

UNTERSUCHUNGEN UEBER MIKROSEISMIK IN DEUTSCHLAND WAEHREND DES ZWEITEN WELTKRIEGES (*)

E. HARDTWIG

Im Folgenden möchte ich einiges berichten über Untersuchungen, die in Deutschland während des Krieges über die M.S. angestellt worden sind und die zum Ziele hatten, den Zusammenhang zwischen Grosswetterlage und m.s. Bodenbewegung soweit als möglich für die Zwecke der Wettervorhersage nutzbar zu machen.

Man muss die Lage verstehen, in der sich Deutschland damals es was Winter 1941/42 meteorologisch befunden hat. Der gesamte Westen Europa's ausserhalb Englands und Spaniens war von deutschen Armeen kontrolliert und seine Gebiete wurden von deutschen Maschinen heflagen. Umgekehrt musste in immer zunehmenderem Masse mit Angriffen auf Deutschland gerechnet werden, die von England aus gestartet wurden. Diese Umstände brachten es mit sich, dass für die deutsche Meteorologie das Problem der Wettervorhersage sehr dringend wurde, da ja hekanntlich Mitteleuropa vom Westen her mit der Grosswetterlage versorgt wird.

Man half sich auf folgende Weise:

1. — Es wurden in Norwegen und Frankreich sogenannte Wettererkundungsstaffeln eingerichtet, dere Flugzeuge jeden Tag nach Westen vorstiessen und die auf ihrem Flugweg vorgefundenen Wetterlagen durch drahtlose Telegraphie an die Zentrale bei Berlin meldeten. Diese Meldungen bildeten das Gerüst für die auf dem Ozeam zu zeichnende Wetterkarte. Es ist klar, dass von der Zuverlässigkeit dieser Meldungen sowie von ihrer regelmässigen Ausführung für die Herstellung der Wetterprognose so gut wie alles abhing.

2. — Es wurden Schiffsmeldungen verwertet. Dabei liegt es in der Natur der Sache, dass es in erster Linie Meldungen von U-Booten waren, die zur Auswertung gelangten. Auch vereinzelt ausgesetzte

(*) La traduzione in lingua italiana della presente Nota è riportata a pag. 127.

Beobachter versorgten — zumindest zeitweise — die Zentrale mit Meldungen.

Um diese Zeit machte der Dozent an der Göttinger Universität Dr. *Bungers* an den zuständigen Stellen den Vorschlag, die M.S. für die Zwecke der Wettervorhersage nutzbar zu machen. Er hatte kurz vorher seine Untersuchungen über die Richtungsbestimmung mikro-seismischer Wellen beendet. Vom *Bunger'schen* Standpunkt aus schien es nicht schwierig, den Quellpunkt der m.s. Erregung zu ermitteln, insbesondere dann, wenn die Ortsbestimmung von zwei sehr weit von einander entfernten Punkten aus vorgenommen wurde. Der Vorschlag von Dr. *Bungers* erfolgte zu Weihnachten 1941, doch wurde das Project erst im Laufe des Jahres 1942 aufgegriffen und dann in Herbst 1942 in Angriff genommen.

Herr *Prof. Angenheister* in Göttingen war mit der Planung und Oberleitung der Untersuchungen betraut worden. Ihm standen drei Herren als Assistenten für Seite. Weiter wurden herangezogen Dr. *Hiller* und ich selbst, beide bereits im Wetterdienst der Luftwaffe tätig. Weiter trat Dr. *Becker* in die Arbeitsgruppe ein, ausserdem war natürlich Dr. *Bungers*, ebenfalls damals der Luftwaffe zweitweise angehörig, an den Untersuchungen massgebend beteiligt.

Man machte sich im Laufe einer Tagung in Göttingen mit den Problemen und der Literatur bekannt, soweit die beteiligten Herren nicht ohnehin auf Grund ihrer zivilen Berufe mit der M.S. vertraut waren. Dann wurde ein Arbeitsplan entworfen und Richtlinien festgelegt. Ziel der Untersuchung sollte sein, festzustellen, ob es möglich sei, die M.S. zu Aussagen über die Grosswetterlage heranzuziehen. Wenn dies der Fall sein sollte, so sollten Methoden gefunden werden, die durch die M.S. gegebenen Tatbestände auf kürzestem Wege meteorologisch zu verwerten. Das Problem war also vorerst rein theoretisch, aber nach einer Versuchszeit von etwa 2 Jahren sollte zu einer praktischen Verwertung übergegangen werden. Es sei gleich hier vorweg festgestellt, dass die Arbeiten sehr erschwert waren durch gewisse Schwierigkeiten. Erstens war nicht genügend geschultes Personal als Hilfskräfte zur Verfügung, die Arbeiten mussten auch in ihre technischen Details von den Herren selbst gemacht werden. Zweitens war die Beschaffung von Material, insbesondere von entsprechendem Instrumentarium so gut wie ausgeschlossen, man musste sich mit bereits vorhandenen Seismomentern begnügen, Spezialinstrumente konnten nicht angefertigt oder sonstwie besorgt werden. Dies was auch der Grund, warum man nicht mit der von *Krug* er-

sonnenen und von Ramirez in die Literatur eingeführten Dreierstation arbeiten konnte.

Es wurden 4 Arbeitsgruppen gebildet.

1. Göttingen mit Angenbeister an der Spitze und seinen Assistenten.

2. Stuttgart, mit Dr. Hiller und Dr. Hardtwig.

3. Brüssel, wo Dr. Becker zusammen mit Prof. Boerner die Untersuchungen an der Erdbebenwarte in Uccle führte und

4. Bergen. Hier war Dr. Bungers als Mitglied einer Wetter-Erkundungsstaffel tätig und arbeitete nebenher an den Aufgaben der M.S.

Zur Verfügung standen: in Göttingen der von Krug konstruierte Horizontalseismometer mit Registrierapparaten für Kurzregistrierungen, in Stuttgart die drei Galitzin (—Wilip)—Instrumente, die untereinander vergleichbar waren mit Eigenperioden um 12 sec und optischer Registrierung, in Brüssel drei Galitzin-Komponenten mit untereinander nicht vergleichbaren Instrumenten. Bungers hatte nach Bergen einen Krug'schen Seismometer und einen Registrierapparat mitgenommen.

Im Laufe der Zeit kam in Göttingen ein Galitzinapparat hinzu. In der Folge erwies sich Stuttgart als die beste Station, denn das dort vorhandene Instrumentarium war den Problemen der M.S. angepasst.

Das Programm war wie folgt eingerichtet worden: Amplitude und Periode der M.S. sollte laufend registriert werden. In den 5 Minuten vor und nach jeder vollen Stunde wurden die grössten Amplituden und Perioden gemessen, gemittelt und in ein Diagramm eingetragen. Es sollte sich so ein fortlaufendes Bild vom Verlauf der M.S. ergeben. Gleichzeitig sollte durch Vergleich mit der offiziellen, vom ZWG herausgegebenen Wetterkarte ein Bild vom Ablauf des Wettergeschehens gegeben werden. In einem eigenen Journal wurden die Positionen der Tiefdruckkerne, ihre Zugrichtungen, ihre Tiefe in mb angeführt und dort, wo es möglich war, meldeten Marinebeobachtungen Seegang und Windstärke. Lage und Weiterentwicklung der Fronten wurde registriert.

In Brüssel unternahm *Becker* die Untersuchung des Einflusses der Gezeiten auf die M.S. Es sei gleich vorweg bemerkt, dass ein merklicher Einfluss derselben auf die M.S. nicht festgestellt werden konnte.

In Bergen plante *Bungers*, der seine Wetterflüge machte, die M.S. zu registrieren — sozusagen am Ort ihrer Entstehung — und gleichzeitig vom Flugzeug aus die Perioden der Meereswellen zu

messen, um einen eventuellen Zusammenhang zwischen beiden zu finden. Denn die Frage, ob die M.S. nicht etwa aus den durch den Wellengang erzwungenen Pfeilerschwingungen bestehe, war noch durchaus offen. Leider wurden diese wichtigen Untersuchungen von *Bungers* durch seinen Tod unterbrochen bzw. beendet. Er teilte das Schicksal von sehr vielen seiner Kameraden. Sein Flugzeug wurde auf dem Rückflug von Island von englischen Maschine gejagt, angegriffen und schwer beschädigt. Bei der Landung in Bergen stürzte die Maschine ab und die Besatzung fand den Tod.

Trotzdem der Inaugurator der Untersuchungen, *Bungers*, gefallen war, gingen die Untersuchungen weiter.

In Stuttgart wurden neben den oben beschriebenen laufenden Untersuchungen noch zusätzlich folgende gemacht:

a) Herr Hiller konstruierte eine Apparatur die es ermöglichte, alle drei Komponenten synchron und genau untereinander auf einem Streifen zu registrieren. Dadurch wurde es möglich, die Phasenverschiebungen ohne viele Umstände zu erkennen, Rayleighwellen dort, wo sie auftreten, zu isolieren und aus ihnen die Herkunftsrichtung der M.S. zu ermitteln. Diese Kurzregistrierungen wurden 2 mal täglich (morgens und abends) durchgeführt und bearbeitet. Zu gleicher Zeit wurden in Göttingen Kurzregistrierungen mit dem Krug'schen Apparat ausgeführt und mit den Stuttgarter im Laufe der sich etwa alle halben Jahre wiederholenden Arbeitstagen verglichen.

b) Die harmonische Analyse der M.S. Registrierungen, die anfänglich besonders in Göttingen durchgeführt wurden, erwies sich als viel zu umständlich, daher wurde ein anderer, kürzerer Weg beschritten: die offenkundig ungestörten Wellen wurden nach ihrer Periode ausgemessen, gezählt und dann von allen drei Komponenten sogenannte « Spektren » gezeichnet. Über den Zeitraum der Kurzregistrierung hinweg ($1/4$ St.) ergaben sich so einigermaßen charakteristische Bilder, von denen wir auf Grund der Erfahrungen annahmen, dass sie mit gewissen Wetterlagen zu korrelieren seien.

c) Es wurden die drei letzten, vor dem Krieg herausgegebenen, also einwandfrei belegten Jahrgänge der « Witterungsberichte der Deutschen Seewarte in Hamburg » auf charakteristische und typische Wetterlagen hin untersucht und mit den in Stuttgart vollzählig vorliegenden seismischen Registrierungen verglichen. Der Grundgedanke dabei war, durch das durchlaufende Nebeneinander von Wetterkarte und Registrierung Korrelationen zu finden, die sich eventuell auch durch rein äusserliche, zunächst durch keine Theorie erklärbare

Merkmale äussern würden. Ich möchte solche Untersuchungen a posteriori fast für wichtiger und fruchtbarer halten als Untersuchungen unmittelbar am aktuellen Wettergeschehen. Vor allem besteht die Möglichkeit, auf diesem Wege charakterische Situationen (z.B. ein Islandtief) zu isolieren.

In Göttingen untersuchte Angenbeister mit seinen Assistenten die wahre Bewegung eines Bodenteilehens unter dem Einfluss der M.S. und fand, dass dort, wo vermutlich Wellen vom Rayleightypus wirksam sind, die Schwingungsrichtung des Bodenteilehens mit der mutmasslichen Herkunftsrichtung übereinstimme.

Weitere Pläne sollten verwirklicht werden, wenn sich ein gewisser Fortschritt in der « Ortung » der Tiefdruckgebiete eingestellt hätte. Überhaupt muss gesagt werden, dass jene Stellen, an denen geophysikalische Kenntnisse nicht gut vorausgesetzt werden konnten, sich die Lösung des mikroseismischen Problems viel einfacher vorstellten als es tatsächlich ist. Immer wieder tauchte der Gedanke der « Ortung » nach dem Muster der Ortung von Flugzeugen auf drahtlosem Wege auf, ein Gedanke, der, wie die Tiefkernhypothese zeigt, durchaus nicht abwegig ist, sich aber in unseren deutschen Untersuchungen als nicht sehr fruchtbar erwiesen hat.

Ergebnisse. — Man kann das Material, das vom Herbst 1942 bis zu Anfang 45 in Göttingen, Stuttgart und Brüssel zusammengetragen wurde, wohl als das reichste bezeichnen, das bis dahin hinsichtlich der M.S. zusammengetragen worden war. Natürlich wird man erwarten, dass aus diesem Material auch gewisse Schlüsse gezogen werden können, um dem Geheimnis der M.S. auf die Spur zu kommen.

Man hatte sich zu Beginn der Arbeiten mit Absicht auf keine der beiden Theorien festgelegt: weder auf die *Wiechert'sche*, dass die Brandung die Ursache der M.S. sei, noch auf die besonders aussserhalb Deutschlands vertretene sogenannte Tiefkernhypothese. Um eine Alternative zwischen diesen beiden Theorien herbeizuführen, wäre es notwendig, ein zuverlässiges Ortungsverfahren zu besitzen. Gerade dieses aber fehlte, denn eine sogenannte Dreierstation, mit der gegenwärtig bekanntlich in der karibischen See und im pazifischen Ozean ausgezeichnete Erfahrungen gemacht werden, wäre unter europäischen Verhältnissen nicht sehr nutzbar gewesen. Man war also auf andere Methoden angewiesen. Zunächst hat sich naturgemäss das Verfahren von *Bungers* als Ortungsverfahren an. *Bungers* geht bekanntlich von der Voraussetzung aus, die M.S. bestehe aus Überlagerungen von Rayleigh- mit Love-Wellen, und lehrt unter dieser Vorausset-

zung die Herkunftsrichtung der Wellen kennen. Es muss gesagt werden, dass das *Bunger'sche* Ortungsverfahren auf keinen Erfolg führte. Die Richtungen lagen allesamt um NW, auch dann, wenn keinerlei Veranlassung war, in dieser Richtung die Quelle der M.S. zu vermuten. Offenbar ist die *Bunger'sche* Voraussetzung nicht richtig. Bei der M.S. dürfte es sich in Wahrheit um ganz andere Dinge handeln als um Rayleigh- und Love-Wellen. Die Unbrauchbarkeit der *Bunger'schen* Methode wurde vor kurzer Zeit auch von d'Henry und Morelli festgestellt.

Es ist bereits angeführt worden, wie man in Stuttgart die Ortungsschwierigkeit zu umgehen versuchte: durch die synchrone Registrierung der drei Komponenten und Isolierung der Rayleighartigen Wellenzüge, die es immer gab. Die nach diesem Verfahren gefundenen Richtungen zeigten so gut wie nie nach dem Tiefdruckzentrum, wohl aber immer an irgendeine Stelle der von der Brandung getroffenen Küste. Es wurde so je nach der Wetterlage die norwegische, englische, irische Küste richtungsmässig erfasst, aber auch die Bretagne und Biscaya. Bei Spanien und Island versagte das Verfahren infolge der Kleinheit der registrierten Amplituden. Alle Beteiligten neigten schliesslich, obwohl von vornherein streng darauf geachtet worden war, sich auf keine der beiden Theorien festzulegen, dazu, anzunehmen, dass das, was wir als M.S. registrierten, seine Ursache in der Brandung habe. Dies bedeutete naturgemäss eine gewisse Enttäuschung, für den damals zur Debatte stehenden Zweck wäre es ungleich günstiger gewesen, wenn sich herausgestellt hätte, dass die Quelle der M.S. unter den über das Meer ziehenden Tiefdruckgebieten zu suchen sei.

Ich nenne einige Erscheinungen, die sich zwanglos mit der Brandungshypothese erklären lassen.

I. Die M.S. wird unso stärker, je mehr der Einfallswinkel der Dünung, d.h. des weit herziehenden Seeganges sich einem rechten Winkel nähert. Man erkennt dies auf der Wetterkarte daran, dass die Isobaren senkrecht zur getroffenen Küste stehen. Diesen Fall konnten wir immer wieder an der norwegischen Küste studieren, insbesondere auch an den alten, gut belegten Wetterkarten aus der Zeit vor dem Kriege. Hierbei ist ein gewisses « Nachhinken » zu berücksichtigen. Der Wellengang dreht nicht gleichzeitig mit den Isobaren, sondern kommt der Isobarendrehung erst mit einer gewissen Verspätung nach. Das Maximum der M.S. tritt daher dann auf, wenn die Isobaren bereits wieder den rechten Winkel zur Küste überschritten

haben. Auch an der schottischen, irischen und französischen Küste konnte diese Erscheinung beobachtet werden, wenn auch Norwegen hinsichtlich der M.S. immer eine ausgezeichnete Rolle gespielt hat. Als typisches Beispiel führe ich die Wetterlage vom 28.II-I.III.43 an. Ein Lofotentief stand mit seinem Kern von 980 mb vor der norwegischen Küste und bewegte sich innerhalb von 24 Stunden senkrecht zur Küstenrichtung bis in den Raum von *Leningrad*. Die anfänglich kleine M.S. steigerte sich sehr rasch zu einem Maximalwert. Dieser höchste Wert wurde aber erreicht zu einer Zeit, da der Kern des Tiefs bereits weit auf dem Festlande lag, und zwar gerade zu *jener* Zeit, zu der der Seegang die Küste senkrecht getroffen haben musste. Wenn für außertropische Zyklonen die Tiefkernhypothese auch richtig wäre, so dürfte dies nicht eintreten. Die Annahme, es könne sich hierbei um M.S. vom Finnischen oder Bottnischen Meerbusen handeln, trifft ganz bestimmt nicht zu, da das Studium der Ostseemikroseismik gezeigt hat, dass diese auf alle Fälle nur von kleinen Perioden und Amplituden ist. Hier dürfte die Kleinheit des Windweges eine Rolle spielen, die die Ausbildung eines gewaltigen Seeganges nicht zulässt, ebenso wie die geringe Tiefe im Vergleich zum atlantische Ozean.

Noch etwas anderes zeigte diese Wetterlage. Sie wiederholte sich nämlich ziemlich genau am 27./28.XI.42. (Vorher!). Die M.S. erreichte nicht dieselbe Intensität, obwohl die Bahn des Tiefs fast dieselbe war, der Gradient aber noch stärker: Min.=965mb. Beim Studium des Isobarensystems zeigte es sich, dass die Isobaren nur kurze Zeit senkrecht zur Küste gestanden hatten, dass also die Dünung nur kurze Zeit senkrecht gegen die norwegische Steilküste angelaufen war. Wegen der Krümmung der Isobaren war dies nicht anders möglich. Der Windweg, d.h. genauer der geradlinige Windweg war also kürzer als im erstgenannten Fall. Wie hier, so zeigte sich auch in anderen Fällen, dass die M.S. umso stärker ist, je länger der geradlinige Windweg über das Meer binght. Gerade diesen Umstand, der sich an Hand von Wetterkarten immer wieder einwandfrei reproduzieren lässt, kann die Tiefkernhypothese nicht ganz zwanglos erklären. Eine besonders eindrucksvolle Stütze fand die Beobachtung, als sich herausstellte, dass M.S. aus Island besonders dann beobachtet werden konnte, wenn der Wind den Atlantik in der Richtung NE-SW viele Tausende km fast geradlinig überstrich.

Als weitere Beobachtungstatsache aus vielen Wetterlagen ergab sich, dass Tiefdruckgebiete, die sich entfernten, von einer M.S. begleitet waren, deren Perioden sich merklich vergrösserten. Man konnte ver-

folgen, wie die von der Brandung am heftigsten getroffenen Küstenteile von der Station Stuttgart wegrückten. Dies steht im Einklang mit der bekannten Tatsache, dass seismische Wellen im Laufe ihres Ausbreitungsvorganges ihre Perioden verlängern. Zur Untersuchung dieser Erscheinung ist von mir die Erde als ein visko-elastisches Medium angenommen worden -- wir hatten damals noch die Hoffnung, aus der Periodenvergrößerung oder überhaupt aus der Periodengrösse Rückschlüsse auf die Entfernung der Quellpunkte ziehen zu können. Leider sind diesen Bemühungen keine Erfolge beschieden worden, denn aus meiner Arbeit ging hervor, dass die Vergrößerung nur bei kleinen Entfernungen mit der Entfernung rasch zunimmt, bei grossen Entfernungen aber sich kaum mehr ändert. Es gilt hier eine Art parabolischen Gesetzes.

Typen. Nachdem sich herausgestellt hatte, dass ein genaues Fixieren der Lage der Zyklonenkerne auf dem Wege über die M.S. mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich war, mussten die Anforderungen bescheidener formuliert werden. Hier half der Grundgedanke der Typisierung. Es ist bekannt, dass der Charakter der M.S. sehr *verschieden* anfällt, je nachdem welches die gerade vorherrschende Wetterlage ist. So z.B. zeigte sich, dass M.S., deren mutmassliche Herkunft Norwegen war, sehr schöne, regelmässige Sinusschwingungen zeigt, mit grossen Amplituden und Perioden, sowie überaus häufig auftretenden Schwebungsbildern. In Registrierungen von M.S. anderer Herkunft treten diese Schwebungen weitaus nicht so häufig auf, ja, sie fehlen meist ganz. Die Norwegen-M.S. bildet also ganz deutlich einen Typus für sich. Sehr gut davon zu unterscheiden ist z.B. die M.S. aus Schottland-England. Hier fehlen die Schwebungen, die Perioden sind im allgemeinen kleiner, die Registrierungen zeigen einen weniger einheitlichen Charakter. Besonders deutlich setzen sich von den beiden vorgenannten Typen die Registrierungen von M.S. aus der Bretagne ab: die Wellenzüge sind überaus unregelmässig, zerhackt, nicht geglättet, sinusförmige Wellenzüge sind sehr selten, Schwebungsbilder fehlen ganz.

Die Kanal-M.S. zeichnete sich in Stuttgart durch besonders kurze Perioden aus. Charakteristisch durch ihre Kleinheit in Amplitude und verhältnismässiger Grösse der Periode war die M.S. aus der Pyrenäenhalbinsel sowie aus Island. Unverständlich bleibt in diesen beiden Fällen aber immer noch die Tatsache, dass die Perioden viel zu klein sind, als dass man an ein blosses Abdämpfen der Schwingungen glauben könnte.

Im Laufe der Beschäftigung mit den verschiedensten Seismogrammen schärft sich der Blick für die Verschiedenheit der Handschriften, mit der sie gezeichnet sind. Die Rückschlüsse auf die zugehörigen Grosswetterlagen sind naturgemäss nicht eindeutig. Aber zusammen mit einigen wenigen, vielleicht sonst noch bekannten meteorologischen Tatsachen, etwa einzelnen Druck= oder Windwerten gestatten sie doch, ein verhältnismässig zutreffendes Bild von der allgemeinen Isobarenverteilung zu geben. Dies nun ist reine Übungssache und hat mit einem streng wissenschaftlichen Verfahren nur mehr sehr wenig zu tun. In Stuttgart wurde auf diese Weise, zusammen mit vereinzelt Daten und zusammen mit den sogenannten « Spektren » wiederholt die Grosswetterlage gut « erraten ». Näheres über die Typen der M.S. findet man in einem Aufsatz des Mitarbeiters *Becker* in der Deutschen, hydrographischen Zeitschrift.

Weiter haben sich zwei sehr merkwürdige Tatsachen im Laufe der Untersuchung herausgestellt.

Die eine betrifft den Einfluss der *Fronten*. Der Übertritt einer Kaltfront auf das Festland zieht Verstärkung der M.S. nach sich. Diese Tatsache kann man durch die Brandungshypothese gut erklären und zwar so, dass hinter der Kaltfront das Windsystem ein anderes ist als vor ihr. Wieweit jedoch die Verschiedenheit in der Labilisierung der Luft, die Turbulenz der Luftbewegung eine Rolle dabei spielt, konnte nicht erforscht werden, dazu bedürfte es wohl noch vieler eingehender Untersuchungen an Ort und Stelle. Nur die Tatsache stand seit 1942 fest, dass Kaltfronten bei ihrem Übertritt auf das Festland die M.S. verstärken.

Eine andere, merkwürdige Tatsache, die in sehr eindrucksvoller Form allerdings nur einmal beobachtet und von Herrn *Becker* herausgestellt wurde, bezieht sich auf den Einfluss von Kaltlufteinbrüchen auf die M.S. Herr *Becker* hat in Göttingen den Fall demonstriert, dass ein Kaltlufteinbruch aus dem Raum von Spitzbergen nach Süd-Südwest in Uecla überaus starke M.S. hervorgerufen hat. Ein irgendwie für die M.S. in Frage kommendes Tiefdruckgebiet war nicht in der Nähe, auch die Brandung an den Küsten konnte nach der ganzen Sachlage nicht für die M.S. verantwortlich gemacht werden. Leider ist mir das Datum dieses Ereignisses verloren gegangen. Ich möchte jedoch die Anwesenden darauf hinweisen, dass hier eine Merkwürdigkeit vorliegt und dass es sich lohnen würde, den Einfluss von Kaltlufteinbrüchen auf die M.S. näher zu studieren.

Ein weiterer, in Stuttgart festgestellter Fall betrifft Folgendes:

bei starkem Wind aus NNE quer über den Atlantik mit langem, geradlinigen Windweg zwischen Irland-Schottland einerseits und Island andererseits entsteht sehr langperiodische, etwas über mittelstarke M.S. Man könnte vom Standpunkt beider Theorien daran denken, dass infolge des langen Windwegs gut ausgebildete Dünungssystem den Meeresboden in verschiedenen Untiefen so trifft, dass M.S.-Wellen von ihm ausgehen. Hier scheint mir die Möglichkeit zu liegen, beide Theorien sprechen zu lassen. Ein Tiefdruckgebiet, das man hätte für die M.S. verantwortlich machen können, war in den beobachteten Fällen nicht vorhanden gewesen. Es scheint allein die Konfiguration der Isobaren, also das Windsystem für die m.s. Bodenbewegung verantwortlich gewesen zu sein.

Ich habe einen kurzen Bericht gegeben über einige der im Laufe der Untersuchungen in Deutschland gefundenen Ergebnisse. Rückblickend müssen wir sagen: Wir sind in der Kenntnis der M.S. durch diese Untersuchungen zwar um ein gutes Stück weitergekommen, haben aber für die praktische Verwertbarkeit nicht allzuvieler Erfolge erzielt. Die Tiefkernhypothese, auf die wir alle im Grunde genommen sehr gehofft hatten, hat sich für die europäischen Verhältnisse als nicht brauchbar erwiesen. Die Brandungshypothese aber, mit der wir sogut wie alles erklären konnten, ist für prognostische Zwecke viel weniger gut geeignet.

Es erhebt sich jetzt die Frage nach der Natur der M.S. Wie Sie ja alle wissen, sind inzwischen neue Tatsachen in Amerika bekannt geworden. Wenige Monate, nachdem in Deutschland die Untersuchungen über die M.S. aufgenommen worden waren, begann, als Marineprogramm, auch in Amerika die Untersuchung derselben Probleme. Referent und Inspekteur war der Anhänger der Brandungshypothese *Gutenberg*. Die Amerikaner waren glücklicher als wir. Man muss den amerikanischen Bericht lesen, um zu erkennen, wieviel mehr an Personal, an technischem Aufwand und an Geldmitteln eingesetzt wurden, um den Zusammenhang zwischen M.S. und Hurrikanen zu bestimmen. Dieser Zusammenhang ist in der Karibischen See und im Pazifik ein sehr enger. Man kann es als eindeutig erwiesen annehmen, dass die Quelle der dort registrierten M.S. unter dem Zentrum der tropischen Wirbelstörung liegt. Ein von mehreren Dreierstationen ausgehendes Lokalisieren der Positionen der Stürme wäre sonst ganz ausgeschlossen.

Diese amerikanischen Ergebnisse scheinen nun den in Deutschland während des Krieges gefundenen direkt zu widersprechen. Ich

möchte jedoch an keinen Widerspruch glauben. Vielmehr glaube ich, dass es sich grundsätzlich um zwei verschiedene Erscheinungen handelt: *einerseits* die Bodenbewegung, die ausgeht von jenen Stellen des Meeres, die sich unter dem Tiefdruckareal befinden; *andererseits* von den Bewegungen der Küsten und Schelfränder unter dem Einfluss der anbrandenden Meereswellen. Denn dass diese zweiten vorhanden sind, und also wirken *müssen*, wird meist übersehen, vielleicht nicht immer ohne Absicht, und in der Literatur daher auch gar nicht erwähnt. Bodenbewegung unter dem Einfluss der Brandung lässt sich überhaupt nicht wegschweigen und wegdiskutieren.

Wenn trotzdem Amerikaner und Deutsche zu verschiedenen Ergebnissen kommen, so wohl nur deshalb, weil in den verschiedenen Bereichen verschiedene Bedingungen herrschen. Die scharf abgegrenzten, mit grosser Gewalt dabinziehenden tropischen Wirbelstürme bevorzugen den *einen* Faktor, die Tiefkernansicht; dagegen tritt die sicher auch immer vorhandene Brandung weit zurück, sie ist *hier* ein sekundäres Phänomen. In Europa aber ist es umgekehrt: die über gewaltige Gebiete sich erstreckenden Tiefdruckgebiete lassen ein genaues Lokalisieren des Tiefkernes nicht zu, wahrscheinlich sind auch die mechanischen Vorgänge, die zur Anregung führen, nicht so energiereich. Hier tritt die Tiefkernseite in den Hintergrund, dafür treten die mit der Brandung zusammenhängenden Erscheinungen besser hervor. Die europäische Küste ist unendlich vielgestaltig, so vielgestaltig wie der europäische Mensch selbst ist. Was auf den Seismometer auftrifft, ist ein Gewirr von verschiedensten Bewegungen, deren Einzelursachen nicht zu trennen sind. Es handelt sich um einen Komplex von Erscheinungen, die ein Ganzes bilden. Daher die Schwierigkeit, hier in Europa die Tiefkernhypothese bestätigt finden zu wollen.

Beide Erscheinungsformen — Meeresbodenbewegung und Brandungsbewegung — sind an der Erzeugung der M.S. beteiligt. Aber hier herrscht die eine vor, dort die andere. Es haben also beide Schulansichten recht — jede auf ihre Art. Und das ist gut so, denn es zeigt, dass Gegensätze, die man lange für unüberbrückbar gehalten hat, sich eines Tages gar nicht als Gegensätze herausstellen.

Comunicazione presentata al Convegno per la costituzione della F.S.E., tenutosi a Verona dal 12 al 16 settembre 1950 (v. « Annali di Geofisica », vol. III, pag. 579).

ZUSAMMENFASSUNG

Im Laufe des Jahres 1942 wurde vom damaligen Deutschen Wetterdienst der Beschluss gefasst, den Zusammenhang zwischen Mikroseismik und Wetterlage genau untersuchen zu lassen. Zweck der Untersuchungen sollte sein, herauszufinden, ob die durch die M.S. gegebenen Daten für die Erkennung der Grosswetterlage geeignet und eventuell für die Prognose verwertbar seien. Mit der Oberleitung wurde Prof. Angenheister in Göttingen, betraut.

Sogenannte Dreiecksstationen nach Ramirez standen nicht zur Verfügung. Annahmen über die Entstehung der M.S. wurden zunächst nicht gemacht, doch kamen im Laufe der Zeit alle Beteiligten zur Erkenntnis, dass sich alle Erscheinungen mit Hilfe der Wiechert'schen Brandungshypothese zwaglos erklären lassen. Zur Ortung der Störungsquelle wurden alle drei Komponenten untereinander registriert und so Rayleigh-artige Wellenzüge erkannt und auf ihre Herkunftsrichtung hin untersucht. Gefunden wurden als Quelle die von der Brandung getroffenen Küsten. Die Untersuchungen wurden durch Wind- und Seegangsmeldungen unterstützt. Das allgemeine Studium erfolgte an Hand von Wetterkarten aus der Vorkriegszeit.

Es wurden gewisse Typen von Wetterlagen den entsprechenden Typen der M.S. zugeordnet und so eine, wenn auch nicht sehr strenge Typisierung erreicht. Daneben wurde mit sogenannten Periodenspektren gearbeitet. Die hier noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen lassen erkennen, dass zu verschiedenen Grosswetterlagen auch verschiedenen Spektren gehören.

Ein Anzeichen dafür, dass die Störung von Zentrum der Zyklonen ausgehe, wurde nicht gefunden, in Gegenteil, die M.S. erreichte in einzelnen Fällen dann ihr Maximum, wenn der Kern der Zyklone schon weit auf dem Festlande war.

Dünung senkrecht zur Küste gibt maximale M.S.

Langer, geradliniger Windweg über der Ozean verstärkt die M.S.

Der Übertritt einer Kaltfront auf das Festland verstärkt die M.S. — offenbar bewirken die Windverhältnisse auf der Rückseite der Front eine Verstärkung der Brandung. Es besteht der Eindruck, dass auch Kaltluftinbrüche eine Erhöhung der M.S.-Intensität bewirken.