

## DER PERUSTROM NACH ZWÖLFJÄHRIGEN BEOBACHTUNGEN

E. Schweigger, Lima (Peru)

Mit 8 Abbildungen

*Vorbemerkung*

Die drei Hauptwerke, die in den nachstehenden Zeilen häufiger erwähnt werden, *Schott* (1931), *Gunther* (1936) und *Sverdrup-Johnson-Fleming* (1942) erscheinen im Text ohne die übliche Beigabe der Jahreszahl ihrer Veröffentlichung.

Da alle hier erwähnten geographischen Breiten Südbreiten und alle geographischen Längen westliche Längen sind, konnte bei allen Ortsangaben die entsprechende Bezeichnung S oder W fortgelassen werden.

Bei Angabe von Uhrzeiten sind Stunden und Minuten als vierstellige Ziffern geschrieben; auf Karten sind zur Unterscheidung der Tage die Nummern der Tage als 5. und 6. Ziffern angehängt. Es bedeutet daher 130510 13 Uhr, 5 Minuten am 10., oder 120009 12 Uhr am 9. des betreffenden Monats.

Windrichtungen, Richtung von Strömen oder sonstige Richtungsbezeichnungen sind z. T. durch die aus der Kompaß-Einteilung bekannten Buchstaben ausgedrückt.

Die grundlegenden hydrographischen und klimatischen Erscheinungen, die das peruanische Küstengebiet kennzeichnen, der kalte nach N und W setzende Strom und die beständigen, eigentlich nur zwischen SO und S schwankenden Winde, sind bekannt, seitdem Europäer anfangen, Beschreibungen ihrer Kriegstaten oder Reisen in Peru und entlang der Westküste Südamerikas zu veröffentlichen. Eben solange fühlte man, wie schon die erste Darstellung Perus zeigt, die auf Beobachtungen im Jahre 1543 zurückgeht (*Pedro de Cieza de León*, 1553), daß die Trockenheit des Küstenstreifens, nur gelegentlich durch verheerende Regenfälle unterbrochen, in irgendeiner Form mit Wind und Strom zusammenhänge (*Zárate*, 1555). Der dritte der großen spanischen Berichterstatter, *J. de Acosta* (1604), bestätigt die von seinen Vorgängern gemachten Schilderungen und illustriert die niedrigen Temperaturen des Meerwassers vor der Küste durch die Mitteilung, daß die spanischen Seefahrer ihre Getränke in den Häfen kühlten, indem sie die Flaschen über Bord hängten.

Nichts Neues wurde über den peruanischen Strom bekannt während der zweieinhalb Jahrhunderte, die der Eroberung Perus durch die Spanier folgten, bis im September 1802 *Alexander von Humboldt*, als erster mit einem Thermometer, staunend vor dem kalten Wasser am offenen Strand vor Trujillo stand. Später nahm er Temperaturen in Callao und anderen Plätzen und stellte fest, daß mit der Entfernung von der Küste die Temperaturen im offenen Ozean steigen. Wenn er selbst auch keine Theorie über den Strom an sich aufstellte, sondern vielmehr an der alther-

gebrachten Auffassung festhielt, daß der Strom sich von der Antarktis herleite, so hat er jedenfalls den zündenden Funken in den Problemkomplex geworfen, indem er als erster darauf hinwies, daß das Klima an der Küste, deren Trockenheit, die dichte Wolkendecke über dem Land und die große relative Feuchtigkeit der Luft eine Folge des kalten Stromes seien. Vor allem aber lenkte er, dank seiner weltumspannenden Kenntnisse, die Aufmerksamkeit darauf, daß die Wassertemperaturen vor der peruanischen Küste weit hinter den Werten zurückbleiben, die sie gemäß ihrer geographischen Breite haben sollten.

Auf *Humboldts* Veröffentlichung folgten etwa fünfzig Jahre angefüllt mit wissenschaftlichen Forschungsreisen, an denen die Franzosen besonders starken Anteil hatten, während englische und nordamerikanische Expeditionen mehr in den Hintergrund traten und von deutscher Seite nur die preußische Schaluppe „Mentor“ sich durch ihre Beobachtung einer Gegenströmung, „Mentors Gegendrift“ benannt, hervortat.

Die wissenschaftliche Diskussion der gemachten Beobachtungen setzte ein, die Segelhandbücher wurden geschrieben, die auf Ströme und Stromversetzung viel mehr Rücksicht nehmen mußten als die moderneren Beschreibungen der Küstenfahrt im Interesse der Dampfschiffahrt. Solange Beobachtungen über Strömung und Temperatur von Segelschiffen aus gemacht wurden, lagen die Beobachtungsorter ziemlich zerstreut vor der südamerikanischen Westküste auf breiter Bahn, die sich nicht nur aus der Route zwischen den einzelnen Häfen ergab, sondern außerdem sich durch die schwierige Segelschiffahrt gegen Wind und Strom auf Reisen von Norden nach Süden erweiterte. Seit der Einführung der Dampfschiffahrt verengert sich der Streifen des Meeres, in dem die vierstündlichen Temperatur-Beobachtungen vorgenommen werden. Charakteristisch dafür ist, daß für die große klimatische und hydrographische Störung vor der peruanischen Küste im Jahre 1891 Beobachtungen von nicht weniger als zehn deutschen Segelschiffen zur Verfügung stehen, die weite Flächen des Ozeans mit den wertvollsten Einzeldaten beleuchten. Im Gegensatz dazu konnte sich die Analyse *Schotts* der Störung des Jahres 1925 zwar auf eine fast ebenso große Zahl von Dampferreisen stützen, deren Beobachtungen sich aber ausschließlich auf küstennahe Gebiete erstrecken und den weiten Raum des

Ozeans im Dunkeln lassen. Dieser Umstand bietet zwar den ungeheuren Vorteil, daß die von den Schiffen befahrene Route relativ so wenig nach Osten oder Westen schwankt, daß man die Einzelbeobachtungen sehr gut zu gesicherten Isoplethen-Karten benutzen kann, wie das *Scott* so geschickt und eindrucksvoll getan hat, verengt aber den Horizont und verhindert die Kombination gleichzeitiger küstennaher und küstenferner Beobachtungen.

Von der größten Bedeutung für die Kenntnis des Perustroms wurden in den letzten zwanzig Jahren zwei wissenschaftliche Expeditionen, die nach modernen Gesichtspunkten arbeiteten: die erste war die Fahrt des nordamerikanischen For-

des eigentlichen Perustroms vom Süden Chiles bis nach Santa Elena, dem nordwestlichen Eckpfeiler des Golfes von Guayaquil (Abb. 1), ausführte. Vor der peruanischen Küste arbeitete das Schiff zwischen dem 20. Juni und dem 24. August 1931 und belegte, von sechs Punkten an der Küste ausgehend, Querschnitte durch das Stromgebiet mit ozeanographischen Stationen.

Dieser kurze historische Abriss erhebt keineswegs einen Anspruch auf Vollständigkeit; manche Reisen und Expeditionen, wie z. B. jene des „Beagle“, „Challenger“, „Albatros“, ferner des Kreuzers „Emden“ (1927) sind nicht erwähnt. Aber es handelt sich hierbei um Unternehmungen, die sich mit dem Perustrom nicht ausschließlich beschäftigten. Bedeutungsvoll sind die ersten Anfänge eigener peruanischer Forschung, ausgeführt im Auftrag der Guano-Kompagnie (Compañía Administradora del Guano, Lima), d. h. Untersuchungen über die Störungen des normalen biologisch-oekologischen Komplexes im Leben der Guanovögel infolge von hydrographischen Veränderungen, Arbeiten, die von *J. A. de Lavalle* ausgeführt worden sind.

Aus all diesen Forschungen hat sich nun ein einheitliches Bild des Perustroms ergeben, das sich folgendermaßen zeichnen läßt:

Der Perustrom ist ein Teil der großen süd-pazifischen Zirkularbewegung um das barometrische Hochdruckgebiet im SO des Ozeans herum. Wenn sich zwar auch theoretisch ein Umlauf durch das ganze ozeanische Gebiet von Südamerika bis Australien denken läßt, so ist doch jedenfalls eine so weit ausgreifende Strömung nicht mit Sicherheit anzunehmen, sondern vielmehr eine Teilung in ein östliches und ein westliches Stromsystem, was mit der im Sommer auftretenden Spaltung des süd-pazifischen Hochdruck-Gebietes in ein östliches und ein westliches Zentrum zusammenhängen dürfte (*Sverdrup-Johnson-Fleming*). Von etwa 32° Südbreite schiebt sich der Strom nach der Konvergenz von subantarktischem und subtropischem Wasser an der chilenischen Küste entlang, ausgezeichnet durch tiefe Temperaturen des Oberflächenwassers. Die nordwärts gerichtete Strömung wird unterstützt durch die beständigen anticyklonischen Winde, die vor der chilenischen Küste bis in die Gegend von Iquique-Arica eine mehr südliche Richtung haben, aber weiter im Norden an der peruanischen Küste zum Südost-Passat umschwenken. Die niedrigen Temperaturen, vor allem an der peruanischen Küste, erklären sich durch Auftrieb tiefen und demgemäß kalten Wassers infolge der an der Küstenstrecke bestehenden Tendenz des Oberflächenwassers, nach Westen divergierend abzufließen. Die durch den Auftrieb

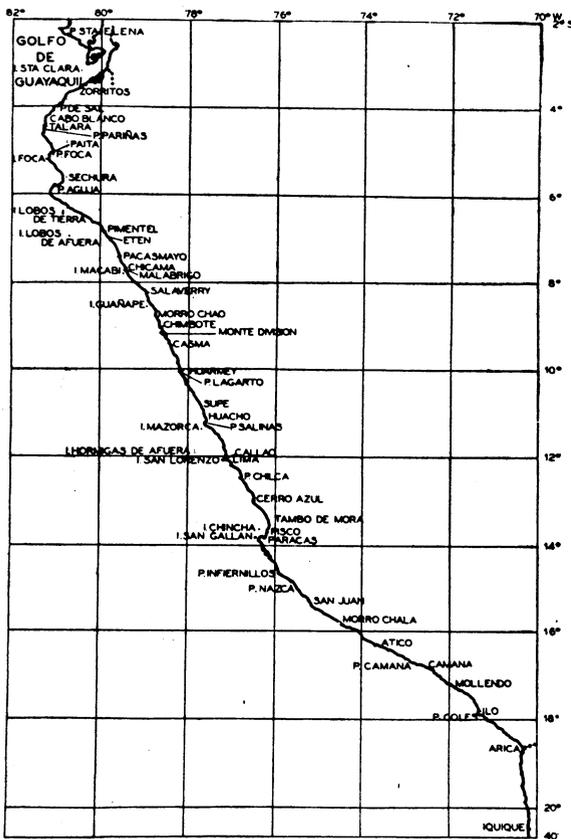


Abb. 1. Küste von Peru mit angrenzenden Teilen von Ecuador und Chile

I = Insel; P = Punta (= Kap oder Vorgebirge)

schungsschiffes „Carnegie“, das Anfang 1929 im Gebiet des Perustroms arbeitete, eine Teilaufgabe seines größeren Forschungsprogramms ausführend. Die zweite Reise ist die des englischen Forschungsschiffes „William Scoresby“ mit dem englischen Ozeanographen *E. R. Gunther* an Bord, der die bisher erste systematische Untersuchung im Gebiet

in Anspruch genommenen Schichten reichen jedenfalls nicht über 300 m in die Tiefe hinaus und stammen im Mittel aus 133 m Tiefe (*Gunther*). Der Salzgehalt an der Küste beträgt etwa 34,9 ‰ und ist im freien Ozean höher. Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Stromes beträgt ungefähr 15 Meilen im Etmal, steigert sich aber weiter im Norden. Der Strom begleitet die peruanische Küste bis Punta Aguja (6°, Needle-Point) im Südsummer, wo der größte Teil nach WNW abschwemmt; weitere Teile setzen sich bei Punta Pariñas (4°40') von der Küste ab, während im Winter ein großer Teil des Stromes bei Cabo Blanco (4°17') endgültig von der peruanischen Küste weg nach WNW einschwenkt. In immer ungestümem Lauf mit wesentlich höheren Geschwindigkeiten zieht der Strom schließlich südlich der Galápagos-Inseln vorbei, auch dort noch sich durch niedrige Wassertemperaturen kenntlich machend.

Eine viel erörterte Frage ist die nach der Breite des Perustroms, die *Gunther* in seiner Studie gleichfalls behandelt. Er teilt den Peru-Küstenstrom (Peru Coastal Current) vom Ozeanischen Perustrom (Peru Oceanic Current) ab und rechnet als das Gebiet des Peru-Küstenstroms dasjenige, in dem die Oberflächen-Isothermen nach Norden umgebogen sind und ungefähr parallel zur Küste verlaufen. Der Ozeanische Perustrom würde dann nach Westen bis in die Längen reichen, in denen die bis dahin WO liegenden Oberflächen-Isothermen nach NO umbiegen. Demgemäß gibt *Gunther* die Breite des Peru-Küstenstroms bei 10° mit 1000 Seemeilen, bei 20° (Breite von Iquique) mit 900 Seemeilen an, während auf 30° (Breite von Coquimbo) die Ausdehnung des Stromgebietes nach Westen immer noch 180 Seemeilen betragen würde.

*Gunther* weist indessen auf die grundlegenden physischen, meteorologischen und biologischen Unterschiede hin, die sich jedem nach der Durchquerung des für das peruanische Küstengebiet und seinen Strom so kennzeichnenden grünen Wassers mit dem Eintritt in den prächtigen, ultramarinblauen Ozean aufdrängen; und so scheint es doch wohl gegebener zu sein, den eigentlichen Küstenstrom auf dieses grüne Wasser zu beschränken, ein Gebiet, das im Winter bis auf 150 oder mehr Seemeilen reichen kann, im Sommer aber auf 80 bis 100 Seemeilen verengt ist, in dem sich die normalen Erscheinungen, die zum Perustrom gehören, ebenso wie die anormalen, die von ihnen ja nicht zu trennen sind, ausschließlich abspielen.

Dieses Idealbild des Perustroms wird nun aber durch verschiedene Phänomene gestört, die von *Sverdrup-Johnson-Fleming* in Anlehnung an die Darstellung von *Schott* als Niño-Störungen gekennzeichnet werden. Diesen Begriff führte leider

— mit Bedauern wird dies ausgesprochen — *Schott* so erfolgreich ein, daß es seitdem keine Darstellung des Perustroms gibt, in dem nicht diese, wie sich zeigen wird, irreführende Strombezeichnung vorkommt. Schon *Zorell* (1928) hat die peruanische und englische Literatur über diesen Strom ausgiebig zitiert, ohne aber zu einer endgültigen Klarstellung der Nomenklatur zu kommen. Die Störungen, die wirklich gemeint sind, machen sich durch erhöhte Temperaturen und geringeren Salzgehalt des Oberflächenwassers kenntlich und gehen so weit, daß der Perustrom in seinem Verlauf, nicht nur nach Norden, sondern insbesondere nach den Galápagos-Inseln hin, aufgehoben wird (*Schott*); an seine Statt tritt ein im wesentlichen nach SO gerichteter Strom, begleitet von Gewittern und tropischen Regengüssen an der Peruanischen Küste, der gemäß dem Isoplethen-Diagramm von *Schott* bis 14° (Breite von Pisco) reichen kann. Eine solche maximale und gleichzeitig katastrophale Störung ist glücklicherweise sehr selten; die beiden letzten ereigneten sich 1891 und 1925.

*Sverdrup-Johnson-Fleming* fügen dieser allgemeinen Charakterisierung hinzu: „Die nach Süden hin abnehmenden Temperaturen des ‚El Niño‘ deuten an, daß sein Wasser sich mit den normalen kalten Küstenwässern mischt, und während dieses Mischungsprozesses werden die Organismen des Küstenstroms, vom Plankton bis zu den Fischen, in ganz großem Umfang vernichtet. Tote Fische bedecken später den Strand, wo sie, sich zersetzend, die Luft und das Küstenwasser verpestern (befoul). Dabei kann soviel Schwefelwasserstoff freigesetzt werden, daß die Farbe der Schiffe sich schwärzt, eine Erscheinung, die als ‚Callao-Painter‘ bekannt ist.“ — Natürlich bezieht sich die Schilderung nur auf die ganz großen Störungen, die im Gebiet des Perustroms auftreten können, wie z. B. 1891 und 1925.

Um das Bild der möglichen Störungen des normalen Perustroms zu vervollständigen, sei hier aus dem Handbuch *Sverdrup-Johnson-Fleming* noch folgender Absatz wörtlich wiedergegeben: „Der ‚El Niño‘ ist nicht der einzige Strom, der warmes Wasser an die Küste von Peru bringt mit der Begleiterscheinung der Vernichtung der in Küstennähe lebenden Organismen. Hohe Temperaturen vor der Küste scheinen ein alljährliches Vorkommnis in etwa 9° bis 12° S während der Monate April bis Juni zu sein, d. h. auf der Breite von Callao und nördlich davon. Diese hohen Temperaturen sind, wie *Gunther* ausführt, auf eine stärkere Entwicklung des warmen Zweiges des nördlichen Wirbels zurückzuführen; das Wasser, das sich der Küste nähert, ist in diesem Falle Wasser des offenen Ozeans (Offshore oceanic

water) von hoher Temperatur und relativ hohem Salzgehalt. Der vernichtende Einfluß auf die marinen Organismen ist viel milder als der des ‚El Niño‘, aber seinerseits von ähnlichem Charakter. Er kann zur Abtötung von Plankton und Fischen führen und eine Abwanderung der Guanovögel veranlassen, aber er wird normalerweise angezeigt durch einen Wechsel der Farbe des Küstenwassers und die Entwicklung von Schwefelwasserstoff. Örtlich sind solche Veränderungen unter dem Namen ‚aguaje‘ bekannt, ein Ausdruck der synonym mit ‚Callao Painter‘ benutzt wird. Die Annäherung des ozeanischen Wassers an die Küste ist nicht von verheerenden meteorologischen Ereignissen begleitet.“

Das ist der Stand der heutigen literarisch festgelegten und in der englischen und deutschen Literatur als gültig angesehenen Auffassung des Perustroms. Daß sich Einzelheiten, bedeutendere und unbedeutendere Teile des Gesamtbildes nicht mehr halten lassen, soll nun im folgenden dargelegt werden, wobei aber von vornherein die Einschränkung gemacht werden muß, daß es bisher in Peru nicht möglich gewesen ist, trotz der anerkannten Notwendigkeit die vorgeschlagenen Terminfahrten mit Untersuchungen bis auf 2000 m Tiefe zu verwirklichen; infolgedessen beschränken sich alle weiteren Ausführungen nur auf Oberflächen-Zustände, seien es Temperaturen oder Salzgehalte.

Es ist von jeher das Unglück des Perustroms gewesen, die allgemeine Aufmerksamkeit so sehr auf sich zu lenken, daß jeder, der einmal an der peruanischen Küste verweilt oder eine Reise entlang dieser unternommen hat, sich bemüßigt fühlte, daß, was er gesehen hat, zur Darstellung zu bringen und so zu behandeln, als sei es die typische und gewöhnliche Erscheinung in diesen Gewässern.

Auf der anderen Seite ist, zum mindestens nach der vorzüglichen Beschreibung der normalen Verhältnisse durch *Schott* die Vorstellung einer außerordentlichen Einförmigkeit der hydrographischen, klimatischen und biologischen Verhältnisse entlang der peruanischen Küste geschaffen worden, so daß selbst ein so aufmerksamer Forscher wie *Gunther* dazu verleitet wurde, das, was er beobachtete, als typisch zu nehmen, ohne offenbar auf den Gedanken zu kommen, daß Abweichungen von dem bekannten Schema irgend etwas bedeuten könnten. Ein Drittes, was zu Irrtümern geführt hat, ist der Mangel an Kenntnis der spanischen Sprache, so daß die peruanische Literatur entweder unvollkommen gewürdigt oder falsch übersetzt worden ist.

Der Titel des vorliegenden Aufsatzes unterstreicht nicht ohne Absicht die zwölfjährige Dauer der Beobachtungen vor der peruanischen Küste; denn bis zum heutigen Tage gibt es keine Beschreibung des Perustroms, die sich auf eine so lange Zeit der intensivsten Feldarbeit stützen könnte. Und trotzdem ist es nicht die Absicht, die veränderten Gesichtspunkte, die vorzutragen sein werden, als endgültig hinzustellen, denn es fehlen, wie schon angedeutet, vorläufig noch die Voraussetzungen, die in der modernen dynamischen Ozeanographie unerlässlich sind, um endgültige Aussagen über Ströme, ihre Richtungen und Stärken zu machen. Der Perustrom ist jedenfalls keineswegs eine so einförmige Erscheinung, daß Verallgemeinerungen aus gelegentlichen Beobachtungen möglich sind, und bisher hat noch niemand das Glück gehabt, dieses interessante Phänomen zwölf Jahre hindurch studieren zu können. In einer so langen Zeit prägen sich Einzelheiten ein, die dem nur kurz verweilenden Forscher unter der Fülle der Eindrücke unbemerkt verlorengehen, kleine Anomalien, die der Durchreisende bestenfalls als Ausnahmen von der mit Großartigkeit zur Schau gestellten Gesamterscheinung wertet, die nicht beachtenswert sind oder zu sein scheinen; wenn man aber immer wieder in der gleichen Zone dieselbe Anomalie beobachtet, dann verliert sich das Zufallhafte der Erscheinung, und es wird zur Regel.

Die im folgenden entwickelten Anschauungen beruhen auf etwa 200 000 Einzelangaben über die Meerestemperaturen, zu denen auch Handelsschiffe, wenn zwar auch auf küstennahen Kursen, beigetragen haben. Die eigenen Beobachtungen, die natürlich weniger zahlreich sind, verteilen sich auf ein Gebiet, das sich zwischen den Breitengraden 2° und 20° (alles Südbreiten) in einzelnen Reisen bis auf über 84° W (400 bis 450 Seemeilen Abstand von der Küste) erstreckt, im allgemeinen aber eine Zone von 100 bis 120 Seemeilen vor der Küste bedeckt. Zu den Daten über Oberflächentemperatur gesellt sich eine größere Zahl von Salzgehaltsbestimmungen des Oberflächenwassers, für die das Material allerdings nur auf eigenen Reisen gesammelt werden konnte. Fast alle Angaben über die Meerestemperatur (°C) sind von Beobachtungen der Lufttemperatur und des Windes (Richtung und Stärke) begleitet, während leider die Angaben über den gleichzeitig herrschenden Luftdruck praktisch unbrauchbar sind, weil die Barometer an Bord verschiedener Schiffe nicht genügend kontrolliert werden.

Auch die eigenen Reisen, soweit sie nicht auf dem Fischereifahrzeug der Guano-Kompagnie gemacht worden sind, das sich allerdings, weil zu rank, nicht zu Tiefsee-Messungen mit empfindlichen Apparaten eignet, konnten nicht immer so

gelegt werden, wie sie das wissenschaftliche Interesse zur Aufklärung dieses oder jenes Phänomens erforderte; sie wurden dem laufenden Betrieb der Guano-Kompagnie, sozusagen stundenweise, abgerungen, wodurch sie außerhalb der gewöhnlichen Kurse der Handelsschiffe gemacht werden konnten.

Die Verteilung der Oberflächentemperaturen folgt im allgemeinen den Isothermen, wie sie von *Schott* angegeben sind. Wenn man die Verhältnisse an der peruanischen Küste richtig, aber etwas pointiert, ausdrücken will, so kann man sagen, daß der Perustrom erst bei Atico ( $16^{\circ} 13'$ ) seine typische Ausbildung erfährt. Was zwischen Atico und Iquique vor sich geht, sei späterer Erörterung vorbehalten. Der Rückgang der Temperatur, den man, nordwärts gehend, bei Atico beobachtet, ist so stark und so kennzeichnend, daß man in dieser Gegend weit eher ein Haupt-Auftriebszentrum suchen sollte als in jener bei San Juan ( $15^{\circ} 20'$ ), wie es *Gunther* tut. Ja, man darf sogar sagen, daß vor San Juan das Wasser im allgemeinen wärmer ist als vor Atico und daß das für San Juan angegebene Auftriebszentrum weiter nach Norden (Punta Nasca oder Infiernillos) verlegt werden sollte (Abb. 1). Sicher ist jedenfalls, daß auf der Strecke zwischen Atico und der Insel San Gallán, mit Ausnahme jener geringfügigen, aber kennzeichnenden Steigerung der Temperatur vor San Juan, die niedrigsten Oberflächentemperaturen entlang der peruanischen Küste beobachtet werden, die im Winter zwischen  $14^{\circ}$  und  $16^{\circ}$  schwanken und — gewöhnlich zwischen Punta Nasca und San Gallán — auf ihr Minimum, zuweilen  $12,5^{\circ}$ , zurückgehen.

Man könnte daran denken, die von *Schott* aufgestellten und von *Gunther* etwas verschobenen Auftriebszentren auf ihre Gültigkeit zu untersuchen und die sich über längere Zeiträume erstreckenden Beobachtungen den Daten von den zwei Reisen in zwei verschiedenen Jahren, auf die sich *Schott* stützt, gegenüberzustellen. Dies würde jedoch nur dazu führen, daß die große Linie, die *Schott* sehr klar gezeichnet hat, wieder in Einzelvorgänge gespalten würde, die gewissermaßen nur mit der Lupe nachzuweisen wären, ohne daß sich dabei etwas grundsätzlich Neues ergäbe. Die etwas von der *Schottschen* Auffassung abweichende Einteilung der Auftriebszentren, zu der *Gunther* auf seiner einmaligen Fahrt entlang der Küste kam (die Rückreise wurde auf größerem Küstenabstande gemacht), berücksichtigt allerdings Einzelheiten, die sich in der großen Linie von *Schott* zu verlieren scheinen, die aber in sich auch wieder nicht vollständig sind, so daß auch hier unter dem

Vergrößerungsglase sich ein verwickelteres Bild ergeben würde.

Es scheint daher richtiger zu sein, die ganze Küstenstrecke von Atico bis Punta Aguja als ein einheitliches, durch den Auftrieb kalten Wassers gekennzeichnetes Gebiet zu erklären, in dem weniger die Erniedrigungen der Temperaturen als vielmehr ihre Erhöhungen auffallen und Bedeutung haben. Bei der Bewertung von Rückgängen der Temperatur muß man sich aber mehr, als *Schott* und *Gunther* es wissen konnten, vergegenwärtigen, daß jeder scharf ausgeprägte Vorsprung der Küste in das Meer hinein auf seiner Nordseite stets zu einer merklichen Erniedrigung der Temperatur Veranlassung gibt, so daß z. B. im Fall von San Juan die sehr niedrige Temperatur an dieser Stelle, die *Gunther* veranlaßte, hier ein Haupt-Auftriebsgebiet anzunehmen, aus einem Auftrieb zwar, aber nur aus einem örtlich sich vollziehenden zu erklären ist, ohne daß dieser notwendig über weitere Stromgebiete Wirkung zu haben braucht. Aus dem gleichen Grunde muß aber auch jede Temperatur, die in einem Hafen beobachtet wurde, als in keiner Weise über den Perustrom Auskunft gebend, abgelehnt werden.

Nicht um zu verbessern, sondern um das Bild zu vervollständigen, seien im folgenden die Punkte oder Küstenstrecken aufgeführt, an denen die Temperatur-Verminderung regelmäßig erkennbar ist:

- die Strecke zwischen Atico und Morro Chala ( $16^{\circ} 13'$  bis  $15^{\circ} 48'$ ),
- die Strecke zwischen Punta Nasca und San Gallán ( $14^{\circ} 57'$  bis  $13^{\circ} 51'$ ), besonders aber Punta Nasca, Infiernillos ( $14^{\circ} 40'$ ) und nördlich von San Gallán,
- Punta Chilca ( $12^{\circ} 29'$ ),
- Insel San Lorenzo, Nordspitze ( $12^{\circ} 04'$ ),
- Punta Salinas (hier Bildung eines nachweisbar kalten Stromes;  $11^{\circ} 16'$ ),
- Punta Lagarto (Huarney;  $10^{\circ} 07'$ ),
- Monte División ( $09^{\circ} 12'$ ),
- die Strecke von Morro Chao bis Pimentel, darunter besonders Morro Chao ( $08^{\circ} 46'$ ), Cerro Malabrigo (Puerto Chicama;  $07^{\circ} 43'$ ),
- Halbinsel Illescas mit dem Westkap, Punta Aguja ( $05^{\circ} 56'$ ),
- Punta Foca und gleichnamige Insel ( $05^{\circ} 13'$ ),
- Punta Pariñas ( $04^{\circ} 40'$ ),
- Punta Lobos (südlich Lóbitos;  $04^{\circ} 28'$ ).

Die Begrenzung der Zone III von *Schott* mit Puerto Chicama veranlaßt zu glauben, daß beide Schiffe, deren Daten *Schott* benutzte, von den Lobos-Inseln Kurs auf diesen Hafen genommen haben, so daß ihm die auffällige Erniedrigung der Temperatur entlang der Küste von Puerto Chicama bis mindestens Pimentel entgangen ist. Auch

für *Gunther* sind dies unbefahrene Gebiete geblieben. In allen Fällen, in denen hier ein Küstenvorsprung genannt ist, tritt die Abkühlung, wie schon gesagt, auf der Nordseite zu Tage, was auch in zwei Untersuchungen an mehr oder weniger geschlossenen Buchten (Pisco und Chimbote) nachgewiesen werden konnte (*Schweigger*, 1943 A 2, 3). So fällt z. B. in der Bucht von Chimbote die Temperatur am Nordrand um mehr als 5° auf etwas mehr als 5 Seemeilen bis zum Südufer, wo die niedrige Temperatur durch die stetigen südlichen Winde, insbesondere durch starke Fallwinde, verursacht wird.

Zwischen die Gebiete starken Temperaturrückganges schalten sich nun solche ein, die sich durch eine mehr oder weniger kräftige Temperatur-Erhöhung auszeichnen. Von kleinen, aber ständig wiederkehrenden Steigerungen, wie z. B. auf der Breite von San Juan abgesehen, finden sich solche Gebiete vor der Küstenstrecke zwischen Chimbote und Huarmey sowie südlich und südwestlich von Cerro Azul. Das wichtigste unter ihnen scheint uns das stumpfwinklige Dreieck zu sein, das durch die Punkte Atico-Arica-Iquique gebildet wird. Innerhalb der Grenzen Perus sind Camaná, Mollendo und Ilo diejenigen Küstenplätze, die im folgenden häufiger genannt werden.

Daß auf dem Nordflügel der peruanischen Küste, also etwa auf der Höhe von Cabo Blanco (Golf von Guayaquil) die Temperatur ansteigt, dürfte nicht unbekannt geblieben sein.

Das wärmere Wasser, das bei Chimbote-Huarmey, bei Cerro Azul und vor allem in jenem südlichen Dreieck an die Küste vordringt, hat einen höheren Salzgehalt als das Küstenwasser, muß also aus dem offenen Ozean herkommen, wo auf größerem Abstand vor der Küste Salzgehalte bis zu 35,25 ‰ nicht ungewöhnlich sind. Im Gegensatz hierzu ist das warme Wasser, das sich bei Cabo Blanco bemerkbar macht, von geringerem Salzgehalt.

Verbleiben wir zunächst bei dem Einstromgebiet vor Chimbote-Huarmey. In den Sommer- und Herbstmonaten (etwa Januar bis Mai) liegt die der Küste am nächsten kommende Spitze des Einstromgebietes zwischen 9° 00' und 9° 30'; sie verschiebt sich in den späteren Monaten des Jahres etwas nach Süden und erscheint im Juli und August auf fast 10°. In einem ganz extremen Fall wurde etwa dreißig Meilen vor Huarmey von einem deutschen Handelsschiff im August 1939 eine Temperatur von 23° festgestellt, während das Meer zwischen Callao und Punta Aguja im Mittel etwa 19° hatte. Auf einen Vorstoß jenes warmen Wassers folgt gewöhnlich eine Temperatur-Erhöhung in den in N und NW angrenzenden Gebieten

und eine solche — mit größeren Folgen — nach Süden zu.

Der Einfluß der höheren Temperaturen nach Norden zu läßt sich mit *Gunthers* eigenen Anschreibungen (Auszug aus dem Logbuch, Appendix IV seiner Veröffentlichung) belegen. Er bearbeitete im Juli 1931 zwei Schnitte durch den Perustrom, den einen Salaverry von SW ansteuernd und den anderen von dort aus mit geringfügiger Veränderung auf dem entgegengesetzten Kurs wieder auslaufend. Rekonstruiert man die hydrographische Lage gemäß *Gunthers* Daten (Abb. 2), so ergibt sich folgendes: Auf der Hinreise kreuzte *Gunther* jenes Konvergenz-Gebiet südlich von Chimbote mit der höchsten Temperatur 20,6° (120009). Sein Schnitt durch den Strom mit NO-Kurs auf Salaverry begann um 191509 mit 20,36°. Als er 32 Stunden später (032011) fast an dieselbe Stelle zurückkehrte, zeigte das Kartenbild eine Verschiebung der Isothermen für 20° bis 17° um sechs bis zwölf Seemeilen landwärts an, die er als Wirkung der am 11. Juli zwischen 1200 und 2238 herrschenden SW- und SSW-Winde anspricht. Diese dürften aber wohl nur den etwas nach W verschobenen Seewind darstellen, wofür die Uhrzeiten ihrer Beobachtungen sprechen würden. Zweifellos hat der südwestliche Wind eine Bewegung des Oberflächenwassers unterstützt, ob er aber mit seiner geringen Stärke (1 bis 2, Skala Beaufort) in wenig mehr als sechs Stunden den Vormarsch der 17°-Isotherme um sechs Seemeilen auf Land zu oder, ohne an Stärke zuzunehmen, der 18°-Isotherme um zwölf Seemeilen in elf Stunden bewirkt haben kann, erscheint fraglich; dies gilt besonders für den Fall, daß man die starke Annäherung der 18°-Linie an die Küste, wie sie die Abb. 2 glaubhaft zu machen sucht, also ein Vorrücken um rund 35 Seemeilen, als berechtigt ansieht. Nach unserer Auffassung ist es der Warmwasser-Keil im Süden von Chimbote gewesen, der die Gesamtbewegung eingeleitet hat, wobei die SW-Winde geholfen haben mögen. Außerdem muß man die Möglichkeit einräumen, daß das warme Wasser schon vor der Durchfahrt *Gunthers* eingebrochen war und sich in jenem Augenblick in der Abkühlung, d. h. der Ausbreitung nach Norden und nach Süden befand, wofür die Abb. 2 besonders mit der Verschiebung der Isothermen nach Süden sprechen würde. In dieser Abbildung ist die Verlagerung der Isothermen im SW von Salaverry mit der besonderen Absicht angedeutet, unsere Auffassung von dem Einfluß kalten Wassers, das von SO her (von Morro Chao und Monte División) drückt, auf die Lagerung der Isothermen darzustellen.

Auf der Rückreise nach Callao ergab sich, daß der Warmwasser-Keil unter Verflachung seiner

Temperaturen sich im Laufe von 62 Stunden ungefähr um 70 Seemeilen nach SO ausgebreitet hatte. Die 20°-Isotherme ist westlich von Huacho vermutlich richtig konstruiert, aber die folgende 19°-Isotherme ist in ihrer Lage wegen der wechselnden Strömungen und Temperaturen auf der Strecke zwischen den Inseln Mazorca und San Lorenzo vollständig ungewiß.

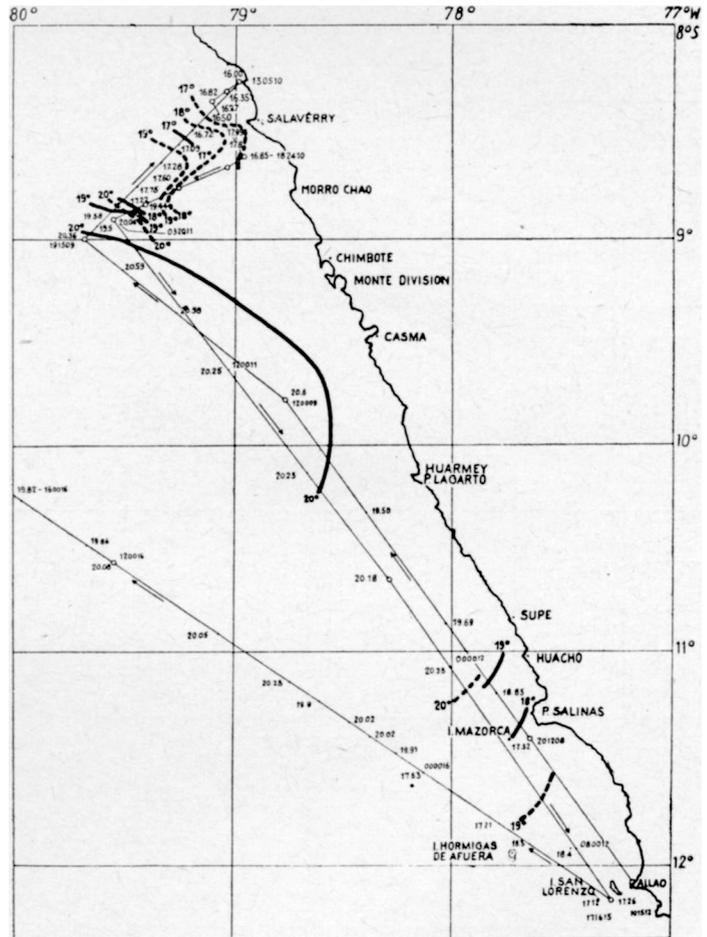
Die erneute Ausreise *Gunthers* von Callao nach NW (Abb. 2) weist alle Temperaturen niedriger

biet zwischen 12° und 09° von allen anderen deutlich abheben.

Dieses Beispiel ist deswegen so wertvoll, weil hier fremde Temperaturbeobachtungen vorliegen, die, auf einer einzelnen Reise gemacht, sich ohne Zwang in das Bild einfügen, das nach zwölfjährigen Erfahrungen das Normale darstellt, d. h. die fast beständige Tendenz des Einstroms warmen Wassers nach NO auf die Küste zwischen Chimbote und Huarmey zu, mit der nachfolgen-

Abb. 2. Der Raum vor Chimbote-Huarmey  
Nach Beobachtungen von *Gunther*

- Isothermen zwischen 201208 und 083010  
 - - - - Isothermen zwischen 130510 und 080012



aus als fünf oder sieben Tage vorher, ihre Schwankungen zwischen 020016 und 160016 sind gering (Durchschnittstemperatur fast genau 20°) und steigen südwestlich von Chimbote auf die Höchstemperatur von 20,42° (auf etwa 09° außerhalb des Rahmens unserer Karte) und hielten sich unter geringer Verminderung auf dieser Höhe bis auf 07°. Bemerkenswert ist, daß auf dieser Reise von 200015 bis 200016 SW- und SSW-Winde angeschrieben wurden, die nach unseren Erfahrungen gerade in diesen Breiten auf größerem Abstand von der Küste so sehr häufig sind und dieses Ge-

den Verflachung der Temperaturen unter gleichzeitiger Ausbreitung ihres Einflusses nach Norden und besonders nach Süden zu.

Das Vordringen des warmen Wassers nach Süden und die Skizzierung des weiteren Verlaufs der Strömung müssen wir aus einer Reihe von Einzeltatsachen und besonders aus den Erfahrungen in der Fischerei glaubhaft zu machen versuchen. Allen Seefahrern an der peruanischen Küste ist der regelmäßig nach Süden setzende Strom auf der Strecke zwischen Huarmey und Supe bekannt, und langjährige Erfahrung hat ge-

zeigt, daß westlich Supe im Raum um  $11^{\circ}$  S und  $78^{\circ}$  W ständig hohe Wassertemperaturen (s. a. Abb. 3) anzutreffen sind, mit denen unfehlbar gute Fischerei-Ergebnisse Hand in Hand gehen, die an dieser Stelle keineswegs durch das Vorhandensein einer unterseeischen Bank erklärt werden können. *Gunther* kommt auf Grund von Beobachtungen in der Nähe der Lobos-Inseln zu der Vermutung, daß sich durch die Überlagerung zweier verschieden gerichteter Strömungen großräumige Wirbel bilden, in denen Plankton und planktonfressende Fische (vor allem Anchoveta, *Engraulis ringens*)

Der Südstrom zwischen Huarmey und Supe kann bisweilen beträchtliche Versetzungen von Schiffen verursachen, besonders wenn er von seiner normalen SSO-Richtung etwas mehr nach Süden abgelenkt wird. Es sind Fälle bekannt, in denen Dampfer, auf denen sorgfältige Beobachtungen vorgenommen werden, auf einer Strecke von etwas über 80 Seemeilen über 12 Seemeilen nach W versetzt wurden. Aus eigener Erfahrung sei erwähnt, daß ein Passagierdampfer, der auf der Fahrt nach Callao von Chimbote ausgelaufen, das Leuchtfeuer von Punta Lagarto nach Ablauf der vor-

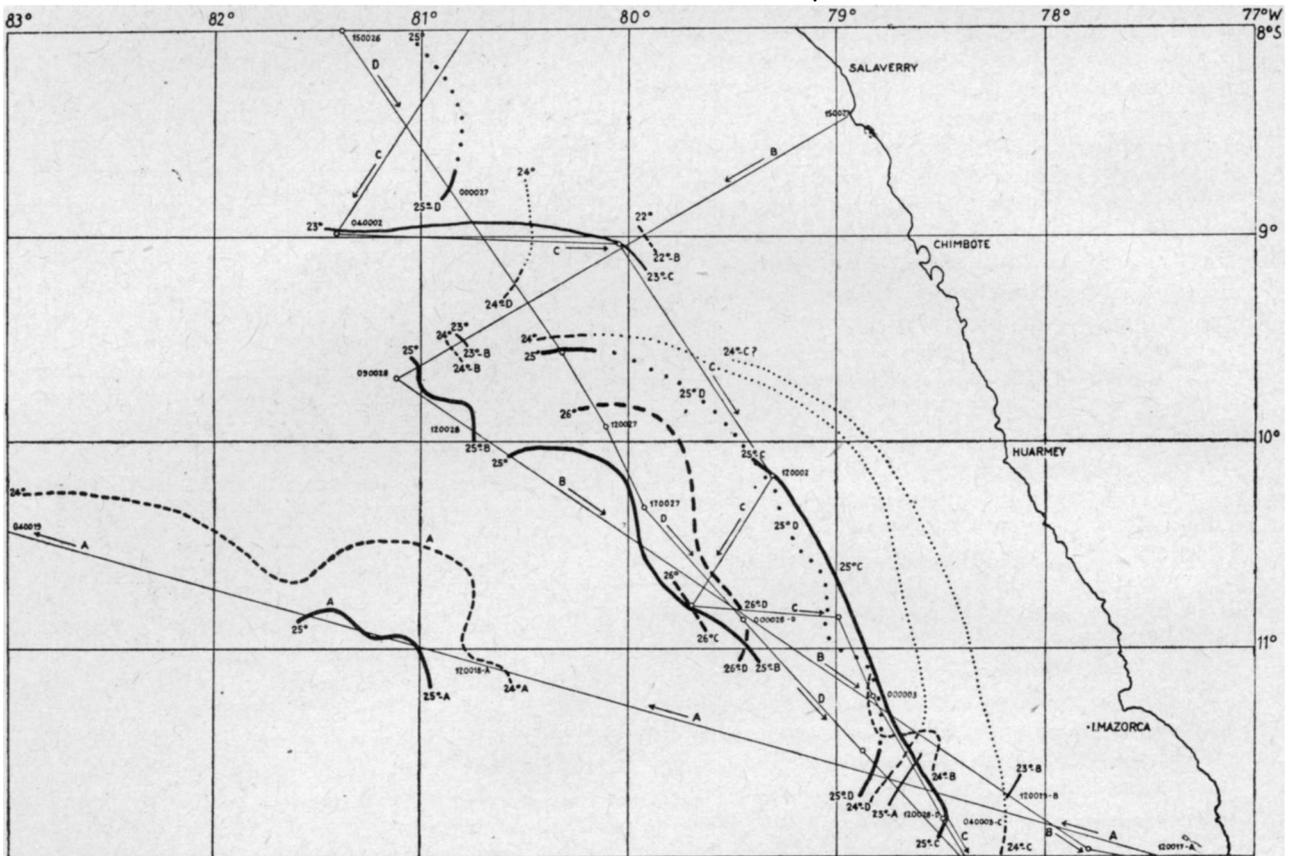


Abb. 3. Bewegung hoher Temperaturen im Raum vor Chimbote-Huarmey, Sommer 1944

Reisen: A, Januar 120017—040019; B, Januar 150027—170029; C, Februar 040002—040003; D, Februar 150026—140028.

zusammengetrieben werden, woraus sich die Ansammlungen von größeren Fischen (und Vögeln), die der Anchoveta nachstellen, ergeben. Analog ließen sich die guten Fischereiergebnisse im Raum südlich Huarmey und westlich Huacho ( $11^{\circ}$  S und  $78^{\circ}$  W) erklären, wenn man annimmt, daß der Einstrom warmen Wassers und seine Ausbreitung nach Süden auch in dieser Gegend zu einer Wirbelbildung führt.

gesehenen Zeit passierte, aber etwa 65 Seemeilen weiter auf seinem SSO-Kurs stellte sich dann nach Tagesanbruch heraus, daß der Strom das Schiff nach Osten und nach Süden versetzt hatte; es fuhr an der Insel Mazorca auf der Ostseite, anstatt wie beabsichtigt, auf der Westseite, etwa anderthalb Stunden vor der berechneten Zeit vorbei (Entfernung Huarmey-Insel Mazorca 83 Seemeilen). In diesem Falle hatte also der Strom eine etwas

mehr östlich gerichtete Komponente, und die Beschleunigung der Fahrt machte mehr als eine Seemeile in der Stunde aus. Ströme nach Süden in dieser Stärke sind an der Insel Mazorca häufiger zu beobachten, und eigene Anschauung belegt den Fall, daß die an dieser Insel verankerten Fahrzeuge mit dem Bug nach Norden lagen, während SO-Wind wehte (April 1940).

34 Seemeilen südlich der Insel Mazorca befindet sich eine Gruppe niedriger Inseln, die Hormigas de Afuera, eigentlich nichts mehr als bis zu 8 m über den Meeresspiegel emporragende Felsklippen, die wegen der guten Fischgründe häufig aufgesucht werden. Hier sind die Ströme ob ihrer Unregelmäßigkeit bekannt, und die Schiffe, die gezwungen sind, nachts dort vorbeizusteuern, nehmen den Abstand von den Inseln so weit wie möglich, um nicht durch unvorhergesehene Stromversetzungen in Gefahr zu geraten. Das Fischereifahrzeug der Guano-Kompagnie setzte einmal (November 1942) etwa drei Meilen nördlich des nördlichsten Kliffs sein Netz (Ringwade) aus, wurde aber von dem bisher nicht beobachteten Südstrom mit derartiger Geschwindigkeit gegen das Riff versetzt, daß angesichts der bestehenden Gefahr, aufgetrieben zu werden, das Netz schleunigst wieder aufgenommen werden mußte.

Der Ursprung der bei den Hormigas de Afuera auftretenden Südströmung ist bisher nicht mit Sicherheit zu ermitteln gewesen, aber verschiedene Beobachtungen seien zusammengestellt, die vielleicht erlauben, ihn mit dem Einstromgebiet in  $09^{\circ}$  bis  $10^{\circ}$  in Beziehung zu bringen. Die Südströmung hat nämlich eine gewisse Regelmäßigkeit zwischen Mai und August und macht sich immer durch erhöhte Temperaturen bemerkbar, in denen dann ein Thunfisch (*Thunnus macropterus*, englisch: Yellowfin-Tuna) gefangen wird. Ein Beispiel möge das zeigen: Das Fischereifahrzeug der Guano-Kompagnie passierte, aus Callao ausgehend, die Nordspitze der Insel San Lorenzo mit Kurs auf die Gruppe Hormigas de Afuera; bei San Lorenzo lag die Oberflächentemperatur bei etwa  $17^{\circ}$ , im Verlauf der Fahrt nach Westen stieg sie über  $18^{\circ}$ , fiel aber in der Nähe der Inseln wieder auf  $17^{\circ}$ . Nachdem das Schiff die Inseln passiert hatte, steuerte es weiter einen westlichen Kurs und fischte in größerer Entfernung. Etwa sechs Stunden später hatte es die Insel auf der Rückfahrt wieder querab und kam nun zwischen ihnen und der Insel San Lorenzo durch eine Zone mit leichtblauem Wasser, in dem sich die Temperatur auf über  $20^{\circ}$  erhöht hatte, während an der Nordspitze von San Lorenzo die Temperatur wieder, wie am Morgen, mit  $17^{\circ}$  gemessen wurde. In dem Warm-

wasserkeil gingen Thunfische an die Schleppangeln.

Aus dem Verlauf der Fischerei mit dem gleichen Schiff während des Jahres 1942 läßt sich dieser Vorstoß des warmen Wassers weiter nach dem Norden zurückverfolgen. Um Mitte Mai stieß das Schiff plötzlich westlich von Huacho, fast nordwestlich der Insel Mazorca, auf sehr große Schwärme von Thunfischen, die dann systematisch bis um Mitte Juni in ihrem Vormarsch nach Süden bis zu den Hormigas de Afuera verfolgt wurden; um den 24. Juni lag die Front des warmen Wassers, das immer noch eine Temperatur von über  $20^{\circ}$  hatte, auf etwa zwölf Seemeilen Abstand im Südwesten der Insel San Lorenzo, wo gleichzeitig auch gute Fänge an Thunfisch gemacht werden konnten. Am nächsten Tag jedoch war die Temperatur des Wassers gefallen, und der Thunfisch hatte sich, wie die Fischerei-Ergebnisse der folgenden Tage zeigten, wieder nach den Hormigas de Afuera zurückgezogen, aus deren Umgebung er dann gegen Ende Juli zusammen mit dem etwas wärmeren Wasser verschwand. Im Einklang hiermit stand der Fisch im August (1943) wieder westlich von Huacho auf größerem Abstand von der Küste. Soweit es sich bisher übersehen läßt (die Fischerei mit dem Schiff der Guano-Kompagnie konnte nach 1943 nicht mehr mit Regelmäßigkeit fortgeführt werden, und die Erfahrungen der kleinen Fischerei müssen als Unterlagen dienen), handelt es sich hierbei um ein alljährlich wiederkehrendes Phänomen, obwohl die Stärke und Dauer der Strömung offenbar Schwankungen unterliegt. Wichtig für die Erkenntnis der Herkunft der Strömung dürfte die Feststellung sein (Juni/Juli 1942 und August 1943), daß der Thunfisch so gut wie ausschließlich in den Gewässern zu finden war, deren Salzgehalt auf über 35,10 bis 35,20‰ ermittelt wurde, während diejenigen östlich und westlich der Warmwasserzunge gelegenen im Durchschnitt nur 34,90‰ aufwiesen.

Aus all diesem läßt sich etwa folgendes Gesamtbild zusammensetzen: Aus dem Raum südlich von  $10^{\circ}$  und westlich von  $79^{\circ}$  bis  $80^{\circ}$  dringen warme Temperaturen das ganze Jahr über an die Küste vor, deren Spitze gegen die Zone Chimbote-Huarmey gerichtet ist. Im Zusammenprall mit dem nach NNW setzenden Perustrom wird offenbar ein Teil des warmen Wassers nach Norden abgedrängt, während der größere Teil nach Süden über Südosten dreht und anschließend einen weiträumigen Wirbel bildet. Die Südströme sind von verschiedener Stärke, sie endigen auf der Höhe von Huacho, wo sie offenbar, gemäß einer großen Zahl von Beobachtungen, durch das kalte Wasser, was von Punta Salinas nach Westen abfließt, aufgehoben werden; sie können aber auch noch weiter

nach Süden vorgehen und auf der Höhe von Callao festgestellt werden. Sie zeichnen sich durch erhöhte Temperaturen und höheren Salzgehalt aus. Das Vordringen des warmen Wassers auf größerem Küstenabstand läßt sich für den Sommer 1944 sehr gut verfolgen und scheint, wie aus Beobachtungen im September 1944 hervorgeht, ein weiträumiges, fast regelmäßiges Phänomen zu sein, wie es auch *Sverdrup-Johnson-Fleming* ausführen (vgl. S. 123), nur muß die von diesen Autoren gegebene Schilderung der Folgen dieses Geschehens richtiggestellt werden. Es gibt in diesen Fällen (außer vielleicht in abnorm warmen Sommern) keinen vernichtenden oder gemildert vernichtenden Einfluß auf Plankton, Fische oder Vögel, auch hängt eine veränderte Färbung des Wassers keineswegs immer damit zusammen, und gar die Bildung des „Callao Painter“ ist ein ganz anderes und davon unabhängiges Vorkommnis, auf das später zurückzukommen sein wird.

Ein anderes Einstromgebiet warmen und salzreicheren Wassers ist nun der Raum südlich und südwestlich von Cerro Azul. Eine Reihe eigener Beobachtungen sowie Anschreibungen von Handelsfahrzeugen ergeben hier folgenden Sachverhalt: Auf der Höhe von Cerro Azul pflegt der Passatwind auszusetzen, und an seiner Statt macht sich, besonders zwischen Sonnenuntergang und dem nächsten Morgen, N- oder NW-Wind auf, den auch *Gunther* in seinem Logbuch notierte; aber da er eben nur ein einziges Mal diese Küstenstrecke bereiste, konnte es ihm nicht in den Sinn kommen, diesen ungewöhnlichen Wind als etwas Besonderes zu betrachten, als etwas, was trotz seiner Anormalität doch das Normale an dieser Stelle ist, wo auch wärmeres Wasser (auch dies belegt der Logbuch-Auszug *Gunthers*) wie im Raum vor Chimbote-Huarmey aus SW einströmt. Es findet dann, ebenso wie im Vorhergehenden geschildert, offenbar eine Teilung des vorgedrungenen Wassers statt, von dem ein Teil nach NNW geht, dort aber schnell abgekühlt wird, während der andere und anscheinend der bedeutendere Teil als beständiger und den Seefahrern bekannter Strom nach SO an der Küste in Richtung auf Tambo de Mora entlang läuft. Auch hier nimmt der Strom bisweilen einen mehr westlich gerichteten Verlauf, d. h. fast unmittelbar nach Süden setzend, und gelangt so bis zu den Chincha-Inseln, 37 Seemeilen südlich von Cerro Azul, wo er von dem nach NW ausschwenkenden Strom nördlich der Insel San Gallán aufgefangen wird. Da tagsüber hier südliche bis südöstliche Winde zu wehen pflegen, bewirkt der Südstrom eine häufig zu beobachtende hohe Dünung.

An der Insel Chincha vor Anker liegend (Februar 1939), hatte das Schiff über Nacht wie fast

gewöhnlich den Bug nach Norden, d. h. dem Wind zu gedreht, als plötzlich das Meer durch sein starkes Rauschen die Aufmerksamkeit auf sich zog: es war der Strom von Norden, der an Tambo de Mora vorbeigelaufen war und Sträucher und Pflanzenreste mit sich führte, die dort der Fluß San Juan de Chincha dem Meer übergeben hatte.

Fischereilich ist diese Gegend etwas weniger bemerkenswert als jene Gebiete im Norden von Callao, insbesondere dringt hier der Thunfisch weniger häufig in Küstennähe vor. Dafür aber finden sich in dieser Zone zwei Fische, die sonst nur im Golf von Guayaquil vorkommen: der Hammerhai (*Sphyrna zygaena*) und die Sierra (Säge), ein Mitglied der Familie der Scombrosoidea (*Scombromorus maculatus*). Der Hammerhai konnte verschiedentlich beobachtet werden, und die Sierra ist auf dem Markt von Pisco, besonders im Sommer, eine regelmäßige Erscheinung. Soweit die persönlichen Beobachtungen ein Urteil zulassen, scheinen beide Fische aber ausschließlich in zwergartiger Form dort vorzukommen. Beachtlich mag sein, daß hier eine Schildkröte regelmäßig gefischt werden kann.

Im Raume südlich von Cerro Azul wiederholt sich also das Phänomen, das vorher für den Norden von Callao geschildert worden ist. Während hier mit größerer Häufigkeit als in anderen Breiten SW-Winde beobachtet werden, ist bei Cerro Azul der grundlegende Wechsel der Windrichtung eine Selbstverständlichkeit. Die N- oder NW-Winde bringen die vollständige Wolkenbedeckung der Bai von Pisco zustande, im Winter sind leichte Regen bei N-Wind in kleinen Tropfen und von kurzer Dauer nicht selten; erst nach 10 Uhr pflegt der SO-SSW-Wind, der hier zu besonderer Stärke anschwillt, die sogenannte Paraca, den Himmel wieder aufzuklären. Gelegentlich kam der N-Wind erst um 16 Uhr zum Stillstand.

Ganz besondere Bedeutung hat nun aber die Stromanomalie in dem oben erwähnten Dreieck Camaná-Arica-Iquique, in dem das fischereilich wichtigste Gebiet zwischen Ilo-Arica-Iquique gelegen ist. Auf jeder Reise der Küste entlang von Mollendo aus nach dem nördlichen Hafen macht sich eine Temperaturerhöhung geltend, die, an dem Durchschnitt zwischen Mollendo und San Gallán gemessen, 2° oder mehr ausmachen kann. *Gunthers* Logbuch weist sie ebenfalls als mit 2° über dem Temperatur-Durchschnitt zwischen Mollendo und San Juan gelegen aus, wobei wegen der Unterbrechung der Reise in San Juan die noch kältere Küstenstrecke San Juan-San Gallán nicht in Betracht gezogen werden kann. Der Ort mit der höchsten Temperatur schwankt, bleibt aber stets im Raum zwischen Mollendo und Camaná. Bei Fahrten auf 60 bis 80 Seemeilen Abstand von der

Küste schneidet man etwa auf der Höhe von Mollendo, gelegentlich etwas weiter im Süden, ein Gebiet, 20 bis 30 Seemeilen weit, in dem zusammen mit höheren Wassertemperaturen auch vermehrter Salzgehalt festgestellt wird. Schiffe, die von Callao auf direktem Kurs nach Valparaiso gehen, kreuzen dieses Gebiet zwischen 17° und 19° mit vollkommener Regelmäßigkeit, woraus hervorgeht, daß auf größerem Küstenabstand die Warmwasserzone an Breite zunimmt. Bleibt man auf der Fahrt von Atico nach Arica in Küstennähe, so fällt die höhere zwischen Camaná und Mollendo beobachtete Temperatur wieder und steigt in der Gegend vor Ilo neuerlich an; sie hält sich dann auf der ganzen Strecke bis etwa 5 Seemeilen vor Arica, um mit der weiteren Annäherung an den Hafen schnell und erheblich abzufallen.

Das warme Wasser vor Arica hat schon die Aufmerksamkeit von *Schott* auf sich gelenkt, der die Meinung vertritt, daß infolge des veränderten Verlaufs der Küste im Gebiet von Arica der Auftrieb kalten Wassers unterbleibt, weil hier die Winde noch nicht ablandig oder zum mindesten parallel zur Küste sind, sondern eher als auflandig betrachtet werden können. *Gunther* seinerseits hat nur außerhalb Aricas einen schmalen Streifen warmen Wassers festgestellt, räumt aber im übrigen der Bucht von Arica keine besondere Bedeutung ein, was zweifellos richtig ist, sobald man als solche nur den inneren Teil bis auf etwa 5 Seemeilen Abstand vom Ufer ansieht.

Aber in Arica ist dieses Phänomen noch keineswegs beendet. Geht man weiter nach Iquique, so sinken in Küstennähe die Temperaturen langsam; aber von dort in Richtung NW auslaufend, kreuzt man nach etwa 10 Seemeilen Fahrt ein schmales Band wärmeren Wassers, das sich scharf von der kalten Zone an der Küste und weiter draußen im Ozean abhebt, bis man im S oder im SW von Ilo und Mollendo wieder in jenes vorher erwähnte Warmwasser-Gebiet eintritt. Nach allen bisher gesammelten Erfahrungen in dieser Zone dürfte man vielleicht die Erklärung für die dort beobachteten Erscheinungen folgendermaßen versuchen: Von S oder von SSW drängt warmes Wasser an die Küste vor mit der Richtung etwa auf Mollendo, in selteneren Fällen mehr auf Ilo zu. Bei Annäherung an die Küste spaltet sich auch hier der Warmwasserkeil in einen Teil, der nach NO läuft und dann zwischen Mollendo und Camaná bemerkbar wird, während der andere Teil sich nach OSO auf Arica zu wendet, vor der Bucht von Arica nach S abdreht und sich bis Iquique, in besonderen Fällen sogar bis Tocopilla nachweisen läßt.

Daß diese Auffassung nicht einfach ad hoc konstruiert worden ist, dürfte aus verschiedenen biologischen Beobachtungen hervorgehen. Die Haupt-

saison für den Thunfisch-Fang im Raum zwischen Ilo und Iquique fällt in die Monate November bis Mai, d. h. in die Zeit, in der die Bewegungen des warmen Wassers am kräftigsten sind. Am chilenischen Teil der Küste weiß man ganz genau, daß der Thunfisch ebenso wie der Schwertfisch von N her kommen, d. h. aus dem Raum südlich von Ilo, daß sie dann an Arica vorbeiziehen, bei Iquique und gelegentlich noch bis Tocopilla hin gefangen werden können. Gegen Ende der Saison ziehen sie auf demselben Weg wieder zurück, so daß zum Beispiel auf peruanischem Seegebiet, dort wo der Strom eintritt, die Haupt-Fangzeiten für den Schwertfisch in die Monate November und Mai fallen.

In chilenischen Veröffentlichungen wird gelegentlich von einem Niño-Strom gesprochen, ebenso wie in Fischereikreisen das Vorrücken des Thunfisches von N her mit einem Niño-Strom in Verbindung gebracht wird. Hierbei darf man aber nicht an peruanische Verhältnisse denken, wie sie später geschildert werden sollen. Soweit es bisher ermittelt werden konnte, handelt es sich vielmehr um jenen Strom, der, bei Ilo eintretend, nach Arica abdreht und von dort aus in südlicher Richtung bis Iquique und darüber hinaus vordringt.

Der Thunfisch, der in diesem eigenartigen Gebiet gefangen wird, unterscheidet sich von demjenigen, der vor der peruanischen Küste zwischen Ilo und Cabo Blanco erbeutet wird, durch das wesentlich größere Körpergewicht bei gleicher Länge; dieselbe Rasse wurde von uns auch einmal im Norden von Punta Aguja gefangen und im Golf von Guayaquil gesichtet. Der Schwertfisch kann kommerziell nur bei Cabo Blanco und südlich von Ilo gejagt werden, er zeigt sich im Sommer gelegentlich weit außerhalb der peruanischen Küste, aber nur in einzelnen Exemplaren, die wegen der geringen Stückzahl keinen gewerblichen Fang erlauben. Dieser Fisch ist zweifellos ein Warmwasserbewohner, wenngleich er sich bei Ilo oder Iquique auch Temperaturen bis zu 18° oder geringere gefallen läßt. Der berüchtigte Blauhai kommt im Sommer im Raum vor Mollendo-Ilo vor und wird dann erst wieder in den nördlichen peruanischen Gewässern angetroffen. Als sehr beweiskräftig für die Herkunft dieses warmen Wassers von tropischen Teilen des Ozeans dürfte der Umstand gelten, daß von ihm ein Planktonorganismus (*Porpita*, zu den *Siphonophora* gehörig) mitgebracht wird, der sonst nur im ultramarinen warmen Ozean beobachtet wird. Es sind allerdings Exemplare von verminderter Größe, wobei die Frage offen gelassen werden muß, ob es junge Tiere sind oder eine andere kleinere Art derselben Gattung, wofür spräche, daß die auf der Wasseroberfläche treibende Schale etwas fester zu

sein scheint als die der Hochsee-Porpita. Die Fischer ihrerseits wissen, daß die Richtung, aus der die langen Reihen von Porpita herkommen, ihnen den Weg weisen, um auf hoher See den Thunfisch oder den Schwertfisch anzutreffen, wenn diese nicht in Küstennähe stehen.

Eine weitere persönliche Erfahrung sei zugunsten dieses Erklärungsversuches angeführt: Auf einer Reise der Küste entlang (April 1942) wurde das Fischerei-Fahrzeug der Guano-Kompagnie in den offenen Ozean hineingesteuert, sobald im OSO von Atico nach niedrigen Temperaturen solche von annähernd 20° festgestellt wurden. Die Wärme nahm später bis auf 22,5° zu. In der Nacht zog dann schon von weitem her eine ausgedehnte Fläche mit besonders starker Phosphoreszenz die Aufmerksamkeit auf sich, und dort angekommen ergab sich, daß das Leuchten durch einen Brei — anders lassen sich diese ungeheuren Mengen gar nicht beschreiben — von Tönnchen-Salpen verursacht wurde, die bisher nur im blauen Wasser des tropischen Ozeans bei 24° übersteigenden Temperaturen beobachtet waren und seither im unmittelbaren Gebiet des Perustroms auch nicht wieder gesichtet worden sind.

Die merkwürdig erscheinende Stromrichtung entlang der Küste nach OSO zu, die vorher beschrieben wurde, bestätigte sich im Sommer 1949 bei Punta Coles, etwa 5 Seemeilen südlich von Ilo, wo alle verankerten Fahrzeuge plötzlich den Bug nach Norden kehrten, während der S- oder SO-Wind über die Schiffe hinwegfegte und drei Tage hindurch der Strom mit wechselnder Stärke

von 1,9 bis 3 Knoten nach S setzte. Die Südrichtung an dieser Stelle ist lediglich auf die Gestaltung der Küstenlinie zurückzuführen. Während dieser Tage war nämlich neuerdings warmes Wasser gegen die Küste vorgestoßen, das diesmal auf der Höhe von Mollendo nach OSO abschwankte und, parallel zur Küste laufend, auch einen Zuzug aus der kleinen Bucht von Ilo hervorrief, die durch die 5 Seemeilen über die Küstenlinie nach S vorspringende Punta Coles begrenzt wird. Dieser Strom, der ein Schiff der Guano-Kompagnie auf seiner Fahrt nach Punta Coles erfaßte, hatte nach den sorgfältig vorgenommenen Beobachtungen eine Geschwindigkeit von über 2 Knoten und bewirkte eine Versetzung nach S und O.

Auch das Isoplethen-Diagramm *Schotts* vom Perustrom läßt dieses Gebiet des Einstroms warmen Wassers auf ungefähr 17° erkennen, wo es inmitten kälteren Wassers von der 20°-Isotherme umrahmt wird. Für den Anfang Januar 1925 ist die Ausbreitung höherer Temperaturen nach N verzeichnet, während zwischen dem 5. und 20. Februar der Vorstoß warmen Wassers aus dem besprochenen Raum bis nach Antofagasta hin deutlich erkennbar wird.

Im Hinblick auf die Regelmäßigkeit der Temperaturerhöhungen infolge des Vordringens warmen ozeanischen Wassers in die Richtung Mollendo-Camaná dürfte weiter oben die scheinbar so kühne Behauptung aufgestellt werden, der Perustrom erfahre seine eigentliche Ausbildung erst von Atico an.

Fortsetzung folgt.

## ZUR AGRARGEOPHISCHEN LANDSCHAFTSGLIEDERUNG

Am Beispiel des südlichen Bergischen Landes erläutert

G. von Siemens

Mit 6 Abbildungen

Wenn wir von natürlichen Landschaften sprechen, so verstehen wir darunter nach dem deutschen Sprachgebrauch meist den Gegensatz zu künstlichen Raumgebilden, etwa zu politisch umgrenzten Ländern, Verwaltungseinheiten und Territorien. „Natürlich“ sind in diesem Sinn die räumlich-geographischen Abgrenzungen sowohl von Menschen unberührter oder sogenannter Naturlandschaften als auch von Menschen in historischer Entwicklung gestalteter Kulturlandschaften. Wenn wir lediglich von Landschaftsabgrenzungen sprechen wollen, die von Topographie, Klima, Boden, Bewässerung und Pflanzenkleid, also von natürlichen Standortfaktoren bestimmt sind, gebrauchen wir besser die Bezeichnung „naturräum-

liche Gliederung“ oder „Naturlandschaftsgliederung“, im Gegensatz zur „Kulturlandschaftsgliederung“.

Die gegenwärtig in Deutschland besonders gepflegten Landschaftsgliederungen (vgl. Aufsätze von *Otremba*<sup>1)</sup> und *Paffen*<sup>2)</sup>) haben zunächst ausdrücklich und absichtlich nur die naturräumliche Gliederung zur Aufgabe. Agrarlandschaften sind aber Kulturlandschaften, ebenso wie Bergbau- oder Industrielandschaften. Die Geographie

<sup>1)</sup> E. Otremba, Grundsätze d. naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Erdkunde, Bd. II., Lfg. 1—3 Sonderheft 1948.

<sup>2)</sup> K. Paffen, Ökologische Landschaftsgliederung. Erdkunde, Bd. II., Lfg. 1—3 Sonderheft 1948.