

# Über Brontidi in der Ranner Erdbeben- serie des Jahres 1917 nebst Bemerkungen über Erdbebengeräusche

Von

F. Heritsch (Graz)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. April 1919)

Für Schallerscheinungen unterirdischen Ursprungs ohne fühlbare Bodenbewegungen hat Hobbs den Namen Brontidi vorgeschlagen.<sup>1</sup>

Als ich nach dem großen Erdbeben von Rann in dieser Stadt zum Studium dieser katastrophalen Erschütterung weilte, hörte ich von verschiedenen einwandfreien Herren, daß am St. Veiter Berg (St. Johann, P. 384 auf der Spezialkarte, d. i. ein Ausläufer des Uskokengebirges, in fast südlicher Richtung,  $2\frac{1}{2}$  km von Rann entfernt) schon vor dem Erdbeben und auch während der Nachbeben donnernde und brummende Geräusche gehört wurden. Ich habe zuerst diese Berichte etwas skeptisch aufgenommen, da damals das Dröhnen der Isonzoschlachten sehr stark hörbar war. Ich wurde aber von der Richtigkeit der Nachrichten über das Schallphänomen überzeugt, als ich selbst Gelegenheit hatte, einen solchen Brontido zu hören.

Ich kann über die Brontidi des St. Veiter Berges folgende Nachrichten wiedergeben.

Freiherr Fr. v. Gagern schreibt,<sup>2</sup> daß am St. Veiter Berg bei Rann häufig ein Dröhnen gehört wurde; so z. B.

<sup>1</sup> Geiland's Beiträge zur Geophysik, VIII. Bd., p. 232: Erdbebenkunde, p. 180.

<sup>2</sup> Mitteilungen der Wiener geograph. Gesellschaft, 1917, p. 133 bis 135.

im Mai 1908, woselbst der kurze, kanonenschußartige, dumpfe Schall eine Reichweite von mehr als 10 *km* Radius hatte. Das Dröhnen des Berges war überall in der Umgebung bekannt.<sup>1</sup>

Herr Dr. Leuschner in Rann teilte mir mit: Ein Jagdorgan des Freiherrn v. Gagern (Schloß Mokritz bei Groß-Dolina in Krain) hat schon vor dem Erdbeben von Rann gemeldet, daß »der Berg brummt«; der Jäger wollte deshalb ein ihm zugewiesenes Haus nicht beziehen. Das staatliche Forstpersonal, das Herrn Dr. Leuschner untersteht, hat die Unruhe des Berges oft bemerkt.

Herr Dr. Jokitz in Tschatesch bei Rann berichtete mir über Schallerscheinungen vor der Ranner Katastrophe, die bekanntlich am 29. I. 1917 eintrat. Am 27. Jänner 1917 wurden in der Frühe einige dumpfe Schläge in Tschatesch vernommen. Am selben Tage zwischen 1/2<sup>h</sup> und 4<sup>h</sup> nachmittags hörte ein Gendarm an der Brücke von Rann nach Krain dumpfe Schläge, die er für eine Minensprengung am

<sup>1</sup> Anhangsweise möge hier erwähnt werden, daß an der Landstraßer Thermenlinie Brontidi keine seltene Erscheinung sind. Ich führe aus den von F. Seidl in den Allgemeinen Berichten und Chroniken der in Österreich beobachteten Erdbeben 1897 bis 1913 zusammengetragenen Nachrichten nur einige an: 2. II. 1909 Dröhnen in Zirkle; 27. II. 1906 Dröhnen in Rudolfswert; im Bebenschwarm des Oktober 1906 Dröhnen in Zirkle und Puschendorf, und zwar

|              |                                 |   |
|--------------|---------------------------------|---|
| 20. X. 1906. | 19 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> | Dröhnen in Zirkle und Puschendorf                                     |
|              | 19 11                           | » » » » »   |
|              | 20 10                           | Beben » » » »   |
|              | 20 45                           | Dröhnen » » » »   |
|              | zwischen 20 37                  | und 20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> Beben in Zirkle und Puschendorf   |
|              | » 22 26                         | und 22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> Dröhnen in Zirkle und Puschendorf |
| 21. X. 1906  | 1 15                            | Dröhnen in Puschendorf  |
|              | 1 30                            | Beben in Puschendorf  |
|              | 2 39                            | Stoß und Dröhnen in Zirkle  |
|              | 7                               | » » » » »   |

Die weitere Folge möge bei Seidl, Allgem. Bericht, 1906, nachgesehen werden. Hier kann am Zusammenhang der Brontidi mit Bodenbewegungen nicht gezweifelt werden.

Isonzo erklärte. Auch Dr. Jokitz hörte das Geräusch in Tschatesch selbst. Am 28. Jänner vernahm Dr. Jokitz nachmittags oder abends einen dumpfen Schlag. Am 29. Jänner hörte er vor dem Eintritt des Erdbebens wieder in Tschatesch neuerlich einige dumpfe Schläge. Er gab auch an, daß er schon lange Zeit vor dem großen Erdbeben kleine Erschütterungen beobachtet habe; er trennte in dem Gespräch die Bodenbewegungen sehr scharf von dem Schallphänomen.

Daß aus der Zeit unmittelbar nach dem Erdbeben vom 29. Jänner keine Berichte über Schallphänomene vorhanden sind, ist aus der Größe des Unglücks, das Rann, Tschatesch und Munkendorf betraf, erklärlich. Auch waren anfangs die Nachbeben zu kräftig, um die Beobachtung der ungefährlichen Schallphänomene als naheliegend erscheinen zu lassen. Erst aus der Reihe der späteren Nachbeben sind Brontidi bekannt geworden. Ich kann die Vermutung nicht unterdrücken, daß sie wesentlich zahlreicher waren, daß sie meist nicht bemerkt und verzeichnet wurden, da es sich einerseits um eine bekannte Erscheinung handelte, andererseits aber der Geschützdonner vom Isonzo her eine einfachere Erklärung bot.

Die mir bekannt gewordenen Brontidi liegen mitten in den Nachbebenserien. Ohne der Darstellung der Nachbeben vorgreifen zu wollen, gebe ich zwei kurze Ausschnitte aus diesen Serien:

- |                   |                                 |  |
|-------------------|---------------------------------|--|
| 15. Februar 1917, | 12 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> | Erschütterung von Tschatesch.  |
|                   | 13 32                           | Beben in Globoko.  |
|                   | 13 44                           | » » »  |
|                   | 21 20                           | Erschütterung von Rann. (Intensität V) und dessen weiterer Umgebung. |
| 16. Februar 1917, | 12 5                            | Beben in Rann.   |
|                   | 10 30                           | » » Groß-Podlog.   |
| 17. Februar 1917, | 0 30                            | » » »  |
|                   | 2 15                            | » » »  |
| 18. Februar 1917, | 15                              | » » Landstraß.   |

19. Februar 1917, 22<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> Beben in Rann und dessen weiterer Umgebung.
20. Februar 1917, 9 11 Beben in Rann und dessen weiterer Umgebung.  
 11 33 Beben in Rann.  
 14 45 Brontido.
21. Februar 1917, 2 44 Beben in Rann.
22. Februar 1917, 19 33 » » Tschatesch, Zirkle etc.
24. Februar 1917, 14 15 » » Globoko.

Über den Brontido vom 20. Februar schreibt mir Herr Dr. Leuschner: »Am 20. Februar befand sich meine Frau nachmittags in Krain südlich der Gurk auf der alten Straße Laibach—Agram, die in der Berglehne führt. Sie hörte um 14<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> ein heftiges Geräusch, als ob ein großes Objekt zusammenstürzen würde oder als ob starke Bäume gefällt würden. Sie eilte geängstigt nach Rann zurück, da sie ein neuerliches Erdbebenunglück befürchtete. Der Wirt, dessen Haus an der Abzweigung der alten von der neuen Straße steht, rief sie an und sagte, es müsse in Rann wieder etwas geschehen sein, weil er und seine Leute den Lärm von einstürzenden Gebäuden gehört hätten. Auch ein Bauer teilte diese Beobachtung ungefragt auf dem Heimwege meiner Frau mit. In Rann selbst wurde nur ein schwaches Geräusch gehört. Eine Erschütterung wurde an keiner Stelle, auch in Krain nicht, verspürt. Die von Belar aufgestellten Seismographen verzeichneten nichts.«

Das zweite Schallphänomen gehört der Nachbebenserie des April an. Ich gebe wieder einen kurzen Ausschnitt aus dieser Reihe:

10. April 1917, 3<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> Starke Erschütterung in Rann und dessen Umgebung; ziemlich weiter Schütterbezirk; neue Gebäudeschäden in Rann, Tschatesch, Munkendorf.  
 4 18 Beben in Rann.  
 5 30 » » Tschatesch.

11. April 1917, 7<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> Beben in Puschendorf.  
 13 30 » » »
14. April 1917, 3 50 » » Rann und Umgebung.  
 4 15 » » »  
 15 40 » » Skopitz.  
 15 50 » » »  
 15 59 » » » und Tschatesch.  
 16 40 » » » » »  
 16 43 » an der Landstraßer Thermen-  
 linie.  
 16 50 Beben in Skopitz und Tschatesch.
15. April 1917, zwischen 1<sup>h</sup> und 3<sup>h</sup> mehrere Erschütterungen  
 in Munkendorf.  
 10<sup>h</sup> 24<sup>m</sup> Brontido in Tschatesch.  
 11 45 Beben in Rann.  
 12 24 » » » und Tschatesch etc.
17. April 1917, 13 30 » » Malenze.  
 18. April 1917, 18 57 » » Rann.  
 19. April 1917, 1 30 » » Malenze.  
 20. April 1917, 3 39 » » Rann.

Den Brontido vom 15. April 1917 beobachten Herr Baurat R. Sernee und ich gemeinsam am Friedhof in Tschatesch. Wir waren in absolutester Ruhe. Ich saß auf einem umgestürzten Grabstein und schrieb in mein Notizbuch die beobachteten Zerstörungen der Kirche und des Friedhofes. Die Ruhe wurde plötzlich durch ein sehr rapid anwachsendes, starkes, unterirdisches, tiefes Donnern gestört, das kaum mehr als eine Sekunde dauerte. Es machte den Eindruck, daß das Geräusch vom St. Veiter Berg, der sich unmittelbar über Tschatesch erhebt, herauskomme und in der Richtung auf Rann weitergehe. Jede, auch die feinste Vibration des Bodens fehlte. Jede Selbsttäuschung ist ausgeschlossen, ebenso jede Verwechslung mit dem Kanonendonner vom Isonzo her, den man überdies an diesem Tage in der ganzen Gegend nicht hörte. An eine atmosphärische Erscheinung zu denken ist ausgeschlossen, da damals schönes Wetter herrschte. Es war ein echter Brontido.

Die merkwürdigen Geräusche, die hier, Hobbs folgend, als Brontidi bezeichnet werden, kennt man aus vielen Teilen der Erde.<sup>1</sup> Sie werden meist als donnerndes Geräusch oder als unheimliches Rollen bezeichnet. Sie führen verschiedene Namen, je nachdem man sich ihre Veranlassung vorgestellt hat (Barisal-guns, bramidos, Mistpoeffer, balza, marina, rombo usw.). Die Mistpoeffers, deren Schauplatz Flandern und das ebene Belgien ist, gliedert Günther<sup>2</sup> in 1. diffuse Knalle und kanonenschußähnliche Detonationen, die ausschließlich geotektonischer Herkunft sind, und 2. in Geräusche, die auf explosive Vorgänge in unterirdischen, von ausströmenden Gasen erfüllten Hohlräumen sich zurückführen lassen, wobei er anführt, daß Minenkatastrophen von Schallerscheinungen begleitet sind.

Hobbs führt ein Beispiel eines besonders interessanten Schallphänomens an: »Wegen seiner eigentümlichen Geräusche hieß ein Indianerdorf, das einst an Stelle von East Haddam in Connecticut lag, Morehomodus, d. h. Ort der Geräusche«.

Erwähnt mögen noch die von Humboldt beschriebenen Bramidos zu Guanaxuato in Mexiko werden, dann die bekannten Detonationsphänomene der Insel Meleda, des Monte Tomatico bei Feltre.<sup>3</sup> Hoernes<sup>4</sup> kam später (im Gegensatz zu seiner in der Erdbebenkunde vertretenen Ansicht) zur Meinung, daß die Detonationsphänomene von Meleda, Feltre etc. durch sukzessive Auslösung von Spannungen, durch die Auslösung von kleineren Spannungen an großen Dislokationsflächen hervorgebracht seien.

Unserem deutschen Alpengebiete sind Schallerscheinungen nicht fremd. Ich führe solche Phänomene in Steiermark aus den neuesten Erdbebenchroniken an:

- a) 28. Dezember 1908 in Neumarkt; 18. Mai 1902 in Neumarkt und Dürnstein; 22. Juli 1902 in St. Lambrecht;

<sup>1</sup> Günther, Akustisch-geograph. Probleme. Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der Kgl. bayr. Akad. d. Wissensch., Bd. 31, 1901, p. 241.

<sup>2</sup> L. c., p. 254.

<sup>3</sup> R. Hoernes, Erdbebenkunde, p. 291 ff. und p. 74.

<sup>4</sup> Erdbebenwaite, VI. Bd., 1907, p. 11.

3. August 1898 in Scheiben bei Unzmarkt; 25. Jänner 1897 in Krakaudorf; 12. Dezember 1903 in Gollrad.

b) 23. Dezember 1907 in Hörgas; 4. März 1898 in Paldau bei Fehring; 11. August 1913 in Friedberg.

Die unter a) aufgezählten Detonationen liegen in habituellen Stoßgebieten. Es erhebt sich die Frage, wie oft beim Eintritt von Detonationen der Beobachter auch ein Zittern des Bodens zu verspüren glaubte und wie oft Schallerscheinungen eintraten, aber nicht erkannt oder nicht gemeldet wurden.

Sieberg<sup>1</sup> nennt die Entscheidung der Frage bedeutungsvoll, ob die Erdbebengeräusche und die Bodenknalle eine gemeinsame Ursache haben, so daß die ersteren nur eine Steigerung der letzteren seien, oder ob sie genetisch verschieden seien. Nach Sieberg reichen die Erfahrungen zur Entscheidung dieser Frage nicht aus. Ich glaube aber, daß derzeit die Frage reif zu einer Lösung ist.

Die seismischen Schallerscheinungen, welche fast jedes Erdbeben begleiten, sind genetisch nicht verschieden von jenen abrupten Knallen in Erdbebengebieten, welche Brontidi heißen. Auch die Mistpoeffers sind nicht auf rein atmosphärische Ursachen zurückzuführen, sondern ihre Ursache liegt in der Lithosphäre.<sup>2</sup> Baratta<sup>3</sup> hat die Brontidi Italiens nach regionalen Gruppen zusammengefaßt. Die Knalle haben keinen atmosphärischen Ursprung; das entscheidende Merkmal sind die Umstände, daß es Gegenden gibt, in denen die Knalle mit einiger Regelmäßigkeit auftreten und an habituelle Stoßgebiete gebunden sind. Baratta und Günther stimmen überein: »Bodenknalle und Erdbebengeräusche haben eine gemeinschaftliche Ursache und die letzteren sind nur eine Steigerung.«<sup>4</sup> Beide entstammen dem Felsgerüst der Erde. Dazu möge einschränkend bemerkt werden, daß es sich hier nur um die Bodenknalle in Erdbebengebieten handelt; denn eine vollständige Verallgemeinerung wäre meines Erachtens

<sup>1</sup> Erdbebenkunde, p. 118.

<sup>2</sup> Günther, Erdbebenwarte, II. Bd., 1902/03, p. 12.

<sup>3</sup> Siehe Günther, l. c., p. 14, ferner Baratta, I terremoti d' Italia.

<sup>4</sup> Günther, l. c., p. 54.

nicht am Platze. Ich möchte hier noch einen Satz Günther's zitieren:<sup>1</sup> »Es liegt nahe genug, zu vermuten, daß die Luftknalle intrakrustalen Ursprungs sind, daß sie gewissermaßen als Signale für embryonale, nicht zu energischer Ausbildung gelangte Erdbeben zu gelten haben.«<sup>2</sup>

Mit dem Detonationsphänomen hat sich J. Knett eingehend beschäftigt.<sup>3</sup> Er sagt, daß Bodendetonationen in der Mehrzahl Mischphänomene von vorwiegend akustischer Erregung sind. Diese Erregung »wird vom Entstehungsherd ab durch die Erdkruste hindurch von Wellen fortgepflanzt, die den eigentlichen (langsamen) Erdbebenwellen entsprechen und auch die gleiche Geschwindigkeit wie diese besitzen. Der Schall der Detonationsphänomene bildet daher kein Analogon zu dem bei den meisten Erdbeben vor der Haupterschütterung wahrnehmbaren Geräusche.« Ich komme auf Knett's Anschauungen noch später zurück, bemerke aber, daß der letzte Satz, der zwischen dem Schall der Detonationsphänomene und dem Erdbebengeräusch, das meist während und vor der schüttelnden Bewegung vorhanden ist, einen Unterschied macht, unbedingt bestreitbar ist. Knett will Erdbeben und Detonationen voneinander scheiden. Ich halte das für verfehlt; denn es gibt zahlreiche Erscheinungen, die zwischen den beiden Phänomenen stehen; ich erwähne die in habituellen Stoßgebieten sehr häufigen Beben in einzelnen Orten mit kaum merkbarer Bodenvibration und starkem Donnerrollen. Der Satz in R. Hoernes' Erdbebenkunde (p. 74) ist unbedingt richtig: »Die Stärke des Schalles steht keineswegs in Beziehung zur Stärke der Erschütterung«.

Als Ursachen der Detonationen läßt Knett zwei gelten, nämlich den plötzlichen Ausgleich des Druckes bei unterirdischen Gasansammlungen und den Verbruch von Höhlen. Ich will nicht leugnen, daß diese beiden Ursachen vielleicht

<sup>1</sup> Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der bayr. Akad. d. Wissensch., 31. Bd., 1901, p. 251.

<sup>2</sup> Von mir gesperrt.

<sup>3</sup> Mitteil. der Erdbeben-Kommission der K. Akad. der Wissensch. in Wien. Nr. 20.



irgendwo einmal Detonationen hervorrufen können, aber das Phänomen der Brontidi ist zu regional, um solche lokale Erklärungsmöglichkeiten zuzulassen. Jedenfalls hat sich R. Hoernes<sup>1</sup> mit Recht gegen den Versuch gewendet, das von Knett beschriebene Detonationsphänomen des Duppauergebirges durch eine Gasexplosion zu erklären; er meint, daß es sich um ein vulkanisches Beben handeln könne. Man könnte wohl auch an tektonische Vorgänge denken, besonders im Hinblick darauf, daß F. E. Sueß<sup>2</sup> die Detonationserscheinungen von Melnik auf tektonischem Wege erklärt.

Sehr bemerkenswert sind die Auseinandersetzungen von A. Cancani über das Phänomen der Brontidi. Er hat mit Sicherheit deren endogenen Ursprung festgestellt und kommt zusammenfassend zu einer Reihe von Schlüssen: 1. In einigen Fällen sind die Brontidi Vorboten einer seismischen Periode. 2. Die Brontidi (er bezeichnet sie als Rombi) herrschen in den Gebieten mit vielen Erdbeben (d. i. in habituellen Stoßgebieten. 3. Die »Rombi« sind häufiger während einer seismischen Periode. 4. Öfter werden »Rombi« der Luft und solche unterirdischen Ursprungs erwähnt, die gleichzeitig sind; oder es werden Stöße mit »Rombi« in Verbindung angeführt. In diesen Fällen sind die »Rombi« sicher der Effekt einer sehr rasch vibrierenden Bewegung der Erde. 5. In anderen Fällen werden starke Geräusche, die begleitet oder gefolgt sind von fast unmerklichen Stößen, gemeldet. Diese Aufstellungen von A. Cancani zeigen den innigen Zusammenhang von Erdbeben und Brontidi.

Die enge Beziehung zwischen den beiden Phänomenen zeigt auch die Tatsache, daß in Kalabrien die Töne dort gehört werden, wo Brüche vorhanden sind. Brontidi wurden häufig in Italien gehört, wenn in nicht allzu entfernten Gegenden Erdbeben fühlbar waren. Hobbs bemerkt dazu: »Dies legt die Vermutung nahe, daß das Fernbeben sozusagen als Zündstoff wirkt, der das geladene System entlädt und

---

<sup>1</sup> Erdbebenwarte, VI. Bd., 1907, p. 14.

<sup>2</sup> Bau und Bild der böhmischen Masse, p. 316.

<sup>3</sup> Bolletins della Società sismologica d'Italia, Vol. III und VII.

jene leichten Verschiebungen hervorbringt, die an der Oberfläche wegen der niederen Schwingungszahl<sup>1</sup> nur in den Randgegenden der dislozierten Erdscholle fühlbar werden. Es sind die longitudinalen Reibungsgeräusche ohne die für fühlbare Erdbeben charakteristischen Stöße.« Hobbs identifiziert die Brontidi mit den Erdbebengeräuschen; sie unterscheiden sich von den Erdbeben nur durch die Stärke. Daß sie voneinander nicht genetisch verschieden sind, zeigt die Einschaltung von Brontidi in die Nachbeben größerer Erschütterung<sup>2</sup> und das Vorkommen von Übergangserscheinungen, von denen es unsicher sein kann, ob sie jenen oder diesen zuzuteilen sind. Das macht für beide eine gemeinsame Ursache notwendig. Da nun seit R. Hoernes' berühmt gewordenen Auseinandersetzungen ein großer Teil der Erdbeben auf tektonischem Wege erklärt wird, so müssen auch die Brontidi auf die Auslösung von Spannungen zurückgeführt werden. Dabei könnte sowohl für die Brontidi wie auch für die Erdbeben an einen Zusammenhang mit den bradyseismischen Vorgängen gedacht werden.<sup>3</sup>

Da nun mit den Erdbeben auch die Brontidi auf die Auslösung von Spannungen zurückzuführen sind, so muß man sich umsehen, ob solche überhaupt bekannt geworden sind. Da hat A. Rzehak den Weg gewiesen, indem er auf die Bergschläge<sup>4</sup> verwiesen hat. Nach dem genannten Autor<sup>5</sup> leiten die Bergschläge über zu den tektonischen Erdbeben und er sagt, daß man bei den Bergschlägen den »Erdbebendämon in flagranti« ertappt hat. Er hat die Luftknalle (Mistpoeffers, Barisal-guns etc.) in Verbindung mit den Bergschlägen gebracht und meint, daß, wenn auch für ein-

<sup>1</sup> Soll heißen: »wegen der hohen Schwingungszahl«.

<sup>2</sup> Bezeichnend für die Natur der Brontidi ist der Umstand, daß dem großen Erdbeben von Assam (1897) nur leichte Nachbeben und Brontidi und Niveauverschiebungen folgten.

<sup>3</sup> Hobbs, Erdbeben, p. 183.

<sup>4</sup> Aus der reichen Literatur über Bergschläge mögen nur einige Arbeiten angeführt werden: A. Rzehak, Zeitschrift für prakt. Geologie, 1906, p. 345; 1907, p. 23; 1907, p. 285; 1908, p. 237; 1910, p. 217. — Weithofer, Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1914.

<sup>5</sup> A. Rzehak, Zeitschrift für prakt. Geologie, 1906, p. 350.

zelle eine andere Ursache möglich ist, doch die Hauptmasse der Detonationen auf die Auslösung von Rindenspannungen zurückzuführen ist.

Bergschläge kennt man nicht nur aus Stollen oder Tunnels, sondern auch aus Steinbrüchen, wo keinerlei Überlastung vorhanden ist. Aus Steinbrüchen kennt man sogar die Bildung von kleinen Antiklinalen. Berühmt sind wegen ihrer Bergschläge jene von Quenast in Belgien geworden. Um Beispiele aus Tunnels anzuführen, sei jener der Cincinnati Southern Railroad, wo unter Knall erfolgende Ab Sprengungen von der Sohle erfolgten, dann der Tauern-tunnel, wo unter Knall mit großer Gewalt Massen von einem Rauminhalt mehrerer Kubikmeter abgelöst wurden, dann der Wocheiner Tunnel, dessen Bergschläge mit einem den stärksten Minen gleichen Knalle erfolgten, und der Simplon-tunnel angeführt werden. Aus zahlreichen Bergbauen kennt man Bergschläge von großer Gewalt, an der Erdoberfläche ein donnerähnliches Geräusch hervorrufend.<sup>1</sup>

Für die Deutung der Bergschläge als eine auf endogenen Vorgängen beruhende Erscheinung ist die Tatsache von Wichtigkeit, daß sowohl an Bergschlägen in Steinbrüchen, als auch in Tunnels, die unter großer Überlastung stehen, eine Ausdehnung der abgesprengten Gesteinsstücke festzustellen war.

Wie Rzehak schließt, sind die Bergschläge plötzliche Auslösungen von Spannungen. Bei vielen kann der faltende Tangentialschub als Ursache angesehen werden, so daß also die Bergschläge eine Teilerscheinung des Gebirgsbildungsprozesses sind. Am häufigsten treten Bergschläge an den Ulmen von Stollen und Tunnels auf.

Daß die Bergschläge wenigstens zum Teil auf Tangentialschub zurückzuführen sind,<sup>2</sup> zeigt die Tatsache, daß

<sup>1</sup> Hierher gehören wohl auch die von Humboldt beschriebenen Bramidos von Mexiko.

<sup>2</sup> Die Erklärung der Bergschläge durch Volumsvergrößerung infolge metamorphosierenden Vorgänge (Cornet, Ann. d. l. Soc. géol. de Belgique, 35. Bd., Bull., p. 278 ff.) ist, wie Rzehak ausführt, unmöglich dort, wo es sich um gerichteten Druck handelt. Immerhin glaube ich, daß Spannungen durch Diaphthorese entstehen können.

vielfach gerichteter Druck beobachtet wurde. Im Tauern-tunnel waren die Bergschläge an der östlichen Ulme häufiger. Im Karawankentunnel<sup>1</sup> war in der druckreichen Carbonpartie gerichteter Druck vorhanden. Der Druck war besonders auf die östliche Ulme und zugleich gegen die Ortsbrust gerichtet. Als Resultierende ergibt sich die Druckrichtung von SSO nach NNW; das ist die Richtung des Aufschubes des Carbons auf die Trias! Teller sagt (p. 250): »Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Druckerscheinung mit dem allgemeinen tektonischen Bau der Gebirgskette ursächlich verknüpft ist und daß wir noch die Kräfte fortwirken sehen; welche die obercarbonischen Schichten zu steilen Falten aufgestaut und nach Norden überschoben haben.

Wir sehen, daß auch in Steinbrüchen, aus denen Bergschläge und ähnliche Erscheinungen bekannt geworden sind, gerichteter Druck vorhanden ist. In den Steinbrüchen von Quenast und Carrara ist das z. B. der Fall; bei dem erstgenannten Vorkommen hat der gerichtete Druck dieselbe Richtung wie die jugendlichen Störungen an der belgischen Küste.

Die Erdbeben werden auf den Tangentialschub zurückgeführt. In den Bergschlägen sehen wir eine Erscheinung, die auf Spannungen, zum Teil wenigstens mit gerichtetem Druck, zurückgeht. Beobachtet wurden (z. B. im Ruhrkohlengebiet usw.) Bergschläge, die sich oberflächlich als Erdbeben bemerkbar machten. »Die als Bergschläge bezeichneten Spannungsauslösungen sind eben mitunter von Erderschütterungen begleitet, die man doch ohne Zweifel als natürliche Erdbeben bezeichnen kann.«<sup>2</sup> In den Bergschlägen ist wirklich der »Erdbebendämon in flagranti« ertappt.

Starke Bergschläge äußern sich als Erschütterung mit Geräusch. Bei schwächeren Auslösungen der Spannungen fehlt das Beben, es bleibt nur der Brontido übrig. Die Brontidi sind im Wesen dasselbe wie die Erdbeben, nur ist die

<sup>1</sup> Teller, Denkschriften der math.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien, 82. Bd., p. 249.

<sup>2</sup> Rzehak, Zeitschr. für prakt. Geologie, 1907. p. 291.

Amplitude der Wellen zu gering, als daß sie vom Menschen noch als Vibrationen des Bodens erfaßt werden könnten.

Die Brontidi sind Vorboten einer Erschütterung oder gehören einer Bebenserie an oder sie können auch selbständige Erscheinungen sein. Im letztgenannten Falle können sie dasselbe in längerer Zeit bewirken, was ein Erdbeben mit einem Ruck leistet, nämlich die Spannung, die ohne sie zu einem Beben führen würde, auslösen.

Die Brontidi sind an habituelle Stoßgebiete gebunden, sie sind Spannungsauslösungen, von Natur aus Bergschläge mit Knall. Sie sind gebunden an Störungslinien, an denen für solche Erscheinungen Platz ist, wie für die Bergschläge im Tunnel.

Die großen Erdbeben sind nicht plötzlich eintretende Gleichgewichtsstörungen der Erdkruste, sondern sie werden meist von schwachen Vorbeben eingeleitet. Daher findet schon vor dem Eintritt einer größeren Erschütterung eine teilweise Auslösung der Spannungen statt. Gerade so sind die Nachbarbeben aufzufassen; sie stellen das Streben der Schollen der Erdkruste, eine neue Gleichgewichtslage zu erreichen, dar.

In einer ähnlichen Weise faßt Hobbs die Brontidi auf.<sup>1</sup> Nach ihm sind sie bedingt durch das Absetzen von Schollen, was Vibrationen der Randzone bedingt; daher sind sie an Störungslinien gebunden. Hobbs denkt dabei wohl auch an bradyseismische Vorgänge.

Wir sagen: Sowie zwischen Bergschlägen, d. h. Spannungsauslösungen und Erdbeben, so ist zwischen den beiden und den Brontidi nur ein gradueller Unterschied. Erdbeben sind ‚Bergschläge‘ größten Stiles, Brontidi sind Spannungslösungen, bei denen Wellen mit kleiner Amplitude und rascher Periode allein auftreten, während diese (d. s. die ripple-Wellen, p. 16) und die großen Wellen mit starker Amplitude bei makroseismischen Erscheinungen, also bei starken Spannungsauslösungen auftreten.

---

<sup>1</sup>The geotectonic and geodynamic aspects of Calabria and North-eastern Sicily. Gerland's Beiträge zur Geophysik, VIII, p. 352.

Die Erscheinung der Brontidi führt mich über zu einer Betrachtung der bei Erdbeben auftretenden Geräusche; diese sind meist langgezogene, dem Rollen des Donners ähnliche Schallerscheinungen, selten kurze, einer Minensprengung ähnliche Töne. R. Hoernes hat bereits betont, daß die Stärke des Bebens und jene des Schallphänomens nicht proportional sein brauchen.

Bei manchen Seismologen herrscht die Meinung, daß die Schallerscheinung immer vor der Erschütterung eintrete. So sagt F. E. Sueß,<sup>1</sup> daß das Voraneilen des Schalles ein Faktum sei, das nach den Beobachtungen aller früheren Beobachter außer Zweifel stehe. Von Milne, Knott, Davison, Johnston-Lavis, Dutton usw. wurde das Geräusch mit dem jeder Erschütterung vorangehenden Erzittern des Bodens (preliminary tremors) in Verbindung gebracht.<sup>2</sup> Auch Ch. Davison<sup>3</sup> sagt, daß die Erdbebengeräusche meist vor dem Stoß wahrgenommen werden, wofür es drei Erklärungsmöglichkeiten gibt: 1. Die Wellen des Geräusches können eine größere Geschwindigkeit haben als die Erdbebenwellen, 2. oder sie kommen nicht aus dem eigentlichen Herde, sondern von den Rändern des Herdes, und zwar mit der gleichen oder einer verschiedenen Geschwindigkeit wie jene. Die erste Ursache ist die fast allgemein angenommene. Davison aber kommt zum Schlusse, daß beträchtliche Verschiedenheiten in den Geschwindigkeiten nicht bestehen und daß die Wellen der Geräusche vom Rande des Herdes herkommen;<sup>4</sup> denn

<sup>1</sup> Erdbeben von Laibach. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1896, p. 526.

<sup>2</sup> Auf p. 526 bespricht F. E. Sueß die verschiedenen Erklärungen für das Voraufeilen der Wellen und sagt selbst, »daß zur Erklärung des Phänomens wohl die Voraussetzung genügt, daß die Schwingungen mit größerer Schwingungsdauer infolge der unvollkommenen Elastizität des Mediums eine größere Verzögerung durch Absorptionswiderstände erleiden als die mit geringerer Schwingungsdauer, so daß die letzteren an der Erdoberfläche früher eintreffen müssen als jene«.

<sup>3</sup> The relative velocities of earthquake waves and earthquake-sound waves. Gerland's Beiträge zur Geophysik, VIII. Bd., 1907, p. 1 bis 6.

<sup>4</sup> Das könnte sich nur auf die Entstehung der ripple-Wellen (p. 16) beziehen.

wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine ungleiche wäre, so müßte mit zunehmender Entfernung vom Hypozentrum die Zahl der Beobachter zunehmen, die das Geräusch vor dem Stoß wahrnahmen; das ist aber nicht der Fall. Auch müßte mit zunehmender Entfernung vom Hypozentrum das Zeitintervall des Geräusches vor dem Beben selbst größer werden; das ist, wie die Erdbebenchroniken der Alpenländer zeigen, nicht der Fall.

Knett<sup>1</sup> hat die Meinung ausgesprochen, daß es die Hauptwellen sind, welche Beben- und Schallerregung an der Oberfläche mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Diese Meinung ist unzweifelhaft insoweit richtig, als sie der Tatsache Rechnung trägt, daß es Beben gibt, bei denen Erschütterung und Geräusch zugleich gehört werden und weil durch die »preliminary tremors« nicht das Bebenegeräusch während der Erschütterung erklärt ist. Aber die langsamen Wellen, d. s. die Hauptwellen, können den Schall nicht hervorbringen, da ihre Periode zu groß ist.

Auch die Erklärung, die Hobbs<sup>2</sup> gibt, befriedigt nicht; er sagt: »Wo immer die Oberfläche eines Körpers auf der eines anderen gleitet, entstehen periodische Bewegungen als Folge der Reibung zwischen den Flächen. Solche Schwingungen sind um so stärker, je größer die Rauigkeit der in Betracht kommenden Oberfläche und je größer der Druck der einen auf die andere ist«. Dann sagt Hobbs: »Die sekundären Schwingungen auf einer Verwerfungsebene, die von der Reibung herrühren, sind wegen ihrer kurzen Schwingungsperiode imstande, einen tiefen Ton hervorzubringen«. Da müßten aber die Erdbebengeräusche nur in Gegenden mit Verwerfungen auftreten, sie sind aber regional, da die Erdbebengeräusche um das ganze Epizentrum in breitem Radius sich herumschlingen.

Was die Herleitung des Erdbebengeräusches vor dem Stoß von den schon erwähnten »preliminary tremors« betrifft, so erheben sich dagegen große Bedenken. Denn diese

<sup>1</sup> Mitteilungen der Erdbebenkommission der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, XX, p. 18.

<sup>2</sup> Erdbeben, p. 73.

»preliminary tremors«, d. s. die transversalen und longitudinalen Vorläufer können in der Nähe des Epizentrums nicht den vor den Stößen eintretenden Schall hervorrufen, da sie von den Hauptwellen überlagert werden. Nur in ganz seltenen Fällen, und zwar in großer Entfernung vom Epizentrum kommen sie vor den Hauptwellen an; in solchen großen Entfernungen wird aber äußerst selten noch ein Geräusch gehört.

Es sind aber Wellen bekannt, welche als Erreger des Erdbebengeräusches in Betracht kommen. Das sind die ripple-Wellen.<sup>1</sup> Solche Wellen sind sowohl den Vorläufern als auch den Hauptwellen überlagert.<sup>2</sup> Es sind sehr schnelle Wellen. Sie überlagern die langsameren Schwingungen. Während die langsamen Schwingungen mit großer Amplitude eine Periode von 0·53 bis 1·7 Sekunden haben, ist die Periode der ripple-Wellen 0·04 bis 0·12 Sekunden. Die schnellsten haben eine Periode von 0·02 Sekunden.<sup>3</sup>

Wellen von 0·02 Sekunden Periode geben 50 Schwingungen, solche von 0·04 Sekunden Periode geben 25 Schwingungen in der Sekunde, also bereits sehr wohl hörbare Töne. Herr Dr. Stücker hatte die Liebenswürdigkeit, die Tonhöhen zu bestimmen. Im ersten Falle gibt das einen Ton zwischen *g* und *as* der Kontraoktave, im zweiten Falle zwischen *g* und *as* der Subkontraoktave. Es sei bemerkt, daß der tiefste Ton eines normalen Klaviers (d. i. das *a* der Subkontraoktave) 27 Schwingungen macht.

Die ripple-Wellen sind der Erreger des Erdbebengeräusches; sie rufen das donnernde Rollen hervor. Sie setzen bereits vor dem eigentlichen Stoß ein und überlagern die Wellen des Stoßes, d. s. die langsamen Wellen. Sie dauern auch nachher noch fort. Daher hört man gewöhnlich bei einem Beben vorher das Donnern, das auch während der Bewegung anhält. Da die ripple-Wellen auch nach dem Stoß noch einige Augenblicke andauern und gleichzeitig mit

<sup>1</sup> Dairoku Kikuchi, Publications of the Earthquake Investigation Committee, Nr. 19, Tokyo 1904, p. 43.

<sup>2</sup> Dairoku Kikuchi, Fig. 24.

<sup>3</sup> Kikuchi, l. c., p. 47.



den weiterwandernden langsamen Wellen sich fortbewegen und die Luft in Schwingungen versetzen, so erklärt sich das in der Ferne vergröhlende Rollen des Erdbebendonners. Ich verweise nochmals auf die Fig. 24 bei Dairoku Kikuchi, und zwar auf die Seismogramme des Bebens vom 31. August 1896, 4<sup>h</sup> 42<sup>m</sup>.

Die dort dargestellte S—N-Komponente ist fünfmal vergrößert. Sie zeigt über 10 Sekunden von dem ersten starken Stoß feine ripple-Wellen. Den langperiodigen Hauptwellen, die eine große Amplitude haben, sind feine ripple-Wellen überlagert. Auf die erste Sekunde des Hauptstoßes kommen 20 ripple-Wellen; auf die zweite und dritte Sekunde der großen Wellen kommen weniger ripple-Wellen. Auf die vierte Sekunde fallen 30 feine Wellen, auf die fünfte Sekunde 25 ripple-Wellen. Dann sind die großen Wellen zu Ende, aber die ripple-Wellen dauern noch über sechs Sekunden an. Während der Hauptstöße ist die Amplitude der ripple-Wellen meist etwas größer als vorher und nachher. Die Veränderung der Wellenzahl während einer Sekunde könnte mit dem An- und Abswellen des Erdbebengeräusches in Zusammenhang gebracht werden, was ja das Erdbebengeräusch dem Donner so ähnlich macht.

Die von Dairoku Kikuchi in fünfmaliger Vergrößerung dargestellte W—O-Komponente zeigt auch etwa zehn Sekunden vor dem Eintritt der langperiodischen Wellen mit großer Amplitude eine ripple-Wellenbewegung; allerdings ist mitten in dieser feinen Wellenbewegung eine Lücke im Seismogramm. Von den starken Stößen ist nur der erste und vierte (letzte) von ripple-Wellen überlagert. Nach der letzten großen Welle dauert noch die ripple-Wellenbewegung durch fünf Sekunden an, dann folgen Schwingungen von größerer Periode und relativ großer Amplitude.

Die von Dairoku Kikuchi dargestellte Vertikalkomponente ist zehnmal vergrößert. Auch hier setzt die ripple-Wellenbewegung etwa zehn Sekunden vor den starken Stößen ein. Der ersten großen Schwingung sind sehr schnelle ripple-Wellen überlagert, von denen etwa 20 auf eine halbe

Sekunde kommen. Auch die anderen langperiodischen Schwingungen sind von ripple-Wellen überlagert. Die ripple-Wellenbewegung hält auch nach den großen Wellen an.

Die feine ripple-Wellenbewegung vor dem Eintritte der Stöße könnte vielleicht in Zusammenhang mit der häufig knapp vor dem Eintritt des Erdbebens beobachteten Unruhe der Tiere gebracht werden.

Zwischen den Brontidi und Erdbeben besteht kein genetischer Unterschied. Beide sind Auslösungen von Krustenspannungen. Nur in bezug auf die Beteiligung der Wellenarten ist eine Differenz vorhanden. Bei Erdbeben treffen an der Erdoberfläche Wellen mit großer Amplitude und langsamer Periode und diesen aufgelagerte ripple-Wellen ein, während bei den Brontidi nur die letzteren vorhanden sind, weil vielleicht die ersteren eine zu geringe Amplitude haben, um als Bodentbewegung verspürt zu werden. Daher gibt es auch alle Übergangsstadien zwischen Brontidi und Erdbeben.

---