

Der Einfluß von Erderschütterungen auf Quellen.

Von Professor Dr. Rudolf Hoernes.

Aus dem Geologischen Institut der Universität Graz.

Erderschütterungen werden bekanntlich durch verschiedene Ursachen herbeigeführt, man unterscheidet danach Einsturzbeben, vulkanische und tektonische Beben. Die erstgenannten sind von der geringsten Bedeutung, sie spielen nur in Höhlengebieten wie im Karst eine gewisse Rolle, sind aber auch da vergleichsweise selten und stets eine lokale Erscheinung. Sie können bei unserer Betrachtung füglich vernachlässigt werden, obwohl selbstverständlich bei Höhleneinstürzen nicht selten unterirdische Wasserläufe und demgemäß auch Quellen beeinflusst werden mögen. Es bleiben also die Wirkungen der vulkanischen und der tektonischen oder Dislokations-Beben zu besprechen.

Die vulkanischen Beben gleichen den Wirkungen zu tief gelegter Minen, sie machen sich in radialer Richtung von dem Herd eines tätigen oder anscheinend erloschenen Vulkans geltend, erreichen in dessen unmittelbarer Nähe oft gewaltige Intensität, erreichen dabei aber geringe Verbreitung. In ausgezeichneter Weise traten die Eigenschaften echt vulkanischer Beben auf Ischia bei den Erschütterungen auf, durch welche am 4. März 1881 der Badeort Casamicciola hart betroffen, am 28. Juli 1883 aber vollkommen zerstört wurde. Die Verheerungen erstreckten sich in beiden Fällen auf ein engbegrenztes Gebiet der kleinen Insel Ischia, deren gleichnamiger Hauptort selbst nicht wesentlich zu leiden hatte. Allerdings hat Professor Palmieri eben wegen dieser beschränkten Verbreitung die Erschütterungen, welche Casamicciola heimsuchten, auf den Einsturz von unterirdischen Tongruben zurückführen wollen, durch die seit langer Zeit der Boden unter Casamicciola unterminiert worden sei, in zweiter Linie dachte er, ebenso wie Lasaulx an Einsturz von Hohlräumen, die durch die heißen Quellen ausgewaschen worden wären. Die in ihren Ergebnissen übereinstimmenden Untersuchungen von G. Mercalli und H. J. Johnston-Lavis lehren jedoch, daß es sich um echt vulkanische Erschütterungen handelt, die von einer nördlichen Radialspalte des alten Vulkans der Insel Ischia, des anscheinend erloschenen Epomeo, ausgingen. Auf einer andern solchen, gegen Nordost gelegenen Radialspalte dieses Berges brach im Mittelalter, im Jahre 1302, nach vorangegangenen heftigen Erdbeben ein Strom von Sanidinlava hervor,

der bis zum Meere sich ergoß, in welchem dieser „Arso“ genannte Strom das Vorgebirge der Punta Molina bildete. Der Badeort Casamicciola dankt seine Entstehung dem Austritt von juvenilem Wasser auf derselben nördlichen Radialspalte des Epomeo, welche nachweislich der Herd der Erschütterungen von 1881 und 1883 gewesen ist, auf welcher Spalte aber auch vorher schon wiederholte Betätigungen seismischer Kraft vulkanischen Charakters durch schwächere Erschütterungen stattgefunden hatten. Bei dem zerstörenden Beben von 1883 bekundete das Zunehmen der Temperatur und der Dampfmenge der Fumarolen oberhalb Casamicciola deutlich die vulkanische Ursache der Erschütterungen. Zwischen dem Zutagetreten von juvenilem, warmen Wasser und heißen Dämpfen einerseits und der Förderung glutflüssigen Gesteins andererseits besteht kein Unterschied der Ursache nach und den Geologen würde es nicht befremden, wenn auch auf der Spalte von Casamicciola einmal ein Lavastrom aus der Flanke des Epomeo hervorbrechen würde. Hat doch Johnston Lavis wohl mit Recht in seiner Monographie der Beben von Ischia angenommen, daß bei den Erschütterungen von 1881 und 1883 die geschmolzene Lava in jener Spalte hoch emporgestiegen sei.

Erdbeben treten bei dem Wiedererwachen eines ruhenden oder anscheinend erloschenen Vulkans häufig auf. Ebenso wie dem Hervorbrechen des Arsostromes starke Beben auf Ischia vorangingen, zeigte sich dies vor der ersten großen Eruption des Vesuv vom Jahre 79, bei der Herkulanum und Pompeji den Untergang fanden. Schon 16 Jahre vorher hatte ein heftiges Erdbeben die Umgebung des Vesuv betroffen, dessen Spuren bei der Ausgrabung Pompejis in einzelnen, nach dem Beben noch nicht wiederhergestellten größeren Gebäuden erkannt werden konnten und dessen Gedächtnis auch in einem antiken Basrelief, welches den Einsturz eines Tempels am Forum bei jenem Beben in naiver Weise versinnlicht, der Nachwelt überliefert wurde. Jedem größeren Ausbruch des Vesuv pflegen Erschütterungen voranzugehen, welche den Berg selbst treffen, der — wie Poulet Scrope bei Schilderung eines vulkanischen Paroxysmus, wie er ihn bei dem Vesuvausbruch 1822 sah, sich ausdrückt: — „von inneren Wehen ergriffen scheint, die dem

Gebären eines Tieres zu vergleichen sind“. Diese Vorboten, die offenbar durch das Entbinden größerer Mengen durchdrückender Gase, vor allem Wasserdampf aus der empordringenden Lava veranlaßt werden, dauern längere oder kürzere Zeit und sind begleitet von der Störung oder dem gänzlichen Verschwinden von Quellen und dem Austrocknen von Brunnen, von Erscheinungen, welche die Lageveränderungen im Unterbau des Berges in natürlicher Weise herbeiführen müssen. Die Störung von Quellen wird auch bei verschiedenen Beben auf Ischia berichtet. So zumal von den Erschütterungen des Jahres 1880, bei welchen, nach Angaben des Syndikus von Forio, Coppola, Trinkwasserquellen wärmer und trüb wurden und die Temperatur der Mineralquellen stieg, obgleich ihre Ergiebigkeit abnahm. Auch für 1828 gibt Covelli eine zeitweilige Erhöhung der Temperatur der Quelle „Acqua della Rita“ an, die dem Epicentrum des damaligen Bebens nahe liegt. Für die Beben von 1881 und 1883 führt Johnston Lavis weitere Beispiele an, von welchen das interessanteste wohl die Veränderung einer Quelle in der Gegend von Vajola, östlich von Forio betrifft. Diese Quelle, welche vorher eine Fülle des besten Trinkwassers aufwies, verminderte ihre Ergiebigkeit 8—10 Tage vor dem 28. Juli 1883, sie wurde weniger frisch und trüb — „wie Wasser, in dem Maccaroni gekocht worden“ bemerkt der Berichterstatter Bonaventura Verde, — und entwickelte einen ausgesprochenen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Zehn Tage nach der Katastrophe vom 28. Juli verlor die Quelle wieder die schlechten Eigenschaften, ihr Wasser konnte wieder wie früher als vortreffliches Trinkwasser benutzt werden, aber 7—8 Tage später sank sie wieder zu dem schlechten Zustand herab, den sie am 28. Juli zeigte. Auch 1881 soll diese Quelle eine ähnliche zeitweilige Beeinflussung erfahren haben, die offenbar der Verbindung mit einer Fumrole zuzuschreiben ist, welche höhere Aktivität bekam und das Wasser der Quelle mit Schwefelwasserstoff sättigte.

Unweit von Ischia liegt auf dem Festland das an Gas- und Dampfemanationen, an Thermen und Mineralquellen überreiche Gebiet der phlegräischen Felder. Hier benutzten schon die Römer zahlreiche dieser Ausströmungen einer in großen Pausen tätigen aber keineswegs erloschenen Vulkanregion in ausgedehnter Weise. Der Krater der Solfatara bei Pozzuoli, dem alten Puteoli, soll noch 1198 einen Ausbruch gehabt haben, der freilich nicht zweifellos sichergestellt ist, im Jahre 1538 aber entstand an einer früher niedrigen und flachen Stelle durch vulkanische Aufschüttung der „Monte nuovo“. Über seine Bildung haben wir genaue Nachrichten zumal durch die Augenzeugen Simone Porzio und Marcantonio delli Falconi. Nach vorangegangenen heftigen Erdbeben, die sich am 27. und 28. September ohne Unterlaß folgten, trat das Meer auf einer Uferstrecke, „La Starza“ genannt, die

etwa 200 Schritte Breite erreicht und bis Pozzuoli sich hinzieht, zurück, warme und kalte Quellen wurden sichtbar, die Erde brach auf und große Mengen von Asche und Steinen wurden ausgeworfen, durch die im Laufe weniger Tage ein „neuer Berg“ aufgeschüttet wurde. Bei den Erschütterungen, welche der Eruption vorangingen und die Trockenlegung der Starza bewirkten, wurde auch der Serapistempel von Pozzuoli, der durch lange Zeit, wie die Lithodomenbohrungen an den drei noch heute aufrecht stehenden Säulen bekunden, tief unter dem Meeresspiegel lag, wieder emporgerückt, doch nicht zur gleichen Höhe, in der er errichtet worden war, denn die Säulenbasen stehen noch im Wasser. —

E. S u e s s hat im zweiten Bande seines Werkes „Das Antlitz der Erde“ dem Serapistempel bei Pozzuoli eine eingehende Erörterung gewidmet, in der er betont, daß alle phlegräischen Krater einer einzigen großen flachkegelförmigen Bergmasse angehören und jedenfalls ein gemeinsamer Herd derselben in der Tiefe vorauszusetzen ist. Der Serapistempel, dessen Senkung und Wiederaufwärtsbewegung ein so vielfach erörtertes Problem darbietet, liegt nun in diesem Gebiet inmitten derjenigen Stellen, welche die letzten echt vulkanischen Betätigungen aufweisen: seine Distanz vom Krater der Solfatara beträgt 1500, von jenem des Monte nuovo 2800 Meter. Die wiederholten Niveauveränderungen, welche ihre vielfach — auch von G o e t h e — in anderer Weise gedeuteten Spuren in den Lithodomenbohrungen der Säulenschäfte des Tempels zurückgelassen haben, sind auch durch analoge Erscheinungen an dem alten, als „Brücke des Caligula“ bezeichneten Hafenbau bei Pozzuoli beglaubigt. Sie können nicht, wie dies in manchen geologischen Lehrbüchern geschehen ist, als Beweis allgemeiner säkularer Schwankungen des Festlandes betrachtet werden, sondern nur als vollkommen lokale durch vulkanische Vorgänge bedingte Erscheinungen, jenen vergleichbar, wie sie am Vesuv bei einer Eruption im Dezember 1861 beobachtet wurden, und wie sie mit dem Empordringen und Dunsen heißer Lava und dem Erkalten und Zusammenziehen derselben zusammenhängen mögen. „Es sind Veränderungen auf der Oberfläche einer verschlackten Esse,“ — sagt E. S u e s s — „und weder das frische Grün der Hügel und Auen, noch der laute Verkehr der lebensvollen Bewohner, noch die geschichtlichen Erinnerungen lassen uns vergessen, daß Horazens lachender Erdenwinkel, das misenische Vorgebirge hineinblickt in die Tiefen eines absterbenden, doch noch nicht völlig abgestorbenen Vulkans.“

Das Gebiet von Pozzuoli bis Bajä ist überreich an warmen Quellen, die schon von den Römern benutzt wurden, die an vielen Orten Grotten in die Tuffelsen gruben und als Schwitzbäder einrichteten. Aber auch aus dem Meer brachen in der Nähe von Pozzuoli — dem alten Dikaearcha — wie P a u s a n i a s erzählt — heiße Quellen hervor und man schuf durch Dämme eine Insel, um Bäder zu ge-

winnen. Eine warme Quelle, die „Cantarelle“, tritt hinter dem Tempel des Serapis zutage, sie strömte durch das Gebäude und wurde in demselben zu Bädern benützt. Im Mittelalter stand der zur Ruine gewordene Tempel unter Wasser und ein in den Jahren 1212—1220 von Petrus de Ebulo verfaßtes und dem Kaiser Friedrich II. gewidmetes Lobgedicht auf die Bäder von Puteoli bezeugt in einer auf die Cantarelle bezüglichen Strophe, daß eine Mauer aufgerichtet worden war, um die Quelle vor der Brandung des Meeres zu schützen. Bei dem Ausbruch des Monte nuovo 1538, vor welchem unter heftigen Erderschütterungen der Uferstreifen La Starza und das Serapaeum gehoben worden waren, wurde die Cantarelle gänzlich verschüttet und erst im Jahre 1738 traf man sie durch Zufall bei einem Baue tief unter der Oberfläche wieder. S u e s s betont, daß heute wie vor zwei Jahrtausenden die Quelle hinter der Cella des Tempels vorhanden ist, daß sie floß, als der Strand tief lag und die Römer die Tempel bauten, ebenso als im Mittelalter der Strand hoch lag und man sie durch eine Mauer vor der Brandung schützen mußte, daß sie 1538 verschüttet und 1738 wieder aufgefunden wurde. Solche Stetigkeit sei schwer anders denkbar als in einem stetigen Boden und doch sei es gewiß, daß in enger örtlicher Umgrenzung das Land sich zuerst langsam gesenkt und dann plötzlich erhoben habe und jetzt vielleicht wieder sinke. N i c c o l i n i aber, der stets an der Behauptung festgehalten hatte, daß das Land unverändert geblieben sei und das Meer seinen Stand geändert hätte, macht für seine Auffassung vor allem die Tatsache geltend, daß zahlreiche Thermen und zwar nicht nur jene am Serapis-Tempel, sondern auch jene an den Bädern des Nero und andere seit der Zeit der Römer bis zum heutigen Tag vorhanden seien. Bei Gaeta fließe heute noch eine kalte Quelle aus einer Öffnung von griechischer Arbeit, jede Auftreibung des Bodens müßte diese Quellen vernichtet haben. Dieser Schluß ist indessen, wie gerade das Beispiel der Quelle Cantarelle hinter dem Serapistempel bekundet, für die phlegräischen Felder zum mindesten nicht stichhaltig. Hier sind tatsächlich Dislokationen des Bodens erfolgt, ohne daß die Quelle vernichtet worden wäre.

Die mit größeren und kleineren Lageveränderungen im Aufbau der Erdrinde verknüpften Erderschütterungen, für welche ich die jetzt allgemein üblich gewordene Bezeichnung: „t e k t o n i s c h e B e b e n“ vorgeschlagen habe, übertreffen die vulkanischen Erschütterungen bei weitem an Häufigkeit, Verbreitung und zerstörenden Wirkungen. Es ist daher auch von vornherein klar, daß sie häufiger Einfluß auf Quellen nehmen werden und ihn auch in ungleich größerer Ausdehnung äußern werden. Man kann hier füglich unterscheiden zwischen der Beeinflussung der Quellen in jener Region, in welcher die Erschütterung die größten Wirkungen ausübte: im „pleistoseisten“ Gebiet und den Fern-

wirkungen gewaltiger Beben, die sich wie jenes von Lissabon vom 1. November 1755, das die 2240 Kilometer entfernten Quellen von Teplitz beeinflusste, weithin geltend machen.

Selbst schwächere tektonische Beben verursachen im pleistoseisten Gebiet sehr häufig starke Störungen, Trübungen, Verminderung der Ergiebigkeit, ja selbst das Ausbleiben von Quellen. Daß katastrophale Erschütterungen, wie diejenigen, welche 1783 Calabrien verheerten, das große zentral-japanische Beben von 1891, das gewaltige indische Beben von 1897 und viele andere, bei welchen große Veränderungen an der Erdoberfläche herbeigeführt, Bergstürze veranlaßt, Flußläufe verlegt und Seen gestaut wurden, auch die Quellen nicht unberührt ließen, ist wohl selbstverständlich. Es sind hier aber mehrfache Erscheinungen zu unterscheiden. Starke Erdbeben üben stets eine große Wirkung auf die von Grundwasser erfüllten Alluvionen aus, häufig öffnen sich Spalten, aus denen oft mit großer Heftigkeit Schlamm und Wasser austritt, während die Umgebung sinkt. So geschah es an der unteren Donau bei dem wallachischen Erdbeben vom 11. Januar 1838, bei welchem das Alluvial-Land von der Dimbovitza bis über den Scereth-Fluß hinaus von zahlreichen Spalten durchschnitten wurde, aus welchen das Wasser an vielen Stellen klafferhoch emporsprudelte. Die gleiche Erscheinung zeigte sich an den Ufern des Mississippi in der Nähe der Stadt Neu-Madrid bei dem Beben vom 26. Januar 1812. Nach dem Berichte des Augenzeugen B r i n g i e r wurden allerorts Wassermassen mit lauten Detonationen in die Höhe getrieben, sie brachten eine ungeheure Menge verkohlten Holzes mit sich, das meist in Staub verwandelt war, der 10—15 Fuß hoch emporgeschleudert wurde. Dabei sank die Oberfläche und eine schwarze Flüssigkeit erhob sich bis zum Unterleib des Pferdes. Übereinstimmende Vorgänge wurden am 12. Januar 1862 in der von einem heftigen Erdbeben betroffenen südlichen Umgebung des Baikalsees, zumal im Delta des in diesen See mündenden Flusses Selenga beobachtet. Die Steppe östlich von Selenga, auf welcher sich eine Burjäten-Niederlassung befand, senkte sich auf eine Länge von etwa 21 Kilometer und eine Breite von 9,5—15 Kilometer; Wässer brachen allenthalben hervor, wurden auch aus den Brunnen hervorgestoßen, endlich trat das Wasser des Baikals in die große Senkung und füllte sie ganz mit Wasser an. Springquellen entstanden an vielen Orten, so zwischen dem Dorfe Dubinin und der Steppe Sagansk. In der Ortschaft Kudara wurden die Holzdeckel der Brunnen wie Stöpsel aus Flaschen in die Höhe geschleudert und es erhoben sich Quellen von lauem Wasser stellenweise bis zur Höhe von drei Saschenen (d. i. 6,4 Meter). — Am 10. Januar 1869 erfolgte ein heftiges Erdbeben in Indien, welches in den Alluvionen östlich vom Brahmaputra große Veränderungen veranlaßte. Auf viele Quadratmeilen hin liegen hier 30—40 Fuß von härterem Ton nach

O l d h a m s Bericht auf einer mit Wasser gesättigten Lage von bläulichem Silt. Meilenweit sah man die obere Lage des Schwemmland auf der wasserreichen Unterlage gegen die Flüsse abgleiten. Dabei bildeten sich klaffende Sprünge, durch die der Silt heraufdrang, zuerst kam mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses trockener Staub, so daß man wohl meinen konnte, es schieße Rauch empor, aber sofort folgte der zähe Schlamm, welcher oft eine Lippe um die Öffnung bildete und wohl auch abfloß. Als die Erschütterung vorübergegangen war, sah man den Alluvialboden von großen Sprüngen durchzogen, welche an vielen Orten durch Senkung einer Seite des durchschnittenen Landes zu wahren Verwerfungsklüften wurden und dann an der Oberfläche nur als niedrige Abstürze erschienen, und zwischen oder auf diesen Sprüngen standen runde oder elliptische kraterähnliche Öffnungen, oft umgeben von einem Walle von Schlamm oder Sand. Bei vielen der größeren Öffnungen war jedoch nach dem Hervorbrechen Sand und Schlamm wieder in die Öffnung zurückgeströmt und hatte dabei die Kante der Öffnung mit hinabgerissen, so daß nur eine unregelmäßige, trichterförmige Tiefe zurückblieb. — In ausführlicher Weise schilderte Julius Schmidt nach eigenen Beobachtungen das bei dem heftigen Beben, welches am 26. Dezember 1861 die Ufer des korinthischen Meerbusens erschütterte, erfolgte Absinken eines Uferstreifens, die Bildung zahlreicher Spalten und das Hervortreten von Sand, Schlamm, Wasser und Gasen aus denselben, wodurch viele kleine Sandkegel gebildet wurden. In geringem Umfang trat dieselbe Erscheinung bei dem Erdbeben von Agram vom 9. November 1880 ein. Damals berichteten die Zeitungen von einer großen Spalte, die sich eine halbe Meile lang hinziehe und von „Schlammvulkanen“, die bei Reznik entstanden seien. Diese sehr übertriebenen Nachrichten bezogen sich, wie aus den Darlegungen von G. P e x i d r und F. W ä h n e r hervorgeht, lediglich auf den Austritt von Schlamm und Grundwasser aus den erschütterten Alluvionen der Save. In sehr großem Maßstabe zeigten sich verwandte Erscheinungen bei den gewaltigen Erschütterungen, welche 1783 Kalabrien verheerten. Damals wurde in den Alluvialebenen eine ungeheure Anzahl von Sandkegeln aufgeschüttet, was H a m i l t o n dadurch erklärte, daß der zuerst gehobene Boden bei seinem Zurücksinken das Wasser stoßweise aus Spalten in die Höhe geworfen hätte. In der Pianura di Rossarno entstanden gegen fünfzig kreisförmige Vertiefungen, meist von Wagenradgröße, aber oft etwas kleiner oder größer. Wenn sie bis auf 1—2 Fuß unter der Terrainoberfläche von Wasser erfüllt waren, so hatten sie das Aussehen von Quellen, gewöhnlich aber waren sie nur mit Sand erfüllt, der oft eine konkave, zuweilen aber auch eine konvexe Oberfläche zeigte. Wenn man in letzterem Falle niedergrub, fand man die Vertiefung trichterförmig und der feinste lose Sand in ihrer Mitte be-

zeichnete die Röhre, aus welcher das Wasser gekommen war. Der Rand dieser kleinen, einem umgekehrten Kegel gleichenden Vertiefungen war von vielen, sternförmig ausstrahlenden Spalten zerrissen. Auch bei dem großen indischen Beben vom Jahre 1897 wurden übereinstimmende Erscheinungen beobachtet. Im allergrößten Maßstab aber ereignete sich das Hervorbrechen von Wasser aus sinkendem Alluvialland bei dem Beben von 1819, welches den „Ullah-bund“ oder „Gottesdamm“ entstehen ließ, der den Namen Damm deshalb nicht verdient, weil er lediglich eine Abstufung des stehengebliebenen Teiles der Alluvionen gegenüber dem abgesunkenen Gebiet derselben darstellt. A l e x. B u r n e s berichtet, daß sich damals im Ran of Kachh zahlreiche Spalten bildeten, aus welchen durch drei Tage ungeheure Massen von schwarzem, schlammigem Wasser hervortraten und aus den Brunnen des an den Ran grenzenden Landstriches Bunni Wasser hervorsprudelte, bis ringsum das Land bis zu 6 ja selbst 10 Fuß hoch überflutet war.

Diese Wirkungen heftiger Erderschütterungen auf die von Grundwasser erfüllten Alluvionen bedürfen wohl keiner weiteren Erörterung. Anderer Art sind die Beeinflussungen von Quellen, welche ihren Ursprung in tieferen Teilen der Erdrinde aus festem Gestein nehmen. Hier handelt es sich vor allem um die Thermen und Mineralquellen, die in ihrer Ergiebigkeit bald gesteigert, bald gemindert, in dem Grade ihrer Temperatur bald erhöht, bald erniedrigt werden. Auch die Störung durch zeitweiliges Ausbleiben, ferner Verlegung des Austrittsortes und endlich auch das Zutagetreten ganz neuer Quellen sind durch zahlreiche Beispiele beglaubigt. Schon N a u m a n n führt in seinem Lehrbuch der Geognosie für diese verschiedenartige Wirkung der Erdbeben mannigfache Belege an: „Während der Erdbeben in den Pyrenäen im Juni 1660 erkalteten die warmen Quellen von Bagnères plötzlich dermaßen, daß die gerade in den Bädern befindlichen Kurgäste genötigt waren, sie zu verlassen. Dagegen wurden nach G r i m a l d i bei dem Erdbeben von Kalabrien die Thermen von S. Eufemia, und nach C o v e l l i bei dem Erdbeben vom 2. Februar 1828 die heißen Quellen auf der Insel Ischia in ihrer Temperatur gesteigert. Zur Zeit des großen Erdbebens von Lissabon wurden mehrere Quellen in der Provence getrübt und in ihrem Abflusse gestört, die heißen Quellen von Teplitz erlitten gleichfalls eine plötzliche Trübung, versiegten nachher auf kurze Zeit gänzlich, brachen aber dann, durch Eisenoxyd gerötet, mit so ungewöhnlicher Heftigkeit und Fülle hervor, daß alle Badebassins überliefen und selbst ein Teil der Vorstadt überschwenmt wurde; auch in Bristol färbten sich die warmen Quellen rot und blieben auf längere Zeit unbrauchbar. Durch das große Erdbeben Armeniens im Jahre 1840 wurde der Lauf der Quelle des heiligen Jakob auf dem Ararat verändert, so daß sie seit jener Katastrophe an einer andern Stelle ausfließt, die

vorher klare Quelle bei Arguré trübte sich und erhielt einen Geschmack nach Schwefelwasserstoff und gegen 30 Quellen im Bezirke von Nachitschewan versiegten auf einige Zeit gänzlich. Während der Erdbeben von Böhmen vom 7. bis 10. Januar 1824 verstärkten sich nach Hallaschka die Wasser vieler Quellen und Brunnen, wogegen sie in Algerien vor dem Erdbeben im März 1825 versiegten.“ Diese Beispiele beziehen sich auf sehr verschiedenartige Erscheinungen und Ursachen, von welchen zumal die Fernwirkungen des Bebens von Lissabon, wie wir später sehen werden, ganz anderer Natur sind, als die unmittelbaren Beeinflussungen, wie sie z. B. in der Steigerung der Temperatur durch erhöhte Fumarolen-Tätigkeit bei den vulkanischen Vorgängen auf der Insel Ischia klar hervortraten. Die Verringerung der Temperatur und der Ergiebigkeit mancher Thermen bei tektonischen Beben mag darin liegen, daß dem juvenilen Wasser durch die Erschütterungen zeitweilig oder für immer neue Wege geöffnet werden. Das dürfte z. B. bei der Beeinflussung der Thermen von Sutinsko durch das Agramer Beben vom 9. November 1880 der Fall gewesen sein. F. Wä h n e r berichtet darüber: Die Hauptquelle hat gewöhnlich eine Temperatur von 29,9° R. Zwei Stunden nach der Erschütterung vom 9. November wurde das Bad benutzt und es fiel sogleich ein Mangel an Dämpfen auf, die Temperatur aber war auf 27° gesunken. Diese kühlere Temperatur hielt durch fünf Tage an, am sechsten war dieselbe schon etwas höher. Aber die Dampfentwicklung soll an dem Tage meines Besuches (24. November) noch nicht in der früheren Stärke wiederhergestellt gewesen sein. Die Temperatur der zweiten kühleren Quelle war von 24° auf 18° gesunken. In Krapina Töplitz bewirkte das Beben vom 8. November nicht die geringste Veränderung in der Temperatur, weder sogleich noch später. Das Wasser wurde jedoch getrübt und die Ergiebigkeit der Quellen für kurze Zeit erhöht, zu Mittag waren jedoch beide Erscheinungen vorüber und die Quellen flossen wieder vollkommen rein und in der früheren Menge.

Eine starke Beeinflussung der Temperatur warmer Quellen wird dem heftigen Erdbeben zugeschrieben, welches am 22. April 1783 in Komorn und Budapest großen Schaden anrichtete. L. H. K i t t c l e s berichtet darüber in seinem Versuch einer Geschichte der Erdbeben und Sudetenländer. (Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1860) nach den Wiener Ephemeriden: In Ofen sollen die neuen Bäder „in civitate Rascianorum“ von dieser Zeit an viel wärmer und wasserreicher geworden sein. In Vihnye (Eisenbad) bei Schemnitz wurden die Quellen nach dem Erdbeben bedeutend wärmer als sie früher waren „ut id omnes balneatores testantur“. Ebenderselbe Autor berichtet nach A n t o n d e S z i r m a y: Notitia topographica-politica inlyti Com. Zempleniensis, Budae 1803, daß ein Erdbeben im Jahre 1713 in der Hegyallya (dem Tokaier Weingebirge), Veranlassung zur Entstehung der Schwefelquellen von Bekecs

im Zempliner Comitatus gegeben habe. In der angezogenen Quelle heißt es „Collibus oppidi Megyaszo Terrae motu subsidentibus sulphurei fontes magna abundantia hic eruernut, qui nunc toti vicinia salubria balnea praebent“.

Ganz neue Thermen sind nach Philippsen infolge des lokrischen Bebens von 1894 beim Badeort Aidipso auf Euböa entstanden. — Über ein in mannigfacher Beziehung interessantes Beispiel der Bildung einer neuen Quelle auf der auch als Erdbebenlinie bemerkenswerten Thermallinie von Wien berichtet E d u a r d S u e s s in seiner Monographie der Erdbeben Niederösterreichs in den Denkschriften der Wiener Akademie 1875 nach Keiblinger: Am 23. April 1626, nachmittags ungefähr zwischen 3 und 4 Uhr, entsprang in einer Vertiefung auf einem Krautacker bei Leobersdorf eine Quelle. Die Besitzer vernahmen während ihrer Arbeit einige Tage vorher ein lautes Getöse unter der Erde. Am Tage des Ursprunges vermehrte sich dasselbe, die Erde bebte, es erhob sich ein Sturmwind, während dessen eine klafferhohe, armdicke Wassersäule auf dem erwähnten Acker hervorbrach, die sich aber sogleich senkte und ein rundes Becken formte. Diese Quelle, welche ganz auf der Linie der Thermen steht, ist heute noch mitten in den Feldern, von einer Kapelle überdeckt, sichtbar und heißt beim Volke der „heil-same Brunnen.“ Bezüglich des innigen Zusammenhanges seismischer Betätigung und der den Westrand der inneralpinen Niederung von Wien begleitenden Thermallinie muß auf die Darlegungen von E. S u e s s verwiesen werden. Hier mag nur erwähnt sein, daß der Hauptstoß des großen Bebens vom 27. Februar 1768 bei den Thermen von Brunn stattfand, wo die Thermenlinie von einer zweiten niederösterreichischen Bebenlinie, der Kamplinie gekreuzt wird, daß etwas weiter nördlich in der Richtung der Thermenlinie, zu Leobersdorf schon zwei Tage vorher ein unterirdisches Geräusch vernommen wurde und bei dem Beben von 1768 eine Vermehrung der Quellen von Enzesfeld und Baden stattfand. J. K n e t t hat 1901 in den Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt die nördliche Fortsetzung der Thermenlinie von Wien erörtert und gezeigt, daß auch die Thermenlinie am östlichen Rand der einen Einbruch darstellenden Niederung von Wien, auf welcher die warmen Quellen am Westfuß des Leithagebirges bei ungarisch Brodersdorf und Mannersdorf sowie die schon den Römern bekannte Therme von Deutsch-Altenburg auftreten, auch nördlich der Donau verfolgt werden kann. K n e t t faßt die häufigen, mit höherer oder niedrigerer Temperatur zu Tage tretenden Schwefelquellen des ganzen Gebietes als Solfataren auf und befindet sich diesbezüglich in Übereinstimmung mit E. S u e s s, welcher seinerzeit allerdings im Wasserversorgungsberichte der Stadt Wien den Schwefelgehalt der Thermen von Baden in anderer Weise zu erklären suchte, ausgehend von dem Umstande, daß auf der Thermenlinie sehr reine Quellen, wie jene von Vöslau

nahe bei solchen stehen, die einen hohen Gehalt von Schwefelverbindungen, zumal Gips und Schwefelwasserstoff aufweisen. S u e s s nahm deshalb an, daß der Schwefelgehalt der Badener Thermen einem Gipslager der Triasformation entstamme, später änderte er seine Meinung zugunsten der Solfatorenatur, vor allem gestützt auf das Vorkommen von gediegenem Schwefel in Hohlräumen des Leithakalkes zu Sommerein und im Kaisersteinbruch am Leithagebirge und sprach sich dahin aus, daß die Solfatorenerscheinung am Rande der inneralpinen Niederung von Wien früher eine ausgebreitetere war und daß die Thermen von Baden heute noch einen letzten Rest derselben darstellen etwa so wie die Säuerlinge als Spuren der Mofettenbildung anzusehen sind. (Schreiben von E. S u e s s an F. K a r r e r, abgedruckt in dessen Geologie der Kaiser-Franz-Josef Hochquellenwasserleitung 1877.)

Ein Gebiet, in welchem Thermen- und Erdbebenlinien auf das innigste verknüpft sind stellt Makedonien dar. Alle Geographen und Geologen, welche sich mit den physikalischen Verhältnissen dieses seit alten Zeiten durch Erdbeben und politische Wirrnisse in gleicher Weise heimgesuchten Landes beschäftigten, zumal aber J. G i j i ć und K. O e s t r e i c h weisen auf das überaus häufige Auftreten warmer Quellen an den großen Bruchlinien hin, welche das Land durchziehen. Eingehend hat J. G i j i ć in seiner 1901 in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie veröffentlichten Abhandlung über die tektonischen Vorgänge in der Rhodopemasse auf den innigen Zusammenhang zwischen den Gräben und Bruchzonen Makedoniens und den häufigen Erdbeben hingewiesen, welche offenbar mit dem allmählichen Zurtiefgehen ausgedehnter Senkungsgebiete zusammenhängen. An den Verwerfungen, welche dieselben umgrenzen, sind zahlreiche Thermen vorhanden, welche, wie G i j i ć hervorhebt, in der Rhodopemasse häufiger auftreten als in den jungen Faltsystemen und zugleich unter allen Thermen der Balkanhalbinsel den höchsten Wärmegrad erreichen. Ich selbst hatte wiederholt Gelegenheit, bei der Untersuchung makedonischer Erdbeben das Zusammenfallen der Schütterlinien mit Thermallinien zu beobachten und auch mehr oder minder weitgehende Veränderungen an den Thermen kennen zu lernen, welche durch die Erdbeben veranlaßt wurden. Bei dem Beben von Saloniki vom 5. Juli 1902 wurden sowohl kalte als warme Quellen vielfach beeinflußt, ganz abgesehen von dem, wie oben besprochen fast bei jedem stärkeren Erdbeben veranlaßten Austreten des Grundwassers aus den Alluvionen, welches diesmal bei Güvesne und Arakli im pleistocänen Gebiet eintrat. Die Thermen von Banjsko bei Strumica und Negorce bei Gjegelj erfuhren Erhöhung der Temperatur und der Wassermenge. Bei der Therme von Langaza (Ilidze-Lutra) zwei Tage nach dem Erdbeben eingetretene Veränderungen, welche in der Bildung von Vertiefungen

im Badebassin bestanden und von O. H u s s e r l in der Laibacher Erdbebenwarte eingehend geschildert worden, dürften m. E. insofern mit dem Beben zusammenhängen, als durch das Zusammenschütteln der Alluvionen Anregung zu dem Nachfallen des Bodens in schon vorher durch die Quelle ausgespülte Hohlräume gegeben worden sein mag. Die Temperatur der Quelle war vor und unmittelbar nach dem Beben gleich, Prof. J a n k o v i ć hatte sie mit 40 ° C. gemessen. Bei meinem Besuch 14 Tage später hatte die Temperatur um 1 ° zugenommen. Unmittelbar neben dem Badebassin sah ich einen Austritt von Thermalwasser, der vor dem Beben nicht bestanden haben soll. Es war zweifelhaft, ob hier ein Seitenausbruch der Therme oder nur ein Ausfluß aus dem undicht gewordenen Bassin vorlag, hingegen entstand auch in einer Entfernung von etwa 200 m östlich vom Badebassin an demselben Tage, an welchem sich die Vertiefungen im Bassin bildeten, eine neue Quelle, deren Temperatur 30 ° betrug. Hier mag es sich um einen neu entstandenen seitlichen Ausfluß handeln, der infolge zusitzenden Grundwassers eine etwas geringere Temperatur besitzt als die Hauptquelle.

Ungleich größere Einwirkungen auf Quellen konnte ich zwei Jahre später, bei dem gewaltigen Beben vom 4. April 1904 feststellen. Wie ich in den Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Wiener Akademie, Neue Folge Nr. 14 darlegte, ging dieses Beben von einer den Perim-Dagh von dem Males-Gebirge scheidenden, durch zahlreiche Thermen gekennzeichneten Bruchlinie aus, sein eigentlicher Herd ist in dem von der Struma durchflossenen Kresna-Defilé zu suchen, in welchem zahlreiche Bergstürze von der Wirksamkeit der seismischen Kraft zeugten. Überaus zahlreich sind die Fälle, in welchen Quellen von dem Erdbeben des 4. April 1904 beeinflußt wurden. Fast von allen makedonischen Thermen wird angegeben, daß bei dem Beben ihr Wasserreichtum zugenommen habe, zumeist wird auch behauptet, daß dieser gesteigerte Wasserzufluß andauere, nur in einigen Fällen wurde angegeben, daß er nach ein paar Tagen wieder zur gewöhnlichen Leistung der Quelle herabgesunken sei. An einigen Orten entstanden auch neue Thermalauflüsse, so zu Simitli nördlich vom Kresna-Defilé. Hier trat schon vor dem Erdbeben Thermalwasser an mehreren Stellen hervor, sowohl am nordöstlichen, wie an dem südöstlichen Ende des Ortes, der hart an den Ufern der Struma, aber auf einer 6—8 m hohen Terrasse steht. Die warmen Quellen traten am Abfall dieser Terrasse zutage, am südwestlichen Ende des Ortes befand sich auch ein Warmbad, das durch das Erdbeben zur Ruine wurde. In beiden Regionen entstanden bei dem Beben neue Austritte von Thermalwasser, in geringerem Ausmaß an der Nordostseite, in ausgedehnterem aber und von heißerem Wasser an der Südwestseite. Hier bildeten sich in ziemlicher Entfernung von den schon früher vorhandenen Thermalaustritten, etwa 500 Schritt

von der Struma in den Tabakfeldern jenseits der Straße neue, reichlich fließende Quellen. Ich maß am 24. April an einigen der neuen Austrittsstellen die Temperatur und fand bis 58°C . Eine der reichsten dieser Quellen von etwas niedrigerer Temperatur (51°C .) bildete einen förmlichen Bach von Thermalwasser, das infolge der kühlen feuchten Luft in seinem gewundenen Lauf durch das Ackerland durch reichliche Dampfentwicklung bezeichnet wurde. Nach Aussage der Bewohner Simitlis blieb an jener Stelle schon früher zur Winterszeit der Schnee nicht liegen. Aber auch in größerer Entfernung vom Herde des Bebens wurden die Quellen stark beeinflusst. Die Thermen von Negorce bei Gjegelj, welche wie oben erwähnt, auch bei dem Beben vom 5. Juli 1902 stark beeinflusst worden waren, wurden auch diesmal betroffen, es entstanden mehrere neue Ausbrüche von $42\text{--}43^{\circ}\text{C}$. warmen Wassers in den Äckern nächst dem der Gemeinde Negorce gehörigen unteren Bade an Stellen, an welchen ich noch am 15. April 1904 Thermalwasser, wenn auch in geringerer Menge austreten sah — am 4. April aber wurde solches mit großer Gewalt, vermischt mit grauem Schlamm und Sand aus dem Untergrund herausgeworfen. In noch größerer Entfernung, in Kaplan bei Üsküb wurde an einer Nebenquelle gleichfalls eine Änderung herbeigeführt. Die dort in geringer Höhe über der Talsohle austretende, die größeren Badebassins versorgende Hauptquelle ist vollkommen unverändert geblieben, sie soll weder in ihrer Ergiebigkeit noch in ihrer Temperatur die geringste Beeinflussung erlitten haben. Hingegen ist eine weitere, etwa 8 m Höhe aus dem von den Quellen gebildeten Travertinhügel entspringende Quelle, welche die Separatbäder versorgte, ausgeblieben, dafür aber eine neue, etwa 300 Schritt in Nordost-Richtung entfernt in noch etwas größerer Höhe zum Ausbruch gekommen. Ich sah dort aus einer neu entstandenen etwa 1—2 cm starken Spalte im Sinter Thermalwasser von 42°C . austreten, welches schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff aufwies und ebenso rasch inkrustiert wie die alten Quellen von Kaplan. Selbst in Serbien zeigte das Beben vom 4. April 1904 noch starken Einfluß auf die Quellen. Bei Vranska-Banja, wo die 86°C . warme Hauptquelle ganz unbeeinflusst blieb, entstand eine neue, bei meinem Besuch Anfang Juni allerdings nur mehr 19°C . aufweisende und schwachsalzige Quelle, die aber kurz nach dem Beben höhere Temperatur und stärkeren Salzgehalt besessen haben soll. Auch kalte Quellen vermehrten infolge des Bebens an vielen Stellen ihre Wasserlieferung oder entstanden neu, während andere Quellen dafür versiegten. Die Alluvionen der Niederungen erlitten im pleistoseisten Gebiet zahlreiche Sprünge, oft von bedeutender Breite und Länge. Häufig trat Wasser und Schlamm aus oder wurden mit großer Gewalt hervorgeschiedert, so zu Karasu-Ciftlik bei Dzumma-i-Bala, wo sich derartige Wassersäulen

5—6 m hoch erhoben. Die größten Dimensionen hat dieses Phänomen des Zerreißen der Alluvionen und des Hervorbrechens von Schlamm und Wasser augenscheinlich im Strumatal zwischen Krupnik und Simitli erreicht, aber an unzähligen Stellen traten ähnliche Erscheinungen selbst in etwas größerer Entfernung auf.

Sind die bis nun besprochenen Beeinflussungen der Quellen durch Erdbeben leicht verständlich und erklärlich, da in den meisten besprochenen Fällen eine Änderung des Quelllaufes bewirkt worden sein mag, so bedarf die Störung der Quellen durch sehr weit entfernte Erschütterungen, wie sie z. B. bei dem Beben von Lissabon sicher nachgewiesen werden, der näheren Erörterung. J. K n e t t hat in einer 1898 in den Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Wiener Akademie veröffentlichten Abhandlung über das Verhalten der Karlsbader Thermen während der vogtländisch-westböhmisches Erdbeben im Oktober-November 1897 dargelegt, daß nicht bloß durch dieses Beben die Karlsbader Thermen vollkommen unbeeinflusst geblieben sind, sondern dies auch bei früheren Beben der Fall war. K n e t t führt ein Schreiben des damaligen Bürgermeisters von Karlsbad aus dem Jahre 1895 an, nach welchem das damalige spanische Erdbeben (gemeint ist wohl das große andalusische Beben vom 25. Dezember 1884) keinerlei Einfluß auf die Karlsbader Quellen ausgeübt hat und ein solches auch bei dem Beben von Lissabon nicht stattfand, da die Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts in einigen Büchern über Karlsbad vorfindliche Nachricht, daß der Sprudel zur Zeit des großen Lissaboner Erdbebens ganz ausgeblieben sei oder einen trüben unregelmäßigen Ausfluß gehabt habe, vollständig unbeglaubigt und unwahr sei. Hingegen hat G. L a u b e durch Zusammenstellung verlässlicher Nachrichten in einer in der Zeitschrift „Lotos“, Prag 1898, No. 8 veröffentlichten Mitteilung über die an der Urquelle in Teplitz am 1. November 1755 während des Erdbebens von Lissabon wahrgenommenen Erscheinungen den Nachweis erbracht, daß damals zwischen 11 und 12 Uhr Ortszeit die Hauptquelle zu Teplitz, nachdem sie vorher sich zu trüben begonnen hatte, eine kurze Zeit, einige Minuten, ganz ausblieb, dann aber mit Ocker beladen, mit erhöhter Wassermenge hervorbrach. Die physikalische Erklärung dieser auffallenden Erscheinung hat F r a n z E. S u e s s in seiner 1900 in den Verhandlungen der Wiener geologischen Reichsanstalt veröffentlichten Erörterung des Problems gegeben. Er verweist auf die bekannte physikalische Erscheinung, daß eine Erschütterung einer übersättigten Gaslösung das Ausscheiden der Gase und das Blasenbilden außerordentlich befördert, wie sich an jeder Selterwasserflasche leicht erproben läßt. In noch höherem Maße als bei der Bewegung der ganzen Flüssigkeitssäule tritt Gasausscheidung ein, wenn die Flüssigkeit in molekulare Schwingungen, ähnlich den Schallschwingungen versetzt wird. Das haben die Versuche von G e r n e z

gezeigt. Übersättigte Gaslösungen wurden in ein Glasrohr gegossen und dieses durch Reiben an der unteren Fläche in tönende Schwingungen versetzt, es erfolgte sogleich eine lebhaft Blasenbildung. Ja bei bestimmten Gaslösungen war die Entwicklung von Gasblasen, sobald das Glasrohr zu tönen begann, so heftig, daß dadurch die gesamte Flüssigkeit aus dem Rohre herausgeschleudert wurde. Das Spaltensystem der Teplitzer Thermen kann man, wie F r a n z E. S u e ß bemerkt, als ein ungemein langes mit stark gesättigter Gaslösung erfülltes Rohr betrachten. Den tönenden Schwingungen des Glasrohres vergleichbare elastische Schwingungen der Gesteinsmassen können durch ein entferntes Erdbeben hervorgerufen werden, wodurch eine spontane Entladung von Gasmassen und damit ein plötzliches Aufquellen der Flüssigkeit veranlaßt werden kann. Mit Recht verweist F. E. S u e s s zugunsten dieser Erklärung auf die Dauer der Bewegung, welche ein entferntes Erdbeben hervorruft. Die Tatsache, daß mit der Entfernung auch die Dauer der Erschütterung zunimmt, ist an allen empfindlichen Seismometern festzustellen, ein starkes Erdbeben in Japan vermag z. B. die Seismometer in Straßburg oder Laibach während mehrerer Stunden in Bewegung zu erhalten. F r a n z E. S u e s s erinnert aber auch an einen vollkommen glaubwürdigen Bericht, nach welchem in Glückstadt bei Altona, in ungefähr derselben Entfernung von Lissabon wie Teplitz am 1. November 1755 die drei schweren Kronleuchter der Kirche durch beinahe eine Stunde in ziemlich starke Bewegung kamen. Ebenso wie diese Kronleuchter den mit schweren Gewichten belasteten Seismometern analog die lange Dauer der Bewegung anzeigten, haben auch die Teplitzer Thermen als ein eigentümliches Seismometer dieselbe bekundet, da die Gasausscheidung zweifellos gerade durch die lange Dauer der Vibration in hohem Grade gefördert wurde und hierdurch vorübergehend ein geyserähnlicher Zustand eintrat, der das Wasser zu wiederholten Wallungen veranlaßte. Die zuerst eingetretene Wallung der obersten Wasserschichten mag die Ockerabsätze mit sich gerissen und die erste Trübung der Quelle hervorgerufen haben, der eine kurz andauernde Stockung im Quellausfluß folgte. Die Blasen, die in größerer Tiefe der Wassersäule zur Ausscheidung gelangt waren, brauchten einige Zeit zum Emporsteigen und zur Überwindung der Hindernisse, bis sie die Hauptwallung hervorrufen konnten. Den Umstand, daß die Karlsbader Quellen durch das Lissaboner Erdbeben nicht in gleicher Weise beeinflußt wurden wie die Teplitzer erklärt F r a n z E. S u e s s dadurch, daß an Gasen nur wenig übersättigte, ruhiger fließende Quellen wie die letzteren für den Einfluß der Vibration bedeutend empfindlicher sein müssen als solche, die durch beständige, reichliche Gasentwicklung sich in fortwährender kochender Bewegung finden, wie die Thermen von Karlsbad.

Es sei gestattet, als eine weitere Bestätigung dieser Erklärung der Fernwirkung von Erdbeben

auf Mineralquellen noch zwei aus letzter Zeit stammende Wahrnehmungen an steirischen Sauerwasserquellen anzuführen. Am 8. Oktober 1909 ereignete sich in Kroatien ein heftiges Beben, das seinen Herd im Kulpatale hatte und sich auch in einem großen Teil Steiermarks fühlbar machte. In Graz wurde dieses Beben von dem Wiechertschen Seismographen um 10 Uhr 59 Min. 36 Sek. vormittags registriert. Zu Radein wurde um diese Zeit eine heftige aus Südost kommende Erschütterung wahrgenommen. Nach einer Mitteilung des Herrn F r i t z Horneck, Buchhalter der Kuranstalt Radein, zeigte ein in der nächsten Umgebung gebohrter, ob seines unbrauchbaren Wassers außer Benützung stehender Mineralwasserbrunnen noch am Nachmittag verstärkten und unter höherem Druck erfolgenden Ausfluß. Zwei Tage später verbreiteten sich abermals in den frühen Morgenstunden Erschütterungen aus Kroatien nach Steiermark. Nach einem Berichte des Herrn Direktors der landschaftlichen Kuranstalt Rohitsch-Sauerbrunn, Dr. F r a n z M u l l i wurden daselbst am 10. Oktober um 6 Uhr 42 Min., 6 Uhr 57 Min. und 7 Uhr früh verschieden starke Erschütterungen in der Richtung Nordost-Südwest wahrgenommen. Bald nach dem Beben zeigten die Rohitscher Mineralquellen eine bisher bei Erdbeben noch nie beobachtete Erscheinung, indem alle Quellen einen rostbraunen Niederschlag auswarfen und reichlichere Kohlensäure-Exhalationen als sonst zeigten. Die Quellen mit größerer mineralischer Konzentration wiesen einen stärkeren Auswurf auf als jene mit schwächerer Konzentration, insbesondere stark zeigte sich der sandige Auswurf bei der Styria-Quelle. Um 9 Uhr vormittags war diese Erscheinung wieder vorüber und die Quellen lieferten wieder klares Mineralwasser. Die reichlicheren Gasexhalationen haben jedoch bis zu den Nachmittagsstunden angehalten. Eine Vergrößerung der Ergiebigkeit der Quellen ist nicht eingetreten, ebenso sind die Temperaturen der Quellen normal geblieben. Ich glaube, daß diese Beeinflussung der südsteirischen Sauerwasserquellen zweifellos auf eben dieselbe Weise zu erklären sein wird, welche F r a n z E. S u e s s für die Erklärung der Einwirkung des Lissaboner Erdbebens auf die Teplitzer Therme in Anspruch genommen hat. Ich kann hingegen nicht mit ihm in der Meinung übereinstimmen, daß die bei Erdbeben häufig beobachtete Zunahme der Temperatur der Quellen dadurch begründet wäre, daß durch eine plötzliche Wallung des Wassers tiefere Wasserpartien, welche frei sind von Beimengungen des Grundwassers, zutage gefördert werden. F r a n z E. S u e s s führt einige Beispiele von solchen Steigerungen der Temperatur an, so nach V o l g e r die Beeinflussung einer Quelle bei dem Schweizer-Erdbeben vom 25. Juli 1855, welche vorher ganz klar war und grau und undurchsichtig wurde, bedeutend verstärkten Schwefelgehalt und größere Wassermenge aufwies* und deren normal 51° C. betragende Temperatur um 7° gestiegen sein soll. Er erinnert

ferner daran, daß (wie schon oben erwähnt) die Thermen zu Baden in Niederösterreich bei dem Erdbeben im Jahre 1768 an Wärme, Zufluß und Schwefelgeruch zunahm, endlich, daß nach L e r s c h im Ardebilschen Hochland im Kaukasus die Quellen bei Erdbeben an Wärme außerordentlich zunehmen und die aufsteigende Kohlensäure und Stickstoffgase sich verdoppeln sollen. In allen diesen Fällen, welche das pleistoseiste Gebiet selbst betreffen, zumal aber bei den oben erörterten Veränderungen makedonischer Quellen in der unmittelbaren Umgebung der Herde der Erschütterungen von 1902 und 1904 mag

diese Einwirkung wohl nicht bloß in der durch die Vibrationen gesteigerten Gasentwicklung, sondern in Änderungen der Quellspalte selbst begründet gewesen sein, die bei den Senkungerscheinungen, welche den Beben zugrunde lagen, von neuem aufgerissen oder erweitert wurden.

Jedenfalls sind, wie wir gesehen haben, die Einwirkungen, welche Erdbeben auf Quellen ausüben, sehr mannigfach und bedürfen in jedem einzelnen Fall der eingehenden Würdigung der verschiedenartigen Vorgänge, welche den eingetretenen Veränderungen zugrunde liegen.

- Dr. H. Engel (Melouan, Ägypten): Zur differenzialen Klimatherapie der Lungentuberkulose.
- Dr. Solmsen (Danzig): Selbstbeobachtungen eines Nauhelmer Kurgastes.
- Prof. Dr. Julius Glax (Abbazia): Der therapeutische Wert verschiedener Meerbäder und Meeresklimate.
- Dr. Borodenko (Charkow): Experimentelle Untersuchungen zur physiologischen Wirkung von Mineralwässern.
- San.-Rat Dr. Gemmel (Salzschliff): Praktische Erfahrungen beim Gebrauch der Salzschliff Bonifaziuskur.
- Dr. Leopold Löw (Abbazia-Ischl): Über Thalassotheorie der Hautkrankheiten.
- Privatdozent Dr. Determann (Freiburg-St. Blasien): Über Wesen und Bedeutung der Viskositätsprüfungen des Blutes.
- Dr. Fritz Brenner (Frankfurt a. M.): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Arsenwasser auf die Magen- und Darmfunktion.
- Dr. Siebelt (Fflinsberg): Hygienische Betrachtungen über das Gastwirtschaftswesen.
- Dr. Alexander Pártos (Herculesbad): Eine neue Vorrichtung zum Anwärmen von Badewäsche.
- Prof. Dr. Karl Sudhoff (Leipzig): Aus dem antiken Badewesen.
- Prof. Baron A. v. Korányi (Budapest): Höhenklima und Herzkrankheiten.
- Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. Eulenburger (Berlin): Bemerkungen zur modernen Hydroelektrotherapie.
- Prof. Dr. I. Boas (Berlin): Über kurze Ausspannungen.
- Dr. med. Alfred Martin (Bad Nauheim): Die Nauhelmer Badekur und einige Erklärungsversuche ihrer Wirkung auf den Organismus.
- Dr. Paul Mayer (Karlsbad): Kritische Bemerkungen zur Balneotheorie der Gicht.
- Prof. Dr. G. Abelsdorff (Berlin): Über die Einflüsse der äußeren Natur auf das menschliche Auge.
- Privatdozent Dr. Karl Ullmann (Wien): Was haben wir von der Thalassotheorie für die Aushheilung gewisser chronischer Hautaffektionen zu erwarten?
- Prof. Dr. Carl Neuberg (Berlin): Über chemische Wirkungen von Strahlenarten.
- Privatdozent Dr. Hermann Coenen (Breslau): Zelle und Strahlung.
- Dr. Carl Pototzky (Schloß Tegel-Berlin) und Bernhard Struck (Heidelberg): Balneotheorie bei den Eingeborenen Afrikas.
- Sanitätsrat Dr. Lenné (Neuenahr): Die Heilanzeigen der Neuenahrer Quellen.
- Prof. Dr. Ferdinand Karsowski (Berlin): Die Forderungen der Chirurgie an moderne Kurorte.
- Dr. med. D. Rothschild (Bad Soden am Taunus): Über das Wesen der Badekuren.
- Dr. H. U. Ritter (Bad Salzbrunn i. Schl.): Welche Helfaktoren bietet Bad Salzbrunn den Herzkranken?
- Dr. med. O. Schär (Oberwald): Atmungs-gymnastik.
- San.-Rat Dr. Scherk (Bad Homburg): Die Fermentwirkung in ihrer Beziehung zur Balneotheorie.
- Professor Dr. Ernst Hintz (Wiesbaden): Chemische Untersuchung der Trink- und Gewölbequelle des Königlichen Bades Nenn-dorf bei Hannover.
- Prof. Dr. H. Strauß (Berlin): Über „Analysen-Hypochondrie“.
- Badedirektor Dr. Büttner (Bad Salzbrunn): Konzessionspflicht für Kurorte. (Mindestforderungen).
- Dr. Wilhelm Schulhof (Héviz): Elniges über Akratothermen und zur balneologischen Klassifizierung des Thermalbades Héviz.
- Dr. Helwig (Zinnowitz): Seeklima und Kindes-körper.
- Prof. Dr. Bernhard Rawitz (Berlin): Mensch und Klima. (Eine biologische Betrachtung.)
- Dr. Carl Alexander (Breslau): Kurorte und Kurfischer.
- a. ö. Prof. Dr. Heinrich Kisch (Prag-Marienbad): Die Psychotherapie als Behelf der Balneotheorie.
- Dr. A. Koch (Schömberg bei Wildbad): Über Sonnenlicht- und Stauungsbehandlung bei Kehlkopf-Tuberkulose.
- Dr. Stern (Bad Reinerz): Der Komfort des Kranken in Kurorten.
- Dr. Häberlin (Wyk a. F.): Über Hämoglobin und Blutkörperchen vermehrende Wirkung der See.
- Dr. med. Hans Leyden (Kaiserlicher Botschaftsrat a. D. Berlin): Die Portugiesische Riviera.
- Dr. Paul Mayer (Karlsbad): Über die Boumasche Diabetesmilch.
- Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Wilhelm Ebstein (Göttingen): Zur Balneo- und Klimatherapie der Zuckerkrankheit.
- Prof. Dr. H. Potonié (Berlin): Moor u. Sumpf.
- Prof. Dr. Gerber (Königsberg): Einige Wünsche Erholungsreisender für ihren Aufenthalt in Kurorten.
- Dr. Karl Aschoff (Kreuznach): Dosierbare Radiumemanationstherapie.
- Dr. Th. Borodenko (Charkow): Zur Frage der physiologischen Wirkung des Mineralwassers.
- Dr. Scarpatelli (Chur-Passugg): Die Passugger Entfettungskur und die Behandlung der Gicht in Passugg.
- Geh. Med.-Rat Prof. Dr. P. Fürbringer (Berlin): Meine Erfahrungen bei der Balneotheorie der männlichen Zeugungsunfähigkeit.
- Dr. Wagner (Salzbrunn): Über die Bedeutung der modernen physikalischen Chemie, speziell der Ionentheorie für die Beurteilung von Mineralquellen.
- Dr. R. Jaeger (Ragaz): Medizinische Streiflichter auf Ragaz-Pfäfers.
- Geh. Ob.-Med.-Rat Prof. Dr. Dietrich (Berlin): Die balneologische Zentralstelle in Frankfurt a. M.
- Dr. G. Graul (Bad Neuenahr): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß einiger Mineralwässer auf die motorische Tätigkeit des Magens.
- San.-Rat Dr. Nicolas, Direktionsbadearzt in Sylt: Begutachtung der Sicherheits-Vorkehrungen im Seebad Westerland auf Sylt.
- Generalarzt a. D. Dr. Schill (Dresden): Über Militärgenesungshelme.
- Dr. Curt Pariser (Homburg v. d. Höhe): Diät und Küche in diätetischen Sanatorien.
- San.-Rat Dr. Löber (Bad Sulza): Atmosphärische Hilfskuren in Solbädern.
- Stabsarzt Dr. Victor Hufnagel (Bad-Orb): Zur Balneotheorie der Basedowschen Erkrankung im Kindesalter.
- Dr. H. Keller (Rheinfelden): Die Kinderheilstätten in der Schweiz.
- Dr. Witte (Kudowa): Die Interessen unserer Kurorte und die moderne Nahrungsmittelindustrie.
- Prof. Dr. H. Klonka (Jena): Können Mineralwässer die Phagozytose beeinflussen?
- Dr. A. Byk (Berlin): Die katalytischen Erscheinungen.
- Prof. Dr. Giovanni Gaili (Rapallo-Riviera di Levante): Klima und Heilquellen Italiens.
- Gerichtsassessor Dr. Graeffner (Berlin): Die Ausführungsanweisung zum Quellenschutzgesetz.
- Prof. Dr. Ludwig Nékám (Budapest): Über ungarische Bäder vergangener Zeiten.
- Prof. Dr. Wilhelm Hankó (Budapest): Über die Schwankungen der chemischen Zusammensetzung natürlicher Mineralwässer.
- Dr. Alexander Pártos (Herculesbad): Über die Wirkung der Schwefelkochsalzthermen und Reaktionserscheinungen an denselben.
- Dr. W. D. Lenkel (Budapest): Die klimatischen Verhältnisse der Balaton (Plattensee)-Gegend, die wichtigsten Kurorte und Indikationen derselben.
- Prof. Dr. Levy-Dorn (Berlin): Der Wert der Röntgenstrahlen für die Kurorte.
- Prof. Dr. Georg Sticker (Bonn): Naturheilkunst.
- Priv.-Doz. Dr. H. Schade (Kiel): Katalyse und Balneologie.
- Prof. Dr. H. Rudolph (Pfaundler a. Rh.): Die Erklärung der Radioaktivität aus dem chemischen Zerfall der Atome.
- Dr. H. Bach (Davos): Klimatische Unterschiede zwischen Talboden und Gehänge im Hochgebirge und die Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung durch den Arzt.
- Dr. E. Brussliowsky (Odessa): Die Odessaer „Limane“.
- Prof. P. Casciani (Rom): Absorption von Mineralwässern bei innerlichem Gebrauch.
- Priv.-Doz. Dr. Halke (Berlin): Klimatische, Bäder- und Trinkkuren bei Ohrenerkrankungen.
- Priv.-Doz. Dr. Felix Pinkus (Berlin): Allgemeine Betrachtungen über die Behandlung von Hautkrankheiten in Badeorten.
- Geh. Baurat Dr. Eser (Bad Nauheim): Rettungswesen bei Fenersgefahr.
- Priv.-Doz. Dr. E. Ebler (Heidelberg): Über die Radioaktivität der Mineralquellen.
- Priv.-Doz. Dr. rer. nat. et med. Franz Müller (Berlin): Der Einfluß des Höhenklimas auf die Blutbildung.
- Reg.- und Med.-Rat Dr. R. Räuber (Köslin): Die Bäder des Reglerungsbezirks Köslin.
- Prof. Dr. E. Gehrcke (Berlin): Die Strahlen der positiven Elektrizität.
- Prof. Dr. H. Strauß (Berlin): Über salzarme Ernährung.
- Prof. Dr. W. Heubner (Göttingen): Theoretisches über einige lokale Arzneiwirkungen.
- Dr. Wagner (Bad Salzbrunn): Über die einfachsten chemischen Methoden zur Kontrolle der Mineralquellen.
- Geh. Ob.-Med.-Rat Prof. Dr. Dietrich (Berlin): Kurorthygiene.
- Dr. H. Odaira (Tokio): Kasuistischer Beitrag zur Wirkung der Bitterwässer auf den Magen-Darmkanal.
- Prof. Dr. Julius Glax (Abbazia): Brunnenkuren und die Beurteilung ihrer Wirkung auf Grundlage von Spitals- und Laboratoriumsversuchen.
- Dr. Siebelt (Fflinsberg): Wert und Geschäftsführung der Gesundheitskommissionen.
- Priv.-Doz. Dr. H. Schade (Kiel): Zur Einführung der Kolloidchemie in die Balneologie.