Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 155 (1975)

Vereinsnachrichten: Geophysik

Autor: [s.n.]

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.07.2025

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

2. Geophysik

2.1 B. Primault (Institut Suisse de Météorologie, Zurich): **Considérations générales sur les indices de confort**

En parcourant la littérature, on est frappé de voir que ce qui est qualifié de "atmosphère confortable" varie d'un auteur à l'autre. La plupart d'entre eux donne des limites précises définies en général par la température et l'humidité. En reportant ces limites sur un même diagramme, on est frappé de la diversité des zones déclarées agréables ou, au contraire, suffocantes.

La raison de cette diversité provient vraisemblablement du fait que les auteurs consultés sont partis, les uns de données de laboratoire, les autres de questionnaires remplis par des gens vivant en plein air. La plupart des indices de confort consultés font abstraction du vent.

Si l'on compare les sources de chacun de nos auteurs, on constate que leurs définitions dépendent du matériel de base disponible à chacun.

A première vue, il serait possible de limiter l'indice de confort à une température et une humidité au-dessous desquelles les conditions pourraient être qualifiées d'agréables.

2.2. Karl Frey (Olten): **Orographische Wolken in äquatorialen und arktischen Breiten**

Auf der Strecke Bogota–Villavicencio (Kolumbien, 4° nördliche Breite) wurde das östliche Andengebirge am 27. Mai 1972 bei einer Ostföhnlage und am 2. Juni bei einer Westföhnlage überflogen. Die durch die orographische Beschaffenheit der Ostanden gebildete Bewölkung wurde vom Boden und vom Flugzeug aus bei beiden Föhnlagen fotografiert.

Am 13. Juli 1973 bestand in einem Fjord in Spitzbergen bei Ny Aalesund (79° Breite) eine typische Föhnlage, bei der die Bildung der orographischen Bewölkung fotografiert werden konnte.

Vorgängig wurde die Ansicht über die Entwicklung des Föhns dargelegt, wie sie der Verfasser in früheren Arbeiten aufgrund einer Analyse der räumlichen Felder der meteorologischen Elemente auf der Luv- und Leeseite einer Föhnströmung beschrieben hat.

Bei Süd- und bei Nordföhn ist es – nebst den bedeutenden Druckgradienten – das ausgeprägte barokline Solenoidfeld auf der Leeseite, das der Föhnströmung die notwendige Absinkbeschleunigung und die Energie verschafft, um mit machtvoller Stärke in die Täler hinunter vorzudringen und die bestehenden Kaltluftschichten wegzuräumen.

Für die Föhnklassifikation wird unterschieden zwischen:
Antizyklonalföhn (freier Föhn) – Antizyklonaler Höhenföhn – Zyklonaler Höhenföhn – Antizyklonaler Talföhn – Zyklonaler Talföhn – Dimmerföhn.

2.3 K. Lenggenhager (Bern):
Das Problem der farbigen und weissen senkrechten Nebenlichtsäulen und Unternebensäulen

Während die Lichtsäulen in hiesigen Berggebieten ihr Entstehen hauptsächlich den vornehmlich in horizontalen Lagen fallenden Schneesternchen verdanken[1], sind in den Polargebieten die hexagonalen Eisplättchen vorherrschend, welche sowohl für Lichtsäulen als auch für die farbigen (gelegentlich auch weissen) Neben- oder Unternebenlichtsäulen verantwortlich sind, deren Abstände bei niedrigeren Sonnenständen ca. 22° von der Hauptsäule betragen.

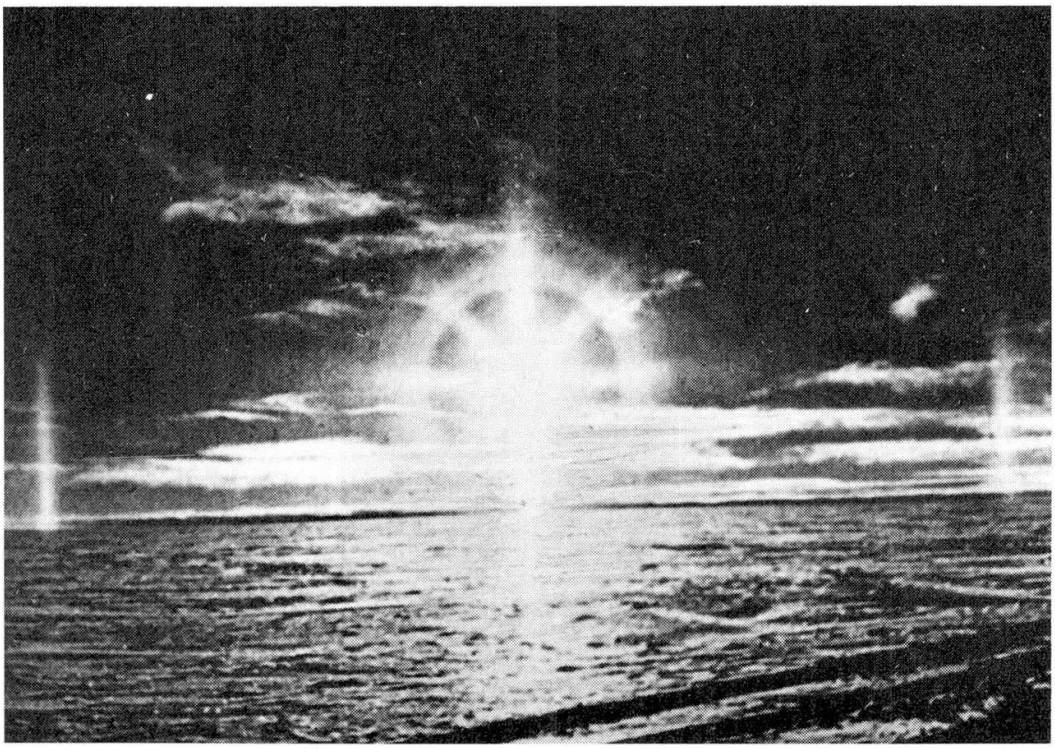

Abb. 1: Zwei farbige Unternebensäulen im Südpolargebiet. Durch die Sonne das weisse Kreuz und ein die Sonne umgebender, farbiger Kranz (aus „Der grosse Readers Weltatlas").

In der Abbildung 1 ist ein solches Beispiel wiedergegeben, das in der Antarktis fotografiert, im grossen Readers Weltatlas jedoch ohne Kommentar farbig abgebildet ist[2]. Die beiden senkrechten farbigen Nebensäulen sind je 9,6° lang, verglichen mit ihrem theoretischen Abstand vom Sonnenvertikal von 22°. Das Rot dieser Nebensäulen ist nach innen gelegen.

Zur Erklärung der farbigen Nebensäulen

Durch die vornehmlich mit horizontalen Hauptflächen fallenden Eisplättchen der Nebensäulen werden gleich wie beim Halo von 22° Radius nur deren minimal gebrochene Strahlen gesehen, weil sich Farben stärkerer Brechgrade nach aussen gegenseitig zu Weisslicht überlagern. So entsteht ja auch der gelegentlich zu sehende weisse Schweif schön farbiger Nebensonnen.

Wenn solche schmalen hexagonalen Plättchen in bewegterer Luft fallen und um ihre horizontale Vorzugslage pendeln, so überlagern sich in gleicher Weise ihre stärker gebrochenen Farbstrahlen zu Weiss. Es verbleiben dann nur die jeweils in minimaler Brechstellung erzeugten Farbstrahlen. Dies ergäbe also keine senkrechte farbige Neben- oder Unternebensäule.

Eine Möglichkeit zur Bildung farbiger Unternebensäulen und Nebensäulen bietet folgende Überlegung. Gleich wie eine tiefer liegende Sonne und sogar Nebensonne auf ruhigerer Seeoberfläche lange und schmale Lichtstrassen bedingen, können schaukelnde Plättchen der Neben- und Unternebensonnen ihre minimalen Brechstrahlen (die nicht durch stärkere Brechgrade überlagert werden können) auf leicht schwankenden Plättchen der nahen Umgebung in Form längerer, gerader Farbstrassen spiegeln lassen.

Da es sich hierbei, im Gegensatz zur Lichtstrasse auf ruhigeren Gewässern, nicht nur um gewöhnliche Reflexion handelt, sondern zum Teil sogar um Totalreflexion, ist die Lichterscheinung solcher Neben- und Unternebensäulen erheblich.

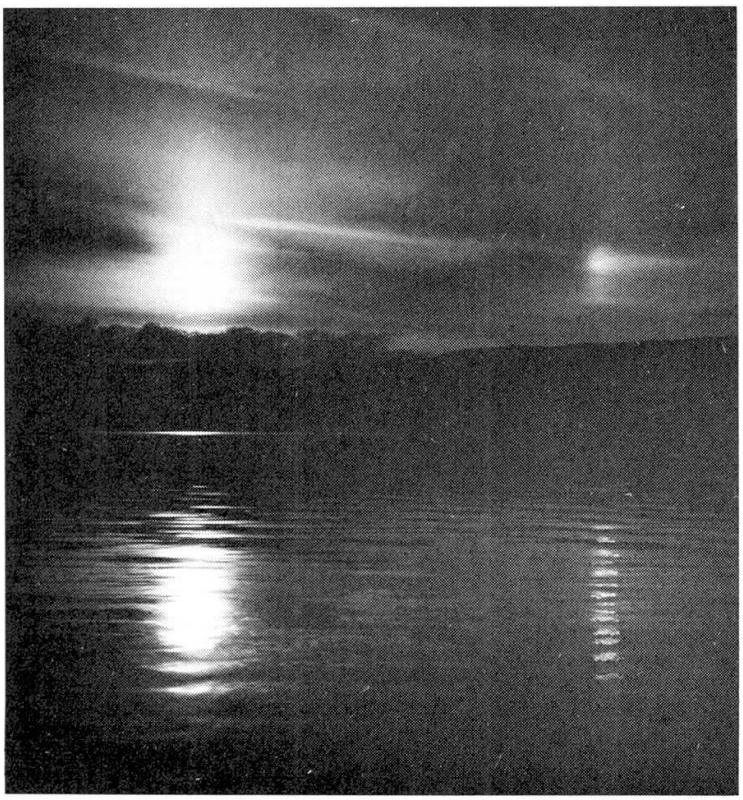

Abb. 2: Sonne und Nebensonne spiegeln sich in längeren Lichtstrassen auf ruhigerer Seeoberfläche.

Abb. 3: Untere Lichtsäule mit ebenfalls weisser Unternebensäule auf Weissfluhjoch (nach M. Jaggi).

Ein Hauptargument für diese Ansicht bieten zwei Beobachtungen von verschieden hohen Sonnenständen mit ihren Säulen und Nebensäulen, welch letztere beide den gleichen, minimalen Abstand vom Sonnenvertikal aufwiesen, die eine Beobachtung bei einem Sonnenstande von ca. 5°, die andere jedoch bei 15°. (Die Bilder wurden gezeigt.)

Einen Hinweis für eine solche Deutung ergibt die Abb. 2, wo sich die Sonne mit ihrer Nebensonne als längere Lichtstrassen auf ruhigerer Seeoberfläche spiegeln. Jedoch ist auch das Umgekehrte möglich: Längliche Untersonnen können auch durch ihr in der Vertikalen konvergierendes Licht von allen in minimalen Brechlagen befindlichen, pendelnden Plättchen wirksame Brechstrahlen für gerade Neben- oder Unternebensäulen bedingen.

Eine Stütze für diese Ansicht bietet eine eigene Flugbeobachtung einer hellen, runden Untersonne auf Eiswolken, welche einen farbigen Totalhalo von 22° Radius um sich herum bewirkte[3].

Durch die beschriebene Auffassung ist es nun auch verständlich, dass sich Nebensonnen und Unternebensonnen auf bewegteren Eisplättchen (aber auch auf Schneesternchen) als *schräge* Säulen spiegeln können, gleich wie eine nicht zu hohe Sonne sich auf schräg zum Sonneneinfall verlaufenden Wellen als schräge Lichtstrasse spiegeln kann[4]. So wurden farbige Bilder von schrägen Nebensäulen und auch von farbigen Unternebensäulen gezeigt. Diese konnten je nach Windrichtungen oben oder auch unten gegensinnige Abstände vom Sonnenvertikal aufweisen.

Farblose Lichtsäulen

Weder im Buche von Pernter[5] noch bei Visser[6] oder bei Meyer[7] sind solche in ihren erschöpfenden Abhandlungen über Haloerscheinungen erklärt, z.T. nicht einmal erwähnt. In der Abb. 3 ist eine kleinere, weisse, senkrechte Unternebensäule aus einer Arbeit von Jaggi[8] mit dessen Erlaubnis wiedergegeben. Ihr Abstand von der Untersäule ist mit 22° bestimmt worden bei einem nicht erwähnten Sonnenstande, der, den Schatten entsprechend, ungefähr 30° betragen haben dürfte.

Während vieler winterlicher Aufenthalte auf dem Säntisgipfel (2504 m) konnte der Schreibende mehrfach senkrechte weisse, seltener farbige Unternebensäulen von bis 10° Länge mit Abständen von ca. 22° von den Unterlichtsäulen beobachten und fotografieren. Ihre weisse Mischfarbe könnte durch sehr dünne Eisplättchen unterschiedlicher Dicken mit ungleichen Abständen untereinander erklärt werden in Analogie zu weissen, sehr schmalen Lichtstrassen auf Dunkelbrillen, die durch nicht entfetteten Fingerkuppenstrich beobachtet werden können[9]. Der Verfassen konnte auf dem winterlichen Säntisgipfel mehrfach farblose und farbige Unternebensäulen und Nebensäulen fotografieren, von welchen einige Farbdias gezeigt wurden.

Anmerkungen

1 Lenggenhager K.: Zur Erklärung der langen und schmalen Lichtsäulen. Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. A, 24, 93-112; 1975
2 Reader's Digest-Weltatlas: Verlag Das Beste G.m.b.H., Stuttgart; 1963
3 Lenggenhager K.: Ideale Sonnenspiegelung auf Wolken und deren Erklärung. Z. f. Meteorol. 23, 288; 1973
4 Lenggenhager K.: Zur Erklärung der langen und schmalen Licht-Reflexstreifen auf ruhigen Gewässern. Verhandlgen. d. Schweiz. Naturf. Ges. 254; 1972
5 Pernter J.M. und Exner F.M.: Meteorol. Optik, 2. Auflage, Verlag Braumüller, Wien und Leipzig; 1922
6 Visser S.W.: Die Haloerscheinungen. Handbuch d. Geophysik, 8, 1027; Bornträger, Berlin; 1960
7 Meyer R.: Die Haloerscheinungen. Verlag Henri Grand, Hamburg; 1929
8 Jaggi M.: Über die Lichtsäule. Verhandlgen. d. Schweiz. Naturf. Ges. 146, 79; 1946
9 Lenggenhager K.: Zur Entstehung der Nebenlichtsäulen. Z. f. Meteorol. 23, 360; 1973

2.4. M. Bouët (Le Mont sur Lausanne):
Sur une singulière distribution des passages frontaux en un lieu donné

Une recherche portant sur l'heure de passage des fronts froids (1764 cas étudiés) dans la région de Lausanne et déjà signalée antérieurement (Archiv f. Met., Geoph., Bioklim., A 17, 1968) a montré que ceux-ci sont en moyenne les plus fréquents vers 6 h et vers 16 h en H.E.C. (resp. 5,5 et 7 %), plus rares vers 11 h et 23 h (resp. 3 et 2 %). La fréquence accrue de l'après-midi est apparemment en relation avec l'instabilité troposphérique plus grande en ce moment de la journée; celle du début du jour ne peut par contre avoir la même cause. Le minimum nocturne de fréquence correspond à la stabilité moyenne plus grande des basses couches, mais celui de 11 h ne trouve pas d'explication du même ordre. Il faut rappeler cependant que la fréquence de la pluie en Europe centrale est minimum vers 12 h et que celle de l'orage est la plus faible vers 10 h. Il est curieux en outre qu'à une heure près à peine les extrema de fréquence des passages coïncident avec ceux de l'onde semi-diurne de pression, les maxima correspondant aux minima et inversement.

L'inégale distribution des heures de passage des fronts froids au cours du jour (en Suisse romande du moins) est surprenante et pose un problème difficile; que les changements de temps s'avèrent particulièrement rares au milieu de la nuit n'est pas étonnant; qu'ils le soient également en fin de matinée est par contre remarquable, mais correspond à l'expérience courante de l'évolution du temps selon laquelle l'éclaircie après la pluie apparaît volontiers au milieu du jour. La question reste ouverte.

2.5. H. Kahle (Institut für Geophysik, ETH Zürich):
Zur Ursache von globalen Schwereanomalien*

Als Schwereanomalien bezeichnet man üblicherweise Abweichungen der beobachteten Schwere von der theoretischen Schwere, die am Stationspunkt herrschen würde, wenn die Erde ein Rotationsellipsoid wäre. Da das Schwerefeld ein Integralfeld ist, enthält es die Schwerewirkungen sämtlicher im Erdinnern verteilter Störungsmassen. Diese Wirkungen haben je nach Tiefenlage und Dichteverteilung der Störungsmassen unterschiedliche Halbwertsbreiten und Amplituden. Die Halbwertsbreiten sind ein Mass für die Wellenlängen der Schwereanomalien. Entsprechend der Grösse der Fläche, die die Anomalien einnehmen, unterscheidet man zwischen lokalen, regionalen und globalen Schwerestörungen. Viele gravimetrische Interpretationen beschäftigen sich mit der Deutung der lokalen Anomalien, deren Ursachen oft in wenigen Kilometern Tiefe liegen. Um die lokalen Anomalien zu erhalten, muss man die regionale Anomalie bestimmen und vom beobachteten Schwerefeld abziehen. Die Ursachen der regionalen Anomalien liegen in der Erdkruste und

*Mitteilung Nr. 129 aus dem Institut für Geophysik der ETH Zürich.

zum Teil im oberen Erdmantel. Die noch langwelligeren globalen Schwerestörungen braucht man bei der Interpretation der lokalen Anomalien nicht zu berücksichtigen, da sie in den betrachteten Gebieten meist einen konstanten Wert haben.

Hingegen sind die globalen Schwereanomalien von grosser Bedeutung für die Analyse von Massenstörungen, die im tiefen Erdinnern liegen. Im folgenden wird versucht, eine Zusammenfassung über die möglichen Ursachen dieser globalen Anomalien wiederzugeben.

Die Berechnung der globalen Schwerestörungen beruht auf der Entwicklung des Schwerepotentials nach Kugelfunktionen: P_n ($\cos\theta$), $\theta = 90°$ – geographische Breite, deren Koeffizienten aus Satellitenbahnstörungen abgeleitet werden. Zu den Gebieten mit positiven globalen Anomalien niederer Ordnung (zum Beispiel $n = 4$) gehören Südamerika, Europa, der südwestindische Ozean und die Tiefseegräben im Westpazifik. Die Minima liegen über dem nordwestlichen und zentralen Atlantik, dem ostindischen und südpazifischen Ozean sowie über dem nördlichen Pazifik. Diese Anomalien erreichen ± 20 mgal*. Sie zeigen keinen systematischen Zusammenhang mit der Verteilung der Kontinente, Ozeane und Lithosphärenplatten. Auch mit den aus seismischen Beobachtungen gewonnenen Strukturen der Erdkruste und Lithosphärenplatten können die langwelligen Anomalien niederer Ordnung bisher nicht erklärt werden. Ihre Ursachen müssen also in grösserer Tiefe liegen.

Als tiefste Störungsmasse für die Anomalien niederer Ordnung kommen Undulationen der Erdkern-Mantelgrenze in einer Tiefe von rund 2900 km in Betracht. Entlang dieser Diskontinuität nimmt die Dichte sprunghaft um 4.0 g cm^{-3} zu. Dieser Dichtesprung ist gross genug, dass schon sehr kleine Undulationen der Kern-Mantelgrenze (von wenigen Kilometern) Schwerewirkungen an der Erdoberfläche hervorrufen, die in der Grössenordnung der aus Satellitenbahnen abgeleiteten Anomalien niederer Ordnung (zum Beispiel $n = 4$) liegen. Beobachtungen von P_cP-Wellen, die den Erdkern durchlaufen haben, deuten auf solche Undulationen hin (Buchbinder, 1968).

Der Bereich oberhalb der Kern-Mantelgrenze wird vom unteren Erdmantel eingenommen, der bis in eine Tiefe von 1000 km heraufreicht. Aufgrund seismischer Geschwindigkeitsdaten von Anderson und Toksöz (1963) kann man folgern, dass die Dichte von der Tiefe 1000 km bis 2900 km kontinuierlich von etwa 4.6 g cm^{-3} bis auf 5.5 g cm^{-3} zunimmt und dort keine Diskontinuitäten aufweist. Statt dessen enthält der darüberliegende obere Erdmantel mehrere Unstetigkeitsflächen, entlang denen die seismische Kompressionswellengeschwindigkeit (Julian und Anderson, 1968) und die Dichte (Anderson, 1967 a,b, c, 1968, 1969) sprunghaft zunehmen. Zwei von diesen Unstetigkeitszonen kann man mit Phasentransformationen in Zusammenhang bringen (Birch, 1952, 1961). Die obere Gradientenzone liegt etwa in einer Tiefe von 400 km und die untere im Tiefenbereich um 650 km. Den oberen Sprung interpretiert man allgemein als Übergang von Olivin (einer Forsterit (Mg_2SiO_4)-Fayalith (Fe_2SiO_4)-Mischung) zu einer Spinell-Phase (Ringwood, 1958 a, b, c, 1966, 1969). Entlang dieser Olivin-Spinell-Übergangszone steigt die Dichte sprunghaft um etwa 8 % (0.3 g cm^{-3}) an. Wie neuere Hochdruckversuche gezeigt haben, hängt der Olivin-Spinell-Übergang

*1 mgal = 10^{-3} cm s^{-2}

stark von der Temperatur und dem Druck ab. Aus experimentellen Daten von Akimoto und Fujisawa (1968) hat Bott (1971) beispielsweise errechnet, dass die Gerade der Temperatur-Druck-Relationen, bei denen der Olivin-Spinell-Übergang von $(Mg_{0.9}, Fe_{0.1})_2 SiO_2$ stattfindet, einen Gradienten von 0.06 kbar/°C aufweist.

Diesem Gradienten entspricht die Temperatur-Tiefen-Bedingung von etwa 5.5 °C/km. Das bedeutet, dass der Olivin-Spinell-Übergang etwa 1 km tiefer stattfindet, wenn sich die Temperatur um 5.5 °C erhöht. Daraus ergibt sich eine Undulation des Olivin-Spinell-Übergangs, die man einer lateralen Massenstörung mit dem Dichtekontrast 0.3 g cm^{-3} zuordnen kann. Bei der zweiten Übergangsphase, die etwa in 650 km Tiefe liegt (Anderson, 1967 c; Mao et al., 1969), erfolgt der Übergang in die noch dichteren Phasen in Form von Oxiden wie Stishovit (SiO_2), Periklas (MgO) und Wüstit (FeO). Im Gegensatz zur Olivin-Spinell-Übergangszone ist der Druck-Temperaturgradient dort jedoch negativ, so dass sich bei Temperaturerhöhungen der Übergang nach oben verschiebt. Da der Dichtesprung beim Spinell-Übergang ebenfalls 0.3 g cm^{-3} beträgt, würden sich die entsprechenden Schwereanomalien zum Teil kompensieren, wenn in der Tiefe dieser beiden Phasenübergänge eine Temperaturveränderung mit gleichem Vorzeichen und Betrag auftritt. Bott (1971) hat jedoch gezeigt, dass die Spinell-Oxid-Übergangszone wegen des negativen Temperatur-Tiefen-Gradienten bei Temperaturänderungen dazu tendiert, wieder in die alte Tiefenlage zurückzukehren – der Olivin-Spinell-Übergang dagegen nicht. Demnach kommt der Olivin-Spinell-Übergang eher als Ursache von Schwereanomalien in Frage als der Spinell-Oxid-Übergang.

Whitcomb, Anderson (1970) und Fuchs et al. (1971) fanden wichtige Hinweise für die mögliche Existenz von unterschiedlichen Tiefenlagen der Übergangszonen. Der Geschwindigkeitssprung entlang dieser Zonen ist so gross, dass dort Reflexionen von Erdbebenwellen auftreten. Nachdem die Raumwellen den Erdkern durchlaufen haben, können sie insbesondere an der Unterseite der Übergangszonen reflektiert werden, erneut den Erdkern durchlaufen und dann als Vorläufer vor der Hauptphase P'P' = PKPPKP registriert werden. Auf solche Reflexionen machten zum Beispiel Gutenberg (1960), Adams (1968), Engdahl und Flinn (1969), Bolt et al. (1968) und Niazi (1969) aufmerksam. Whitcomb et al. (1970) untersuchten Laufzeiten von Erdbeben, die in Japan bzw. Südamerika entstanden waren und im Gebiet des ozeanischen Rückens südlich von Afrika bzw. beim 90°-Ost-Rücken im Indischen Ozean reflektiert wurden. Das benutzte Seismographennetz lag in Kalifornien und Arizona. Es ergaben sich Reflexionen in den Tiefen bei 630, 280, 520, 940 und 410 km – jeweils in der Reihenfolge ihrer Nachweisbarkeit angegeben. Hierbei zeigten die Reflexionen in 410 km Tiefe und darunter in den beiden betrachteten Reflexionsgebieten einen korrigierten zeitlichen Unterschied im Seismogrammeinsatz von 4 Sekunden. Whitcomb et al. (1970) deuteten diesen Zeitunterschied, indem sie annahmen, dass die Phasenübergänge südlich von Afrika etwa um 20 bis 30 km höher liegen als unter dem 90°-Ost-Rücken. Bei einem Tiefenvergleich der Diskontinuitäten in der Mantelübergangszone in den U.S.A. (Johnson, 1967) und in Europa (Mayer-Rosa, 1969, Mayer-Rosa und Müller, St., 1971, 1973) sind Fuchs et al. (1971) auf noch grössere Unterschiede für die Tiefenlagen des Olivin-Spinell-Übergangs gekommen. In den U.S.A.

ergibt sich eine Tiefe von 400 km und in Europa eine solche von rund 300 km. Diese Undulationen korrelieren mit den langwelligen Schwereanomalien von n = 2 bis 6 (Fuchs et al., 1971), deuten sich aber auch im Feld zwölfter Ordnung an.

Vorläufige Modellrechnungen ergeben, dass die seismisch gefundenen Undulationen in der Mantel-Übergangszone theoretisch die Grössenordnung der beobachteten Anomalien mit intermediären Wellenlängen (z.B. n = 12) durchaus erreichen und sogar grösser sein können.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Stephan Müller, Zürich, für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Abkürzungen

B.S.S.A.	Bulletin of the Seismological Society of America
G.J.R. astr. Soc.	Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society
J.G.R.	Journal of Geophysical Research
Z.f.G.	Zeitschrift für Geophysik (Journal of Geophysics)

Literatur

Adams, R.D., 1968: Early reflections of P'P'as an indication of upper mantle structure. B.S.S.A., 58: 1933.

Akimoto, S. & Fujisawa, H., 1968: Olivine-Spinel Solid Solution equilibria in the system Mg_2SiO_4 – Fe_2SiO_4. J.G.R., 73: 1467–1479.

Anderson, D.L. & Tokzöz, M.N., 1963: Surface waves on a spherical earth. 1. Upper mantle structure from love waves. J.G.R., 68: 3483–3500.

Anderson, D.L., 1967a: A seismic equation of state. J.G.R., 13: 9–30.

Anderson, D.L., 1967b: Latest information from seismic observations. In: Gaskell (editor), The earth's mantle. Academic Press, 355–420.

Anderson, D.L., 1967c: Phase changes in the upper mantle. Science, 157: 1165–1173.

Anderson, D.L., 1968: Chemical inhomogeneity of the mantle. Earth and Planetary Science Letters, 5: 89–94.

Anderson, D.L., 1969: Bulk modulus – density systematics. J.G.R., 74: 3857–3864.

Birch, F., 1952: Elasticity and constitution of the earth's interior. J.G.R., 57: 227–286.

Birch, F., 1961: Composition of the earth's mantle. J.G.R., 4: 295–311.

Bolt, B.A., O'Neill, M. & Quamar, A., 1968: Seismic waves near 110°: Is structure in core or upper mantle responsible? G.J.R. Astr. Soc., 16: 475–487.

Bott, M.H.P., 1971: The mantle transition zone as possible source of global gravity anomalies. Earth and Planetary Science Letters, 11: 28–34.

Buchbinder, G.G.R., 1968: Properties of the core-mantle boundary and observations of P_cP. J.G.R., 73: 5901–5923.

Engdahl, E.R. & Flinn, E.A., 1969: Seismic waves reflected from discontinuities within the upper mantle. Science, 163: 177–179.

Fuchs, K., Mayer-Rosa, D. & Liebau, F., 1971: Lateral inhomogeneities of the earth's mantle and their petrological interpretation. Z.f.G., 37: 937–942.

Gutenberg, B., 1960: Waves reflected at the "surface" of the earth: P'P'P'P'. B.S.S.A., 50: 71–79.

Johnson, L.R., 1967: Array measurements of P velocities in the upper mantle. J.G.R., 72: 6309–6326.

Julian, B.R. & Anderson, D.L., 1968: Travel times, apparent velocities and amplitudes of body waves. B.S.S.A., 58: 339–366.

Mao, H.-K.,Takahashi, T., Basset, A., Weaver, J.S. & Akimoto, S., 1969: Effect of pressure and temperature on the molar volumes of wüstite and of three $(Fe\text{-}Mg)_2\ SiO_4$ Spinel solid solutions. J.G.R., 74: 1061–1069.

Mayer-Rosa, D., 1969: Die Geschwindigkeitsverteilung seismischer Wellen im oberen Erdmantel Europas. Dissertation, Universität Stuttgart, 79 pp.

Mayer-Rosa, D. & Müller, St., 1971: Velocity and density distributions in the upper mantle of Europe. XII Assemblée générale de la Commission Séismologique Européenne. Observatoire Royal de Belgique, Communications, Serie A-No. 13, Serie Géophysique No. 101: 171–172.

Mayer-Rosa, D. & Müller, St., 1973: The gross velocity-depth distribution of P- and S-waves in the upper mantle of Europe from earthquake observations. Z.f.G., 39: 395–410.

Niazi, M., 1969: Use of source arrays in studies of regional structure. B.S.S.A., 59: 1631–1643.

Ringwood, A.E., 1958a: The constitution of the mantle – I: Thermodynamics of the olivine-spinel transition. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 13: 303–321.

Ringwood, A.E., 1958b: The constitution of the mantle – II: Further data on the olivine-spinel transition. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 15: 18–29.

Ringwood, A.E., 1958c: The constitution of the mantle – III: Consequences of the olivine-spinel transition. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 15: 195–212.

Ringwood, A.E., 1966: Mineralogy of the mantle. In: Hurley (editor), Advances in earth science, MIT Press: 357–399.

Ringwood, A.E., 1969: Phase transformation in the mantle. Earth and Planetary Science Letters, 5: 401–412.

Whitcomb, J.H. & Anderson, D.L., 1970: Reflection of P'P'seismic waves from discontinuities in the mantle. J.G.R., 75: 5713–5728.