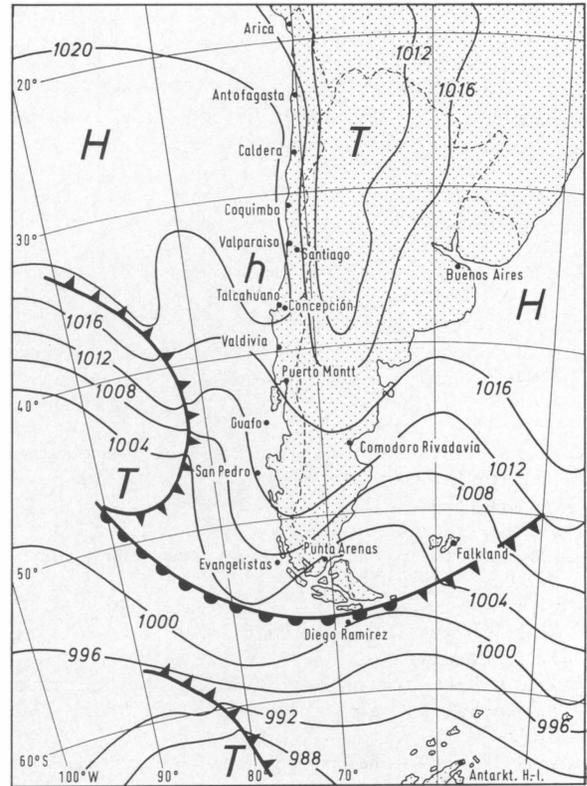


Abb. 1: Bodenwetterkarte vom 23. 4. 1982, 12,00 GMT
Quelle: Estación Meteorológica Bellavista, Concepción
Surface weather map from 23. 4. 1982, 12⁰⁰ GMT

Die Fallstudie des 23. April 1982 zeigt eine derartige Wetterlage aus dem Spätsommer. Nach CAVIEDES und AGUILA (1969) stellt der „ultimo verano“ in der letzten Aprilwoche eine Singularität dar. Auf der *Bodenwetterkarte* (Abb. 1) beherrscht noch das Pazifikhoch mit einem Kerndruck von >1020 mb bis auf die Höhe von Concepción die Druckverteilung. Im Vergleich zu seiner maximalen polwärtsigen Verlagerung im Hochsommer, wo der Hochdruckkern auf dem Pazifik etwa bei 33° und der auf Chile übergreifende Hochdruckrücken etwa bei 42°S (Puerto Montt) zu liegen kommen, entspricht die Lage des Pazifikhochs aber schon nahezu der Wintersituation. Das thermische Tief über NW-Argentinien, das sog. Chaco-Tief als südlichster Ausläufer des tropischen Zirkulationssystems, greift nicht auf Chile über. Die Polarfront verläuft über den Großen Süden, wobei die weite Scharung der Isobaren einen verhältnismäßig schwachen Druckgradienten anzeigt. Die Polarfrontzyklone mit Kern bei 47°S, 90°W besitzt eine weitausgreifende Kaltfront, die im weiteren Verlauf aber nicht in Zentralchile wetterwirksam wurde.

Das *Infrarot-Satellitenbild* (Abb. 2) verdeutlicht, daß die hohe (= weiße) Schichtbewölkung nur bis in den Kleinen Süden Chiles reicht. Mittelchile sowie der Kleine und Große Norden haben Strahlungswetter. Die tiefliegende (= dunkel-

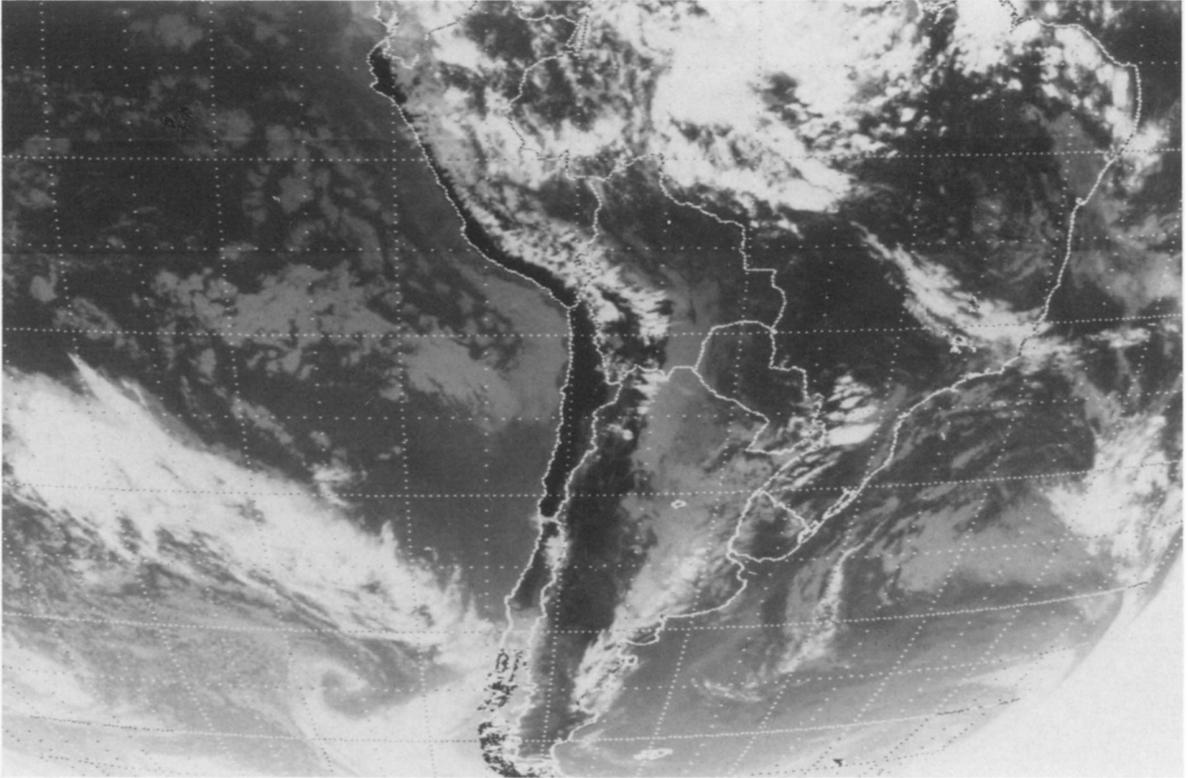


Abb. 2: GOES-E-Satellitenbild vom 23. 4. 1982, 19.31 GMT, IR-Kanal

Quelle: NOAA, Washington

GOES-E satellite picture from 23. 4. 1982, 19³¹ GMT

graue) Stratusbewölkung vor der Küste des Großen Nordens und Südperus ist als „Camanchaca“ bekannt und an das kalte Auftriebswasser gebunden. Die tropische Konvektionsbewölkung über der Andenkordillere bleibt auf den Altiplanorand beschränkt. Die mittelhohen Schichtwolken über weiten Teilen Argentiniens können unter dem Einfluß des atlantischen Subtropenhochs nicht ausregnen, während dies von der hochreichenden Frontalbewölkung des riesigen Tiefdruckwirbels vor der Küste des Großen Südens von Chile erwartet werden kann. Über die *meteorologischen Daten* dieses Spätsommertages an der Küste (Punta Tumbes), am Fuß des Küstenberglandes (Concepción) und in der Längssenke (Chillán) des südlichen Zentralchiles informiert Tab. 1. Auffallend sind besonders die Unterschiede in der Windgeschwindigkeit und den Extremwerten der Temperatur zwischen Küste und Landesinnern.

Die Abb. 3 zeigt schließlich zwei *Radiosondenprofile*, die bei einer derartigen Witterung aufgenommen wurden. Hualpen hat als Küstenstation am Morgen höhere und am Abend niedrigere Werte als das in der Längssenke gelegene Pinto; es ist klar zu erkennen, daß die am Morgen in Hualpen noch durch eine Stratusdecke stabilisierte Inversion sich auch tagsüber im Gegensatz zu Pinto nicht auflöst und eine kräftigere Temperaturamplitude verhindert wird. Dies führt dazu, daß an vielen Hochsommertagen auf der

maritimen Westabdachung der Küstenkordillere gantztägig niedrigere Lufttemperaturen und höhere Luftfeuchtwerte verzeichnet werden als auf der kontinentaleren Ostabdachung. Für die Vegetation liegen somit auf der „grünen“ Westabdachung günstigere Sommerbedingungen vor. Die

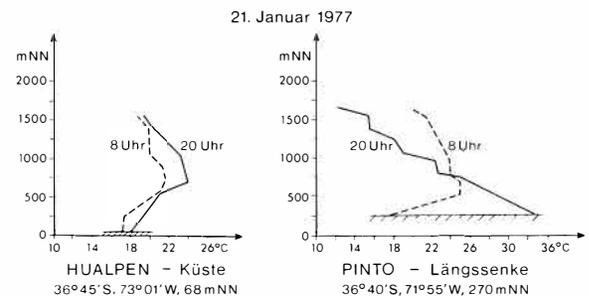


Abb. 3: Morgendliche und abendliche Radiosondenaufstiege am 21. 1. 1977 im Vergleich der Küstenstation Hualpen und der Längssenke bei Pinto

Quelle: SAAVEDRA u. HERNANDEZ 1977, S. 48

Morning and evening radio-sonde ascent on 21. 1. 1977 by comparison with the coastal station at Hualpen and the linear depression near Pinto

Tabelle 1: Spätsommerliches Strahlungswetter am 23. April 1982: Meteorologische Daten von der Küste (Punta Tumbes), dem Fuß des Küstenberglandes (Concepción) und der Längssenke (Chillán) im Vergleich

Quelle: Universidad de Concepción und Base Naval Talcahuano

Late-summer radiation weather, April 23rd, 1982: meteorological data from the coast (Punta Tumbes), the foot of the coastal uplands (Concepción) and the linear depression (Chillán) compared

	Punta Tumbes	Concepción-Bellavista	Chillán
23. 4. 1982	36° 37' S, 73° 06' W 120 m NN	36° 47' S, 73° 02' W 15 m NN	36° 34' S, 72° 06' W 122 m NN
Bedeckungsgrad [in Achtel]	¾	¼	–
T _{max} [°C]	+16,6	+18,6	+20,6
T _{min} [°C]	+12,4	+12,0	+10,6
mittlere Windrichtung	N	N	S
mittlere Windschwindigkeit [m/sec]	6	4	1
Verdunstung [mm]	–	3,2	2,75

wenigen degradierten Übergangswälder haben dort auch einen stärkeren mesomorphen Akzent, ähneln mehr dem Valdivianischen Regenwald. Auf der Ostabdachung dominiert hingegen *Matorral* mit *Acacia caven*.

2. Die sommerlichen Hochnebellagen als Konsequenz des Küstentiefs

Der sommerliche Hochdruckeinfluß herrscht jedoch nicht ununterbrochen vor; denn neben dem Pazifikhoch bestimmt auch noch ein kontinentales Tiefdruckgebiet die Sommerwitterung Zentralchiles mit. Dabei handelt es sich um einen flachen Ausläufer vom Chacotief, der sich oft zwischen 30°S (La Serena) und 33°S (Valparaiso) über Chile abschnürt, sich um 2–4 mb vertieft und maximal bis 37°S verlagert. Es bleibt dabei auf den Kontinent beschränkt, da der maritime Kaltwasserkörper eine Ausdehnung nach Westen unterbindet. Zwar kann dieses Bodentief aufgrund seiner Überlagerung in der Höhe durch das Subtropenhoch und dessen trockener Warmluft allerhöchstens Nieselregen verursachen; jedoch drängt es den kontinentalen Hochdruckrücken des Pazifikhochs bis auf 42°S ab, was dann zu episodischer Sommertrockenheit im Kleinen Süden Chiles führt. Von großer Bedeutung ist aber, daß der sommerliche Küstennebel der Zentralzone in strenger Relation zu diesem Hitzetief steht. Die vom Pazifik in das Tief einfließenden, kühlfeuchten Meeresluftmassen kondensieren bereits in geringer Höhe zwischen 100 und 1000 m ü. G. aus. So kann man bei einer entsprechenden Wetterlage das landeinwärtige Vorrücken einer Stratusdecke ganz unabhängig von der Lokalzirkulation in Concepción gut beobachten. Der Hochnebel reicht dabei manchmal nur ca. 20 km landeinwärts, d. h. bis an das Küstenbergland heran, aber nicht über dieses hinweg. Die Küstenkordillere bildet dann eine Watterscheide. Häufig liegt aber ganz Zentralchile für einige Tage unter dieser tiefliegenden Inversion. Dies führt besonders im Becken von Santiago zu extremer Schadstoffanreicherung in den untersten Atmosphärenschichten. Der Entstehungsmechanismus dieses Küstentiefs ist noch weitgehend ungeklärt. Bisher wurde es als „baja termica“, als Hitzetief, gedeutet. Bei ähnlichen Druckgebilden über Südafrika wurde aber auch ein dynamischer Faktor festgestellt (GILL 1977). In Analogie hierzu müßten eine Ostströmung an der Nordflanke des atlantischen Subtropenhochs beim Überqueren der Andenkette eine nach Süden ausgreifende Welle bilden und die kalten Auftriebswasser des Humboldtstromes ihre westwärtige Verlagerung verhindern. Zwischen Pazifik und Anden gefangen, würde sich die Welle zum flachen Wirbel vertiefen (vgl. auch RUTTLANT 1981).

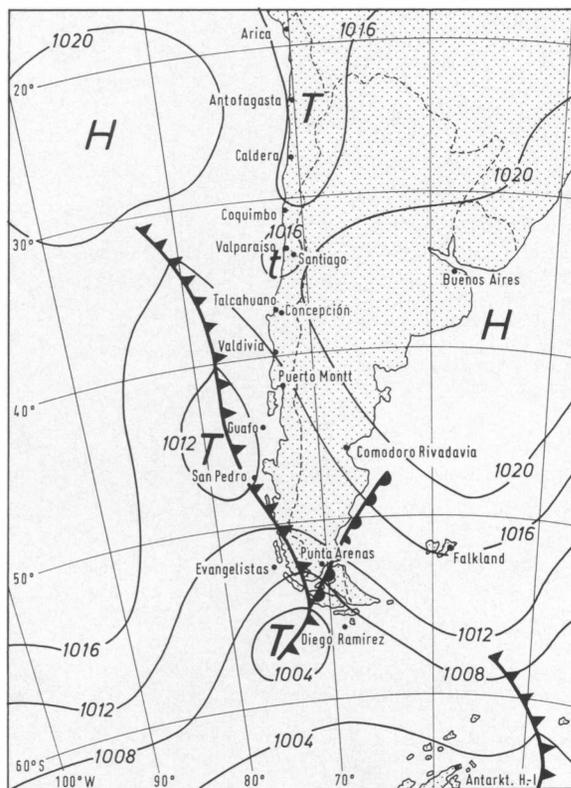


Abb. 4: Bodenwetterkarte vom 2. 5. 1982, 18.00 GMT
Quelle: Estación Meteorológica Bellavista, Concepción
Surface weather map from 2. 5. 1982, 18⁰⁰ GMT

tige Vorrücken einer Stratusdecke ganz unabhängig von der Lokalzirkulation in Concepción gut beobachten. Der Hochnebel reicht dabei manchmal nur ca. 20 km landeinwärts, d. h. bis an das Küstenbergland heran, aber nicht über dieses hinweg. Die Küstenkordillere bildet dann eine Watterscheide. Häufig liegt aber ganz Zentralchile für einige Tage unter dieser tiefliegenden Inversion. Dies führt besonders im Becken von Santiago zu extremer Schadstoffanreicherung in den untersten Atmosphärenschichten. Der Entstehungsmechanismus dieses Küstentiefs ist noch weitgehend ungeklärt. Bisher wurde es als „baja termica“, als Hitzetief, gedeutet. Bei ähnlichen Druckgebilden über Südafrika wurde aber auch ein dynamischer Faktor festgestellt (GILL 1977). In Analogie hierzu müßten eine Ostströmung an der Nordflanke des atlantischen Subtropenhochs beim Überqueren der Andenkette eine nach Süden ausgreifende Welle bilden und die kalten Auftriebswasser des Humboldtstromes ihre westwärtige Verlagerung verhindern. Zwischen Pazifik und Anden gefangen, würde sich die Welle zum flachen Wirbel vertiefen (vgl. auch RUTTLANT 1981).

Die Bodenwetterkarte vom 2. Mai 1982 (Abb. 4) zeigt das letzte Küstentief der ausklingenden sommerlichen Wetterlage mit Kern bei 33°S (Valparaiso). Es bildete sich durch Abschnürung aus dem zwischen den beiden kräftigen Sub-

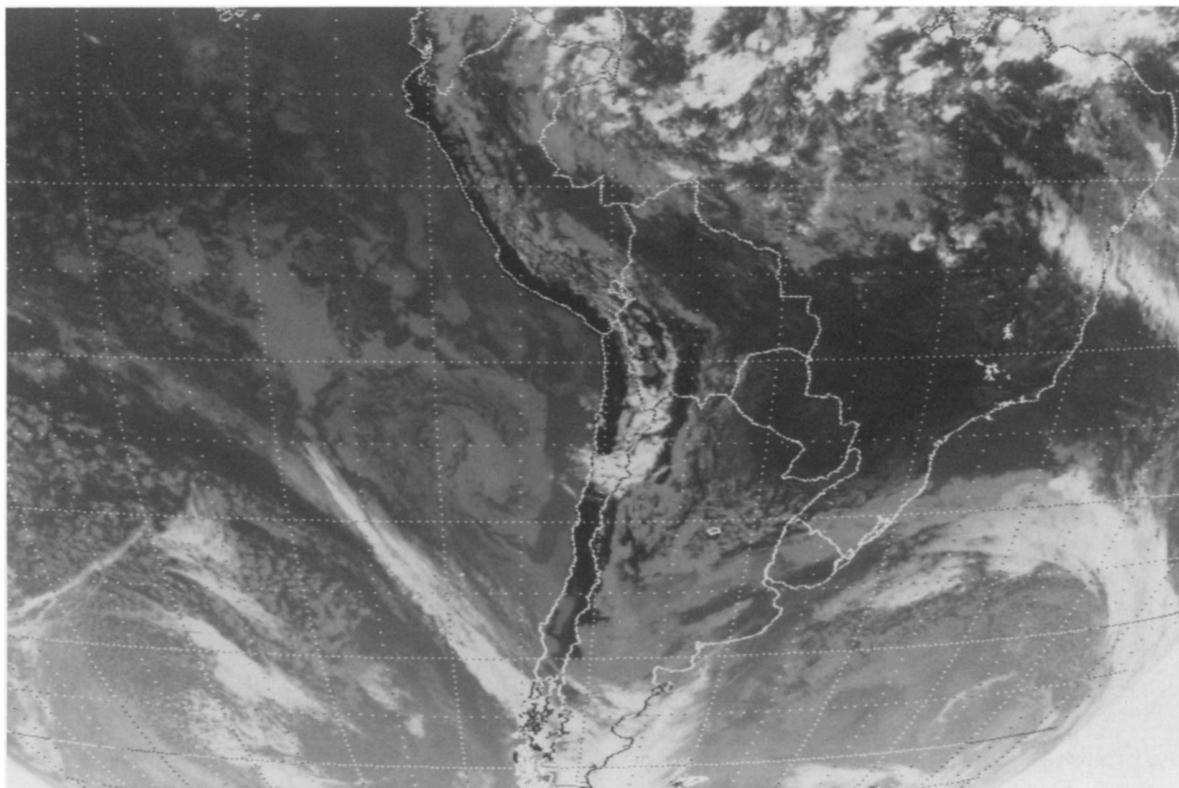


Abb. 5: GOES-E-Satellitenbild vom 2. 5. 1982, 18.00 GMT, IR-Kanal

Quelle: NOAA, Washington

GOES-E satellite picture from 2. 5. 1982, 18⁰⁰ GMT

tropenhochs eingelagerten Tiefdrucktrog. Das Pazifikhoch hat mit seinem Kern bei 24°S bereits eine bemerkenswert äquatorwärtige Lage eingenommen, jedoch ist der Druckgradient zur polaren Tiefdruckrinne, repräsentiert durch die Zyklone südwestlich von Feuerland, noch gering. Ein kräftiges Hochdruckgebiet über Argentinien als weitere Voraussetzung für die Genese eines chilenischen Küstentiefs ist ebenfalls vorhanden. Auf dem Satellitenbild (Abb. 5) ist zu erkennen, daß es sich um ein postfrontal gebildetes, „kaltes“ Hochdruckgebiet handelt. Hierfür spricht die charakteristische Schauerbewölkung mit ihrer Tupfenform. Der chilenischen Küste ist zwischen 30° und 40°S ein geschlossenes Schichtwolkenfeld vorgelagert. Nach seiner verhältnismäßig hohen Temperatur kann es sich nur um Wolken des unteren Stockwerkes, somit Stratus handeln. Diese Wolken – genetisch mit dem in der Bodenwetterkarte eingezeichneten Küstentief verknüpft – sind östlich von Concepción bis in die Längssenke vorgedrungen. In Tab. 2 sind die synoptischen Daten des 2. Mai 1982 aufgeführt.

Die Konsequenzen des spätsommerlichen Küstentiefs sind erheblich: Die Stratusdecke schützt gerade im einstrahlungsintensiven Sommerhalbjahr an vielen Tagen die Vegetation des Küstenberglandes insbesondere auf dessen Westabdachung vor übermäßiger Verdunstung. Bei aufliegenden

Wolken können sogar Wassertröpfchen ausgefiltert werden. Neben diesem m.E. positiv einzustufenden Effekt trübt das Auftreten der sich meist nur zögernd auflösenden Stratusdecke freilich auch die Freizeitaktivitäten an den Stränden ausgerechnet in der Hauptferienzeit. Die Luftverschmutzung im Ballungszentrum der Hauptstadt, topographisch

Tabelle 2: Trübes Küstentiefwetter am 2. Mai 1982

Quelle: siehe Tab. 1

Overcast, low pressure weather on May 2nd, 1982

2. 5. 1982	Punta Tumbes	Concepción-Bellavista	Chillán
Bedeckungsgrad	%	%	–
T _{max}	+17,2	+17,8	+15,1
T _{min}	+13,6	+13,6	+8,8
mittlere Windrichtung	NW	N	W
mittlere Windgeschwindigkeit	1	1	1
Verdunstung	–	0,5	0,56

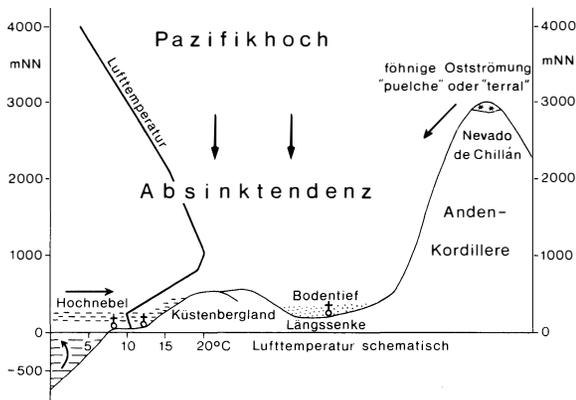


Abb. 6: Schematische Darstellung der Strömungsverhältnisse während eines Küstentiefs im südlichen Zentralchile
Schematic presentation of two flow conditions during a coastal depression in southern Central Chile

verstärkt durch die Beckenlage, erreicht außergewöhnlich hohe Werte. Die Niederschlagsergiebigkeit hingegen bleibt bedeutungslos. In Abb. 6 ist die synoptische Situation abschließend noch schematisch zusammengestellt. Sie zeigt, daß mit dem Bodentief genetisch föhnige Ostwinde (*puelche, terral*) verbunden sein müssen. Nach Überquerung der Kordillere trägt ihre Trockenheit zur extremen Stabilität der atmosphärischen Schichtung bei.

3. Die Winterregen beim Durchzug der Frontalzyklonen

Mit den Durchgängen der ersten Kaltfronten von Polarfrontzyklonen beginnt ein abrupter Einschnitt im Witterungsgeschehen. Wie schon bei der Besprechung der Wetterkarte vom 2. 5. 1982 angeführt, liegt das pazifische Subtropenhoch mit seinem Kern im Winter bei etwa 27° S. Damit nimmt auch der die Witterung im Sommer so wesentlich mitbestimmende Hochdruckrücken an seiner Südostecke eine wesentlich äquatorwärtige Lage ein und gibt damit den Weg für die ektrischen Tiefdruckgebiete frei. Charakteristischerweise erfolgt der Rückzug des Hochdruckrückens innerhalb kürzester Zeit, meist in der zweiten Aprilhälfte, spätestens Anfang Mai. Die damit einhergehende rasche Luftdruckerniedrigung wird dabei selbst noch im steilen Abfall der Monatsmittelwerte der absoluten Topographie 300 mb deutlich (Abb. 7). Die Mittelstellung der April- und Mai-Werte erklärt sich durch die Tatsache, daß beide Monate noch teilweise von spätsommerlichen Hochdruck- oder bereits von frühwinterlichen Tiefdrucklagen beherrscht werden können. Der Luftdruckanstieg ab Ende August dagegen vollzieht sich wesentlich langsamer, d. h. die Dominanz des Subtropenhochs wird noch bis in den November hinein immer wieder durch schwächere zyklonale Aktivität unterbrochen. Sprichwörtlich sind dabei die Stürme um den 30. August (*temporales de Santa Rosa*) und die „vögeltötenden“ Niederschläge Ende September (*lluvias*

mata-pajaritos). Bei antizyklonaler Dominanz führt der kräftige Temperaturgegensatz zwischen Land und Wasser aber zu heftigen Frühjahrssüdwinden (*surazos*). Diese Witterungscharakteristika ergeben zusammengenommen einen langen Frühling.

Eine ausgedehnte herbstliche Übergangsjahreszeit hingegen kann nicht Platz greifen. Vielmehr folgt auf die warmen Spätsommertage abrupt der allochthon geprägte Frühwinter. Dieser brüske Jahreszeitenwechsel schlägt sich besonders in der Niederschlagsverteilung nieder. Abb. 8 zeigt den *Niederschlagsgang* vom April bis August 1982 in Concepción. Nach einem noch fast niederschlagsfreien April, dem „ultimo verano“, setzen die Winterniederschläge relativ spät am 5. Mai 1982 mit einer ausgedehnten Regenperiode (*invierno temprano*) ein. Diese sehr ergiebigen und fast zwei Wochen anhaltenden Niederschläge bilden die eigentliche Zäsur zwischen Sommer und Winter. Die Niederschlagsereignisse beginnen meist mit einer Drehung der Windrichtung auf N und dem Einsetzen feintropfigen Landregens, der allerdings im allgemeinen nicht der vorangehenden, nicht wetterwirksamen Warmfront zugeordnet wird. Von großer Bedeutung sind die dann nachfolgenden, langanhaltenden Starkniederschläge. Häufig übertrifft ihre Intensität Werte von 10–15 mm/Std.! Die Niederschlagsmengen nehmen in 38° S im Jahresmittel von der Küste bis ins Küstenbergland von 800 mm (Isla Quiriquina 794 mm) auf über

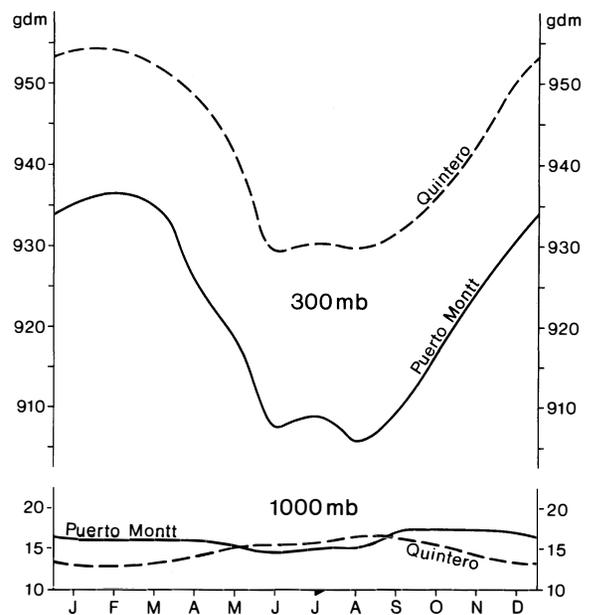


Abb. 7: Mittleres Niveau der Absoluten Topographien 300 mb und 1000 mb im Jahresgang in Quintero (nördliche Zentralzone, 32° 47' S, 71° 32' W) und Puerto Montt (Kleiner Süden, 41° 28' S, 72° 56' W), 1957–1967
Quelle: DEVYNCK 1970

Mean level of the absolute topographies of the 300 mb and 1000 mb in the annual regime at Quintero (northern Central Zone) and Puerto Montt (the “small” South), 1957–1967

CONCEPCION - BELLAVISTA 1982

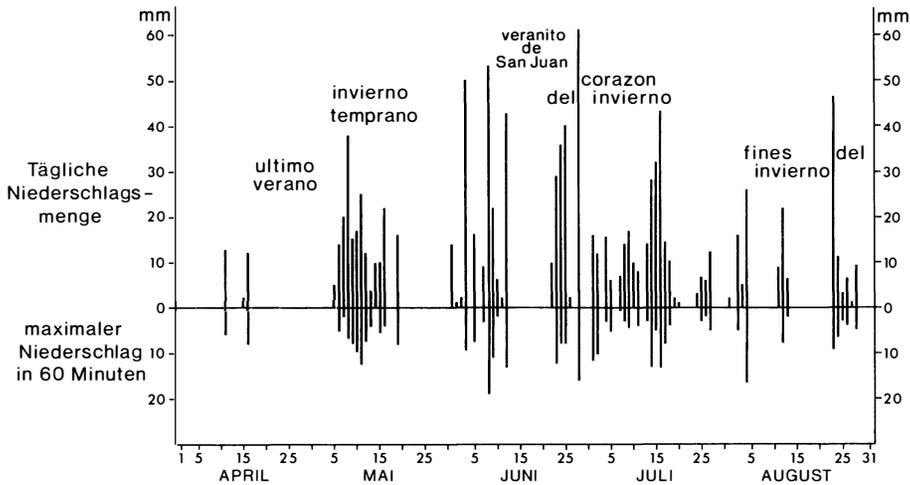


Abb. 8: Tagesniederschläge (mm) und maximale Niederschlagsintensität (mm/h) im Winter 1982 in Concepción (südliche Zentralzone, 36° 47' S, 73° 02' W)

Quelle: Estación Meteorológica Bellavista, Concepción

Diurnal precipitation (mm) and maximum precipitation intensity (mm/hr) in the winter of 1982 in Concepción (southern Central Zone)

1600 mm am Rande des Küstenberglandes zu (Concepción 1332 mm, Nonguen 1677 mm). Nach der Isohyetenkarte im „Atlas Regional VIII. Region“ sollen im Küstenbergland 2000 mm übertroffen werden. Da aber selbst im Stau der über 1000 m hohen Küstenkordillere Nahuelbuta in Contulmo (38° 02' S, 73° 12' W) knapp 1900 mm fallen, dürfte der Wert wohl zu hoch sein. Allerdings fehlen aus dem siedlungsarmen Bergland Meßreihen. In der zentralen Längssenke gehen die Niederschläge wieder auf Werte um 1000 mm zurück (Chillán 1024 mm).

Ein Beispiel für eine der ersten frühwinterlichen Regenwetterlagen zeigt die *Bodenwetterkarte vom 11. Mai 1982* (Abb. 9). Die Polarfront liegt über dem Kleinen Süden Chiles. Während die 1012 mb-Isobare noch am 2. Mai zwischen 50° und 60°S verlief, reicht sie jetzt gerade noch bis 33°S. Dominierend sind zwei riesige Zentraltiefs mit Kernen zwischen 50°S und 55°S, die die subpolare Tiefdruckrinne bzw. die Antarktikfront und die ganzjährige Hauptzugbahn der Zyklonen markieren. Ihre Randtiefs über der argentinischen Pampa und vor der chilenischen Küste verlaufen auf einer zweiten, nördlicheren Zyklonenbahn in der Breitenlage des Kleinen Südens, die nur im Winter in Aktion tritt (vgl. auch VAN HUSEN 1967, PEÑA u. ROMERO 1976). Die Zuggeschwindigkeit dieser Zyklonen ist dabei wesentlich höher als diejenige auf der entsprechenden Breite der Nordhalbkugel. Auf dem *Satellitenbild* (Abb. 10) wird darüber hinaus auch die äquatorwärtige Verlagerung des tropischen Zirkulationsgliedes deutlich. Hatte sich am 2. 5. 1982 noch über der gesamten Andenkette bis ca. 28°S konvektive Schauerbewölkung entwickeln können (Ende des „invierno boliviano“), so reicht die innertropische

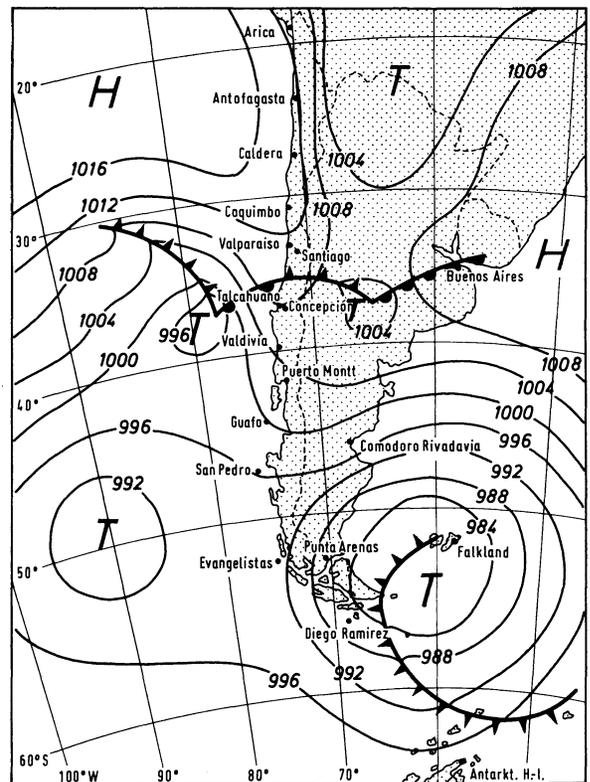


Abb. 9: Bodenwetterkarte vom 11. 5. 1982, 18.00 GMT

Quelle: Estación Meteorológica Bellavista, Concepción
Surface weather map from 11. 5. 1982, 18⁰⁰ GMT

„Konvektionsgrenze“ am 11. 5. 1982 nur noch bis ca. 8°S. Der Punablock südlich des Titicacasees bleibt unter dem Einfluß des Subtropenhochs wolkenfrei.

Bei den synoptischen Daten ist besonders auf die für Frontdurchgänge charakteristische Winddrehung auf nördliche Richtungen und die differierenden Niederschlagsmengen im Luv und Lee des Küstenberglandes zu verweisen (Tab. 3).

Intensität und Quantität der Winterregen von Zentralchile sind häufig von katastrophalem Ausmaß. Zwar hat nicht jeder „temporal“ die Folgen, wie sie der Frontdurchgang am 27. Juni 1982 in Santiago verursachte: Die Hauptstadt war für 2 Tage regelrecht vom Rest des Landes abgeschnitten, da sämtliche Hauptstraßen an Nahtstellen zu Brücken durch Hochwasser unterbrochen wurden. Die durch Hochwasser zerstörten Häuser summierten sich auf über 2000. In großer Regelmäßigkeit werden jedoch die Nebenstraßen, die sämtlich ohne Teerdecke sind, unpassierbar, ruhen Bauarbeiten und Feldbestellung, deckt der Nordweststurm Häuser ab und beschädigen Brecher die Molen. Besonders schlimm aber sind die Konsequenzen bezüglich der Bodenerosion. Im Küstenbergland fällt der Niederschlag überall dort, wo der natürliche Hartlaubwald gerodet und Aufforstungen nicht durchgeführt worden sind, auf abgeerntete Weizenfel-

Tabelle 3: Winterliches Regenwetter am 11. Mai 1982

Quelle: siehe Tab. 1

Wintry rain weather on May 11th, 1982

11. 5. 1982	Punta Tumbes	Concepción-Bellavista	Chillán
Bedeckungsgrad	%	%	–
T _{max}	+ 13,8	+ 15,2	+ 13,2
T _{min}	+ 13,0	+ 12,4	+ 11,0
mittlere Windrichtung	N	N	NE
mittlere Windgeschwindigkeit	15	5	6
Verdunstung	–	2,0	0,0
Niederschlag	–	24,6	13,9

der, Rebhänge oder Weideland. Das Ackern der Weizenparzellen nach den ersten Niederschlägen im Mai/Juni hat bei den hohen Niederschlagsintensitäten in der südlichen Zentralzone einen verheerenden Bodenabtrag zur Folge, gleiches gilt auch für die Rebparzellen (ENDLICHER 1982). In dem

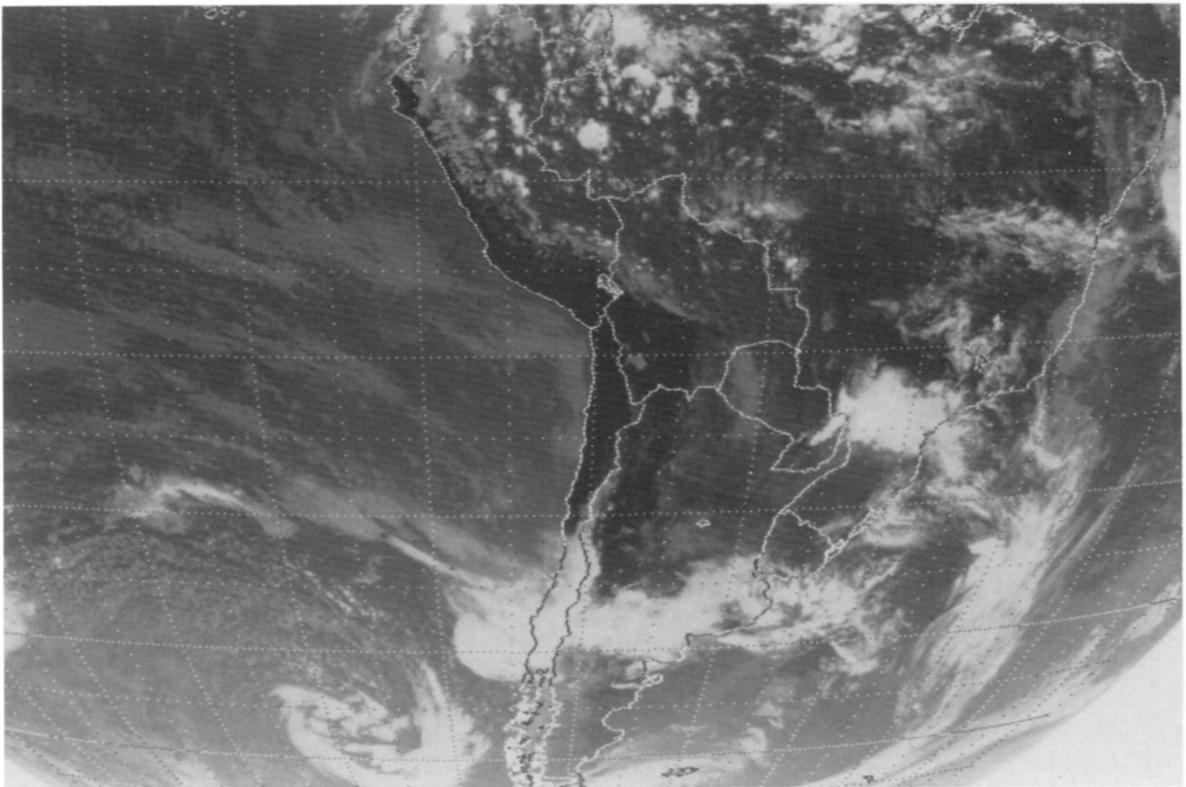
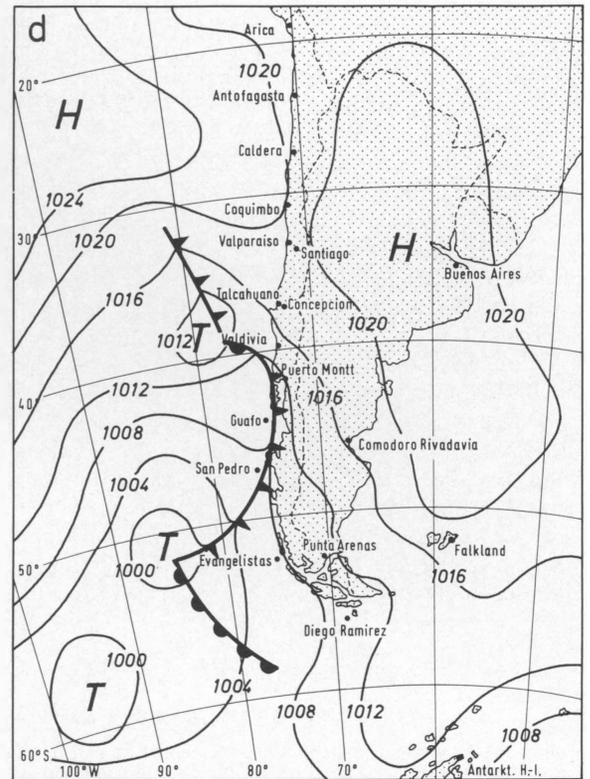
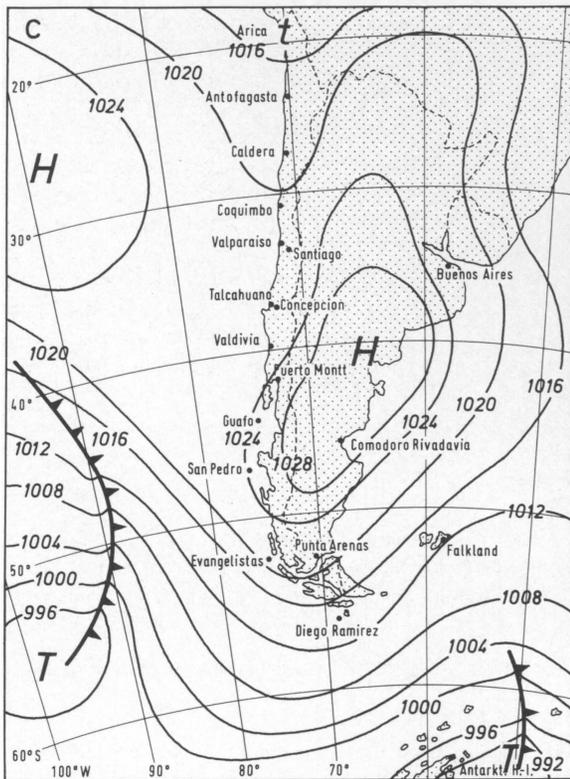
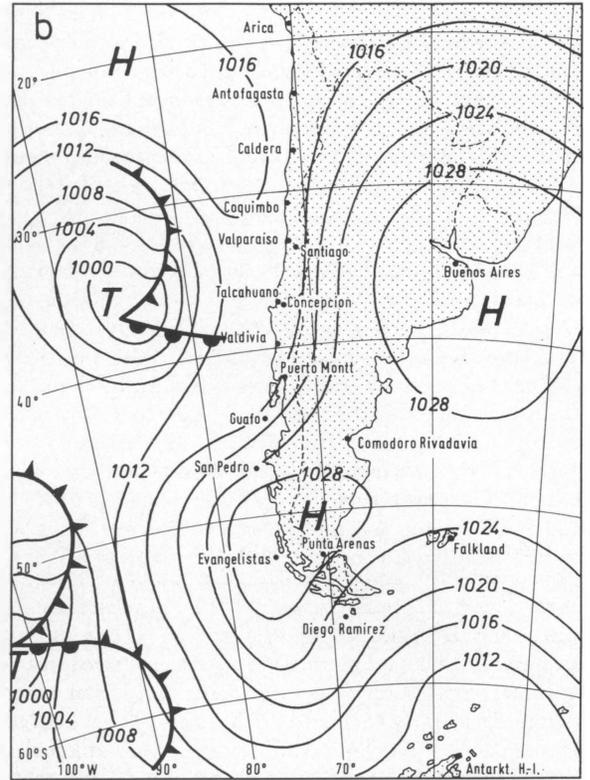
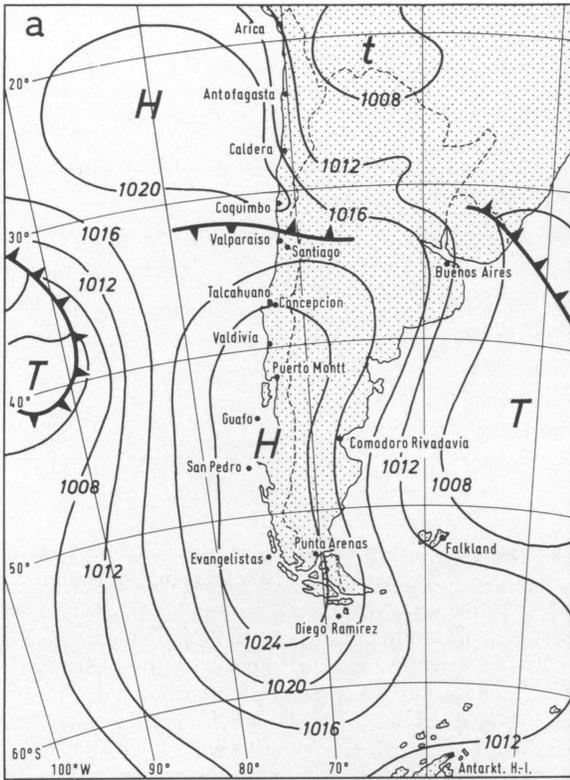


Abb. 10: GOES-E-Satellitenbild vom 11. 5. 1982, 18.00 GMT

Quelle: NOAA, Washington

GOES-E satellite picture from 11. 5. 1982, 18⁰⁰ GMT



Maße, wie der austauschstarke, humusreiche A-Horizont der lehmigen Luvisole abgetragen wurde, ging in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts auch der Weizenantrag zurück. Noch am Ausgang des 19. Jhs. war das Küstenbergland östlich von Concepción eines der Hauptexportgebiete Chiles von Weizen, der in die Goldgräberfelder Kaliforniens und Australiens verschifft wurde. Aber auch auf Weideland kann sich bei den rasch abnehmenden Temperaturen trotz des ausreichenden Niederschlags nur eine schütterere Vegetationsdecke entwickeln. Da sie überdies durch Viehtritte immer wieder aufgerissen wird, ist der Erosionsschutz auch hier unvollständig. So ist inzwischen die Ostabdachung des Küstenberglandes zwischen 36° und 38°S weitgehend zum Badland geworden.

4. Die winterlichen Schönwetterperioden und der „Veranito de San Juan“

Ein besonderes Charakteristikum des chilenischen Subtropenwinters geht aus der Analyse der Niederschlagsdaten (Abb. 8) hervor: Die Regenperioden werden immer wieder von einer Reihe niederschlagsfreier, heiterer Tage mit aufgelockerter Bewölkung unterbrochen. Die eingeflossene maritim-antarktische Luftmasse steht dann postfrontal unter kurzzeitigem Zwischenhocheinfluß. In aller Regel handelt es sich dabei um keilförmige Vorstöße des Pazifikhochs. Es gibt aber auch den auf der Südhemisphäre relativ seltenen, aber trotzdem sehr wichtigen Fall einer mehrtägigen *Blockade der Westdrift* durch ein kräftiges Hoch in atypisch weit polwärtiger Lage. Das in Abb. 11a–d vorgestellte Beispiel vom 14.–22. Juni 1982 zeigt einen Fall, bei dem die Westdrift über einige Tage hinweg nicht auf Südamerika übergreifen konnte. Am 14. 6. 1982 hat sich über dem Kleinen und Großen Süden ein mit >1024 mb sehr kräftiges Hoch entwickelt, das die Westdrift weit polwärts bis in die Drake-Straße abdrängt und die weitere Ostverlagerung des Tiefs bei 40°S, 95°W unterbindet (Abb. 11a). Zwei Tage später hat sich das blockierende Hoch noch auf >1028 mb verstärkt und mit dem südatlantischen Subtropenhoch verbunden (Abb. 11b). Am 20. 6. 1982 steht die gesamte Südspitze des Kontinents unter Hochdruckeinfluß (Abb. 11c). Allerdings hat sich der Druckgegensatz in der subpolaren Tiefdruckrinne erheblich verschärft und im Westen bereitet ein starker antarktischer Kaltluftausbruch das Ende der Blockade vor. Da sich das Hoch unter Abschwächung nach Osten verlagert und am 22. 6. 1982 über Argentinien liegt, können nun die Fronten des ausgedehnten Tiefdrucksystems auf Chile übergreifen (Abb. 11d). In der folgenden Nacht fallen erstmals nach 10 Tagen wieder Niederschläge. Der Zeitpunkt dieser „blocking-action“ ist mit Ende Juni besonders charakteristisch: Das Auftreten von Hochdruckwetter-

Tabelle 4: Veranito de San Juan

Quelle: siehe Tab. 1

Veranito de San Juan

20. 6. 1982	Punta Tumbes	Concepción-Bellavista	Chillán
Bedeckungsgrad	%	%	–
T _{max}	+16,4	+14,0	+12,0
T _{min}	+3,2	+0,6	–1,8
mittlere Windrichtung	S	S	S
mittlere Windgeschwindigkeit	3	3	0,5
Verdunstung	–	1,0	0,86

lagen in der 2. Junihälfte bis in den Juli hinein bildet einen bekannten Witterungsregelfall und trägt im Volksmund die Bezeichnung „Kleiner Johannisommer“ (*Veranito de San Juan*, vgl. auch CAVIEDES u. AGUILA 1969).

Bei diesen antizyklonalen Pausen der Winterregenzeit ist die Verteilung der Temperaturminima äußerst bemerkenswert. Während an der Küste die antarktische Kaltluft nie mit Frosttemperaturen ankommt (WEISCHET 1970, S. 173 ff.), sinken in den Tälern des Küstenberglandes und im zentralen Längstal die Temperaturen in Strahlungsnächten unter den Gefrierpunkt (s. Tab. 4). Auch bei fehlenden Messungen ist der morgendliche Rauheif an solchen heiteren Wintertagen ein untrügliches Zeichen des Nachtfrostes. Diese „heladas“ sind nicht nur für die Landwirtschaft von großer Problematik (heladas del tomate in der Zentralzone, Vernichtung der Weizenblüte im Kleinen Süden). Die durch den Bodenfrost bewirkte Kammeisbildung ist auch von spezifischer Bedeutung für die Bodenerosion: Das Krümelgefüge des Oberbodens wird gelockert und so die Erosionsleistung beim nächsten Frontdurchgang erheblich begünstigt. Auf der kontinentaleren Ostabdachung des Küstenberglandes ist dabei der Frostwechsel häufiger als auf der maritimere Westabdachung. Dies ist ein weiterer Faktor, durch den die wesentlich geringere Bodenerosion auf der Westabdachung des Küstenberglandes gegenüber den Badlands der Ostabdachung zu erklären ist.

5. Zusammenfassung

Aus methodischer Sicht belegen die vorangegangenen Ausführungen, daß Wettersatellitenbilder ein unverzichtbares Hilfsmittel gerade in der Südhemisphäre darstellen.

Abb. 11a–d: Blockierung der südhemisphärischen Westdrift vom 14.–22. 6. 1982 über Südchile: Bodenwetterkarten vom 14. 6., 16. 6., 20. 6. und 22. 6. 1982, 18.00 GMT

Quelle: Estación Meteorológica Bellavista, Concepción

Blocking of the southern hemispheric westerly drift from 14 to 22. 6. 1982 over southern Chile: surface weather maps from 14. 6., 16. 6., 20. 6., 22. 6. 1982, 18⁰⁰ GMT

Das synoptische Beobachtungsnetz weist über dem Südpazifik riesige Lücken auf und die wenigen routinemäßig durchgeführten Radiosondenaufstiege lassen eine Erstellung von Höhenwetterkarten nicht zu. Zu den Ergebnissen ist festzustellen, daß der Winter im südlichen Zentralchile keineswegs nur trüb und regnerisch abläuft, sondern daß immer wieder kürzere Perioden der Aufheiterung eingeschaltet sind. Andererseits wird der Frühling durch die episodischen Zyklondurchgänge bis in den November hinausgezögert. Und während im Großen Norden Chiles der Küstennebel (*camanchaca*) ein ganzjähriges Phänomen darstellt, ist er in der Zentralzone offenbar genetisch mit dem Auftreten von sommerlichen Küstentiefs verknüpft. Eine herbstliche Übergangszeit fehlt, da der störungsfreie Spätsommer abrupt von den Winterzyklonen abgelöst wird. Im Gegensatz zum Mittelmeer fehlt dann eine relativ hohe Wassertemperatur, die einen Temperaturgegensatz zum Winter deutlich machen würde. Die weitere Klärung vieler mesoklimatologischer Fragen wird von der Verbesserung der nationalen und internationalen Datenlage an der Südspitze Südamerikas abhängen.

Danksagung

Der Verfasser ist Herrn Dr. Nelson Saavedra und Herrn Aldo Hernandez, Estación Meteorológica Bellavista, Universidad de Concepción, für die Überlassung der Wetterkarten und des Datenmaterials zu herzlichem Dank verpflichtet. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für ihre finanzielle Unterstützung.

Literatur

- CAVIEDES L., C. u. AGUILA, O. J.: Los estados de tiempo típicos de Valparaíso, Chile Central. In: Revista Geográfica de Valparaíso, Vol. III, 1969, S. 3–21.
- DEVYNCK, J.-L.: Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y el clima de la región del Bío-Bío. Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Aug. 1970.
- ENDLICHER, W.: Instalación de parcelas de experimentación para evaluar la erosión del suelo en la Cordillera de la Costa de Chile Central. III. Congreso Geológico Chileno Concepción, 8–14 Noviembre 1982, Tomo I, S. C1–C11.
- FUENZALIDA, H.: Climatología de Chile. Universidad de Chile, Departamento de Geofísica y Geodesia, Santiago 1971.
- GILL, A. E.: Coastally trapped waves in the atmosphere. In: Quart. J. Royal Meteorol. Society 103, 1977, S. 431–440.
- VAN HUSEN, CH.: Klimagliederung in Chile auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen der Niederschlagssummen. Freiburger Geogr. Hefte 4, 1967.
- LAUER, W.: Klimadiagramme. Mit einer Klimakarte von Chile. In: Erdkunde 14, 1960, S. 232–242.
- VAN LOON, H., TALJAARD, J. J. et al.: Meteorology of the Southern Hemisphere. Meteorological Monographs, Vol. 13, No. 35, Boston 1972.
- LYDOLPH, P. E.: A Comparative Analysis of the Dry Western Littorals. Ph.D. Dissertation Univ. of Wisconsin, 1955. Kurzfassung in: AAAG 47, 1957, S. 213–230.
- PEÑA A., O. u. ROMERO A., H.: Rutas ciclónicas en el Pacífico Sur: situaciones de primavera y verano. In: Rev. Com. Perm. Pacífico Sur 5, 1976, S. 113–127.
- RUTLLANT, J.: Subsistencia forzada sobre ladera andina occidental y su relación con un episodio de contaminación atmosférica en Santiago. In: Tralka (Santiago), Vol. 2, No. 1, 1981, S. 57–76.
- SAAVEDRA G., N. u. HERNANDEZ V., A.: Campaña de mediciones meteorológicas desde la Costa a la Pre-Cordillera a lo largo del paralelo 36° 45' S. Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Nov. 1977.
- : Campaña de mediciones meteorológicas desde la Costa a la Pre-Cordillera a lo largo del paralelo 36° 45' S. Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Okt. 1978.
- SANHUEZA, B. et al.: Atlas Regional Chile, VIII Región. Concepción 1976.
- : Concepción Metropolitano – Cartografía preliminar. Concepción 1977.
- SCHNEIDER, H.: Tipos de tiempo de Chile Central. In: Cuadernos Geográficos del Sur (Concepción), Vol. I, 1971, S. 77–93.
- SCHOTT, G.: Der Peru-Strom und seine nördlichen Nachbargebiete in normaler und anormaler Ausbildung. In: Ann. d. Hydrogr. u. maritim. Meteor. 59, 1931, S. 161–169, 200–213, 240–252.
- TALJAARD, J. J. u. VAN LOON, H.: Cyclogenesis, cyclones and anticyclones in the southern hemisphere during the winter and spring 1957. In: Notos 11, 1962, S. 3–10.
- TREWARTHA, G. T.: The Earth's Problem Climates. Madison Univ. Wisconsin Press, 2. Aufl. 1981.
- WEISCHET, W.: Geographische Beobachtungen auf einer Forschungsreise in Chile. In: Erdkunde 13, 1959, S. 6–22.
- : Die thermische Ungust der südhemisphärischen hohen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neuer dynamisch-klimatologischer Untersuchungen. In: Regio Basiliensis 9, 1968, S. 170–189.
- : Chile. Seine länderkundliche Individualität und Struktur. Darmstadt 1970.
- : Die ökologisch wichtigen Klimacharakteristika der kühl-gemäßigten Zone Südamerikas mit vergleichenden Anmerkungen zu den Hochgebirgen der Tropen. In: Geocological Relations between the Southern Temperate Zone and the Tropical Mountains. Erdwiss. Forsch., Bd. XI, Wiesbaden 1978, S. 255–280.