

## Werk

**Jahr:** 1957

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 Z NAT 2148:23

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0023

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0023](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023)

**LOG Id:** LOG\_0051

**LOG Titel:** Stereoskopische Vektorregistrierung

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Stereoskopische Vektorregistrierung

Von K. Strobach, Hamburg-Harburg <sup>1)</sup>

**Zusammenfassung:** Der Vektor-Horizontalseismograph des Verfassers wurde durch einen Vertikalseismographen mit gleichen Konstanten ergänzt. Mittels einer einfachen optischen Anordnung (siehe Abb. 1) können nun *stereoskopische* Registrierungen der seismischen Bodenbewegungen auf intermittierend bewegtem Film erhalten werden. Diese vermitteln nicht nur einen direkten Eindruck der räumlichen Bahnen der Bodenteilchen, sondern können auch in einem Komparator ausgemessen werden. Die Apparatur soll zunächst zu morphologischen Untersuchungen der Bodenbewegungen bei mikroseismischer Bodenunruhe benutzt werden mit dem Ziel, u.U. Aussagen über die Natur der vorkommenden Wellen machen zu können.

**Abstract:** The horizontal vector seismograph of the author was completed by a vertical seismograph with the same constants and an optical system to get *stereoscopic* records of ground movements. The principle is shown in fig. 1: The point source  $L_1$  is diminished by the lens 1 at the focus  $L_1'$  forming a sharp light spot in a fixed position. The light coming from the point source  $L_2$  passes to the mirror of the vertical seismograph (which is horizontal and turns upon the axis  $A - A'$ ), and after reflexion turns to the prisma and the lens 2. At  $L_2'$  it forms the light spot  $L_2''$ , which moves horizontally according to the moving mirror of the vertical seismograph. The light spots  $L_1'$  and  $L_2''$  lie in the same focal plane and height. Their horizontal distance is variable due to the ground movement. These light spots are pictured on the film of the vector recorder by means of the lens 3, the prisma and the moving mirror of the vector horizontal seismograph. Considering time, the dots  $L_1''$  and  $L_2''$  form a pair of orbits which show horizontal parallaxes according to the vertical ground motion. Thus it is possible to see directly the threedimensional orbits of particle motion, which can be measured by means of a comparator. The received records of some microseismic storms indicate that in general particle motion is very complex. Changes of direction of motion and sharp cracks in the recorded tracks occur very often. These characteristics are hardly indicated by normal continuous recording.

Zu den zahlreichen Problemen, die sich beim Studium der mikroseismischen Bodenunruhe (Periodenbereich 4-8 sec) ergeben, gehört auch die wichtige Frage nach der Natur der beobachteten Wellen. Wenn auch viele Untersuchungen dafür zu sprechen scheinen, daß der Hauptanteil aus Ray-

<sup>1)</sup> Dr. Klaus Strobach, Observatorium des Geophysikalischen Instituts der Universität Hamburg, Hamburg-Harburg, An der Schießbahn 30f.

leighwellen besteht, so konnte bisher doch noch keine definitive Entscheidung über die prozentualen Anteile der tatsächlich beobachteten Wellenarten herbeigeführt werden. Es sind nämlich auch verschiedentlich Lovewellen gefunden bzw. vermutet worden, z. B. von Gutenberg [1], Ikegami und Kishinouye [2] und Jensen [3]. Ferner konnte Gutenberg [1] in Pasadena in bestimmten Fällen auch SV-Wellen nachweisen.

Die Schwierigkeiten, die sich sowohl beim Studium der Herkunftsrichtungen als auch bei der Untersuchung der Wellennatur ergeben, haben ihren Grund nicht zuletzt in dem üblichen Registrierverfahren der Bodenbewegungen. Das Registrierverfahren in 3 Komponenten auf kontinuierlich bewegtem Papier oder Film hat sich zur Bestimmung von Einsatzzeiten, Amplituden und Perioden der Bodenbewegungen bewährt; diese Angaben können durch unmittelbare Ablesungen erhalten werden. Will man jedoch die Natur der registrierten Wellen untersuchen, bedarf es u. a. einer genauen Kenntnis der Bewegungen eines Bodenteilchens im Raum. Unter der Voraussetzung eines homogenen Seismographensatzes in den 3 Komponenten lassen sich derartige Bewegungsfiguren aus den gewöhnlichen Registrierungen konstruieren. Dies ist aber ein außerordentlich zeitraubendes und zudem nicht sehr genaues Verfahren. Außerdem ergeben sich noch Darstellungsschwierigkeiten. Man ist genötigt, z. B. Projektionen der Bodenbewegungen in einer horizontalen Ebene und ferner Vertikalschnitte zu zeichnen. Es gehört auch ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen dazu, aus solchen Darstellungen eine anschauliche Vorstellung von den Bewegungsfiguren eines Bodenteilchens im Raume zu gewinnen.

Der Verfasser hat in einer früheren Arbeit [4] den Aufbau eines Vektorseismographen und ein Verfahren geschildert, das auf statistischem Wege ein Studium der Herkunftsrichtungen der Wellen ermöglicht und darüber hinaus auch schon gewisse Aussagen über die Art der vorkommenden Bodenbewegungen zuläßt. Dieses Verfahren benutzt die Horizontalprojektionen der Bewegungen eines Bodenteilchens, welche direkt auf feststehendem Film registriert werden. Der Film wird nach je 9 sec um ein Stück weiterbewegt. Die zahlreichen mit dieser Einrichtung gewonnenen Registrierungen sind noch in Bearbeitung, so daß über die Ergebnisse erst später berichtet werden kann.

Die Registrierung der Bodenbewegungen als Projektion in die Horizontalebene hat sich zur Bestimmung der Herkunftsrichtungen schon gut bewährt. Es fehlte aber die dritte Dimension, nämlich die gleichzeitige Aufzeichnung der Vertikalbewegung, wenn man die Natur der vorkommenden Wellen genauer untersuchen wollte.

Dieses Registrierproblem ist nun dadurch gelöst worden, daß eine Erweiterung der bisher durchgeführten Vektorregistrierungen zu einer stereoskopischen, d. h. räumlichen Vektorregistrierung vorgenommen wurde. Das

Prinzip des Verfahrens und die benutzte Apparatur soll in dieser Arbeit mitgeteilt werden.

Die Stereophotographie hat schon seit langem Eingang in die wissenschaftliche Forschung gefunden. Neben der anschaulichen Beobachtungsmöglichkeit gestattet dieses Verfahren eine genaue räumliche Ausmessung der fotografierten Objekte mittels Komparatoren.

Bekanntlich besteht das der Stereophotographie zu Grunde liegende Prinzip darin, daß man ein *Bildpaar* gewinnt, bei dem das linke Bild dem Eindruck des linken Auges, das rechte Bild dem Eindruck des rechten Auges entspricht. Beide Bilder sind etwas verschieden voneinander, wenn ein dreidimensionaler Körper betrachtet wird: das eine Bild zeigt gegenüber dem anderen geringe seitliche Parallaxen. Diese Parallaxen sind proportional zur jeweiligen Tiefenerstreckung der abgebildeten Teile des Gegenstands. Daraus folgt das an sich sehr einfache Prinzip der stereoskopischen Vektorregistrierung.

Bisher wurde die Vektorregistrierung so durchgeführt, daß sich Aufnahmen der Bodenbewegungen ergaben, die so sind, als ob man mit einer einäugigen Kamera die Bewegung eines Bodenteilchens senkrecht von oben photographiert hätte. Realisiert wurde dies dadurch, daß eine punktförmige Lichtquelle über den Spiegel des Vektor-Horizontalseismographen [4] auf feststehendem Film abgebildet wurde.

Da man für stereoskopische Registrierungen ein *Bildpaar* benötigt, werden nun *zwei* nahe beieinanderliegende (Abstand ca 2,5 cm) punktförmige Lichtquellen über den Spiegel desselben Vektor-Horizontalseismographen auf dem Film abgebildet, wodurch das Bildpaar entsteht. Die eine der Lichtquellen ist ortsfest, während die andere von einem Vertikalseismographen derart gesteuert wird, daß die erforderlichen seitlichen Parallaxen im Takte der vertikalen Bodenbewegungen erzeugt werden. Die stereoskopische Betrachtung des registrierten Bildpaars vermittelt dann einen unmittelbar räumlichen Eindruck der registrierten Bodenbewegung. Die Bildpaare können in einem Komparator mit räumlicher Marke ausgemessen werden.

An Hand der Abb. 1 wird der Aufbau der Apparatur erläutert. Die Punktlichtquelle  $L_1$  wird über die kurzbrennweitige Linse 1 in  $L'_1$  verkleinert abgebildet, wodurch die feste, punktförmige Lichtquelle gegeben ist. Eine gleiche Punktlanpe  $L_2$  wird über den horizontal liegenden Spiegel des Vertikalseismographen, ein Prisma und die Linse 2 ( $f = 20$  cm) in der gleichen Vertikalebene verkleinert und scharf abgebildet wie die Lampe  $L_1$  (Bild  $L'_2$ ); beide Bilder liegen außerdem in gleicher Höhe. Um die schädliche Vignettierung des kleinen Spiegels ( $\phi$  5 mm) zu umgehen, liegt er im Brennpunkt der Linse 2. Der Spiegel dreht sich gemäß der vertika-

len Bodenbewegung um die horizontale Achse  $A - A'$ . Dadurch wird das Bild der Lampe  $L_2$  in horizontaler Richtung hin- und herbewegt. Beide Bilder  $L_1'$  und  $L_2'$  haben im Mittel einen horizontalen Abstand von ca 2,5 cm und werden gemeinsam durch die Linse 3 über das Prisma und den horizontal liegenden Spiegel des Vektor-Horizontalseismographen auf dem feststehenden Film des Registriergeräts abgebildet (Bilder  $L_1''$  und  $L_2''$ ). Das Bild  $L_1''$  entspricht wegen der festen Lage der Lichtquelle  $L_1$  genau der Horizontalprojektion der Bodenbewegung, wie es bei den früheren Registrierungen [4] der Fall war, während das Bild  $L_2''$  die gewünschten seitlichen Parallaxen aufweist. Man kann also die Kurven des Lichtpunktes  $L_1''$  wie bisher zur statistischen Bestimmung der Herkunftsrichtungen benutzen.

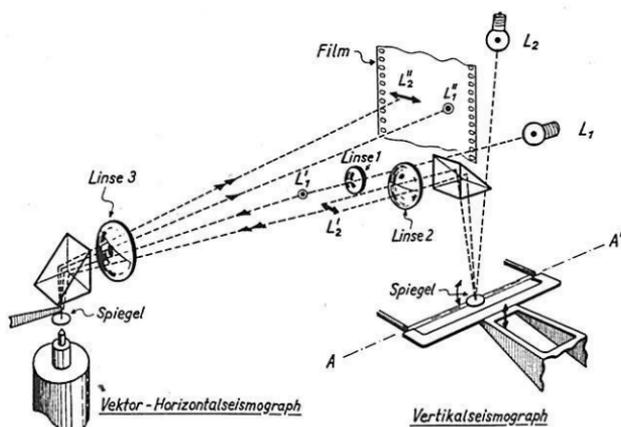


Abb. 1: Prinzip der Apparatur zur stereoskopischen Vektorregistrierung.

Fig. 1: Principle of stereoscopic vector recording system. (Description see abstract).

Der Vertikalseismograph, der als Ergänzung zu dem in [4] bereits beschriebenen Vektor-Horizontalseismographen gebaut werden mußte, ist in Abb. 2 gezeigt. Die Grundplatte hat die Dimension  $25 \times 50$  cm. Die Feder wurde aus gewöhnlichem Federstahl mit Vorspannung gewickelt. Sie ist um ca  $45^\circ$  gegen die Horizontale geneigt, entsprechend dem Prinzip von *La Coste*. Der Hebelarm ist mittels eines Kreuzfedergelenkes um eine horizontale Achse drehbar. Die in der Nähe der Drehachse befindliche Masse beträgt 1 kg. Die Dämpfung erfolgt mittels zweier Magnetsysteme, eines größeren zur Erzielung der Hauptdämpfung und eines kleineren zur genauen Einstellung der erforderlichen Dämpfungskonstanten. Ferner ist eine Temperaturkompensation eingebaut, die dadurch wirksam wird, daß eine kleine Masse durch zwei Bimetallspiralen längs des Hebelarms verschoben wer-

den kann. Der Hebelarm ist rückseitig durch einen leichten Rahmen verlängert, der am Ende eine Gabel trägt. In der Gabel ist ein Kunststoffaden ausgespannt. Parallel zu diesem Faden ist in einem Abstand von ca 2 mm ein zweiter Faden gespannt, der mit der Grundplatte fest verbunden ist. Über beide Fäden ist der Spiegel geklebt (siehe Abb. 1). Diese Konstruktion erlaubt es, daß die Bewegungen des Hebelarms reibungs- und nahezu kräftefrei und mit einer entsprechenden Vergrößerung in Drehungen des Spiegels umgesetzt werden.

Der Schutzkasten des Vertikalseismographen wurde zur guten Temperaturisolation aus 1 cm dicker Preßpappe gefertigt. Die Lampen  $L_1$  und  $L_2$  mit der zugehörigen Optik sind *außen* am Schutzkasten angebracht worden, um eine Erwärmung des Kasteninnern durch die Lampen zu vermeiden.

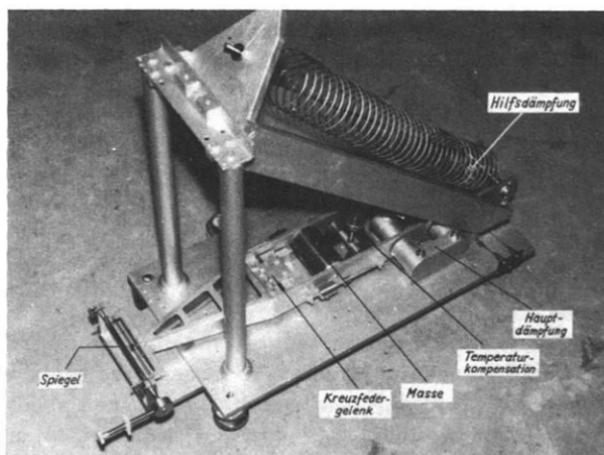


Abb. 2: Vertikalseismograph.

Fig. 2: Vertical seismograph.

Da die Eigenperioden und Dämpfungen beider Seismographen genau übereinstimmen müssen, wurde noch eine Vorrichtung angebracht, um diese Übereinstimmung ständig überwachen zu können. Über einen Taster können die Systeme beider Seismographen elektromagnetisch angestoßen werden. Insbesondere wird dabei der Vektor-Horizontalseismograph so angestoßen, daß die Bewegungsrichtung der Masse den Winkel zwischen den beiden Federpaaren halbiert. Wenn diese Federn richtig justiert sind, muß die Masse eine linear polarisierte Schwingung in der Anstoßrichtung ausführen. Diese Bewegung wird visuell oder photographisch kontrolliert. Werden ferner beide Seismographen gleichzeitig angestoßen, muß sich bei der späteren stereoskopischen Betrachtung des registrierten Bildpaares eine schräg im Raume liegende gerade Strecke zeigen. Dann ist die Gewähr dafür gegeben, daß sowohl die Eigenperioden als auch die Dämpfungen übereinstimmen.

Die Vergrößerung des Vertikalseismographen dürfte wegen der anzustrebenden richtigen stereoskopischen Wiedergabe der Tiefendimensionen nur etwa  $1/4$  bis  $1/5$  der Vergrößerung des Horizontalseismographen betragen, wurde aber höher gewählt, da die Vertikalamplituden der Mikro-seismik in Hamburg meistens nur  $1/2$  bis  $1/3$  der Horizontalamplituden betragen und daher eine Überhöhung der vertikalen Dimension wünschenswert erschien. Die statische Vergrößerung des Vektor-Horizontalseismographen wurde auf statischem Wege zu 1140 bestimmt. Der Vertikalseismograph konnte auf dem Vertikal-Schütteltisch des Instituts geeicht werden; seine statische Vergrößerung hat den Wert 463. Die Eigenperioden beider Instrumente betragen 5,8 sec, die Dämpfungsverhältnisse 6 : 1.

Die Abb. 3 gibt einen Überblick über die gesamte Apparatur. Vorn ist der Vektor-Horizontalseismograph (Schutzkasten abgenommen) zu sehen, im Hintergrund der Vertikalseismograph mit Schutzkasten und der optischen Einrichtung und ferner das Registriergerät.

In der Abb. 4 sind einige Bildpaare der Registrierung eines Erdbebens (24. 9. 57), in der Abb. 5 und 6 Registrierproben der mikroseismischen Bodenunruhe (24. 9. 57) wiedergegeben. Jedes Bildpaar umfaßt einen Zeitabschnitt von 9 sec. Die Bilder vermitteln den beabsichtigten Eindruck natürlich nur bei stereoskopischer Betrachtung. Man kann zwei Brillengläser mit ca 20 cm Brennweite benutzen. Bei einiger Übung gelingt die Betrachtung auch mit unbewaffnetem Auge.

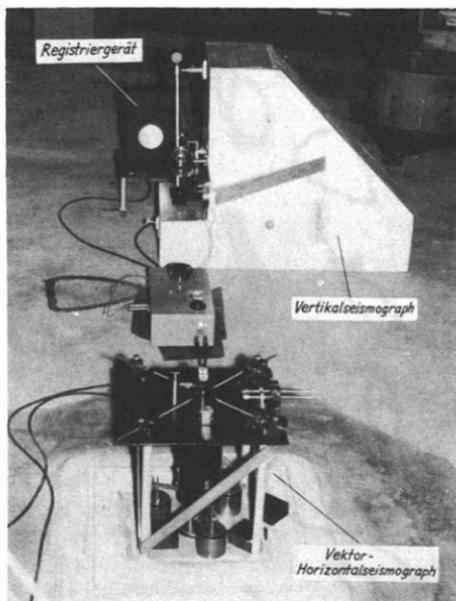


Abb. 3: Aufbau der gesamten Apparatur.  
Fig. 3: View of arrangement for stereoscopic vector recording. In the foreground the vector horizontal seismograph, in the background the vertical seismograph and the recording apparatus.

Die bisher mit dieser Apparatur erhaltenen Registrierungen der Mikro-seismik lassen deutlich werden, daß die Bodenbewegungen außerordentlich kompliziert sind. Es ist beabsichtigt, zunächst eine Morphologie der wirklich auftretenden Bewegungsformen zu gewinnen. Erst dann wird es möglich sein, der Frage nach der Natur der vorhandenen Wellen näherzutreten.

Auch für das Studium an Erdbebenwellen dürfte die neue Registrier-

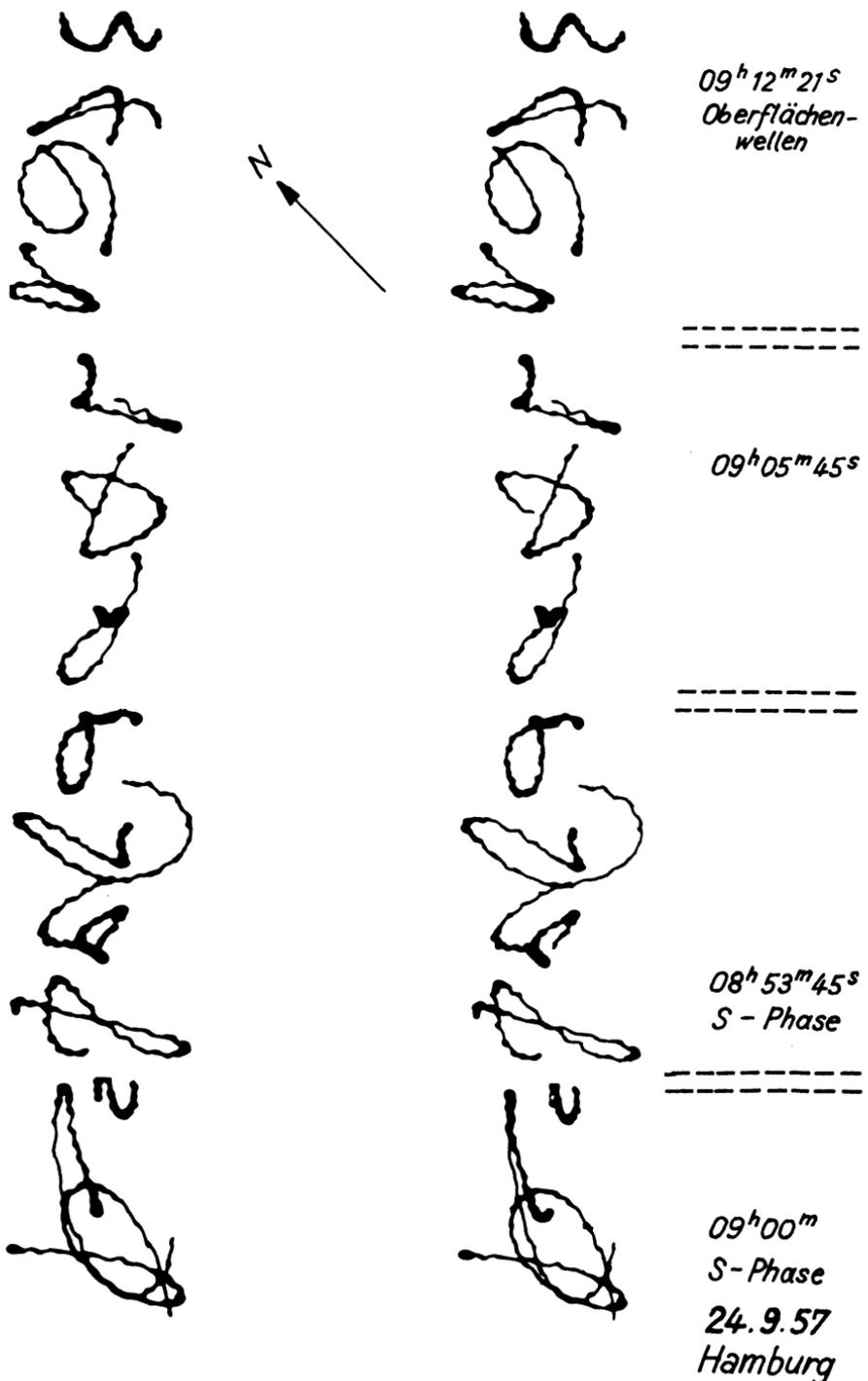


Abb. 4: Ausschnitte aus der stereoskopischen Registrierung eines Erdbebens.

Fig. 4: Parts of a stereoscopic record of an earthquake.

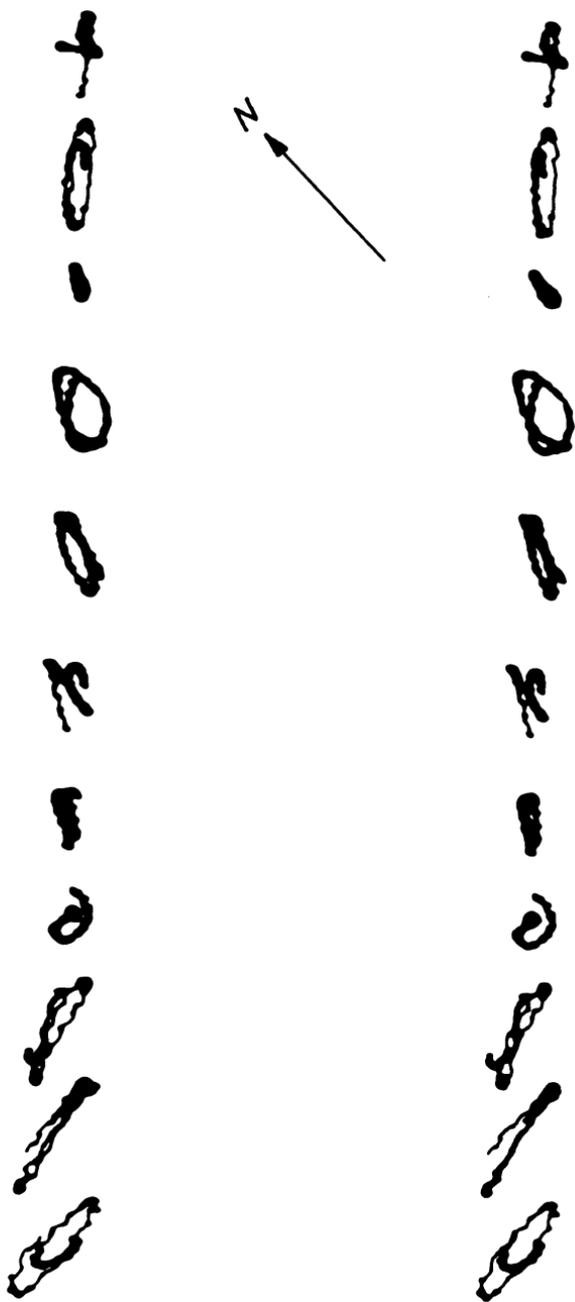


Abb. 5: Ausschnitte aus der Registrierung eines mikroseismischen Sturms v. 24. 9.57.

Fig. 5: Parts of a record of microseisms of 1957 Sept. 24.



Abb. 6: Ausschnitte aus der Registrierung eines mikroseismischen Sturms v. 24. 9. 57.

Fig. 6: Parts of a record of microseisms of 1957 Sept. 24.

methode ihren Beitrag liefern, da sie solche Einsätze neuer Wellen, die sich nur durch plötzliche Richtungsänderungen der Bewegungen der Bodenteilchen kundtun, oft viel besser zeigen wird als die gewöhnliche Registrieremethode.

So treten auch bei der mikroseismischen Bodenunruhe ziemlich häufig scharfe Knicke bzw. Richtungsänderungen auf, die auf *neue Welleneinsätze* hindeuten. Das gewohnte Bild der meistens regelmäßig an- und abschwellenden Bewegungen, wie es die fortlaufenden Registrierungen in Komponenten zeigen, spiegelt wahrscheinlich den wirklichen Charakter der Bewegungen nicht auffällig genug wieder.

### Literatur

- [1] Gutenberg, B.: Untersuchungen zur Bodenunruhe in Südkalifornien. Ztschr. f. Geoph., 21, 177-189, 1955.
- [2] Ikegami, R. and Kishinouye, F.: A study on the propagation of microseismic waves. Bull. Earthqu. Res. Inst. 29, 305-312, 571-576, 1951.
- [3] Jensen, H.: On the beat-distribution in groupmicroseisms. Geodaetisk Institut, Meddelelse No. 34, København 1957.
- [4] Strobach, K.: Zum Studium der mikroseismischen Bodenunruhe in Hamburg. Ztschr. f. Geoph., 21, 190-214, 1955.