

## Der Beitrag österreichischer Geowissenschaftler zum „sea-floor spreading“- und „plate tectonics“-Konzept

(The contribution of Austrian geoscientists to the sea-floor spreading- and the plate tectonics-concept)

Von ERICH THENIUS \*)

Mit 3 Abbildungen

Schlüsselwörter	Österreichische Geowissenschaftler	Verschluckungszonen (Subduktionszonen)
	Literaturbericht	Globale Konvektionsströme
	O. AMPFERER	Ozeanschollen
	R. SCHWINNER	Plattentektonik
	Unterströmungslehre	Sea-floor spreading

### INHALT

Zusammenfassung . . . . .	407
Summary . . . . .	407
Einleitung . . . . .	408
Die Unterströmungslehre von O. AMPFERER und das „sea-floor spreading“-Konzept . . . . .	409
Die Theorie der globalen Konvektionsströme von R. SCHWINNER . . . . .	412
Literatur . . . . .	414

### Zusammenfassung

Bericht über die von der Weltliteratur vergessenen Arbeiten und Ergebnisse der österreichischen Erdwissenschaftler OTTO AMPFERER und ROBERT SCHWINNER. AMPFERER hat als Geologe mit seiner 1906 entwickelten Unterströmungslehre die Bedeutung von Konvektionsströmungen im Erdmantel für Gebirgsbildungen erkannt und bereits 1941 für die Entstehung des Atlantik das vom mittelatlantischen Rücken erfolgte symmetrische Auseinanderweichen der umgebenden Kontinente angenommen, wie es HESS im Jahre 1960 mit dem „sea-floor spreading“-Konzept vertrat. Außerdem nahmen AMPFERER & HAMMER bereits 1911 Verschluckungszonen im Sinne von Subduktionszonen an.

SCHWINNER hat als Geophysiker die Unterströmungslehre im Jahr 1920 zur Theorie der globalen Konvektionsströme ausgebaut. Bereits 1942 erkannte er im Pazifik die Bewegung der Ozeanschollen und die Bedeutung von Tiefseegräben, wie sie erst vor einem Jahrzehnt durch das „plate tectonics“-Konzept verständlich wurden.

### Summary

Report on the investigations and results of the Austrian geoscientists OTTO AMPFERER and ROBERT SCHWINNER before 1942. The geologist AMPFERER detected in 1905 the importance of the „Unterströmung“ (= convection currents) as cause of mountain building. Already in 1941 he suggested the origin of the Atlantic ocean by symmetrical growth from the central Mid-Atlantic ridge by convection currents. Therewith he has anticipated the sea-floor spreading-concept from H. HESS in 1960. Along with W. HAMMER he created the concept of „Verschluckungszonen“ in mountain belts, which are now known as zones of subduction.

\*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. ERICH THENIUS, Institut für Paläontologie, Universität Wien A-1010 Wien, Universitätsstraße 7/II.

The geophysicist SCHWINNER extended in 1920 the "Unterstromungslehre" by AMPFERER to his theory of the global convection currents. Magnetic anomalies, the existence of deep-sea trenches, the deep focus earth quakes and the volcanic belts along the Pacific ocean lead SCHWINNER in 1942 to his hypothesis, that the ocean plates are drifted, as nowadays the new global tectonics are suggested.

AMPFERER († 1947) and SCHWINNER († 1953) must be classed with to the founders of the sea-floor spreading- and the plate tectonics-concept.

## Einleitung

In den letzten Jahren sind mit dem „sea-floor spreading“-Konzept und der Platten-tettonik Vorstellungen entwickelt worden, die das erdwissenschaftliche Weltbild revolutioniert haben. Im folgenden soll jedoch gezeigt werden, daß manche dieser so neu anmutenden Vorstellungen bereits Jahrzehnte vorher von österreichischen Erd-wissenschaftlern vorweggenommen wurden, worauf erst kürzlich TOLLMANN (1978) im Rahmen plattentektonischer Fragen in den Ostalpen hingewiesen hat. Hier sollen vor allem die Vorstellungen von OTTO AMPFERER und ROBERT SCHWINNER und ihre Bedeutung für das „sea-floor spreading“- und das „plate tectonics“-Konzept erörtert werden.

Dies erscheint schon deshalb gerechtfertigt, weil diese Vorstellungen weder von den amerikanischen Initiatoren der neuen Konzepte noch von den österreichischen Geo-wissenschaftlern berücksichtigt bzw. anerkannt wurden.

Die Frage Mobilismus (Kontinentalverschiebung) oder Fixismus (Konstanz der Kontinente und Ozeane) ist sehr alt. Im deutschsprachigen erdwissenschaftlichen Schrifttum ist sie seit dem Jahr 1912 besonders aktuell geworden, als nämlich ALFRED WEGENER erstmals seine Vorstellungen über seine Kontinentalverschiebungshypothese veröffentlichte. Bereits vorher hatten verschiedene Autoren (z. B. ALEXANDER VON HUMBOLDT 1801) ähnliche Gedanken geäußert. Anlaß für derartige Überlegungen waren nicht nur der weitgehend übereinstimmende Küstenlinienverlauf von Südamerika und Afrika im Bereich des Südatlantik, sondern auch floristische und faunistische Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten diesseits und jenseits des Atlantik. So war bereits für ANTONIO SNIDER-PELLEGRINI im Jahr 1858 die Übereinstimmung der Karbonfloren in Europa und im östlichen Nordamerika zusammen mit dem Küstenlinienverlauf ausschlaggebend, ein Auseinanderreißen von Europa und Afrika einerseits, Nord- und Südamerika andererseits anzunehmen. Allerdings dachte SNIDER-PELLEGRINI, ähnlich wie der französische Mönch FRANÇOIS PLACET bereits 1666 und der deutsche Theologe THEODOR LILIENTHAL 1756 an ein plötzliches Ereignis, das in Zusammenhang mit der biblischen Sintflut erfolgt sein sollte (vgl. dazu RUPKE 1970).

Der Wert biogeographischer Befunde für die Kontinentalverschiebung wird in der Regel dadurch eingeschränkt, daß die Existenz von Landbrücken bzw. Brücken-kontinenten nicht ausgeschlossen werden kann, ganz abgesehen davon, daß die geo-physikalische Fundierung fehlt. Dennoch kommt biogeographischen Befunden eine wesentliche Rolle zu.

Die Übereinstimmung der jungpaläozoischen Floren der Südkontinente (*Glossopteris*-Flora) war es auch, die — zusammen mit Gemeinsamkeiten im geologischen Bau — zum Begriff Gondwanakontinent durch EDUARD SUESS (1885) führte. Dieser einstige Südkontinent umfaßte Südamerika, Afrika, Madagaskar, Vorderindien, Australien und die Antarktis. Allerdings nahm E. SUESS die Existenz von Landbrücken an, um die floristischen Gemeinsamkeiten und die Übereinstimmungen im geologischen Bau zu erklären.

A. WEGENER versuchte diese Gemeinsamkeiten durch seine Kontinentalverschie-bungshypothese zu erklären und untermauerte seine Vorstellungen durch zahllose

Befunde aus dem Bereich der Erd- und Biowissenschaften (1915, 1929). Da er jedoch als treibende Kraft für die Kontinentalverschiebung Polfluchtkräfte heranzog, wurde seine Hypothese von den Geophysikern mit Recht durchwegs abgelehnt, eine Auffassung, der sich auch fast alle Geologen anschlossen. Ein wichtiges Argument von Seiten der Geologen war, daß die WEGENER'sche Hypothese keine Möglichkeit zur Erklärung der völlig entgegengerichteten Vorgänge bot, wie sie einerseits zur Entstehung der Pangaea, andererseits zu deren Zerreißung geführt haben soll.

Zu den wenigen, welche die WEGENER'sche Hypothese im Prinzip anerkannten und ausbauten, zählt der südafrikanische Geologe ALEXANDER DU TOIT, der zu dem Ergebnis kam, daß die Gemeinsamkeiten im Bau der heutigen Südkontinente (einschl. Vorderindien) nur durch eine Kontinentalverschiebung erklärt werden können (1937). Zu den wesentlichen Stützen dieser Auffassung zählte u. a. der Nachweis ausgedehnter Vereisungsspuren aus dem Permo-Karbon der genannten, heute voneinander getrennten Kontinente (Südafrika, Vorderindien, Australien, Antarktis). Die *Glossopieris*-Flora, die Vereisungen und der Verlauf der sog. Samfrau-Geosynklinale führten A. DU TOIT auch zur Rekonstruktion des einstigen Gondwanakontinentes, die den heutigen Vorstellungen nahekommt. Dennoch wurde die Kontinentalverschiebung von den Erdwissenschaftlern praktisch nicht anerkannt.

Wenn hier die Namen der sterreichischen Erdwissenschaftler OTTO AMPFERER und ROBERT SCHWINNER genannt seien, so vor allem deshalb, weil sie bereits vor einigen Jahrzehnten Vorstellungen entwickelten, die zwar heute mehr oder weniger Allgemeingut des Geologen sind, ohne jedoch mit ihren Namen in Verbindung gebracht zu werden.

### **Die Unterströmungslehre von O. AMPFERER und das „sea-floor spreading“-Konzept**

OTTO AMPFERER hat erstmals im Jahr 1906 in einer Arbeit „ber das Bewegungsbild von Faltengebirgen“ als Tektoniker die sogenannte *Unterströmungslehre* begründet, nachdem erstmals von O. FISHER (1904) als Geophysiker der Einfluß von Konvektionsströmen auf die Erdkruste erkannt worden war. AMPFERER machte Konvektionsströmungen im Erdinneren (= Erdmantel) für die Entstehung von Faltengebirgen verantwortlich und richtete sich damit vor allem gegen die damaligen Anhänger der Kontraktionstheorie, wie sie unter den Alpengeologen von E. DE BEAUMONT (1829, 1852) bis L. KOBER (1955) vertreten worden waren. AMPFERER war wohl für das Prinzip des Mobilismus und erkannte, daß die Faltengebirgszonen auf Horizontalverschiebungen hinweisen, lehnte jedoch die Vorstellungen von WEGENER ab, wonach die Ozeane erst gleichsam durch das Hinwegziehen der darüberliegenden leichteren kontinentalen Hüllschichten bloßgelegt und so entstanden sein sollen. Demgegenüber könnten Konvektionsströme sowohl zu einem Zerreißen als auch zu einem Zusammenstoßen von Kontinentalschollen führen, was mit den Vorstellungen von WEGENER nicht vereinbar war. AMPFERER (1930) kritisiert weiter auch die Vorstellungen von R. STAUB (1928), der zentrifugale Kräfte in Form von Polfluchtkrften für Gebirgsbildungen verantwortlich machte. AMPFERER spricht in seiner Publikation „ber Kontinentalverschiebungen“ (1925: 671) von der Entstehung von Ozeanen durch Neugieung und präzisiert diese Gedanken 1941 in seiner Arbeit über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes. AMPFERER analysierte auf Grund der bis dahin bekannten Ergebnisse von Echolotungen der deutschen „Meteor“-Expeditionen die Entstehung des Atlantischen Ozeans und kam bereits damals zu dem Ergebnis, daß der zentrale mittelatlantische Rücken der Stelle der Zerreißung der ursprünglich einheitlichen Kontinentalschollen entspricht. An diesen Stellen kommt es zuerst zum Aufdringen tieferer Massen und in der Folge zu

einem ziemlich symmetrischen Auseinanderschleiben der Kontinentalblöcke vom zentralen Mittelrücken aus. AMPFERER schreibt in seiner — auch den engeren Fachkollegen weitgehend unbekannt gebliebenen — Arbeit (1941: 23): „Wir haben uns der Vorstellung bedient, daß die Trennung von Nord- und Südamerika von Europa-Afrika durch eine Unterströmung bewirkt wurde, deren Aufstiegszone von dem zentralen Mittelrücken der Atlantis in Umrissen abgebildet erscheint.“

„Die Auseinanderschleibung der Kontinente erfolgte also ziemlich symmetrisch von dem zentralen Mittelrücken aus in entgegengesetzter Richtung. Nord- und Südamerika wurden dabei gegen W, Europa—Afrika aber gegen E zu verschoben.“

Der Unterschied gegenüber der Theorie von WEGENER besteht also in einer Zuhilfenahme einer doppelseitigen Bewegung von dem atlantischen Mittelrücken aus. (Abb. 1).

AMPFERER hat damit jenes Konzept vorweggenommen, das fast zwanzig Jahre später durch den Amerikaner H. HESS unter dem Namen „sea-floor spreading“ weltbekannt

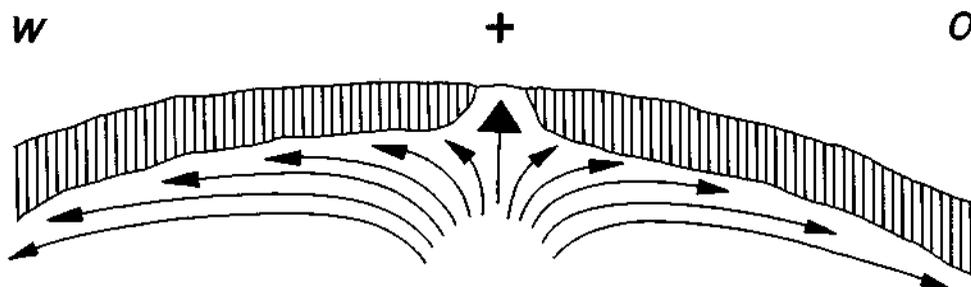


Abb. 1: Schema zur Entstehung des Atlantischen Ozeans durch Konvektionsströme nach AMPFERER. Schraffur = Kontinente. Bei + entsteht der mittelatlantische Rücken, von dem aus das zweiseitig symmetrische Wachstum des Atlantik erfolgt. Nach AMPFERER 1941, umgezeichnet

wurde. Da die Publikation von AMPFERER in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften während des 2. Weltkrieges erschien, ist sie auch den meisten österreichischen Geowissenschaftlern unbekannt geblieben. Das bald nach Ende des Krieges (1947) erfolgte Ableben von AMPFERER hat außerdem verhindert, daß AMPFERER seine bereits 1941 vorgebrachten Vorstellungen an anderer Stelle ausführen konnte.

H. HESS entwickelte auf Grund ozeanographischer Untersuchungen sein „sea-floor spreading“-Konzept, was soviel wie Meeresbodenverbreiterung bedeutet und erklärt — ähnlich wie AMPFERER — die „Drift“ der Kontinente durch eine Verbreiterung der spezifisch schwereren Ozeanböden von den in der Zwischenzeit für sämtliche Weltmeere nachgewiesenen mittelozeanischen Rücken und zwar vom zentralen „rift-valley“ her mittels Aufdringen magmatischen Materials. Nach den Vorstellungen von HESS schiebt demnach der Ozeanboden die leichteren Kontinentalschollen vor sich her (DIETZ 1961). HESS standen 1960 wesentlich mehr Befunde zur Verfügung als AMPFERER zwanzig Jahre vorher.

Über die Ursachen der Kontinental-„Drift“ ist allerdings noch nicht das letzte Wort gesprochen, da neuerdings nicht das Aufdringen basaltischer Magmen im Bereich des zentralen „rift-valley“, sondern eher das Absinken der Ozeanplatten in die unterhalb der Lithosphäre gelegene Asthenosphäre angenommen wird (vgl. WALZER 1978). Das Grundprinzip, nämlich Konvektionsströmungen im Erdmantel, bleibt jedoch bestehen.

AMPFERER's Vorstellungen decken sich im Detail freilich nicht mit den heutigen.

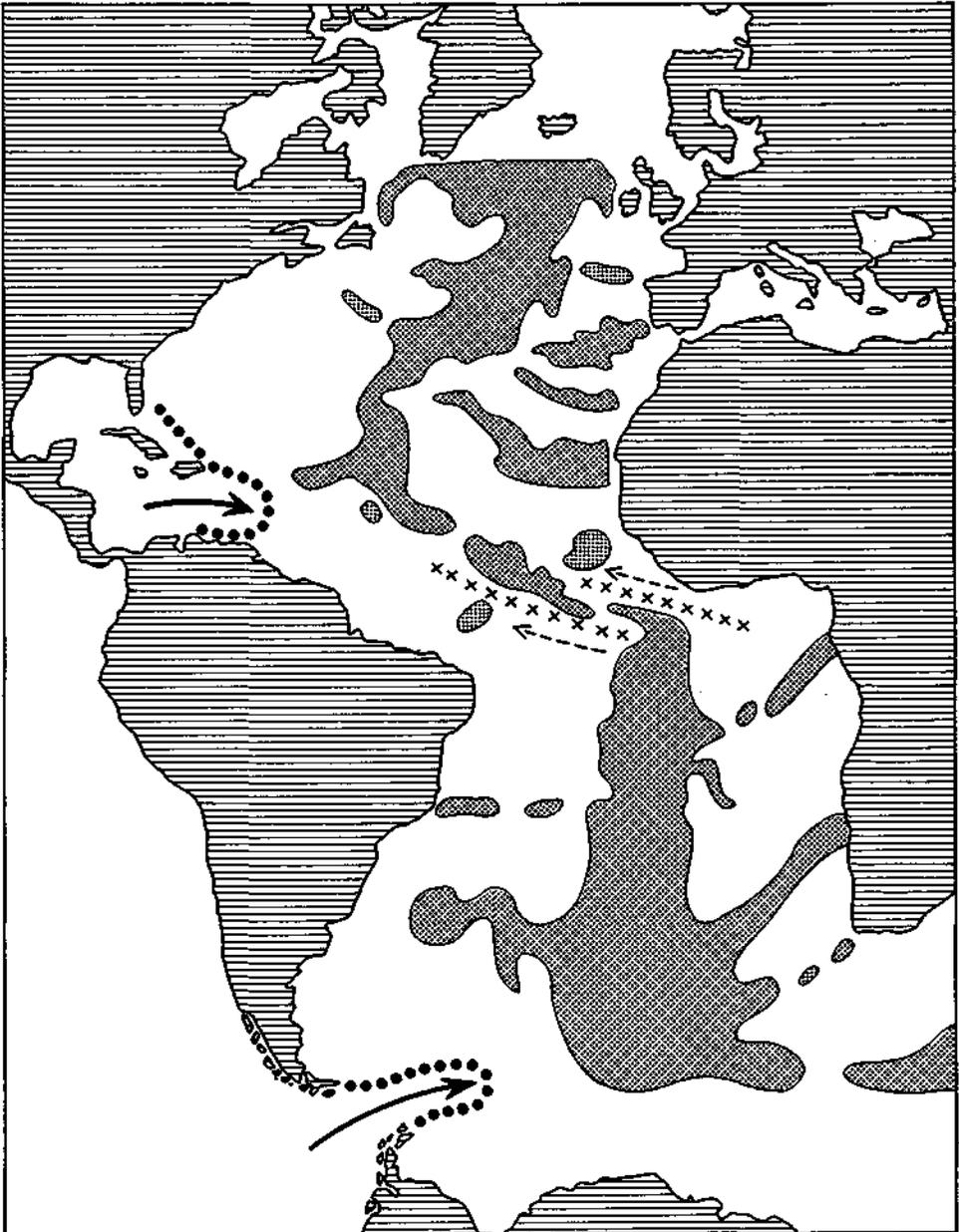


Abb. 2: Der Boden des Atlantischen Ozeans mit dem mittelatlantischen Rücken samt Seitenschwellen und Querstörungen (x). Bogen der Kleinen Antillen und der Südantillen (.....) durch Unterströmung entstanden. Nach AMPFERER 1941, umgezeichnet

So war er der Auffassung, daß der Atlantische Ozean zunächst als ein Meer mit parallelem Küstenlinienverlauf entstand und erst nachträglich durch einen kräftigen Vorstoß von Afrika gegen Westen der geknickte Verlauf der Küstenlinien entstanden sei. „Dieser Westvorstoß von Afrika muß aber jünger als die Bildung des Mittelrückens und der Querschwellen gewesen sein, da er ihre Struktur offenbar stört“ (AMPFERER 1941: 24). AMPFERER erklärt jedoch nicht den Wechsel in der Drift Afrikas und damit in der Richtung der Unterströmung. Als Querschwellen werden Kap-Schwelle, Wal-fisch-Rücken, Guinea- und Liberia-Schwelle erwähnt.

Weiters deutete er die Inselbögen der Kleinen Antillen im Norden und die Südantillen im Süden Südamerikas als Ergebnis einer jeweils nach Osten gerichteten Unterströmung (Abb. 2). AMPFERER erkannte auch die Verbindung dieser Inselbögen mit Tiefsee-gräben an der Außenfront: „Hier ist die Unterströmung in die Tiefe gesunken und hat das Versinken mit einer Verschluckungsrinne angemerkt“ (1941: 27).

Ähnliche Inselbögen im Bereich des Pazifischen Ozeans (Aläuten, Kurilen, Japanische Inseln, Philippinen, Sunda-Inseln usw.) werden von AMPFERER gleichfalls angeführt und als abgerissene Randstreifen der Kontinente angesehen, die in den Pazifischen Ozean hinausgetrieben wurden. „Anscheinend haben dabei die riesigen Kontinentmassen den Unterströmungen großen Widerstand geleistet, so daß diese meist nur Randteile abzu-bröckeln und in die Ozeane hinauszutreiben vermochten“ (AMPFERER 1941: 32).

AMPFERER erkannte zwar die Verknüpfung von Vulkanismus und Inselbögen, deutete jedoch letztere als Zerreißungszonen, die durch aufsteigende Strömungen ver-ursacht werden. AMPFERER kam weiters völlig richtig zu dem Ergebnis, daß die Be-wegung der Kontinente nicht mit der Rotation der Erde in Zusammenhang steht, da keine Massenordnung entlang des Äquators gegeben ist. Zur Aufstellung einer Alters-folge der Vorgänge hat AMPFERER das Prinzip der Felderteilung benützt, das jedoch von falschen Voraussetzungen ausgeht. Dank neuer Befunde verfügt man gegenwärtig über entsprechend mehr Daten.

Seither wurde das „sea-floor spreading“ nicht nur durch paläomagnetische Messungen, sondern auch durch die Bohrungen im Ozeanboden durch das US-Forschungsschiff „Glomar Challenger“ bestätigt. Die „Glomar Challenger“ hat seit 1968 in sämtlichen Welt- und Nebenmeeren (z. B. Mittelmeer, Schwarzes Meer) Tiefseebohrungen durch-geführt, die das von den zentralen mittelozeanischen Rücken bis zu den Kontinenten zunehmende Alter der Meeresbodensedimente an Hand von Fossilien (Foraminiferen, Radiolarien, Nannoplankton) belegt. Derartige paläomagnetische und paläontologische Untersuchungen hat der Grazer Geophysiker ROBERT SCHWINNER bereits im Jahre 1948 anlässlich des internationalen Geologenkongresses in London für das sog. Nordmeer, also für den nordöstlichen Atlantik, als Ozean mit geologisch gut bekannten Rahmen zur Überprüfung der Kontinentalverschiebungshypothese WEGENER's gefordert.

### **Die Theorie der globalen Konvektionsströme von R. SCHWINNER**

ROBERT SCHWINNER, ein gebürtiger Niederösterreicher, der in Zürich bei ALBERT HEIM mit einer geologischen Dissertation sein Studium, das ursprünglich der Mathe-matik galt, abschloß, hat sich vor allem als Geophysiker mit Fragen der Gebirgsbildung befaßt. Bereits im Jahr 1920 baute er die Unterströmungslehre von O. AMPFERER zur Theorie der globalen Konvektionsströme aus. Derartige Konvektionsströme im Erd-mantel sah er als Ursache von Gebirgsbildungen an. Entscheidend für diese und seine späteren Vorstellungen waren Schweremessungen (Streifen negativer und positiver Schwere-Anomalien) und Tiefherd-Beben. SCHWINNER prägte den Begriff Tektonosphäre (1920: 178) und meinte damit die Erdkruste bis zu einer Tiefe von maximal 120 km, auf die nach ihm alle orogenetischen und epirogenetischen Vorgänge beschränkt sind.

Der Begriff Tektonosphäre deckt sich somit weder mit dem der Lithosphäre noch der Asthenosphäre, wie TOLLMANN (1978: 303) annimmt. Der Verlauf von Streifen negativer Schwere-Anomalien, die VENING MEINESZ (1934, 1940) im Indo-Pazifik entdeckt hat und die Verknüpfung mit Tiefherd-Begen hat SCHWINNER bereits 1942 zu den heutigen Vorstellungen über die Bewegungsrichtung der Ozeanschollen geführt (Abb. 3). SCHWINNER (1942) war zwar der unterschiedliche remanente Magnetismus (normaler und reverser) aus Bohrkernen bekannt, ohne daß er — in Ermangelung der heutigen

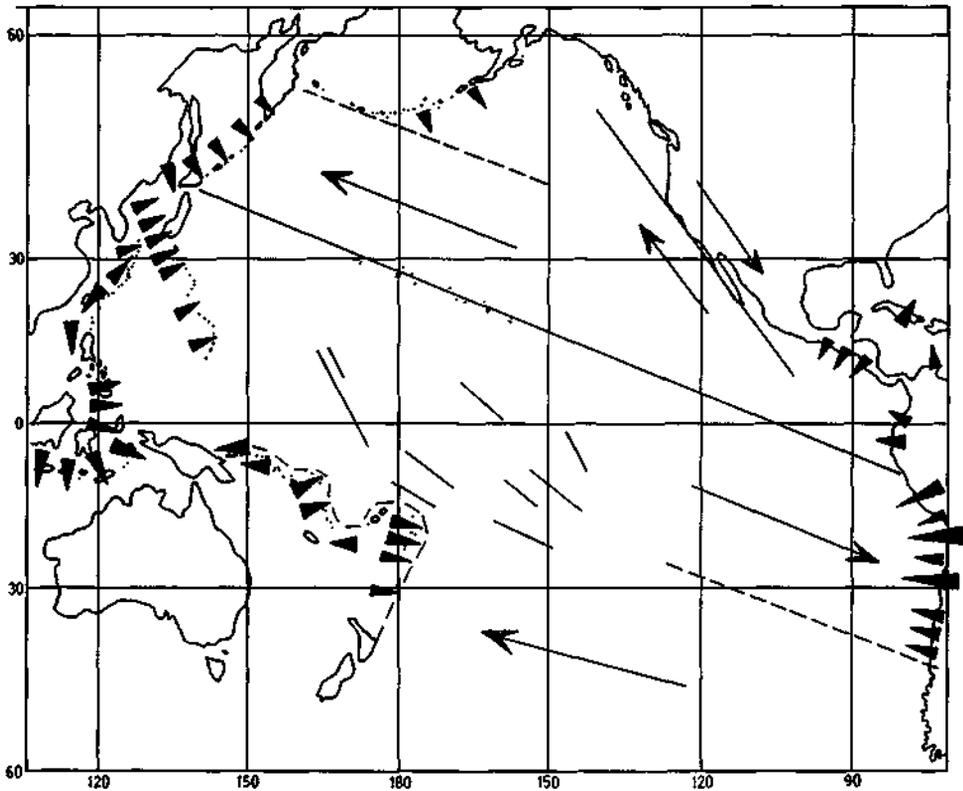


Abb. 3: Der Pazifische Ozean und die Tiefherdbeben im Bereich von Tiefseegräben und angrenzenden Gebieten. Schwarze Keile mit Spitze bei den Epizentren der seichteren Beben. Breites Ende entspricht den tiefsten Beben, wodurch Gefälle der den Kontinent unterlaufenden Schubzone angedeutet wird. Pfeile = Bewegungsrichtung der Schollen. Nach SCHWINNER 1942

Befunde — die Bedeutung erkannte. Die gegenwärtig meist als Benioff-Zonen bezeichneten Tiefseegräben, die mit absinkenden Ozeanschollen erklärt werden, waren SCHWINNER gleichfalls nicht unbekannt. Er erkannte die Verknüpfung des Vulkanismus mit der Herdtiefe der Beben.

Mit seinen Vorstellungen hat SCHWINNER Gedanken vorweggenommen, die in den späten sechziger Jahren durch DAN MCKENZIE, R. L. PARKER und W. JASON MORGAN zum „plate tectonics“-Konzept geführt haben. Allerdings dachte SCHWINNER eher an eine Aufschubung der Kontinentalschollen seewärts, denn an ein Absinken des Ozeanbodens. Dennoch sind seine Vorstellungen als Vorläufer für die heutige Plattentektonik

anzusehen. Sein gleichfalls nur wenige Jahre nach dem 2. Weltkrieg erfolgter Tod hat eine Weiterentwicklung seiner Ideen auf Grund der neuen Befunde verhindert.

Wenn auch die Vorstellungen von O. AMPFERER und R. SCHWINNER nicht voll mit den heute anerkannten Konzepten übereinstimmen, so können beide österreichische Geowissenschaftler zu den Begründern des „sea-floor spreading“- bzw. „plate tectonics“-Konzepts gerechnet werden.

#### Literatur

- AMPFERER, O.: Über das Bewegungsbild von Faltegebirgen. — Jb. Geol. Reichsanst. 56, 539—622, Wien 1906.
- AMPFERER, O.: Über Kontinentverschiebungen. — Die Naturwiss. 13, H. 31, 669—675, Berlin 1925.
- AMPFERER, O.: Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes. — Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl. I, 150, 20—35, Wien 1941.
- AMPFERER, O. & HAMMER, W.: Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. — Jb. Geol. Reichsanst. 61, 531—710, Wien 1911.
- BEAUMONT, E. DE: Extrait d'une série de recherches sur quelques-unes des revolutions de la surface du globe. — Ann. Sci. natur. 18, Paris 1829.
- BEAUMONT, E. DE: Notices sur les systèmes de montagnes I—III. — Paris 1852.
- DIETZ, R. S.: Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea floor. — Nature 190, 854—857, London 1961.
- FISHER, O.: Physics of the Earth's crust. — (MacMillan) London 1904.
- HUMBOLDT, A. VON: Esquisse d'un tableau géologique de l'Amérique méridionale. — J. Phys., Chémie, Hist. natur. 53, 30—60, Paris 1801.
- KOBER, L.: Bau und Entstehung der Alpen. — 2. Aufl., 1—379 S., Wien (Deuticke) 1955.
- LILIENTHAL, TH. CHR.: Die gute Sache der göttlichen Offenbarung. —1756.
- PLACET, FR.: La corruption du grand et petit Monde. — Paris 1666.
- RUPKE, N. A.: Continental Drift before 1900. — Nature 227, 349—350, London 1970.
- SCHWINNER, R.: Vulkanismus und Gebirgsbildung. Ein Versuch. — Z. Vulkanologie 5, 175—230, Berlin 1920.
- SCHWINNER, R.: Geologische Deutung der Tiefherd-Beben. — Forsch. & Fortschr. 18 (11/12), 116—117, Berlin 1942.
- SCHWINNER, R.: Der Begriff der Konvektionsströmung in der Mechanik der Erde. — Gerlands Beih. Geophysik 58, 119—158, Leipzig 1942.
- SCHWINNER, R.: Nordsee und Nordmeer als aussichtsreichstes Gebiet für geologisch-geophysikalische Meeresforschung. — 18th Internat. geol. Congr. Pt. 8, S. 69 (Abstract), London 1950.
- SNIDER-PELLEGRINI, A.: La création et ses mystères dévoilés. — 1—487 S., Paris (Libr. Franck & Dentu) 1858.
- STAUB, R.: Der Bewegungsmechanismus der Erde, dargelegt am Bau der irdischen Gebirgssysteme. — Berlin (Gebr. Borntraeger) 1928.
- Suess, E.: Das Antlitz der Erde I. — Prag & Leipzig (Tempsky & Freytag) 1885.
- TOIT, A. L. DU: Our wandering continents. An hypothesis of continental drifting. — XIII+366, London (Oliver & Boyd) 1937.
- TOLLMANN, A.: Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der plattentektonische Mechanismus des mediterranen Orogens. — Mitt. Österr. Geol. Ges. 69, 291—351, Wien 1978.
- VENING MEINESZ, F. A.: Gravity and the hypothesis of convection-currents in the Earth. — Proc. Kon. Akad. Wetensch. 37 (2), 37—45, Amsterdam 1934.
- VENING MEINESZ, F. A.: The Earth's crust deformation in the East Indies. — Proc. Kon. Akad. Wetensch. 43 (3), 278—293, Amsterdam 1940.
- WALZER, U.: Considerations on mantle convection. — Z. Geol. Wiss. 6 (11), 1301—1318, Berlin 1978.
- WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente. — Petermanns Geograph. Mitt. 58, 185—195, Gotha 1912.
- WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. — Sammlg. Vieweg No. 23, 1—94 S., Braunschweig 1915.
- WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. — 4. Aufl. X+231 S., Braunschweig (Vieweg) 1929.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 29. Juni 1979.