

Werk

Jahr: 1934

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:10

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0010

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0010

LOG Id: LOG_0008

LOG Titel: Die südalbanschen Erdbeben 1930/31

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

Die südalanischen Erdbeben 1930/31

Von **Ernst Nowack**, München

Nachstehend werden die Ergebnisse von makroseismischen Untersuchungen im Gebiet der südalanischen Beben 1930/31 niedergelegt. Ich bereiste im Frühjahr 1932 etwa 6 Wochen das Erdbebengebiet, dessen geologische Verhältnisse mir in großen Zügen schon von meinen Aufnahmearbeiten in Albanien bekannt waren. Zweck meiner Reise war es hauptsächlich, verlässliche Nachrichten über die Wirkungsweise der Beben zu sammeln. Es war beabsichtigt, die unmittelbaren Ergebnisse meiner Erkundungen, die sich auf über 50 Ortschaften, überdies noch Einzelhöfe und Hirtenlager erstreckten, dieser Arbeit als Anhang beizufügen. Wegen Druckkostenersparung mußte darauf verzichtet werden; ebenso wurde auf Veranlassung der Schriftleitung mein Manuskript um etwa ein Drittel gekürzt. Damit das von mir gesammelte Beobachtungsmaterial für die Fachwelt nicht verlorengeht, übergebe ich das Ur-Manuskript sowie die Ortschaftslisten der R. A. für Erdbebenforschung in Jena zur Aufbewahrung. Die mikro-seismische Bearbeitung der südalanischen Beben 1930/31 hat Prof. V. Conrad in Wien übernommen, die Veröffentlichung seiner Ergebnisse konnte jedoch leider nicht abgewartet werden. Vom regionaltektonischen Standpunkt habe ich meine Untersuchungsergebnisse in der „Geol. Rundschau“ (Bd. 24, H. 3/4) behandelt. Dasselbst sind auch die Isoseistenkarten und eine geologische Skizze des Bebengebietes veröffentlicht.

1. Verlauf der Bebenperiode. Am 21. November 1930 um 3^h einige Minuten wurde das Küstengebiet Südalanien von einem vernichtenden Erdbeben erschüttert. Dem Hauptbeben war eine schwache Erschütterung einige Minuten vorangegangen, durch welche die Leute bereits vielfach aus dem Schlafe geweckt wurden. Dieses Vorbeben war jedoch noch nicht so stark, daß es die Leute beunruhigt oder gar aus dem Hause getrieben hätte. Das Hauptbeben setzte mit einem überaus heftigen Stoße ein, dem kurz nacheinander zahlreiche weitere sehr heftige Stöße folgten.

Das Beben legte die Ortschaften Tërbaç und Dukati zu beiden Seiten des Gebirgszuges Stogo—Kiore fast völlig in Trümmer, zahlreiche verheerende Berg-rutsche und Felsstürze gingen im benachbarten Gebirge nieder. Auch mehrere Nachbardörfer wurden verwüstet. Die zerstörenden Wirkungen erstreckten sich ungefähr auf einen Umkreis von 15 km. Die Grenze der Fühlbarkeit bildete im Norden ungefähr der Semenifluß, im Süden die Landesgrenze, im Osten das Vjossa- und Dhrinotal. Der Radius des makroseismisch erkennbaren Schüttergebietes betrug somit etwa 60 km.

In derselben Nacht folgten noch mehrere schwächere Stöße; die Bodenruhe dauerte auch die folgenden Tage und Wochen an und erstreckte sich über das ganze vom Hauptbeben erschütterte Gebiet. Während der ersten Woche erfolgten Beben fast stündlich, manchmal sogar mehrmals in der Stunde. Dann folgten die Erschütterungen in größeren Abständen, aber doch ungefähr 1 bis 2 Monate hindurch fast täglich. Die Leute wagten die ganze Zeit — dort, wo sich

das Hauptbeben zerstörend bemerkbar gemacht hatte. — nicht in die Häuser zurückzukehren und kampierten trotz der Winterszeit im Freien.

Unter den Nachbeben erreichten mehrere noch zerstörende bis verwüstende Wirkungen; sie hatten aber mehr oder minder lokalen Charakter. Es ist sehr schwer bei der Unzahl von Erschütterungen, die monatelang die Bevölkerung in Aufregung versetzten, die in den einzelnen Orten gespürten Erschütterungen zu identifizieren, um so mehr, als fast nirgends Aufschreibungen bestehen oder das Datum beachtet wurde. Nur bei zwei Beben — den stärksten nach dem ersten Hauptbeben — gelang es noch, sichere Daten aus zahlreichen Orten zu sammeln, so daß es einwandfrei möglich war, Epizentren und Reichweite festzustellen.

Die heftigste und am weitesten fühlbare Erschütterung nach dem Beben vom 21. November — wir nennen es weiterhin das erste Hauptbeben — erfolgte am 2. Dezember, 14^h 30' nachmittags (zweites Hauptbeben). An diesem Tage waren bereits zwei schwächere Stöße vorangegangen. Die Bevölkerung hielt sich in dieser Zeit noch größtenteils im Freien auf. Die zerstörenden Wirkungen dieses Bebens beschränkten sich auf die Ortschaft Gumenicë (am Osthang des Stogogebirges) und seine Nachbardörfer sowie auf das Dorf Bolenë, wo sich ein Sekundärherd entwickelte. Die Reichweite der Fühlbarkeit ließ sich nicht so genau wie beim ersten Beben feststellen, dürfte aber über 40 km nicht hinausgegangen sein. In der zweiten Hälfte Januar 1931 kehrten die Bewohner der in Mitleidenschaft gezogenen Dörfer allmählich — allerdings mehr durch Kälte und Nässe getrieben, als aus Gefühl der Sicherheit — in die Häuser zurück. Die Erschütterungen dauerten zwar noch an, folgten aber in immer größeren Abständen und waren im allgemeinen nur schwach. Nur Bolenë wurde wieder — in der Nacht vom 11. auf den 12. Januar — durch ein starkes Beben, das wieder Einstürze zur Folge hatte, erschüttert. Dasselbe Beben scheint auch in Himara stärker als die übrigen Nachbeben verspürt worden zu sein. Ferner wurde Palasë (an der Küste südlich des Llogorapasses) im Mai durch ein stärkeres Beben betroffen, das auch Felsstürze im Gebirge zur Folge hatte.

Den Sommer über herrschte fast völlige Ruhe. Nur in wenigen Ortschaften wurden auch im Sommer Erschütterungen verspürt. So hatte Valona ein stärkeres Beben am 3. August 12^h 45'. Im Herbst desselben Jahres erfolgte zunächst ein schwacher Stoß am 23. September 15^h; er war hauptsächlich in Valona fühlbar und richtete hier einigen Schaden an. Am 24. September in den ersten Nachmittagsstunden erfolgte ein wesentlich heftigerer Stoß, dessen Herd wieder etwas weiter nach Norden gegenüber den Herden der ersten zwei Hauptbeben lag. Dieses Herbstbeben (drittes Hauptbeben) zerstörte die Ortschaft Lapardha zum großen Teil; auch in den Nachbarortschaften zeigten sich noch zerstörende Wirkungen. Das Schüttergebiet war jedoch von wesentlich geringerem Umfang als bei den beiden früheren Hauptbeben, der Radius des Gebietes seiner Fühlbarkeit erreichte kaum 30 km. Äußerst stark wurde dieses Beben auch in Ramicë und Bolenë verspürt. Es muß jedoch dahingestellt bleiben, ob dieses Beben, das ein eigenes und sehr beschränktes Schüttergebiet hat, mit jenem, das Lapardha

zerstörte, synchron war, oder ob es nicht ein Nach- (Auslösungs-) Beben war. Ein genaues Datum war an diesen Orten nicht zu erfahren. In Bolenë erfolgte wenige Tage darauf noch ein stärkeres Nachbeben. Weitere, aber durchaus kleine Nachbeben wurden dann noch an vielen Orten in großen Zwischenräumen bis in den Herbst und vereinzelt, in Küstennähe auch im Frühjahr 1932 verspürt.

2. Beobachtungen während der Beben. a) Dauer der Beben. Da erfahrungsgemäß die Dauer starker Beben infolge der durchlebten Angst stets überschätzt wird und zu hohe Zeitangaben gemacht werden, legte ich Gewicht darauf, Angaben darüber zu erhalten, was die Gewährsleute während der Beben-dauer getan haben. Die Auskunft lautete übereinstimmend dahin, daß die Leute beim ersten Beben sich bemühten, das Freie zu gewinnen, vielfach jedoch durch die dauernden Bewegungen, durch das Hin- und Hergeworfenwerden, die verklemmten Türen und die Mauereinstürze daran verhindert wurden und daß die Bewegungen, auch als die Personen das Freie erreicht hatten, noch andauerten. Meist wird auch der Unterschied gegenüber den kurz anhaltenden Erschütterungen bei den späteren Beben hervorgehoben. Eine genaue Zeitangabe bezüglich der Dauer des ersten Bebens war nur in einem Falle zu erlangen. Und zwar von einem Telegraphisten in Himara: 33 Sekunden.

Vermutlich gab es auch beim zweiten Hauptbeben eine große Zahl von Einzelerstöße, die kurz aufeinander folgten; genaue Zeitangaben erhielt ich nicht.

Die Dauer des dritten Bebens wird übereinstimmend als kurz geschildert. Es dürfte sich im wesentlichen um einen Stoß gehandelt haben. Auch die Angaben weiter vom Epizentrum lauten: „ein kurzes Rütteln“, „es war vorüber, bevor man aus dem Hause konnte“.

b) Richtung der Stöße. Nach den fast eindeutigen Angaben kamen die Stöße aus der durch die Isoleisten bestimmten Richtung des Epizentrums. Die Richtigkeit der Angaben über die Stoßrichtung wurde auch vielfach durch andere Angaben nachgeprüft. Angaben über Stoßrichtung von unten erhielt ich fast nur aus Orten unmittelbar am Epizentrum, was auch durch die vorzugsweise Zerstörung der Dächer in diesen Orten bestätigt wird.

In einzelnen Ortschaften (Velçë, Ramicë und Trajas) — sie befinden sich, wie noch gezeigt werden soll, in einer besonderen geologischen Lage — wurde ein „Vorüberlaufen“ des Bebens beobachtet.

Auch beim dritten Beben stimmen die Angaben über die Stoßrichtung gut mit der Lage des auf Grund der Isoleisten ermittelten Epizentrums überein. Angaben über Stoßrichtung von unten waren vom dritten Beben nicht zu erhalten. Dies, wie auch andere Anhaltspunkte sprechen dafür, daß das Epizentrum weiter ab von einem bewohnten Platze und der Herd sehr seicht lag; damit stimmt auch die geringe Reichweite der Fühlbarkeit überein.

c) Geräusche. Erdbebengeräusche waren bis auf wenige Ausnahmen in allen Teilen des Erschütterungsgebietes hörbar; sie wurden immer unmittelbar vor

den Beben beobachtet. Im allgemeinen werden sie ähnlich dem Geschützdonner beschrieben. Nahe dem Epizentrum werden die Geräusche beim ersten Beben auch mit dem Brausen und Sausen eines Regensturmes verglichen. Im zentralen Gebiet werden im allgemeinen die Geräusche weniger eindeutig beschrieben. Hier verblaßt offenbar die Erinnerung an die unterirdischen Geräusche gegenüber den Eindrücken, die das Zusammenbrechen der Häuser und das Prasseln der Felsstürze hervorrief.

Dagegen wird aus dem zentralen Gebiet des dritten Bebens das Geräusch auch als ein Krach, wie der Abschluß eines schweren Geschützes in unmittelbarer Nähe beschrieben. Diese Wahrnehmung stimmt gut mit dem Umstand überein, daß das erste Beben aus einer lang anhaltenden Folge von Erschütterungen bestand, also jedenfalls mit einer reibenden Bewegung verbunden war, die ein Rumpeln an der Bewegungsfläche hervorrief, während das dritte Beben aus einem kräftigen Einzelstoß bestand.

Die Donnergeräusche waren auch bei den meisten der schwächeren Nachbeben vernehmbar, und zwar immer kurz vorher, so daß das der Bevölkerung als Gesetzmäßigkeit bei den Bebenerscheinungen auffiel. Hier und da wird auch berichtet, daß man ein Donnergeräusch vernahm, so daß man ein Beben erwartete, die Erschütterung jedoch ausblieb. Es ist dies wohl durch Lösung von Spannungen, vielleicht Aufreißen von Sprüngen zu erklären, die aber keine bzw. nur unmerkliche Bewegungen hervorriefen. Auch ging manchmal kleinen Erschütterungen verhältnismäßig starker Donner voraus.

Häufig konnte auch die Richtung, aus der das Geräusch zu kommen schien, beobachtet werden: sie stimmt meist mit der Richtung überein, in der der Herd des Bebens war. In einigen Orten jedoch schien das Geräusch von den unmittelbar benachbarten Bergen auszugehen; in diesem Falle hat es sich ohne Frage um Echoerscheinungen gehandelt. Das bereits erwähnte — auch hörbare — „Vorüberlaufen“ der Beben halte ich dagegen für eine Einwirkung der Untergrundverhältnisse auf die Schallwellen, da es vor allem die beiden einander benachbarten und in gleicher geologischer Position liegenden Ortschaften Velçë und Ramicë beobachteten. Vermutlich hat das Eindringen der Schallwellen aus dem Flysche in die diluviale sehr kavernöse Kalkbrezie eine Verstärkung der unterirdisch fortgepflanzten Schallwellen hervorgerufen und gleichzeitig ihre Brechung den Eindruck erweckt, als laufe das Geräusch dem Plateaurand entlang*).

Deutlich zeigt sich auch beim ersten Beben ein schalleerer Raum an der Westseite der Stogokette: Die vom Beben sehr stark betroffenen Ortschaften Dukat und Trajas hörten kein Geräusch. Wir müssen annehmen, daß durch den Boden keine Schallwellen vom Herde bis hierher drangen, und — was die Fortleitung des Schalles durch die Luft betrifft — diese Ortschaften im Schallschatten der Stogokette liegen. Es scheint überhaupt, als ob der Schall aus dem Herd-

*) Man vergleiche die geologische Skizze l. c. oder meine geologische Übersichtskarte von Albanien 1:200 000 (Karthogr. Institut Wien, 1928).

gebiet im wesentlichen durch die Luft fortgepflanzt worden sei, da fast nirgends die Geräusche aus dem Boden zu dringen schienen, sondern mehr von den Bergen her kamen. Nur in dem Falle des „Vorüberlaufens“ des Getöses muß man annehmen, daß die Schallwellen im Boden, durch die Untergrundverhältnisse bedingt, hörbar wurden.

d) Lichterscheinungen. Lichterscheinungen wurden nur im zentralen Gebiet des ersten Bebens wahrgenommen. Die Berichte völlig voneinander unabhängiger Personen aus verschiedenen Orten sind derart bestimmt und eindeutig, daß an der Tatsache der Lichterscheinungen kein Zweifel sein kann. Aus den Berichten geht deutlich hervor, daß die Erscheinungen auf das Gebiet in der Nähe des Epizentrums beschränkt waren und dort ihre Quelle gehabt haben müssen. Am kräftigsten wurden sie in Tërbaç wahrgenommen, wo alle Gewährleute übereinstimmend versichern, daß es während des Bebens „hell wie am Tage“ war. Folgende Schilderungen (auszugsweise) zeigen die Art, wie die Lichterscheinung empfunden wurde:

Tërbaç: „Es war taghell, solange es bebte, dann wieder gewöhnliche Nacht.“
... . das Licht hielt etwa 5 Minuten an, es war kein Licht mit sichtbarer Quelle, sondern eine Helle, wie weißer Rauch oder Nebel. Das Licht dauerte so lange, als Beben und Felsstürze dauerten.“

Vranisht: „Die Helle kam aus Richtung Stogo und war so stark — auch während des Bebens —, daß ich einen Feigenbaum, um den ich fürchtete, so gut wie bei Tageslicht beobachten konnte. Es dauerte 2 bis 3 Minuten und ich beobachtete das Pendeln des Feigenbaums . . .“

Kalarat: Eine Frau: „Ich sah in der Richtung Vranisht--Tërbaç bläulichhelle Flammen. Die ganze Gegend, besonders in den Bergen, war plötzlich ganz hell.“

Ganz verschieden von diesen Schilderungen ist der Bericht zweier Arbeiter von der Llogorasäge. Es handelt sich hier ohne Zweifel um eine andere Erscheinung. In der Bebenacht und in den zwei folgenden Nächten zeigte sich auf dem Gipfel der Kiore eine Flamme, wie eine Kerze in Form und Farbe. Sie war nicht zuckend wie etwa Lagerfeuer, und erschien vom Tale aus, als ob sie etwa 1 bis 2 m hoch wäre; sie gab aber keinen Lichtschein ins Tal.

Diese letztere Beschreibung läßt mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine elektrische Strahlung von der Art des St. Elmsfeuers schließen. Die andere Erscheinung dürfte wohl primär auf Erzeugung von Reibungselektrizität längs der sich bewegendenden Dislokationsflächen zurückgehen. Bemerkenswert ist der hohe Bitumengehalt des Hauptdolomits, in dessen Bereich ja ein Teil des zentralen Bebengebietes fällt. Daß sich bei der Bewegung und Reibung des Gesteins entzündbare Kohlenwasserstoffgase entwickelten und diese erst das Leuchten hervorriefen, ist eine naheliegende Erklärung. Auch die mehrfache Beschreibung, daß es „ein blaues Licht“ war und es „von den Bergen“ kam, spricht für diese Annahme.

e) Wirkungen. Bezüglich der Wirkungen im einzelnen sei auf die Ortschaftslisten verwiesen (s. Vorbemerkung). Hier seien nur einige allgemeine Gesichtspunkte erörtert.

Wirkung auf Gebäude. Abgesehen vom zentralen Gebiet des ersten Bebens, in welchem selbst gut gebaute Häuser den Erschütterungen nicht standgehalten haben, kann man annehmen, daß ein großer Teil der Zerstörungen an Gebäuden auf die meist nicht gute Bauweise oder den schlechten Bauzustand zurückzuführen ist. Dem wurde natürlich bei Ermittlung der Bebenstärken bereits Rechnung getragen.

Die Häuser im Erdbebengebiet sind durchweg aus Stein gebaut und in der Regel ein Stockwerk hoch. Die gut geschichteten, senkrecht geklüfteten Kalksandsteine des Flysches liefern einen sehr brauchbaren und bequemen Baustein. In die Steinmauern werden in gewissen Abständen zur Stützung und Ausrichtung der Mauern Holzpfosten eingezogen. Als Bindemittel wird teils nur Lehm, teils Kalkmörtel verwendet. Außenverputz gibt es sehr selten. Die Verwendung des Bindemittels ist natürlich für die Festigkeit der Häuser von ausschlaggebender Bedeutung. Die mit Kalkmörtel gebauten Häuser sind weit widerstandsfähiger.

Sehr plump und schwer ist durchweg die Dachkonstruktion. Zur Dachdeckung werden in dem Gebiet fast durchaus Flyschsteinplatten verwendet. Die Schwere derselben und auch der Mangel an geeignetem Holz für Tramen und Sparren bedingt auch, daß eine große Menge meist knorrigen Holzes (vorwiegend Eiche) in den Dachstuhl verbaut ist. Diese schweren, plumpen Dachkonstruktionen haben jedenfalls auch viel zu den schweren Schäden beigetragen.

In den Orten nahe am Epizentrum wurden die Dächer sämtlicher Häuser abgedeckt. Die Steinplatten wurden abgeworfen, zum Teil brachen aber auch die Dachstühle zusammen. Aber auch in Gebieten geringerer Erschütterung waren Dachschäden die Regel und hörte man sehr oft als eine der auffälligsten Bebenwirkungen für die Hausbewohner das „Öffnen des Daches“. Es ist dies auf die lose Verbindung der schweren Steinplatten mit dem Dachgerüst zurückzuführen und an und für sich noch kein Merkmal sehr heftiger Erschütterung.

In den am meisten betroffenen Ortschaften nahe am Epizentrum gibt es wenige Häuser, die ohne Mauereinstürze, nur mit Rissen, davorkamen. Es sind das Häuser von besonders starker Bauart. Die Mauereinstürze in Orten weiter ab vom Epizentrum sind nicht immer in der Richtung der Stöße erfolgt, sondern mindest ebenso oft auch in der Richtung gegen den Stoß. Auch diese Beobachtung bestätigt wieder die Aussage der Leute, daß das erste Hauptbeben ein lang andauerndes Rütteln war, die Mauern also nicht durch den ersten Stoß, sondern erst durch Einwirkung zahlreicher, unmittelbar aufeinander folgender Stöße aus gleicher Richtung umfielen. Auch die verhältnismäßig geringen Menschenverluste in Anbetracht der großen Zerstörungen an den Häusern finden damit eine Erklärung (s. auch weiter unten).

Wirkung auf Menschen und Tiere. Die Verluste an Menschenleben betragen im ganzen 19 Tote (in Brataj, Tërbaç, Dukatë, Palasë und Dhërmi)

und weit über 100 Verletzte. Zahlreiches Vieh (über 1000 Schafe und Ziegen, viele Kühe) kam durch Felsstürze um. Diese Menschen- und Tierverluste gehen fast alle auf Rechnung des ersten Hauptbebens. Auch die psychische Wirkung dieses Bebens war weitaus die größte.

Daß das zweite große Beben keine Verluste brachte, ist vor allem darauf zurückzuführen, daß damals alle noch im Freien lebten und es zudem am Nachmittag war. Die Bodenerschütterungen waren auch damals im Zentrum des Bebens so stark, daß sich Menschen weder stehend noch gehend aufrecht halten konnten; ebenso wird aus dem Zentrum des dritten Bebens berichtet, daß Menschen umgeworfen wurden, vor allem wohl deshalb, weil es ein plötzlicher kräftiger Stoß war, der ganz unvorbereitet die Bewohner traf.

Unter den Angaben über besondere Beobachtungen an Tieren wiederholte sich immer wieder übereinstimmend jene, daß kurz vor dem donnerartigen Geräusch die Hunde geheult hätten. Mehrfach wurde die Reihenfolge betont: Hundegeheul — Donner — Beben. In einigen Orten erklärten die Leute, das Hundeheulen sei für sie ein Warnungssignal, so daß sie darauf die Häuser verließen.

Da die Bewohner der verschiedensten Ortschaften, voneinander unbeeinflußt, diese gleiche Beobachtung berichteten, so wird man mit der Tatsache rechnen müssen, daß zumindest gewisse Hunde ein sehr feines Witterungsvermögen für Erdbeben besitzen, wahrscheinlich empfinden sie schon leichte, für den Menschen noch nicht spürbare Vorbeben*).

Man sollte das Augenmerk auf diese Feinfühligkeit der Hunde für Erdbeben richten und herauszufinden suchen, welche Hunde es sind, die auf Erdbeben reagieren. Vielleicht ließe sich dann durch Zucht das Vermögen noch steigern.

Vereinzelte wird auch von dem Beben vorausgehender Unruhe der Maultiere und von unruhigem Flattern der Hühner berichtet.

Wirkungen im Gelände. Das erste Hauptbeben äußerte sich in ziemlich weitem Umkreis (bis auf etwa 15 km) um das Epizentrum herum im Gelände durch Bergrutsche, Felsstürze, Bodenabrutschungen und Bodenrisse. Die größten Bergstürze erfolgten auf der NE-Seite von Kiore und Stogo und auf den W-Hängen der Çika. Der Bergrutsch auf der Kiore gegenüber Tërbaç war ein Abrutsch eines gewaltigen Plattenpaketes einschließlich des auf seiner Oberfläche gewachsenen Tannenwaldes. Die Abrißstelle erscheint heute als großer schneeweißer Fleck blanken Gesteins (Schichtoberfläche) in einem Ausmaß von etwa 6 bis 8 ha. Darunter zieht sich ein mächtiger Schuttkegel 700 bis 800 m hinab ins Tal. Die Abrißstelle dürfte in etwa 1400 m Seehöhe gelegen sein. Der Bergsturz erfolgte, wie übereinstimmend gesagt wurde, noch während des Bebens.

*) Der Einwand Siebergs, daß sich Tiere nachgewiesenermaßen um mikro-seismische Bodenunruhe nicht kümmern, läßt sich dadurch entkräften, wenn man annimmt, daß wohl ganz richtig ein Großteil der seismischen Bodenunruhe für Tiere nicht wahrnehmbar ist, weil die Erschütterungen unter dem Schwellenwert des Wahrnehmungsvermögens liegen, daß sie aber sehr gut jenen Teil der mikro-seismischen Bodenunruhe empfinden können, der knapp unter dem Schwellenwert des menschlichen Wahrnehmungsvermögens liegt.

Von der Stogo gingen neben zahlreichen kleineren Felsstürzen, welchen viele Ziegen und auch einige Hirten zum Opfer fielen, zwei größere Bergstürze nieder: einer oberhalb Tërbaç, der bis in den Ort reichte, einige Häuser zerstörte und dabei Menschen erschlug, der andere in einem Hochtal des Stogo oberhalb Brataj. Die Abrißstelle dieses letzteren Bergsturzes liegt nahe dem Kamme, der Absturz erfolgte in der Bahn eines ungeheuren, wahrscheinlich prähistorischen Bergsturzes, dessen Trümmer die ganze Umgebung von Brataj bis über die Sushica hinüber in die Gegend von Mesaplik erfüllen*).

Sehr zahlreich und ausgedehnt sind die Berg- und Felsstürze am W-Hang der Çika gewesen. Das Gelände hat sich hier merklich verändert — überall sieht man die hellen von Schutt und Vegetation entblößten Abrißstellen im Gestein und die Schutzzungen und Felshalden darunter. Der alte Tragtierweg von Palasë zum Llogorapaß ist durch die Bergstürze völlig verlegt und ungangbar geworden**). Die große Steilheit des W-Hanges der Çika und die Kleinklüftigkeit des Hauptdolomites hier ist die Ursache, daß das Beben hier so verheerende Wirkungen erreichen konnte.

In einem sicher beobachteten Falle, am Llogorapaß, öffnete sich auch beim ersten Beben eine Bebenspalte im gewachsenen Fels, die bis 1 m Breite erreichte und sich auf fast 1 km Länge hinzog. Die Spalte verläuft interessanterweise genau in der Richtung und ungefähr auch auf der Ausstrichlinie der großen Llogorastörung, die auf der Übersichtskarte bereits deutlich zum Ausdruck kommt. Ich konnte diese Spalte 1¹/₂ Jahre nach dem Beben auf dem von dichter Waldvegetation und viel Schutt überdeckten Abhang stellenweise noch gut verfolgen: sie ist heute von Schutt und Humus aufgefüllt. Immerhin erkennt man noch, daß an einigen Stellen die beiden Ränder der Spalte bis etwa 20 cm senkrecht gegeneinander abgesessen sind. Meist scheint es jedoch nur zu einem Klaffen, ohne senkrechtem Verschieben gekommen zu sein.

Zahlreich sind die Nachrichten über Risse und Spalten im Humusboden. Absitzen größerer Partien von Ackerboden, Verrutschung oder Zerstörung von Terrassenfeldern samt Olivenbäumen usw. Die Bodenspalten bildeten mehrfach ein Verkehrshindernis, da sie mit Tieren nicht überschritten werden konnten. Diese Vorgänge sind natürlich an das Flyschgebiet gebunden und es litten daher darunter die meisten der dem Epizentrum nahen Ortschaften am Osthang der Stogokette, und zwar: beim zweiten Beben Gjormi-Gumenicë, beim dritten Beben Lapardha-Mazhari.

*) Diese Bergsturzmasse ist bereits auf der geologischen Übersichtskarte (1928), allerdings leider unzureichend, dargestellt, da ja die Karte auf Routen beruht und die Herkunft der Bergsturzmasse vom Hange des Stogo von mir damals wohl vermutet, aber nicht beobachtet worden war

***) Dieser Saumweg besitzt eine gewisse historische Bedeutung durch den Zug Cäsars im Kriege gegen Pompejus, da Cäsar nach seiner überraschenden Landung hier an der Küste auf diesem Wege in bewundernswertem Nachtmarsch über den Llogorapaß gegen Apollonia, das damalige Emporium Südalbanien, vorrückte.

Wirkung auf die Wasserführung von Quellen. Ganz allgemein konnte im ganzen pleistoseisten Gebiet (bis etwa 15 km Entfernung vom Epizentrum) mehr oder minder eine Abnahme in der Schüttung der Quellen beobachtet werden. Einige und zwar gerade sehr kräftige Quellen im Kalk und Dolomit versiegten fast völlig und kamen auch nicht mehr wieder, während sich sonst mit der Zeit die Wasserführung der betroffenen Quellen meist wieder gebessert hat. In anderen Fällen hat jedoch die Schüttung dauernd nachgelassen. Nur in wenigen Fällen wird von dem Auftreten neuer Quellen oder Zunahme der Wasserführung bestehender Quellen berichtet.

Die kräftigste hydrologische Umänderung ging in der Gegend des Llogorapasses und der Ortschaft Dukatë vor sich. Ein von einer kräftigen Quelle an der Westseite der Kiore gespeister Bach nordwärts unterhalb des Llogorapasses bei der Brettsäge, der dort viel zu dem landschaftlichen Reiz der Gegend beitrug, ist dauernd versiegt. Allerdings sind in der Nähe andere Quellen erschienen, die in der ersten Zeit „schwarzes Wasser“ lieferten. Alle diese Quellen liegen unmittelbar an der erwähnten Erdbbenspalte am Llogorapaß. Auch die Wasserführung eines anderen Baches zwischen Dukati und Llogoropaß (Nordwestseite der Kiore) hat seine Wasserführung stark vermindert, dagegen haben die Bäche in Dorfnähe, deren Quellgebiet in der Richtung des Sattels von Shën Gjergj liegt, und die früher die meiste Zeit des Jahres nur Trockenbetten hatten, eine dauernd gute Wasserführung erhalten.

Unter einer dauernden Wasserverminderung der Quellen hat vor allem auch der sonst so stark betroffene Ort Palasë zu leiden. Die Quellen waren hier zunächst fast alle versiegt, haben jedoch dann allmählich wieder die Wasserspende aufgenommen, ohne jedoch die frühere Schüttung zu erreichen. Auch bei Vranisht haben die Quellen dauernd ihre Wasserergiebigkeit stark vermindert. Tërbaç berichtet auch von Quellverlegungen, die Wasserverminderung hat nicht alle Quellen ergriffen. Bei Brataj, nahe der Sushicabrücke, ist eine neue gute Quelle hervorgekommen. Die starken Quellen auf dem Plateau von Barçala (N-Seite der Stogo) sind sehr stark zurückgegangen, fast versiegt. Dauernd sehr stark vermindert hat sich auch die Wasserführung der Quellen von Ranicë, während jene von Velçë erst im Frühjahr 1932 ihre Wasserspende wieder vergrößert haben. Auch in Trajas haben sich die Quellen nach allgemeiner Wasserverminderung allmählich wieder erholt.

Wir sehen, daß die hydrologischen Veränderungen sich durchaus an das Gebiet der stärksten Erdbebenwirkungen halten und die Störung der unterirdischen Wasserzirkulation eine unmittelbare Folge der Zerrüttung und der Verschiebungen im Untergrund ist.

f) Vor- und Nachbeben. Es ist sichergestellt, daß ein schwaches Vorbeben, das höchstens Stärke V erreichte, der Haupterschütterung des ersten Bebens einige Minuten voranging; die Reichweite dieses Vorbebens war bereits die gleiche wie die des Hauptbebens.

Die Nachbeben zeigten den typischen Verlauf: zunächst zahlreiche Erschütterungen in kurzen Abständen — täglich, ja stündlich —, dann in immer größeren Zwischenräumen. Eine große Zahl der Nachbeben war über das ganze Schüttergebiet des Hauptbebens fühlbar, die weitaus meisten scheinen jedoch im pleistoseisten Gebiet allein verspürt worden zu sein. Das zweite Hauptbeben, das ja einen anderen Herd hatte, erfolgte mitten in den Nachbeben des ersten Hauptbebens; es ließ sich natürlich bei der meist geringen Stärke der Nachbeben bzw. Vorbeben und der verhältnismäßig geringen Entfernung der beiden Herde nicht feststellen, ob und von welchem der beiden Herde die vielen schwachen Beben ausgingen.

Die Nachrichten über Vor- und Nachbeben des dritten Hauptbebens sind so ungenau, daß sich kein Bild gewinnen läßt.

Es steht auch fest, daß manche von den Nachbeben — zu denen im weiteren Sinne im Verhältnis zum ersten Beben auch das zweite und dritte Hauptbeben gehören — von lokalen Herden ausgegangen sind. Soweit sicher festzustellen war, liegt an der großen östlichen Längsstörung, die das Schüttergebiet durchzieht, bei Bolenë, ein solcher lokaler Herd, von welchem einige Erschütterungen (Beben vom 2. Dezember 1930, 11. bis 12. Januar 1931, Herbst 1931) von ganz geringer Reichweite ausgingen, ebenso sind — soweit Nachrichten vorliegen — Fterrë und Borsh (an der gleichen Längsstörung) und die Gegend von Valona (Beben vom 3. August und 23. September 1931) Ausgangspunkte von Lokalbeben gewesen. Verschiedenen Angaben zufolge ist anzunehmen, daß überhaupt ein beträchtlicher Teil der Nachbeben keine echten Nachbeben waren, sondern den Charakter von Lokalbeben hatte, die durchaus an die Störungslinien des Schüttergebietes anknüpften. Bei Schilderung der Bebenperiode wurde bereits erwähnt, daß die letzten Beben vom Jahre 1932 ihre Herde in Küstennähe gehabt haben dürften. Wahrscheinlich knüpfen sie an den Randabbruch des Festlandes gegen das Meer; sie waren zwar nicht stark, hatten aber ein verhältnismäßig ausgedehntes Schüttergebiet. Ihr Herd lag daher vermutlich tief, vielleicht untermeerisch.

Wir gewinnen also den deutlichen Eindruck, daß, abgesehen von der die eigentlichen Nachbeben verursachenden elastischen Nachwirkung innerhalb der betroffenen Schollen, das ganze Störungsnetz des vom ersten Beben erschütterten Gebiets in Mitleidenschaft gezogen wurde und sich allmählich im Laufe der Bebenperiode auch ein Spannungsausgleich zwischen den Einzelschollen des Systems vollzog.

3. Epizentren und Herde. Die Lage der Epizentren der drei Hauptbeben läßt sich auf Grund der ermittelten pleistoseisten Gebiete und der geologischen Verhältnisse mit ziemlicher Sicherheit erkennen.

Das Epizentrum des ersten Bebens liegt im Raume der Qafa Shën Gjergj, also etwas nördlich der Kulmination der Akrokeraunischen Gebirge. Der Herd läßt sich nämlich auf Grund der geologischen Verhältnisse mit großer

Sicherheit an der Querstörung annehmen, die zwischen Stogo und Kiore durchstreicht und durch die tiefe Einsattelung der Qafa Shën Gjergj bezeichnet ist. Die Störung fällt im geologischen Kartenbild hauptsächlich durch die tiefe Einbuchtung des Flysches bei Tërbaç, weiter östlich durch das Abschneiden der älteren mesozoischen Kalke am Quertal des Ljumi Smokthinës auf. Ein näheres Studium an der Linie zeigt auch hochgradige Zertrümmerungserscheinungen am Hauptdolomit bei Dukatë und eine überaus gequälte, wirre Lagerung bei Tërbaç innerhalb des sonst in diesem Gebiet sehr regelmäßig gelagerten Flysches. Auch die Lagerung am Lum i Smokthinës ist stark gestört. Nördlich des Flusses kommen zwischen Tërbaç und Matodjin geringe Fetzen überaus gequälter älterer Kalke zum Vorschein, während südlich des Flusses zusammenhängende ältere Kalkmassen regelmäßig nach E einfallen. Auch der Verlauf der Isoseisten zeichnet die auf diese Weise durch die morphologischen und geologischen Verhältnisse sehr eindeutig bestimmte Querstörung gut wieder. Es ist nicht nur nicht an der Lage des Bebenherdes an dieser Störungsfläche zu zweifeln, sondern es haben sich auch viele Anhaltspunkte dafür ergeben, daß eine flächenhafte Verschiebung — wahrscheinlich im vertikalen Sinne — an der Störung stattgefunden hat.

Die Herdtiefe haben wir jedenfalls als gering anzunehmen. Darauf läßt die im Verhältnis zu den sehr bedeutenden Wirkungen geringe makroseismische Reichweite des Bebens schließen.

Als Lage des Epizentrums des zweiten Bebens erhalten wir durch Ermittlung des pleistoseisten Gebiets für dieses Beben, in Übereinstimmung mit den beobachteten Stoßrichtungen, das Plateau mit dem Paß von Barçala (Übergang von Gumenica und Gjormi nach Trajas), das ist 8 km nördlich des Epizentrums des ersten Bebens. Wir befinden uns hier wieder an einer Querstörung, an die ohne Zweifel der Herd des Bebens gebunden ist. Die Querstörung ist morphologisch durch den Sattel gekennzeichnet, gleichzeitig tritt eine staffelförmige Erniedrigung des Gebirgskammes der Stogokette gegen N hin um rund 100 m ein, während in der Akrokeraunischen Kette der Gebirgskamm an dieser Linie um 200 m gegen N absinkt. Geologisch ist die Linie im W durch das Abschneiden und endgültige Verschwinden des Hauptdolomites und der Dogger-Posidonienhornsteine bei Trajas, im E durch das Abschneiden des Jungtertiärs an älterem Flysch und Kalk bei Vajzë gut kenntlich; auch das Absinken des Kalkes der Maj e Kulthit knüpft noch an diese Störungslinie. Die Störungsfläche ist als eine im wesentlichen senkrecht zur Tiefe setzende Verwerfung anzunehmen, längs welcher der nördliche Gebirgstheil absitzt. Der Charakter des Bebens läßt vermuten, daß eine Bewegung an der Verwerfungsfläche in diesem Sinne stattgefunden hat.

Das Epizentrum des dritten Bebens lag in der Gegend des Sattels von Mazhar, in der Stogokette, etwa 8 km nördlich vom Epizentrum des zweiten Bebens. Auch hier läuft eine geologisch wie morphologisch ausgezeichnet kenntliche Querstörung durch: der Gebirgskamm der Stogokette erniedrigt sich wiederum um etwa 200 m, der Kamm der parallelen Akrokeraunischen Kette fällt steil um fast 500 m zu der Hochfläche „Ravena“ ab. Gleichzeitig fällt diese Linie

auch mit dem Ende und der südlichen Küstenlinie der Bai von Valona zusammen. Geologisch ist der Sattel von Mazhari insofern sehr bemerkenswert, als hier an der Südseite des Sattels steile, etwas nach E übergeneigte Falten in älterem Kalk sichtbar sind, während nördlich des Sattels auf der Kammhöhe nur mehr junge Kalke in viel flacherer Lagerung auftreten. Auch hier ist ein deutliches Absinken des nördlichen Gebirgsteiles gegenüber dem südlichen in geologischer Hinsicht zu erkennen. An derselben Linie findet weiter im E das transgressive Jungtertiär bei Mavrovë sein Ende — weiter südlich in der geologisch höheren Scholle ist es offenbar erodiert.

Daß der Herd des dritten Bebens an der Querstörung von Mazhari liegt, ist somit keine Frage: dagegen ist kaum anzunehmen, daß das Beben mit einer Bewegung längs der Verwerfungsfläche verbunden war. Wahrscheinlich handelte es sich nur um Lösung einer Spannung oder das Aufreißen einer Nebenspalte. Eine Bewegung hätte wohl eine Anzahl größerer Erschütterungen hervorgerufen, was bei diesem Beben jedoch, nach allen Beobachtungen zu schließen, nicht der Fall war. Die geringe Reichweite des makroseismischen Schüttergebietes spricht auch hier für einen flachen Herd.

Interessant ist es, daß an einer vierten Querstörung gleichen Charakters — bei Canina — die Stogokette gegen das Jungtertiär des Hinterlandes von Valona abbricht. Dieser Querbruch von Canina begrenzt auch die Ravenafläche auf der Akrokeraunischen Halbinsel gegen Norden*). Es scheint, daß das erste Beben hier von einem Lokalherd an dieser Störung Zusatzenergie erhalten hat (s. später).

Die südalbanische Bebenperiode 1930/32 ist somit von einem System von Querstaffelbrüchen am Nordende der Jonisch-adriatischen Gebirgszone ausgegangen, wobei der Herd der Bewegungen, von der Kulmination des Gebirges ausgehend, entsprechend dem Abbrechen der Faltenketten gegen das Adriatische Meer sukzessive nach Norden wanderte und zugleich die Energie der Bewegungen abnahm.

4. Einfluß der Tektonik auf die Bebenfortpflanzung und Bebenstärke; Sekundärherde. Wie wir gesehen haben, sind die drei stärksten Erschütterungen der Bebenperiode von bestehenden Querverwerfungen ausgegangen, und sind wir zu der Annahme berechtigt, daß die Beben durch Vorgänge hervorgerufen wurden, die dem Sinne nach gleich waren jenen, auf die die Verwerfungen zurückgehen: auf das staffelförmige Abbrechen der Jonischen Ketten gegen N, gegen die Adria. Eine vierte Querverwerfung, jene von Canina, die äußerste nach N zu, hat schon beim ersten Beben mitgesprochen, wie das Bild der Isoseisten dieses Bebens

*) Hier in der Akrokeraunischen Kette, jenseits der großen Llogora-Längsstörung, ist der Bewegungssinn an der Verwerfung ein entgegengesetzter: die südliche Scholle ist gegenüber der nördlichen die gesenkte. Darin zeichnet sich gut das Schollenmosaik, in das sich die Jonisch-adriatische Zone hier auflöst.

zeigt. An dieser Querverwerfung von Canina ging von einem sekundären Herd eine Erschütterung von geringer Energie aus. Es steht nicht fest, ob die Erschütterung mit jener des Hauptbebens synchron war, es ist ebenso gut möglich, daß dieses sekundäre Beben bereits im weiteren Sinne zu den Nachbeben zu rechnen ist.

Sehr beachtenswert ist der jähe Abfall der Bebenstärke auf geringe Entfernung hin zwischen Vranisht und Kalarat bzw. in etwas abgeschwächtem Maße zwischen Dhërmi und Vuno. Soweit bisher die geologischen Verhältnisse bekannt sind (die geologische Übersichtskarte gibt hier nur ein sehr rohes Bild auf Grund spärlicher Routen), bieten sie uns keinen sicheren Hinweis für eine Erklärung. Es läßt sich aber vermuten, daß zwischen Kalarat und Vranisht bzw. Dhërmi und Vuno wieder eine Verwerfung das Gebirge überquert und daß diese Verwerfung eine abschirmende Wirkung gegen S hatte, d. h., daß diese wahrscheinlich tote Verwerfung einen großen Teil der Energie des Bebens verschluckte. Die Querverwerfung läßt sich nicht nur auf Grund des Isoleistenbildes vermuten, sondern es sind morphologisch wie auch geologisch (Südenigung des Kreidekalkzuges und Nordendigung der Dogger-Posidonienhornsteine bei Ilijas) gewisse Anhaltspunkte für ihr Vorhandensein gegeben.

Aber auch die Längstektonik zeigt bei der Ausbreitung des ersten Bebens einen starken Einfluß.

Das Bild der Isoleisten zeigt, daß die beiden großen Längsstörungen, die das Schüttergebiet durchziehen — die Llogoralinie im W, die Linie von Selenica im E —, die Fortpflanzung in der Längsrichtung begünstigten. Gegenüber dem scharfen Abbild der Quertektonik, vor allem in der pleistoseisten Zone, erscheint die Abbildung der Längstektonik allerdings verschwommen. In Anbetracht jedoch dessen, daß es sich um ein Querbeben handelte, ist der Einfluß der Längstektonik, wie ihn das in der Längsrichtung gestreckte Schüttergebiet aufzeigt, doch ein recht bedeutender. Zudem können wir ersehen, daß das Beben an der östlichen Längsstörung bei Fterrë sogar Zusatzenergie von einem sekundären Herd gewonnen hat. Auch in diesem Falle ist jedoch mangels genauer Zeitangaben eine sichere Entscheidung nicht möglich, ob es sich um eine synchrone Erschütterung oder um ein Nachbeben im weiteren Sinne gehandelt hat.

Auch beim zweiten und dritten Hauptbeben ist, trotzdem auch diese Querbeben waren, der Einfluß der Längstektonik wie der Verlauf der Isoleisten zeigt, unverkennbar. Wiederum traten an der Selenicastörung bei beiden Beben Sekundärherde auf (Ramicë—Bolenë, Fterrë); wenn es auch nicht sichersteht, ob es sich um synchrone Beben handelt, bei denen die Sekundärherde nur Zusatzenergien lieferten, oder ob es dem Hauptstoß vor- oder nachfolgende Lokalbeben waren, so bleibt die Abhängigkeit von der Tektonik doch in jedem Falle gleich deutlich.

Für Beurteilung gewisser die Regionaltektonik betreffende Fragen (in Geol. Rundschau l. c. behandelt) ist die Tatsache wichtig, daß sich alle Erschütterungen der Bebenperiode auf das Gebiet der Jonisch-adriatischen Zone beschränkten.

Die Bewegungen griffen nicht auf die benachbarte Niederalbanisch-epirotische Zone über. Die Erdbebenwellen liefen in dieser vielmehr aus, ohne daß sie hier an sekundären Herden Zusatzenergie erhalten hätten und ohne daß eine Resonanz von seiten des Störungsnetzes dieser Zone erfolgt wäre.

5. Einfluß der Gesteinsverhältnisse. Mit wenigen Ausnahmen wurden die Bebenwirkungen im Bereich anstehenden Gesteins festgestellt. In den meisten betroffenen Ortschaften sind die Häuser unmittelbar auf den Fels gebaut. Im einzelnen sei hier auf die Ortschaftslisten verwiesen.

Im großen und ganzen sind keine auffälligen Unterschiede in den Bebenwirkungen gegeben, die man auf den Einfluß des Gesteinsuntergrundes, soweit dieser fester Fels war, zurückführen könnte. Die außerordentlich zahlreichen Felsstürze im Gebiet des Hauptdolomites am W-Hang der Çika könnte man allerdings mit der Kleinklüftigkeit dieses Gesteins in Zusammenhang bringen, während andererseits die großen Bergrutsche am NE-Hang der Kiore und an der W-Seite des Stogo durch das mit der Hangneigung gleichsinnige Schichtfallen der ausgezeichnet gebankten Kalke begünstigt war. Auch die Felsstürze im Gebiet von Velçë-Matodjin gehen teilweise auf eine besondere Disposition zurück: auf die Brüchigkeit des Überhänge und Höhlen aufweisenden Plateaurandes der diluvialen Kalkbrekzie.

In Anbetracht der in den Ortschaften beobachteten Bebenwirkungen läßt sich jedoch ein Einfluß von seiten der stofflichen Zusammensetzung der Gesteine nicht erweisen. Eher dürfte die Art des Gesteinsverbandes auch im festen Fels eine gewisse Rolle spielen.

Ein sehr deutlicher Einfluß auf die Bebenwirkungen ließ sich dort feststellen, wo nicht Fels, sondern Schutt den Untergrund bildet. Das beste Beispiel ist Stevaster-Kulhit. Dieser Ort liegt auf den Gehängeschuttmassen, die von den Kalkflanken der Maj e Kulhit sich über den Flyschfuß des Berges ergießen. Bei sämtlichen drei Beben hat diese Ortschaft besonders schwer gelitten. Am auffälligsten ist es beim ersten Beben, bei welchem alle Ortschaften ringsum wesentlich geringere Beschädigungen erlitten haben. Weniger sicher nachzuweisen ist der Einfluß beim Orte Dukatë, welcher auch fast zur Gänze auf Gebirgsschutt (Hauptdolomit) gebaut ist. Der Ort liegt so nahe am Epizentrum, daß er auch bei günstigeren Untergrundverhältnissen ebenso stark gelitten haben könnte.

Auch die Lage von Brataj, das fast durchaus auf alten Bergsturzmassen liegt, ist viel zu nahe dem Epizentrum, als daß hier für die starken Zerstörungen die Untergrundverhältnisse zur Verantwortung gezogen werden können. Hingegen sind die Verhältnisse bei Dhërmi sehr sinnfällig. Hier hat nur jener Teil des Ortes so stark gelitten, der auf alten Bergsturztrümmern liegt. Bei Betrachtung der Zerstörungen kommt allerdings noch der Umstand dazu, daß ein neuer Felssturz niederging. Aber abgesehen von den Zerstörungen durch diese sind alle Häuser, die auf der alten Bergsturzmasse gebaut waren, weit stärker beschädigt, als es sonst die meisten Häuser im übrigen Teil des Ortes sind. Es ist auch der

Bevölkerung klar geworden, daß es die ungünstigen Untergrundverhältnisse in dem so stark betroffenen Ortsteil sind, welchen die gesteigerten Wirkungen zuzuschreiben sind.

In den Alluvionen des Schüttergebiets konnten keine verstärkten Wirkungen festgestellt werden — vielleicht aus Mangel an Objekten, an denen die Wirkung hätte beobachtet werden können. Im zentralen Gebiet der Beben fehlt es auch an großen Alluvialbildungen. In vom Epizentrum entfernteren Teilen des Schüttergebiets erfuhren die Wirkungen der Beben im Alluvium bestimmt keine Verstärkung (z. B. in Spilé, das am Strand liegt, an den Gebäuden, an der Flußmündung von Çeparo, am Hafen von Valona).

Seismische Untersuchungen des Geophysikalischen Instituts in Göttingen

XIV. Über die Deformation der Erdoberfläche durch Scherungskräfte im Herd von Erdbeben

Von **H. Gräfe**, Göttingen — (Mit 14 Abbildungen)

Auf Grund einer vereinfachten Methode werden für alle möglichen Lagen einer Scherungskraft im Herd die entsprechenden Deformationen der Erdoberfläche ermittelt. Es wird gezeigt, daß in ganz bestimmten Fällen aus den Deformationsbildern auf die Herdtiefe geschlossen werden kann. Alle Betrachtungen gelten nur für Scherungskräfte.

Bei einer Reihe von Erdbeben wurde die Richtung der ersten Bodenbewegung (\bar{P}) in eine geographische Karte an jeder betreffenden Stelle eingetragen. Hierbei zeigt sich: 1. Die Richtung der Bodenbewegung findet immer nahezu in einer Verbindungslinie Herd—Station statt. 2. Das Vorzeichen der Richtung unterliegt keineswegs einem einfachen Gesetz. Durchweg fand man eine mehr oder minder komplizierte Verteilung von Zug und Stoß. Beispiele hierfür sind Beben, die von B. Gutenberg¹⁾, T. Shida²⁾, H. Gräfe³⁾ und anderen mehr bearbeitet worden sind.

Bei dem Beben, das T. Shida bearbeitete, trat eine Verteilung der Zug- und Stoßgebiete auf, die in der Elastizitätstheorie bekannt ist. Die Zug- und Stoßgebiete verteilen sich auf vier Quadranten so, daß in benachbarten Quadranten entgegengesetzter Bewegungscharakter vorhanden ist.

Als Ursache einer solchen Verteilung kann ein horizontal gelagertes Scherungskräftepaar im Herd des Bebens angesehen werden. Das zeigte zum ersten Male theoretisch Love⁴⁾ für ein unendlich ausgedehntes Medium.