

12. *J. de Freitas*, Serras de água (Wassersägemühlen) nas Ilhas da Madeira e Pôrto Santo. Lisboa. 1937.
13. *M. C. Grabham*, The garden interests of Madeira. London. 1926. 100 S.
14. *M. Grabham*, Plants seen in Madeira. A Handbook of botanical Information of visitors and intending Residents. London. 1934.
15. *M. Grabham*, Madeira. Its flower plants and ferns. London. 1942. 142. S.
16. *Visconde do Porto da Cruz*, A flora madeirense na medicina popular. Broteria IV (XXXI). 1935. S. 35, 71, 139, 145.
17. *Visconde do Porto da Cruz*, A fauna terrestre do Arquipélago da Madeira. Broteria VI (XXXIII). 1937. S. 176—96.
18. *Pe F. A. da Silva e C. Azevedo de Menezes*, Elucidário Madeirense. 2^a ed. 3 vol. Funchal. 1940, 1945, 1946.
19. *R. H. Correia Rodrigues*, A colónia (Pachtsystem) da Madeira. Problema moral e económico. Funchal. 1947.
20. *J. Vieira Natividade*, Fomento da fruticultura da Madeira. Lisboa. 1947.
21. *K. Brüdt*, Madeira. Estudo linguístico-etnográfico. Diss. Hamburg. 1938 u. Bol. Filologia V, Fasc. 1—5. Lisboa 1937/38.
22. *G. Fructuoso*, Saudades da terra. Neuausgabe mit Einleitung u. Anmerk. von *D. Perez*. Ponta Delgada. 1924/31. 3 Vol.
23. *J. M. Henriques*, Les vins de Madère. In: Le Portugal et son activité économique. Lisbonne. 1932. S. 147—50.
24. Carta corográfica da Ilha da Madeira. 1934. Ausgezeichnete Zweiblattkarte in Fünffarbindruck. 1:50 000.
25. *Deutsche Seewarte*, Monatskarten für den Nordatlantischen Ozean. Neu bearbeitet 1939/40. Hamburg. 1940.

DER PERUSTROM NACH ZWÖLFJÄHRIGEN BEOBACHTUNGEN

E. Schweigger, Lima (Peru)

Mit 8 Abbildungen

Fortsetzung aus Heft 2/3, S. 121

Alle die bisher behandelten Konvergenzen ozeanischen oder zum mindesten warmen Wassers mit den Küstengebieten sind normalerweise nicht von irgendwelchen katastrophalen Veränderungen der klimatischen oder biologischen Situation vor der peruanischen Küste begleitet; sie verändern das biologische Bild nur mittels einer gewissen Bereicherung der Fauna durch Arten, deren eigentliches Habitat außerhalb der unmittelbaren Küstensphäre zu suchen ist (Thunfisch, Schwertfisch, Sierra, Hammerhai, Blauhais, Porpita und Salpen).

Wesentlich verschieden davon kann der Perustrom von dem Einbruch warmen Wassers in seinen nördlichen Grenzgebieten beeinflusst werden. Wir wenden uns der Zone um Cabo Blanco zu, d. h. dem Südausgang des Golfes von Guayaquil, wo jedoch zwei Erscheinungen voneinander zu sondern sind, die eine harmlos, die andere gelegentlich von gefährlichen Ausmaßen. Hier stoßen wir indes hemmend auf die Verwechslung der Nomenklatur, die leider durch *Schott* verursacht worden ist.

Seit Jahrzehnten liest man (*Fitz-Roy* 1839), zitiert nach *Eguiguren* (1894), *Carranza* (1891), *Carrillo* (1892), auch in den peruanischen Segelhandbüchern (*García y García*, 1863, *Rosendo Melo*, 1913) von einem Strom, der, aus dem Golf von Guayaquil abfließend, bisweilen südlich von Cabo Blanco erscheint und bis zur Höhe von Paita vordringt. Die Fischer von Paita, die ihn kennen, taufte ihn „La Corriente del Niño“, das heißt „Der Christ-Kind-Strom“, weil sie ihn mit besonderer Regelmäßigkeit um Weihnachten beobachteten. *Carrillo* (1892) sagt, er kennzeichne sich durch „Blätter von Palmen, Bananenstauden, Orangenbäumen und durch viele andere Gegen-

stände, die der Fluß von Guayaquil und der von Tumbes dem Meer zuführen“. Als im Jahre 1891 der äquatoriale Gegenstrom mit ungeheurer Gewalt in das Gebiet des Perustroms einbrach, wurden am Strand von Pacasmayo „Baumstümpfe und Krokodile vom Tumbesfluß“ angeschwemmt (*Carranza* 1891). *Eguiguren* (1894) suchte nun in einer Studie über die Regenfälle in Piura, die 1891 gerade besonders heftig waren und auf weite Küstenstrecken bis Lima hin großen Schaden angerichtet hatten, eine Erklärung für dieses meteorologische Phänomen und gedenkt dabei der Strandung so merkwürdiger Stücke wie Baumstümpfe und Krokodile bei Pacasmayo; und da er die Gegenstände sofort und richtig mit dem Golf von Guayaquil in Verbindung bringt, fragt er: „Ist es vielleicht der ‚Christkind-Strom‘, der diese Katastrophe bewirkt hat?“ Diese Frage, die offenbar auch *Schott* zu Gesicht kam, wird von diesem mit vollem Recht verneint, denn aus dem Golf von Guayaquil kann kein Strom hervorbrechen, der Gewitter und tropische Regengüsse an der sonst trockenen Küste Perus zur Folge hat und bis etwa auf die Höhe von Pisco vordringt. So kommt er auf den Gedanken, daß alles, was man bisher als „Corriente del Niño“ bezeichnet hat, eben doch nicht aus dem Golf von Guayaquil herzuleiten sei, sondern daß man bisher mit der Bezeichnung „Christkind-Strom“ eben den äquatorialen Gegenstrom meinte; dafür spräche seiner Meinung nach denn auch der niedrige Salzgehalt, der sich in jenen großen Strömungsphänomenen hat nachweisen lassen, während im Golf von Guayaquil der Kreuzer „Emden“ in der Nähe der Insel Santa Clara, also unmittelbar vor der Ausmündung des Flusses Guayas (des Flusses von Guayaquil), den relativ hohen Salzgehalt von 34,5 ‰ festgestellt habe.

Auftreten im Raum von Cabo Blanco-Talara, das zweimal beobachtet wurde (November 1938 und September 1939) im Sinne *Schotts* gedeutet, ein vollständig schiefes, ja wahrhaft unerklärbares Bild der Situation gab. In den gleichen Irrtum ist auch *Gunther* verfallen, so daß seine Karte (Figur 70, wiedergegeben in Abb. 5) völlig unverständlich bleibt und sich erst dann richtig lesen läßt, wenn man die hohe Temperatur von 22° bei Capo Blanco am 25. Juli 1931 nicht mit jener, die sechs Tage später (1. August) etwa 100 Seemeilen in NNW von Capo Blanco gemessen wurde, in Verbindung bringt. Eine Umzeichnung der Karte von *Gunther* gibt ein nach unserer Auffassung klareres und unsere Ansicht bestätigendes Bild (s. Abb. 6). Es ist aber dabei zu beachten, daß die letzten Temperaturen vor Talara etwa 24 Stunden später genommen worden sind als die nördlich davon gelegenen, die auf der Anfahrt nach Cabo Blanco gemessen wurden, woraus sich eine gewisse Verzerrung der Isothermen, wahrscheinlich unter dem Druck des nach WNW sich von der Küste absetzenden Stromes, ergibt.

Der äquatoriale Gegenstrom seinerseits bleibt den Südwinter über auf die Küste Ecuadors im N des Golfes von Guayaquil beschränkt, und der südlichste Punkt, den er in jenen Monaten erreicht, dürfte etwa auf der Höhe von Santa Clara liegen. Er stößt nun im Sommer mit wechselnder Stärke nach Süden vor und beeinflusst zum mindesten das Gebiet zwischen Cabo Blanco und Punta Aguja. Ob warmes Wasser, das die Lobos-Inseln (besonders Lobos de Afuera) im Sommer umspült, sich unmittelbar vom äquatorialen Gegenstrom ableitet, ist noch nicht geklärt; verschiedene Anzeichen sprechen dafür, daß dieses warme Wasser von W oder von SW vorstößt, wie denn auch jede Seekarte des betreffenden Gebietes im O von Lobos de Afuera einen Strompfeil aufweist, der einen nach NO gerichteten Strom mit 1,75 Knoten Geschwindigkeit angibt. Jedenfalls ist aber dieses Wasser im Sommer salzärmer als selbst der küstennahe Perustrom, und seine Herkunft aus dem Raum westlich der peruanischen Küste und südlich des bei Punta Aguja in Richtung auf die Galápagos-Inseln ausschwenkenden Perustrom muß als Möglichkeit ins Auge gefaßt werden.

Die normale Sommerlage im Perustrom mag wohl ziemlich treffend folgendermaßen beschrieben werden: Die 23°-Isotherme liegt auf 35 bis

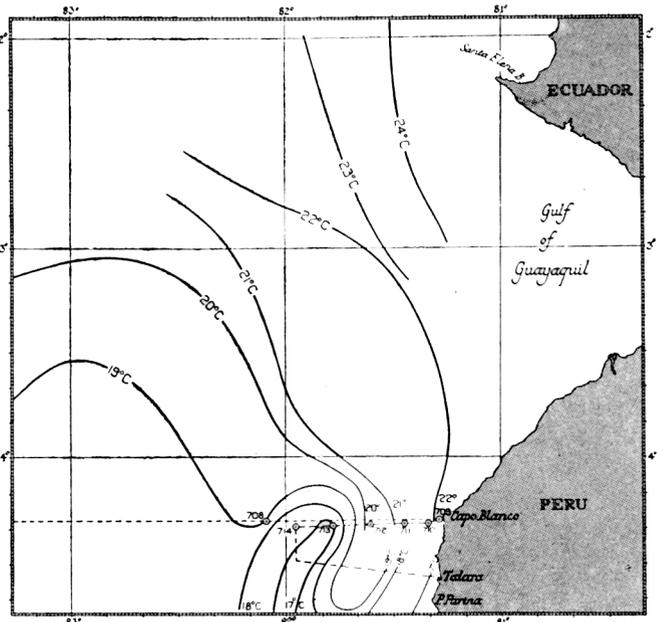


Abb. 5. Darstellung des Einbruchs des El Niño-Stromes nach *Gunther*.

Fahrt von R. R. S. „William Scoresby“ vom 24. bis 26. Juli 1931

40 Seemeilen Abstand vor der Küste, 40 bis 50 Seemeilen außerhalb trifft man die Isotherme für 24°, und etwa 60 Seemeilen vom Ufer entfernt

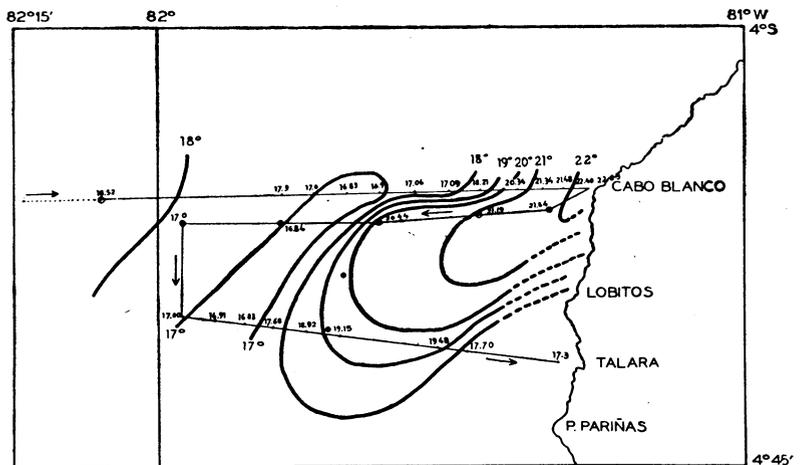


Abb. 6. Einbruch des El Niño-Stromes bei Cabo Blanco. Nach Daten von *Gunther*

tritt man in Gebiete mit 25° und seltener mit 26° ein; Temperaturen von 27° und mehr gehören schon zu anomalen Erscheinungen (Ver-

gleichende Tabelle auf Kursen WSW und WNW von Callao aus in *Schweigger*, 1947).

Anders sind die Verhältnisse im Norden von Punta Aguja und Punta Pariñas. Im Golf von Guayaquil gehören 28° zu den Höchsttemperaturen, 27° hat das Wasser fast regelmäßig bei der Insel Santa Clara oder an der Küste bei Zorritos. Bemerkenswert ist, daß das Wasser am Südufer des Golfes am wärmsten ist, von der Küste absteuernd, fallen die Temperaturen um 2° bis 3° bis etwa zur Mitte des Golfes und steigen in Richtung auf die ecuadorianische Küste nur wenig an. Der Niño-Strom nun bringt die hohen Temperaturen entlang der peruanischen Küste bis in die Gegend von Cabo Blanco, von dem sie gewöhnlich 15 bis 20 Seemeilen nördlich entfernt bleiben, um sich dann im offenen Ozean allmählich zu verlieren. Je stärker der Niño-Strom ist, desto mehr schmiegen sich die hohen Temperaturen an die Küste (links!) an und werden dann unmittelbar bei Cabo Blanco beobachtet. Dort können somit auch in normalen Sommern Temperaturen von 25° bis 27° auftreten, und erst eine örtliche Beobachtung, sei es des Salzgehaltes oder der Anwesenheit bestimmter Fische oder des etwa vorhandenen Treibgutes, kann eine Deutung geben, wo der Ursprung dieser höheren Temperaturen zu suchen ist, d. h. im N (äquatorialer Gegenstrom) oder im NO von Cabo Blanco (Niño-Strom). Gewöhnlich, d. h. ohne die Dazwischenkunft des Niño-Stromes oder des äquatorialen Gegenstromes, halten sich die Wassertemperaturen vor der Küste zwischen Punta Aguja und Cabo Blanco auf etwa 23° (Sommer).

Es sei hier eine Bemerkung eingeschoben, um Mißdeutung häufig angeschriebener Temperaturerhöhungen bei Punta Foca vorzubeugen. Im fast ganz offenen Golf von Sechura liegen die höchsten Temperaturen im innersten Teile (O) des Golfes, aus dem sie von den tagsüber regelmäßigen und starken SO-Winden am Nordufer entlang und bei Punta Foca hinaus geschoben werden. Eine Steigerung der Temperatur bei Punta Foca, gelegentlich schon weiter im S davon, ist also, besonders wenn keine sichtbare Verbindung zu höheren Temperaturen etwa in der Gegend nördlich Punta Pariñas besteht, noch kein Zeichen für Einströmen warmen Wassers aus N oder NW, sondern nur die Folge des Abfließens warmen Wassers aus den inneren Teilen des Golfes von Sechura. In Jahren mit reichlichen Regenfällen bringt der Piura-Fluß, der sonst bei Sechura spätestens versandet, sein Wasser bis in die Bucht von Sechura, während im N von Paita der Fluß Chira große Wassermassen dem Meer übergibt. In beiden Fällen entstehen leicht erhöhte Temperaturen im Meer, die nur bei umsichtiger Berück-

sichtigung der örtlichen Gegebenheiten richtig ausgedeutet werden können, falls nicht persönliche Beobachtungen an Ort und Stelle über das Treibgut oder die Ausdehnung des Lehm oder Schlamm führenden Flußwassers Herkunft und Stromversetzung anzeigen.

Alles dies ändert sich grundlegend in den anormalen Jahren, vorausgesetzt, daß man berechtigt ist, sie so zu bezeichnen; es geht durch die Jahrzehnte eine Art rhythmischer Schwingung von kalten zu warmen Sommern, von trockenen zu feuchten Wintern, und man hört demgemäß in Peru oft von Zyklen reden. Sehr beliebt und scheinbar berechtigt ist die Annahme eines siebenjährigen Zyklus, in dem besonders warme Sommer wiederkehren sollen. Dabei bleibt es indessen der Diskretion des Einzelnen überlassen, wann er den Höhepunkt in der Reihe warmer Sommer ansetzen will; und wenn auch die Jahre 1911, 1918, 1925, 1932 und 1939 den siebenjährigen Zyklus scheinbar bestätigen, so ist dennoch seine Aufrechterhaltung nicht möglich. Die Störungsjahre, zu denen die vorstehend aufgeführten gehören, sind nicht Einzelercheinungen, sondern gehören stets zu einer Serie von zwei bis drei, bis dreieinhalb Jahren. Um das große Störungsjahr 1925 gruppieren sich die Sommer 1923 und 1924 und sicherlich der regenreiche Sommer 1926.

Die Jahre 1930, 1931 und 1932 bis gegen Ende März bezeichnen abermals eine Reihe von Jahren mit Temperaturen, die über dem Durchschnitt liegen (*Schweigger*, 1943 A, 1), auf die dann zwischen 1932 und 1938 kalte Jahre folgen mit dem Tiefpunkt im Winter 1935 und einem nicht ganz so kalten Winter 1938. Mit dem Jahre 1939 beginnt nun abermals eine Serie warmer Sommer und Winter, den Januar 1942 noch einschließend, während ungewöhnlicherweise der Februar 1942 und erst recht der März dieses Jahres schon kälter waren als der Januar. Seit 1942 — um vorerst diesen geschichtlichen Überblick abzuschließen — sind die Temperaturen vor der peruanischen Küste ständig zurückgegangen, und erst im Sommer 1948 machte sich ein neuer Vorstoß warmen ozeanischen Wassers an verschiedenen Stellen: Lobos-Inseln von NW, 9° bis 10° von SW und Ilo-Arica von SSW her bemerkbar. Wie vorauszusehen war, folgte ein feuchter Winter 1948 und der Sommer 1949 mit höheren Wassertemperaturen, begleitet von reichlichen Niederschlägen (s. Nachtrag).

Den Höhepunkt der letzten größeren Störung, deren Entwicklung im Februar 1939 begonnen hat, bezeichnen die Monate Februar und März 1941. Ein großes IsoPLEthen-Diagramm (*Schweigger* 1943 B) belegt die Temperaturbewegungen dieses Jahres und zeigt, wie die 25°-Isotherme fast drei Monate lang das Gebiet zwischen 4° und

9°30' und zwischen dem 10. und 13. März bis fast zur Höhe von Callao beherrscht hat unter Einschluß von Wasser bis zu 27° Wärme. Im Zusammenhang mit diesen hohen Temperaturen kam es zum üppigen Ausbruch von blutroten Flecken in der offenen See, die auf die plötzliche Entwicklung eines Planktonorganismus (Peridinee?) zurückzuführen sind. Eine Anschwemmung bewußtloser Fische wurde in einer kleinen Bucht nördlich von Casma beobachtet, aber der Zusammenhang dieser Erscheinung mit den Vorgängen im offenen Meer konnte nicht ermittelt werden, weil es eine Reise zu Land entlang der Küste war, die an diesen Strand führte. An anderen Stellen wurde Anchoveta angespült, Guanovögel bevölkerten in krankem Zustand die Strände, um dort zu sterben, und stellenweise wurden Tausende von Vogelleichen auf kurzen Wegstrecken angetroffen.

Zwischen der Insel San Gallán und Ilo wurden in unmittelbarer Nähe der Küste ungeheure Schwärme von Thunfisch, gemischt mit einem verwandten Thunniden Barrilete (englisch: Skipjack, *Katsuwonus pelamis*) festgestellt, welche die übliche Menge der sonst hier vorhandenen Thunfische um etwa das Zweihundertfache überstiegen; nur 30 Meilen vor der Küste stand die Goldmakrele (*Coryphaena hippurus*), die normalerweise erst auf 80 Seemeilen Entfernung anzutreffen ist.

Nachdem im März 1941 der Höhepunkt der Warmwasserwelle überwunden war, meldeten sich plötzlich im April wieder 25° außerhalb Chimbote in unmittelbarer Küstennähe, während 26° im gleichen Monat noch auf der Höhe von Huarmey, etwa 60 Seemeilen davon abgehend, beobachtet wurden. Eine ausgedehnte Segelschiffreise, die um Mitte April unternommen wurde und auf dem Rückweg von 14° S, 84° W bis 10° S und 78° 30' W führte, deutete eine west-östliche Lage der Isothermen von 24° bis 26° an.

Für die regelmäßig befahrene Strecke: Insel Mazorca-Lobos de Afuera, auf der das erwähnte Isoplethen-Diagramm aufgebaut ist, fehlen leider wegen Reparatur des betreffenden Schiffes die Daten für den Monat April. Dieses beobachtete bei seinen Fahrten im Mai in Übereinstimmung mit dem Fischerei-Fahrzeug der Guano-Kompagnie, das auf einer Reise nach NW in größerem Küstenabstand zunächst etwas geringere Temperaturen festgestellt hatte, nach Mitte des Monats jedoch plötzlich einen erneuten kräftigen Vorstoß warmen Wassers an den Lobos-Inseln vorbei nach SO bis in die Gegend von Puerto Chicama (Insel Macabí). Dieser wurde gekennzeichnet durch bläuliches Wasser und die Anwesenheit einer großen Adlerroche, die durch ihre zweimal schnell

aufeinander folgenden Saltos mortales die Aufmerksamkeit über weite Strecken des offenen Meeres auf sich zieht und Wasser mit etwa 25° anzeigt. Dieser Rückstoß warmen Wassers in Richtung auf die Küste soll nun die eingangs aus dem Handbuch von *Sverdrup-Johnson-Fleming* zitierten Folgen haben, ein Irrtum, der sich in die Literatur infolge Mißverständnisses eines spanisch geschriebenen Textes eingeschlichen hat.

Ein ähnliches, aber viel stärkeres Phänomen als das soeben geschilderte hat sich im Jahre 1923 eingestellt und wurde Gegenstand einer glänzend geschriebenen Abhandlung von *Lavalle* (1924), der mit Lebhaftigkeit das, was er beobachtet hatte, im Präsens der Verbformen wiedergibt. *Gunther* hat diese Arbeit studiert, ob im Original oder in Übersetzung, ist natürlich nicht bekannt, aber er hat nicht wissen können, daß die Präsensform der Verben nur eine besonders eindringliche Darstellung bezweckt, und hat infolgedessen angenommen, es handele sich um eine regelmäßige, Jahr für Jahr wieder auftretende Erscheinung. Nebenbei sei bemerkt, daß er in seiner Veröffentlichung die von *Lavalle* angegebenen Lufttemperaturen für Wassertemperaturen angesprochen hat, ein Irrtum, der allerdings von *Lavalle* selbst verursacht ist.

Der wirkliche Sachverhalt ist folgender: Unter dem Einfluß warmen Wassers kann es jederzeit, besonders aber im Hochsommer, zu einer plötzlichen Massenentwicklung einzelner Planktonformen kommen, wie *Noctiluca* oder gewisser Peridineen, so daß weithin sichtbare Flächen durch ihre blutrote, gelbe oder ockerartige Färbung von dem gewöhnlichen Grün der Meeresoberfläche sich abheben. Dies ist das Phänomen der „aguaje“, das an sich zunächst nichts mit Schwefelwasserstoffausscheidung und noch weniger mit dem „Callao Painter“ zu tun hat und auch nicht unbedingt zerstörende biologische Folgen zu haben braucht. Diese, besonders aber die blutrote aguaje, konnte vom Norden (Tálara) bis zum Süden (Ilo) hin gelegentlich festgestellt werden. *Stiglich* (1931) hat ihr eine eingehende Studie gewidmet und berichtet, was durch eigene Erfahrungen bestätigt werden kann, daß größere Fische die aguajes, besonders aber die blutroten Flecke meiden. Wird aber solches blutrotes Wasser auf den Strand zu getrieben, so werden alle die von dem Vorrücken überraschten Fische *bewußtlos, aber nicht tot* an das Ufer gespült, wo sie noch die Flossen, wenn auch schwach, bewegen und erst sterben, wenn sie an Land geschwemmt sind. Die vorzügliche modernste Darstellung der auf solche Ereignisse bezüglichen Literatur ist erst kürzlich von *Brongersma* (1948) gegeben worden, auf die hiermit verwiesen sei, obwohl die Angaben, die sich auf die peruanische

Küste beziehen, zum Teil über die wirklichen Zustände hinausgehen; so zum Beispiel haben sich Fischsterben, die in Callao auftreten sollen, an der ganzen peruanischen Küste zwischen 1929 und 1949 nicht gezeigt, und wo einmal gelegentlich Fische an den Strand gespült wurden (s. o.), hat es sich um ein begrenztes Phänomen in wesentlich bescheidenerem Ausmaße als die, welche von Südafrika oder den nordamerikanischen Küsten oder auch von Japan beschrieben werden, gehandelt (vgl. auch *Galtsoff*, 1949).

Die Tatsache, daß gelegentlich im Sommer Anchoveta in nicht bewußtlosem Zustand an den Strand gespült wird, hängt auch nicht sicher mit der Entwicklung eines Giftes durch Planktonorganismen zusammen, sondern könnte durch hohe Temperaturen, vor denen sich der Fisch in kühlere Bezirke unmittelbar vor dem Strand zurückziehen mag, oder durch die Guanovögel (Kormorane) verursacht werden, die im Lauf ihrer Verfolgung der Anchoveta diese in kleinen Buchten zusammendrängen, wo sie dann vielleicht bei weiterer auflandiger Bewegung des Wassers angeschwemmt wird. Jedenfalls ist es beabsichtigt, all dies im Zusammenhang mit den roten Flecken im Meer zu untersuchen, weil es nicht ausgeschlossen zu sein scheint, daß auf dem Weg über vom Plankton vergiftete Anchoveta Massensterben von Guanovögeln in warmen Sommern erklärbar würden.

Ein von all diesen Erscheinungen unabhängiges Phänomen ist der „Callao Painter“. Er wird fast ausschließlich in der Bucht von Callao beobachtet und tritt am häufigsten im Sommer (Februar) auf. Er macht sich rein äußerlich durch mehr oder weniger starken Geruch nach Schwefelwasserstoff, das Auftreiben von Gasbläschen an die Meeresoberfläche und die Zersetzung der weißen Farbe auf den Schiffen bemerkbar. Zum letzten Mal war dieses Phänomen in dem an und für sich kühlen Sommer 1946 besonders stark ausgeprägt. Eine schon 1944 begonnene Zunahme der großen und kleineren Medusen vor der peruanischen Küste war im Sommer 1946 zu einer Massentwicklung geworden, wie sie zum Beispiel auch schon im Sommer 1930 beobachtet worden war. Um einen Begriff von dieser plagenartigen Zunahme von Medusen zu geben, seien zwei Fälle erwähnt: Aus dem Hafen von Puerto Chicama (Malabrigo) konnte ein Schiff nicht auslaufen, weil die Medusen die Zuleitungsrohre für die Kondensleitung verstopft hatten. — In Pimentel sollte ein Taucher die unterseeische Petroleum-Leitung ausbessern, kehrte aber zurück und erklärte, die toten Medusen lägen auf dem Boden des Meeres bis zu einem Meter hoch gestapelt, so daß dort irgend eine Arbeit vorläufig nicht möglich sei. In diesem Sommer

1946 machte sich sogar auf der offenen Reede von Salaverry ein leichter Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerkbar, und auf dem unteren Deck eines Passagierdampfers zersetzte sich die weiße Farbe. In wesentlich größerem Maßstab wurde dann etwa zwei Tage später in der Bucht von Callao das Aufsteigen der Gasbläschen und ein kräftiger Geruch nach Schwefelwasserstoff sowie die schnelle Zersetzung der weißen Farbe bis auf die obersten Decks desselben Schiffes beobachtet. Von einem unterseeischen Vulkanismus, der sich noch häufig aus der älteren peruanischen Literatur in die moderne einschleicht, kann gar keine Rede sein, da es Vulkanismus in Peru, von seinem südlichsten Hochgebirgstteil abgesehen, überhaupt nicht mehr gibt. Ein Fischsterben im Zusammenhang mit dem „Callao Painter“ des Jahres 1946 ist nicht eingetreten, und die ungezwungenste Erklärung für diese Erscheinung dürfte durch das Massensterben so selten ungeheurer Mengen von Medusen gegeben sein. Der Boden der Bucht von Callao, die seit der Gründung dieses Platzes durch die Spanier die Abwässer der schnell wachsenden Siedlung aufnimmt, besteht aus Faulschlamm, aus dem wohl leicht bei hohen Temperaturen auch ohne das Verfaulen toter Medusen Schwefelwasserstoff freigesetzt werden könnte.

Diese beiden Vorkommnisse (die *aguajes* mit der Möglichkeit schädigender Einflüsse auf die übrige Fauna und der „Callao-Painter“) sind Erscheinungen des Hochsommers; sie können aber auch bei einem erneuten Einbruch höherer Wassertemperaturen, zum Beispiel im Mai, auftreten, wie durch die Darstellung *Lavalles* (1924) belegt wird, der sich auf das Jahr 1923 bezieht, in dem seiner Schilderung zufolge ein größeres Sterben von Fischen und Guanovögeln (!) im Zusammenhang mit der roten *aguaje* eintrat.

Es ist augenblicklich Gegenstand einer eingehenden Prüfung aller zur Verfügung stehenden Daten, ob ein solcher zweiter Vorstoß warmen Wassers in die Küstengebiete regelmäßig in jedem Jahr, wo und in welcher Stärke, eintritt und ob es sich dabei immer um die gleiche Zeit des Jahres handelt.

Die grundlegende Veränderung, die im Perustrom mit dem Vordringen ozeanischen Wassers verbunden zu sein scheint, ist die Ausbildung einer Thermokline, falls Beobachtungen aus dem Sommer 1940 (*Schweigger* 1943, Diagramm 9 bei Seite 228) für alle derartigen Fälle Gültigkeit haben. Normalerweise fällt die Temperatur von der Oberfläche bis zu größeren Tiefen, ohne daß sich eine Sprungschicht zeigt, die jedoch auf einem Querschnitt von 213 Seemeilen Länge ermittelt wurde. Wenn sich diese Beobachtungen bei ferneren Untersuchungen bestätigen sollten, so würden

sich hierdurch biologische und ökologische Erscheinungen erklären lassen, von denen die markanteste die ist, daß die Guanovögel (hauptsächlich Kormorane) nicht bis in jene Tiefen tauchen können, wo die Anchoveta in dem kühleren Wasser des Perustroms verbleiben dürfte, und deswegen trotz deren Anwesenheit (Beweis: Fischereiversuche) verhungern.

Der 1941 besonders starke Einstrom von warmem Wasser auch zwischen 9° und 10° Breite sowie die Wassertemperaturen, welche in diesem Jahr zwischen Pisco und Ilo beobachtet wurden und die wesentlich höher waren als diejenigen, die im Isoplethen-Diagramm von *Schott* für 1925 angegeben werden, haben zu eingehendem Studium des dort Dargestellten veranlaßt. Man wird gegenwärtig haben, daß *Schott* das Auftreten warmen Wassers, innerhalb der 25° -Isotherme, als durch den äquatorialen Gegenstrom verursacht über ein großes Gebiet sich erstreckend, als einheitliches Phänomen darstellt, was es phänomenologisch sicher auch war. Aber die Zeichnung *Schotts* läßt bei näherer Betrachtung erkennen, daß es sich nicht um einen kontinuierlichen Strom, der bis 14° vorstieß, gehandelt haben kann; denn für alle Reisen, auch für diejenigen, die zwischen dem 1. Januar und 14. Februar, also vor dem Einbruch des äquatorialen Gegenstroms, im Isoplethen-Diagramm dargestellt sind, ist der starke Einfluß jenes Konvergenz-Gebietes zwischen Chimbote und Huarmey auf den Gang der Temperaturen klar ersichtlich. Zwischen dem 25. Februar und dem 1. März 1925 (Reise Lobitos-Callao) fällt die Oberflächentemperatur zwischen den Lobos-Inseln und Puerto Chicama auf 25° , steigt vorübergehend auf $25,4^{\circ}$ und wird auf der Höhe von Salaverry abermals mit nur 25° notiert. Die nächste Temperatur, etwas nördlich von 9° genommen, gibt 26° an. Das gleiche gilt in verstärktem Maße für die Reise vom 10. bis 14. März (Lobitos-Callao), auf der $26,5^{\circ}$ südlich von Salaverry, aber $27,3^{\circ}$ etwas nördlich von 9° angegeben werden. Die letzte Reise, von Callao am 26. März ausgehend, gibt etwas nördlich von 10° eine Temperatur von 27° an, wobei angenommen wird, daß die weiter nach N zu verzeichneten $29,8^{\circ}$ (etwas südlich von 9°) auf einem Schreibfehler beruhen. Jedenfalls wurde auf der Weiterreise bis kurz vor dem Äquator keine Temperatur von 27° wieder angetroffen. Es tritt also immer in derselben Zone zwischen 9° und 10° eine erneute Steigerung der schon im Abfallen begriffenen Temperaturen ein, die nun ihrerseits ihren Einfluß bis nach Callao hin geltend macht.

Eine Erhöhung der Temperatur ist weiterhin etwas nördlich oder etwas südlich von Callao bemerkbar, auch in den Reisen, die noch nicht oder

nicht mehr zu dem großen Warmwasservorstoß gerechnet werden.

Auf der Höhe von Pisco liegt dann 1925 mit ganz geringen Schwankungen nach etwas höherer Breite fast unverändert die 20° -Isotherme, die nur um den 20. März bis auf etwa $14^{\circ} 30'$ vorrückt und dann erst wieder im Raum von Mollendo-Arica mit zweimaliger Ausbuchtung nach Norden (um den 5. Januar und den 15. Februar) auftritt. Der Zufall hat es gewollt, daß für die Monate Januar und Februar 1941 vier Reisen zur Verfügung stehen, die mit Reisen zusammenfallen, die *Schott* fast für die gleichen Tage zitiert, obwohl das natürlich nicht unbedingt zu den gleichen Temperaturen führen müßte; dennoch lassen sich unter diesen Umständen die Vergleiche zwischen beiden Jahren viel schärfer herausstreichen (s. hierzu Abb. 7).

Es zeigt sich, daß 1941 zweimal Temperaturen von 22° von S und von N vorstoßen, die aber durch eine Zone von kaltem Wasser, die etwa zwischen Atico und San Juan liegt, getrennt bleiben. In beide Keile von 22° sind höhere Temperaturen eingeschlossen (bis zu 24°), die gleichfalls zweifellos aus entgegengesetzten Richtungen herkommen.

Das Isoplethen-Diagramm von *Schott* weist nur einmal eine vereinzelt Temperatur von 22° auf (15. Februar auf etwa $14^{\circ} 30'$), während 23° am 5. Februar auf der Höhe von Mollendo und 24° etwa am 13. Februar zweimal zwischen Mollendo und Camaná angeschrieben sind. Im ersten Fall lagen 23° noch nördlich von Puerto Chicama und im zweiten Fall (13. Februar) wurden 24° in der Zone der Lobos-Inseln gemessen. Das bedeutet also, daß diese Temperaturen durch kältere über neun Breitengrade sich erstreckende Wassermassen getrennt blieben. Diese Vergleiche lassen erkennen, daß der Einstrom warmen Wassers in dem Raum zwischen Mollendo und Camaná (und also auch in das ganze südliche Dreieck) von den Ereignissen im Norden räumlich unabhängig vor sich gehen muß.

Am 25. März 1941 durchfuhr das Fischereifahrzeug der Guano-Kompagnie den Raum Mollendo-Ilo und fand dort Wasser bis zu 25° , eine Temperatur, die in Küstennähe zwei Tage vorher bei Camaná beobachtet worden war. Zwischen Callao und Camaná betrug die höchste Temperatur in den Tagen zwischen dem 19. und 23. März 24° (auf etwa 13° Breite). Auch hieran erkennt man die Unabhängigkeit der Vorgänge im Süden von denen im Norden, und es zeigt sich außerdem an dem Vergleich mit dem *Schottschen* Diagramm, daß 1925 zu keiner Zeit im Süden annähernd so hohe Temperaturen vorkamen wie 1941, obgleich der 25. März bei *Schott* nicht mehr

belegt ist; am 20. März 1925 lagen die Temperaturen zwischen Mollendo und Ilo bei 19° , und die durchschnittliche Temperatur auf der Strecke Mollendo-Pisco berechnet sich für die Tage 20./21. März 1925 auf $18,9^{\circ}$, während unsere Beobachtungen auf derselben Strecke zwischen dem 21. und 23. März 1941 einen Durchschnitt von $21,7^{\circ}$ ergaben.

Dieser Vergleich zwischen dem Isolethen-Diagramm von Schott und den hiesigen Beobachtungen läßt nun folgendes ableiten: Der von Schott als einheitlich aufgefaßte Vorstoß warmen Wassers im Jahre 1925 reichte in unmittelbarer Auswirkung nur bis in die Gegend von Salaverry (Guañape-Inseln) und erfuhr einen neuen Impuls zwischen 9° und 10° , das heißt in dem von uns eingehend besprochenen Raum vor Chimbote-Huarmey. Die dort eintretende Temperaturerhöhung wirkt sich bis fast nach Callao hin aus, und hohe Temperaturen, die sich erneut zwischen 12° und 13° geltend machen, beeinflussen dann die Lage bis weiter in den Süden. Ob die bei Pisco selbst gemessenen Temperaturen über 25° zum Gegenstrom gehören oder den Flüssen San Juan de Chincha und Pisco zuzuschreiben sind, bleibt zweifelhaft; das letztere ist jedoch wahrscheinlicher (vgl. hierzu Schweigger 1943 A 2).

Während im Norden von Pisco im Jahre 1925 die Wassertemperaturen wesentlich höher waren als 1941, ergibt sich auf der anderen Seite, daß das Wasser zwischen Pisco und Ilo 1941 viel wärmer war als 1925. Es müssen also im Süden ozeanische Gebiete, aus denen warmes Wasser gegen die Küste einzuströmen pflegt, im Sommer 1941 in weit größerem Umfang in Mitleidenschaft gezogen worden sein als 1925.

Aus synoptischen Karten, die im Zuge einer Sonderuntersuchung bisher allerdings nur für die

Jahre 1939 und 1940 angefertigt wurden, ergibt sich ferner, daß die Vorstöße ozeanischen Wassers gegen die Küste im Norden (Lobos-Inseln) und im Süden sowie auch diejenigen im Raum Chimbote-Huarmey fast gleichzeitig, d. h. mit einem Spielraum von ein bis drei Tagen, eintreten. Die nämliche — wahrscheinlich meteorologische — Ursache riesigen Ausmaßes muß also in solchen Störungsjahren Bewegungen im ganzen Ozean auslösen, wobei anscheinend irgendwelche Faktoren es bewirken können, daß entweder im Süden oder im Norden die Einwirkungen auf den Perustrom kräftiger sind. Irgendeine Erklärung hierfür kann nicht gegeben und vorläufig auch noch nicht angestrebt werden.

Schott weist sehr treffend darauf hin, daß die Kräfte, die in den großen Störungsjahren 1891 und 1925 den Ozean in Bewegung gesetzt haben, nicht lokalen Ursprungs sein können, wie die gewaltige Ausdehnung des in Mitleidenschaft gezogenen Gebietes (von Balboa bis Pisco und im Westen bis weit über die Galápagos-Inseln hinaus) anzeigt; es handelt sich um eine „sehr weitgehende ozeanische Störung, die ihrerseits verursacht ist durch eine mindestens ebenso weitgreifende atmosphärische Störung“ (Schott, S. 248). Dieselben Einflüsse, obwohl in kleinerem Maßstab, müssen es gewesen sein, die 1939, 1940 und 1941 die Lage vor der peruanischen Küste so einschneidend verändert haben. Die klimatischen Folgen der Verlagerung des meteorologischen Äquators haben sich 1925 in Peru bis nach Pisco hin bemerkbar gemacht, während 1941 meteorologisch gesehen dieser Teil der Küste von katastrophalen Ereignissen nicht heimgesucht worden ist; wohl sind die Niederschläge im Hochgebirge beträchtlich gewesen und haben infolge von Berggrutschen verschiedentlich großen Schaden angerichtet, waren

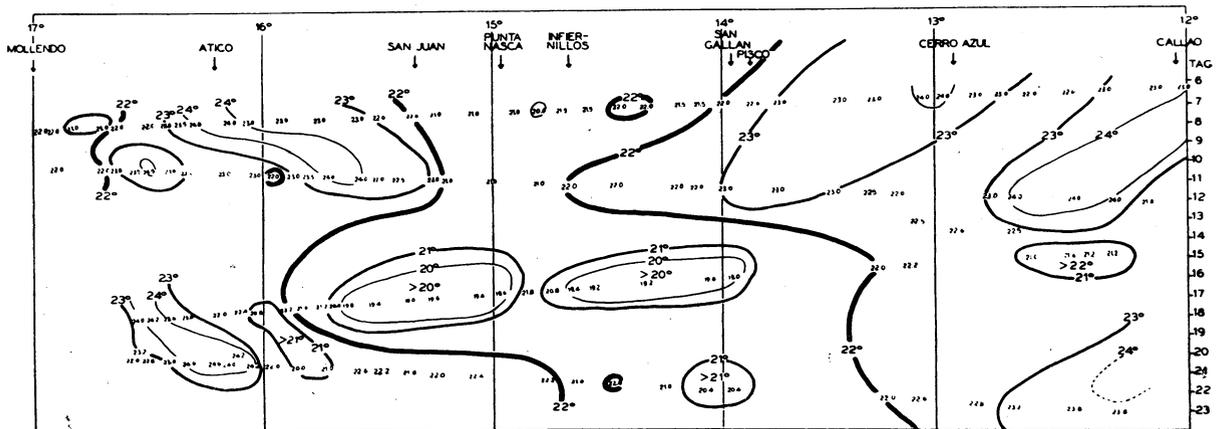


Abb. 7. Temperaturverteilung auf einem Schnitt von Mollendo bis Callao in der Zeit vom 6.—23. Februar 1941 (Darstellung in Isolethen; statt $> 20^{\circ}$, $> 21^{\circ}$, $> 22^{\circ}$ muß es heißen: $< 20^{\circ}$, $< 21^{\circ}$, $< 22^{\circ}$.)

aber nicht zu vergleichen mit dem, was 1925 geschehen war. Mit den schwächeren meteorologischen Erscheinungen gehen also die niedrigeren Wassertemperaturen zwischen Punta Aguja und Callao Hand in Hand, was auf untrennbare Verquickung der ozeanischen und meteorologischen Phänomene nur zu deutlich hinweist und der künftigen Forschung an der peruanischen Küste für Ozeanographie und Meteorologie den Weg zeigt.

Es bleibt noch übrig, kurz darauf einzugehen, was den Einbruch warmen Wassers gemäß unserer Abb. 7 über 14° Breite hinaus bis in die Zone von San Juan verursacht haben kann. Hierzu muß auf Beobachtungen der Jahre 1948 und 1949 vorgegriffen werden.

Am 15. Februar und am 7. März 1948 durchfuhren zwei verschiedene Schiffe der Guano-Kompagnie verabredungsgemäß das Gebiet westlich Pisco auf etwa 100 Seemeilen Abstand von der Küste (Ab. 8). Am 15. Februar schob sich ein schmaler Keil Wassers von 25° mit dem Zentrum auf $13^{\circ} 48'$, umgeben von Temperaturen von 24° und 23° , nach SO vor. Die Darstellung des Verlaufs der Isothermen mag unbefriedigend oder nicht überzeugend erscheinen, aber jede andere Rekonstruktion der hydrographischen Lage führt zu größeren Unwahrscheinlichkeiten, weil sich dabei das Auftreten von Temperaturen unter 23° nicht in befriedigenden Zusammenhang mit der Gesamtlage bringen läßt; wurden doch 22° nach der Kreuzung der in unserer Karte angegebenen Isothermen (mit dem Kennbuchstaben A) südwestlich von San Juan bis nach Mollendo hin nicht wieder angetroffen, was besagen dürfte, daß südlich des Einbruchgebietes der Ozean in jener Zone eben nur 22° Temperatur hatte. Jedenfalls hat sich nach dem 15. Februar der schmale Keil westlich Pisco innerhalb von drei Wochen zu einem großen Gebiet mit Temperaturen über 25° entwickelt und seinen Einfluß offenbar nicht nur nach N, sondern auch nach SO geltend gemacht.

Die Versetzung unseres Schiffes (Ende Januar 1949) zwischen $14^{\circ} 15'$ und $14^{\circ} 45'$ auf ungefähr $76^{\circ} 30' W$ um 2 Seemeilen nach S und 3,5 Seemeilen nach O innerhalb von fünf Stunden läßt ebenfalls auf einen solchen Strom schließen, der in diesem Fall in der Richtung N 119° S, also etwas südlicher als OSO, gelaufen wäre. Entsprechende Erfahrungen, wenngleich ohne die Stromversetzung berechnen zu können, waren schon

1942 mit dem Fischereifahrzeug der Guano-Kompagnie gemacht worden und werden durch fischereiliche Beobachtungen bekräftigt. Es scheint also möglich zu sein, die in unserer Abb. 7 gezeichneten Isothermen für 22° , die sich in der Richtung S entwickeln, sowie überhaupt das gelegentliche Auftreten ungewohnt hoher Temperaturen auf der Strecke zwischen San Gallán und Punta Nasca mit dem Gebiet westlich Pisco in Verbindung zu bringen, wobei vielleicht in diesen Fällen die Richtung der Strömung eine etwas mehr östliche Komponente haben müßte als diejenige, die 1949 errechnet werden konnte. Die Ausbreitung der hohen Temperaturen, die dem Raum westlich Pisco zu

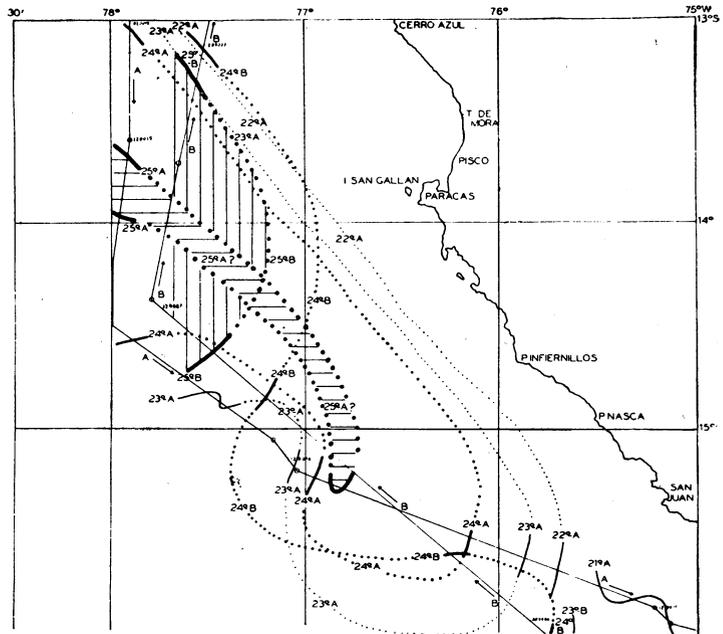


Abb. 8. Der Raum westlich Pisco, Sommer 1948
Reisen: A, Februar 070015—140017; B, März 220006—200007.

entstammen scheinen, in Richtung nach N und NO legt den Gedanken nahe, aus dieser Quelle auch den Einstrom warmen Wassers in das Gebiet südlich Cerro Azul abzuleiten. Untersuchungen hierüber sind aber noch abzuwarten.

Interessant dürfte es sein, die eigenen Beobachtungen mit gewissen Anschauungen, die sich Gunther gebildet hat, in Beziehung zu setzen. Er hat auf Schnitten durch den Perustrom auf größerem Abstand von der Küste in einigen Fällen Meeresteile gekreuzt, die eine höhere Temperatur aufwiesen als benachbarte Gebiete. In drei Fällen stellte er nun dabei eine Drift in einer südlichen Richtung fest: einmal mit 14 Seemeilen pro Tag nach SW auf dem Schnitt, der von Punta Aguja aus gelegt wurde, ein anderes Mal eine Drift nach

SW auf dem Schnitt von Lobos de Afuera, die eine Geschwindigkeit von 36 Seemeilen im Tag ergab, während im dritten Fall auf dem Schnitt vor San Juan eine 6 Seemeilen pro Tag betragende Drift nach SO ermittelt wurde. Von der bei Cabo Blanco beobachteten Versetzung nach S wird abgesehen, weil sie nach den Anschreibungen *Gunthers* auf den Niño-Strom zurückgeführt werden kann (Abb. 6). *Gunther* gibt aber an, daß diese Beobachtungen keine Verallgemeinerung zulassen (S. 133).

Die Frage nun, wie jene vorübergehend erhöhten Temperaturen mit der südlichen Drift des Schiffes in das Gesamtbild des Perustroms hineinpassen, hat *Gunther* offensichtlich die größten Kopfschmerzen verursacht. Eine, später jedoch wieder verworfene, Lösung stellt seine Figur 16 (S. 136) dar, auf der er einen kontinuierlichen Gegenstrom zum Perustrom von Cabo Blanco bis Arica konstruiert. Die zweite Lösung (Fig. 63, S. 193) teilt diesen Gegenstrom in zwei auf, von denen einer von der Höhe von Cabo Blanco aus bis Callao und der andere von etwa 15° bis Arica reichen soll. Beide Gegenströme bewegen sich nach SO und sind durch den auf der Höhe von Pisco (Insel San Gallán) scharf nach WNW vorschiebbenden Perustrom unterbrochen. *Gunther* leitet diese Gegenströme von antizyklonischen Wirbeln ab, die den starken Auftrieb vor dem nördlich Callao gelegenen Teil der Küste und denjenigen, der sich zwischen Mollendo und San Gallán vollzieht, kompensieren sollen. Die Möglichkeit eines Wechsels in der räumlichen Ausdehnung der Wirbel und ihrer Lage läßt er offen, um so die erhöhten Temperaturen vor Callao oder bei den Guañape-Inseln (S von Salaverry) erklären zu können. Ob diese Wirbel nur gelegentlich auftreten oder ein dauernder Bestandteil des Perustroms sind, entscheidet *Gunther* nicht endgültig, neigt aber offenbar zu der letzteren Ansicht, wie es auch die Darstellung von *Sverdrup-Johnson-Fleming* annimmt.

Gunthers Fig. 30 (S. 147) läßt jedoch erkennen, daß der Westrand dieser vermutlichen Gegenströmung eigentlich nur außerhalb von Callao und in WSW von San Juan durch die Temperaturbeobachtungen belegt wäre, während auf den übrigen Schnitten (Guañape-Inseln, Lobos-Inseln und Punta Foca) die vermutliche Gegenströmung nicht gekreuzt worden ist. Im übrigen wurde gegen die Konstruktion *Gunthers* schon früher (*Schweigger*, 1943 B) der Einwand erhoben, daß hierbei Beobachtungen miteinander verknüpft werden, die zeitlich viel zu weit auseinander liegen. *Gunther*, der selbst den Wechsel in der „Verteilung der Oberflächen-Isothermen von Tag zu Tag, fast von Stunde zu Stunde“ unterstreicht, durfte

nicht Beobachtungen, die durch drei Wochen von einander getrennt sind, in ein Bild zusammenfassen.

Das schmale Band warmen Wassers, das *Gunther* auf der Einfahrt nach Arica gekreuzt hat, läßt sich als eine Erscheinung des für den Südraum Camaná-Arica-Iquique geschilderten Phänomens ungezwungener erklären als durch die Verbindung mit einer schmalen Zone warmen Wassers, die drei Tage später auf dem Schnitt vor San Juan aufgefunden wurde. Die für *Gunther* erstaunliche Erhöhung der Wassertemperatur südwestlich von Salaverry wurde oben auf Grund langjähriger Erfahrungen wohl befriedigender aufgeklärt als durch einen Gegenstrom von Cabo Blanco her. Ähnliches gilt für die auf- und absteigenden Temperaturen, die *Gunther* vor Callao beobachtete und die ihn an die Wirkung von Seiches im Pacific denken ließen; sie könnten leicht durch die oben beschriebenen Vorstöße wärmeren Wassers verursacht sein, die gerade in den Monaten, in denen *Gunther* hier arbeitete (Juni/Juli), so häufig sind. Ohne die hiesigen Salzgehaltsbestimmungen bis auf die zweite Dezimale für genau zu halten, kann aber doch gesagt werden, daß das stark salzhaltige Wasser, das *Gunther* außerhalb von Callao antraf, sehr gut unseren eigenen wiederholten Beobachtungen gelegentlich des Thunfischfanges entspricht (s. Heft 2/3, S. 129).

Was nun die Strömung nach SO auf etwa 125 Seemeilen Abstand von San Juan betrifft, so läßt sich hierüber nichts aussagen, weil eigene Erfahrungen dort in so großer Entfernung von der Küste noch nicht vorliegen; die von *Gunther* festgestellte Drift (6 Seemeilen pro Tag) ist allerdings sehr gering und wesentlich schwächer als die Stromversetzung, die vorher als im Jahre 1949 bestimmt mitgeteilt wurde und die warmes Wasser auf San Juan zuzutreiben scheint. Ob nun beide Bewegungen sich aus ungefähr derselben Quelle herleiten, ob vielleicht im Winter ihre Kraft etwas abgeschwächt und der Ausgangspunkt weiter in die offene See hinausverlegt ist als im Sommer, kann natürlich nicht beurteilt werden. Immerhin aber schien es doch im Zusammenhang mit dem hier Vorgetragenen wichtig zu sein, darauf hinzuweisen, daß *Gunther* in ungefähr dem gleichen Raum eine ähnliche Beobachtung gemacht hat, wodurch die eigenen hiesigen Anschauungen eine gewisse Stütze erfahren. Mit aller Vorsicht kann soviel angedeutet werden, daß es vielleicht möglich sein wird, gestützt auf zurückliegende und neueste Beobachtungen (Sommer 1949), alle die verschiedenen hier dargestellten Einstromgebiete warmen Wassers vom Südraum bis zu den Lobos-Inseln als ein einheitliches von Süden nach Norden fortschreitendes Phänomen zu deuten. Man

hätte dabei an antizyklonische Wirbel zu denken (wie auch schon *Gunther*, aber von anderen Voraussetzungen ausgehend, vermutete), die in gewissem Zusammenhang mit Schwankungen des atmosphärischen Druckes stehen würden. Auf diese Weise würde auch der fast gleichzeitig vor sich gehende Einbruch im Süden sowie im Norden eine Erklärung finden. (Vgl. übrigens auch Fig. 13 in *Schweigger 1947*.)

Das sind die wesentlichen Ergänzungen, deren das heutige Bild des Perustroms bedarf und die das Problem, wenn auch nicht irgendwie ändern, so doch durch die ständige Tendenz warmer Wassermassen, mit der Küste zu konvergieren, verwickelter machen. Soviel sich bisher übersehen läßt, sind diese Bewegungen stets mit höherem Salzgehalt verbunden, aber Betrachtungen hierüber, ebenso wie Versuche einer Deutung dieser Phänomene, müssen so lange unterbleiben, bis es möglich ist, durch Terminfahrten große Räume tiefgründig (im wahrsten Sinne des Wortes) zu erforschen, ohne wie bisher so gut wie ausschließlich an der Oberfläche zu kleben. Jedenfalls wird aber nicht daran gedacht, für diese Tendenz des Vordringens warmen Wassers in küstennahe Gebiete etwa „Mentors Gegendrift“ heranzuziehen, über die es bisher unmöglich gewesen ist, nähere Daten zu erhalten.

Nachtrag

Die vorstehende Darstellung war bereits abgeschlossen, als die Sichtung der auf zwei Reisen (Callao-Ilo-Callao und Callao-Talara-Paita-Callao) gemachten eigenen Beobachtungen sowie die ergänzenden Anstreibungen von Handelsschiffen erst einen Überblick über den eigenartigen Sommer 1949 ermöglichten. Im Januar begannen Regenfälle bei Arica und im Südteil von Peru (Arequipa und Moquegua), die nicht nur als meteorologisches Ereignis, sondern auch in ihrer Stärke mit fast tropischem Charakter ganz ungewöhnlich waren und Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen im Jahre 1925 hatten.

Die Reise nach Ilo (22. bis 25. Januar) ergab die schon erwähnte Beobachtung warmen Wassers, das, nach der Stromversetzung zu schließen, wahrscheinlich aus dem Raum westlich Pisco abströmte, sowie hohe Temperaturen vor Camaná (24° und mehr). Zwischen dem 26. und 29. Januar setzte der gleichfalls schon erwähnte Strom nach OSO ein. Auf der Rückreise nach Callao (30. Januar bis 3. Februar) zeigte sich zunächst etwa auf der Breite von Camaná wie gewöhnlich warmes Wasser mit vermehrtem Salzgehalt, aber mit Temperaturen, wie sie dort bisher noch nicht festgestellt worden sind (bis zu 26,3°). Auf den eigenen sowie auf den fremden Reisen ist die Er-

höhung der Temperatur, die bei San Juan auftritt (Reisen von S nach N) oder bis San Juan reicht (Reisen in umgekehrter Richtung), regelmäßig erwiesen. Während der Rückreise nach Callao waren die Winde äußerst schwach und von den normalen Richtungen völlig abweichend. Erneute und heftige Regenfälle hatten zu gleicher Zeit bei Arequipa eingesetzt und sich inzwischen auch nach N ausgedehnt, so daß Täler Wasser führten, die seit langen Jahren trocken waren. Die Salzgehalte lagen fast gleichmäßig auf 35 ‰, also höher als in normalen Jahren, was vielleicht durch stärkere Verdunstung erklärt werden kann, wenn nicht in geringem Umfang auch dem Einbruch warmen und salzreicheren ozeanischen Wassers im Süden zugeschrieben werden darf.

Die hohen Temperaturen im Raum Mollendo-Camaná verflachten sich in den darauf folgenden Tagen, wie die Beobachtungen eines fremden Schiffes auf der Reise zwischen Callao und Mollendo und zurück ergeben, dehnten sich aber in mittlerer Höhe (etwa 22°) entlang der ganzen Küste zwischen Mollendo und San Gallán aus und stiegen mit Annäherung an Callao.

Am 18. Februar begann die Reise nach dem Norden und wurde zunächst auf einem direkten Kurs zwischen den Inseln Mazorca und Lobos de Afuera ausgeführt, mußte dann aber leider wegen Maschinendefektes in größerer Nähe der Küste fortgesetzt werden; außerdem sollte Eton angefahren werden. Dort, also an der Küste (!), war in der Nacht vom 21. zum 22. Februar Regen gefallen, der auch uns in den folgenden Nächten (22./23. und 23./24. Februar) auf See und sogar in beträchtlicher Stärke überraschte. In diesen beiden letzten Nächten gingen auch zwischen Talara und Paita schwere Küstenregen nieder, während es im Norden von Talara und dort selbst in schwächerem Maße schon länger vorher geregnet hatte.

Die Temperaturen zwischen dem 4. und 18. Februar auf der Strecke Callao-Punta Aguja waren nicht besonders hoch. Am 19. Februar machten sich die ersten Anzeichen erhöhter Temperaturen (bis 24°) vor Huarmey und vor Chimbote (hier etwas niedrigere) bemerkbar. Nördlich von Punta Aguja begann am 23. Februar wärmeres Wasser einzudringen; zwischen Punta Foca und Cabo Blanco lagen die Temperaturen mit geringen Schwankungen wieder mehr oder weniger bei 23,5°. Alle Salzgehalte, die zwischen dem 18. und dem 24. Februar ermittelt wurden, waren mit 34,7 ‰ im Durchschnitt auffallend niedrig. In Küstennähe, besonders von Chimbote an, trieben viele tote Guanovögel auf der Oberfläche, und sterbende oder tote wurden von fast allen Stränden im Nordteil von Peru bis Talara hin gemeldet.

Während des Aufenthaltes in Talara am 24. Februar (zwischen 0830 und 1630) war von Cabo Blanco her ein Südstrom durchgebrochen, der außerhalb Talara das Wasser blau gefärbt hatte; die Temperatur war auf 25,2° gestiegen (2° höher als am Morgen), der Salzgehalt auf 33,9 ‰ gefallen. Es muß die Möglichkeit eingeräumt werden, daß die selten großen Wassermassen, die der Chira-Fluß seit dem Vortag dem Meer übergab, die Erniedrigung des Salzgehaltes mit beeinflusst haben, jedenfalls sank dieser auf der Fahrt von Talara nach Paita vor der Mündung des Flusses bis auf 32,8 ‰, um weiter im Innern der Bucht von Paita wieder bis auf 34,3 ‰ zu steigen. Der Südstrom beherrschte dann ab 25. Februar die Lage bis zum 6. März und hatte zur Folge, daß das Wasser des Chira-Flusses nun in geringerem Ausmaße nach dem offenen Meer hin abfloß und zum größeren Teil in das Innere der Bucht von Paita versetzt wurde, wo noch nach den Springfluten (Mondwechsel am 27. Februar) ungewöhnlich hohe Wasserstände beobachtet wurden.

Eine Reise von Talara nach Callao zwischen dem 27. Februar und dem 1. März zeigt deutlich den kräftigen Vorstoß von Wasser mit 24° in die Küstengebiete mit zwei Zentren, Lobos-Inseln und Raum von Chimbote, wo sich die 24°-Isotherme über die früher beobachtete Isotherme für 23°, ja zum Teil über jene für 22° hinwegzieht. Der Kapitän eines Schiffes der Guano-Kompagnie, der am 6. März morgens in Paita eintraf, berichtete noch von starkem Südstrom, der ihn zurückgehalten hätte, aber im Lauf des gleichen Tages oder spätestens in der Nacht zum 7. März hatte sich ein starker Nordstrom durchgesetzt, der dem auf der Rückfahrt benutzten Schiff zwischen Paita und Salaverry mit etwa 1,5 Knoten entgegenlief, während sich auf der Weiterreise zwischen Chimbote und Callao (genauer: Insel Mazorca) eine geringe Beschleunigung nachweisen ließ, offenbar infolge des Südstroms zwischen Huarmey und Supe. Mit dem Stromwechsel hatte sich auch der Salzgehalt durchgreifend geändert und lag während der ganzen Fahrt bei etwa 35,1 ‰; die Wassertemperaturen waren bis zu den Lobos-Inseln noch so hoch wie sieben Tage vorher (24°), aber weiter im Süden wiesen sie eine kräftige Abkühlung auf.

Der Höhepunkt des hiesigen Sommers 1949 lag also etwa in der Woche zwischen dem 27. Februar und dem 6. März, während zwischen Callao und Mollendo, besonders aber im Raum Camaná-Mollendo so hohe Temperaturen wie am 31. Januar in den darauf folgenden Wochen bis zum 5. März sich nicht wiederholten.

Der schon im Jahre 1948 auf Grund der damaligen Beobachtungen vorausgesagte warme und regenreiche Sommer 1949 ist zwar tatsächlich ein-

getreten, aber die weitere Entwicklung, die sich im Süden schon im Januar eingeleitet hatte, wurde durch verschiedene Vorstöße von Kaltluftmassen aus dem Süden immer wieder unterbrochen, wobei starke Winde den Nordstrom kräftigten, so daß der Südstrom zurückgehalten oder überwunden werden konnte. Der meteorologische Äquator war in diesem Jahr weiter nach Süden gerückt als normal, und trotzdem scheint es, daß sich das Hochdruckgebiet im Süden des Pacific stärker erhalten habe als man hätte annehmen dürfen. Eine Darstellung der Beobachtungen auf See und der gleichzeitigen meteorologischen Vorgänge gemäß den Wetterkarten für den südamerikanischen Kontinent, die die Osterinsel mit einbegreifen, ist vorzusehen.

Mit ziemlicher Sicherheit kann angenommen werden, daß die 1948 begonnene Bewegung ozeanischer Wassermassen auf die peruanische Küste zu mit Beendigung des diesjährigen Sommers keineswegs zum Stillstand gekommen ist und daß sich dasselbe Phänomen im Mai oder Juni dieses Jahres und im Sommer des nächsten Jahres wahrscheinlich mit Intensität fortsetzen wird.

Literatur

1. Ältere Literatur

Acosta, José de, Historia moral y natural de las Indias. Sevilla. 1604.

Cieza de León, Pedro, Primera parte de la crónica general del Perú. Sevilla. 1553.

Zarate, Augustin de, Historia del descubrimiento y conquista del Perú. (Sevilla?). 1555.

Fitz-Roy, R., Narrative of the Surveying Voyages of His Majesty's Ships "Adventure" and "Beagle" etc. 1839.

Carrillo, Camilo N., Estudios sobre las corrientes oceánicas y especialmente de la Corriente de Humboldt. Soc. Geogr. de Lima, Vol. II. 1892.

Carranza, Luis, Contracorriente marítima observada en Paita y Pacasmayo. Bol. Soc. Geogr. de Lima, Vol. I. 1891.

Eguiguren, D. Victor, Las Lluvias de Piura. Bol. Soc. Geogr. de Lima, Vol. IV. 1894.

García y García, Aurelio, Derrotero de la costa del Perú. Lima. 1863.

Melo, Rosendo, Derrotero de la costa del Perú. Lima. 1913.

2. Neuere Literatur

Brongersma-Sanders, Margaretha, The importance of upwelling Water to vertebrate Palaeontology and Oil Geology. Vhdl. Konkl. Nederlandsche Akad. von Wetenschappen. Afd. Natuurkunde. Sect. 2. Teil XLV, No. 4. 1948.

Galtsoff, Paul S., The Mystery of the Red Tide. The Scientific Monthly, Vol. LXVIII. 1949.

Gunther, E. R., A Report on Oceanographical Investigations in the Peru Coastal Current. Discovery Reports, Vol. XIII. 1936.

Lavalle, José A. de, Estudio de la emigración y mortalidad de las aves guaneras ocurridas en los meses de mayo y junio del año 1923. Memoria de la Comp. Adm. del Guano, Vol. XV. 1924.

Schott, Gerhard, Der Perustrom und seine nördlichen Nachbargebiete in normaler und anormaler Ausbildung. Ann. d. Hydrographie u. Maritimen Meteorologie. 1931.

Schweigger, Erwin, Tres estudios referentes a la Oceanografía del Perú. 1. Los fenómenos en el mar desde 1925 hasta 1941 en relación con observaciones meteorológicas efectuadas en Puerto Chicama, 2. La Bahía de Pisco, 3. La Bahía de Chimbote. Lima. 1943 — A.

ders., Pesquería y Oceanografía del Perú. Lima. 1943 — B.
ders., La legítima Corriente del Niño. Bol. Comp. Adm. del Guano, Vol. XXI. 1945.

ders., El litoral Peruano. Lima. 1947.

Stiglich, German, El fenómeno marítimo del aguaje. Bol. Comp. Adm. del Guano, Vol. VII. 1931.

Sverdrup, H. U. — Johnson, Martin W. — Fleming, Richard H., The Oceans. New York. 1942.

Zorell, Franz, Der „El niño“-Strom im Jahre 1925. Ann. Hydrogr. Vol. LVI. 1928.

Hydrographic Office. — Sailing Directions for South America. Vol. III. Washington. 1938.

DISKUSSION ÜBER DEN SOMMERMONSUN IN OSTASIEN

Bemerkung zur Entstehung der starken Sommerregen über Ostasien

Der in der „Erdkunde“ III, 1, 1949, erschienene Aufsatz von H. Lautensach, „Ist in Ostasien der Sommermonsun der Hauptniederschlagsbringer?“, beschäftigt sich auch eingehend mit dem wissenschaftshistorischen Standpunkt dieser Frage. Daher möchte ich nicht verfehlen, hierzu einige Ausführungen zu machen, da ich mich in den Jahren 1927 bis 1939 eingehend zum Teil messend an Ort und Stelle mit dieser Frage befaßt habe. Dann aber scheint es mir angebracht, einige weitere bisher nicht veröffentlichte Gedanken zu den Problemen niederzulegen, die mir bei einer umfassenden Bearbeitung der vorwiegend aus Mittel-, Ost- und Südasien stammenden synoptischen wie klimatologischen Beobachtungen gekommen waren. Leider hat der Ausgang des Krieges diese gesamten Unterlagen in Breslau verloren gehen lassen.

Die Beobachtungen im Sommer 1927 in der östlichen Steppenzone der Gobi klärten bald, daß zum mindesten dort der Mechanismus des vorgreifenden Sommermonsun ein stoßartiger ist. Ein mehr oder weniger kontinuierliches Einströmen einer „regenbringenden“ Monsunströmung in strengem Sinne war nicht vorhanden und wurde auch nach den Bemerkungen von Hann, Handbuch der Klimatologie 1911, nicht erwartet. Vielmehr machte alles den Anschein, als ob die wolkenbildende sehr feuchte „Monsunströmung in Bodennähe“, die tiefer in das Innere des Kontinents eindringt, eine Folgeerscheinung, „ein passives Nachfolgen“ der sich in einzelnen Abständen ausbildenden Störungen der allgemeinen Zirkulation sei.

Nach Conrad (Met. Zeitschrift 1937, 54) kann der Monsun einzig und allein als „ein unteilbarer Jahreszyklus angesehen werden mit Trockenheit im Winter und Regen in bestimmten Sommermonaten und gleichsinnig verlaufenden Schwankungen von Niederschlag, Bewölkung und relativer Feuchte“. Als vorherrschende Winterwinde werden in Ostasien die W bis NW-Winde angesehen und als Sommerwinde die aus NE bis S. Der Beginn der länger anhaltenden eigentlichen Sommermonsunzeit ließ sich 1927 (Beiträge zur Physik 1931, Abb. 7) gut belegen. „Die Anreicherung der Luft der unteren Schichten kommt entweder durch Advektion feuchter Luft zustande oder durch Ver-

dunstung gefallenen Niederschlags. Es zeigt sich, daß Betrag und Zeit von Regen nicht vollständig synchron mit den Tagen hohen Feuchtigkeitsgehaltes verlaufen, sondern es ist jetzt bestimmt anzunehmen, daß die Advektion feuchter Luft aus Nordost, Südost und Süd eine große Rolle hierbei spielt.“

Hier wurde auch auf die immer wiederkehrenden, im Sommer und Winter auftretenden Abkühlungen (Einbrüche kalter Luft) hingewiesen, „die auch während der Monsunzeit auftreten, aber durch ihn — nämlich durch den jetzt zur Verfügung stehenden sehr hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft — eine Verstärkung erfahren und so nun Bringer von Feuchtigkeit (Regen) ins Innere des Landes werden“.

Gegenüber den Wellen und Wirbeln, die entlang der allgemeinen Polarfront von Westen nach Osten über Sibirien hinwegziehen und auch zu allen Jahreszeiten das Wetter in der Gobi beeinflussen, mußte noch ein weiterer Mechanismus in Gestalt einer mehr oder weniger stationär sich ausbildenden Grenzfläche hinzukommen, die mit wellenartigen Störungen vom Frühjahr zum Sommer fortschreitend zur Auswirkung gelangt. Daß die eigentliche bodennahe, mit Beginn des Sommers flach aufkommende, vorherrschende Monsunströmung allein im eigentlichen Sinne nicht der Regenbringer war, zeigte auch die auf Grund der Messungen 1927 vorgenommene rohe Auszählung der Windrichtungen am Boden und an den Regenwolken-grenzen (beides veröffentlicht 1931 in den Beiträgen zur Physik). Diese Erfahrungen ließen mich 1929 Sven Hedin den Vorschlag machen, die Verhältnisse mit Hilfe von Temperatur und Feuchtemessungen, also von Drachenaufstiegen, näher zu untersuchen. Um das Einverständnis hierzu auch von Seiten der Chinesen zu holen, schickte mich Sven Hedin im Dezember 1929 zu Prof. Coching Chu nach Nanking, Zentralobservatorium. Dort trug ich diesem im Verlauf eines zweitägigen Besuches meine Gedanken über den Sommermonsun, Entstehung und Erstreckung der Sommerregen vor und wies auf die Wichtigkeit hin, Temperatur- und Feuchtwerte aus der freien Atmosphäre zum Beweis des Frontalcharakters der starken Sommerregen zu erhalten. Prof. Coching Chu leuchteten meine Ausführungen ein. Er sicherte mir seine Unterstützung zu und entsandte zur Durchführung der Drachenaufstiege 1931—32 zwei seiner Schüler als Helfer.