

sein. Es muß darüber hinaus reizvolle Aufschlüsse des Wetters und seiner Entwicklung geben. Viele Wetterabläufe hintereinander bestimmen das Klima, das Landschaft und Mensch beeinflußt, also bereits ureigenste Wissensgebiete der Geographie.

Über die Möglichkeit anthropogener Auslösung von Seismen.

Von **Walter Knoche** (Buenos Aires).

Der anthropogene Einfluß auf die Umgestaltung der Erdoberfläche und auf das Klima, resp. die meteorologischen Verhältnisse ist in den letzten Jahren oft behandelt worden, da dieser Einfluß allmählich als ein auch in das praktische Leben einschneidender erkannt wurde.

Es sei hier eine Betrachtung angestellt, ob nicht in Verbindung mit der durch den Menschen bedingten Umgestaltung der Erdoberfläche und eventuell der atmosphärischen Verhältnisse Zustände entstehen können, welche die Beben­tätigkeit beeinflussen, d. h. Beben zur Auslösung bringen.

Von vornherein sei bemerkt, daß bei der Kürze seismischer Beobachtungen, bei der erst langsamen Verdichtung des Beobachtungsnetzes, ein wirklicher Beweis für das Eingreifen des Menschen in das seismische Geschehen bisher nicht erbracht werden kann. Wohl aber besteht die Möglichkeit, falls man das behandelte Phänomen unter dem Gesichtspunkt der Anthropogenität betrachtet, in der Zukunft in geeigneten Gebieten auch instrumental (Klinograph) positive Resultate zu erhalten. Derartige Versuche würden am besten auf sehr großräumigen Versuchsanlagen, wie sie heute ähnlich in den U. S. A. zum Verfolgen der Bodenverwüstung in Anwendung sind, ausgeführt werden.

Daß anthropogene Einwirkungen tatsächlich in Frage kommen, zeigen die lange bekannten künstlichen Bodenunruhen. So rief u. a. das Arbeiten eines Elektrizitätswerkes in Göttingen noch in 2½ km Entfernung eine Ampl. von C. 1μ hervor¹. — Die durch Wind erzeugte Bodenunruhe beträgt bis 6μ in Göttingen und bis 50μ in Potsdam. Da Wind durch Wald fast völlig abgebremst wird, ist zu erwarten, daß nach Entwaldungen dank Ansteigen der Luftbewegung eine Zunahme dieser seismischen Erschütterungen erfolgen muß. Im übrigen bewirkt die Bodenunruhe durch Lastwagenverkehr bereits jetzt schon Beschädigungen an Baulichkeiten, welche denen nach leichten und wiederholten Seismen ähnlich sind.

¹ B. Gutenberg, Die seismische Bodenunruhe. B. Gutenberg, Handb. d. Geophysik. Bd. IV. Erdbeben, Abschn. III. Berlin 1932. S. 264, 268, 269.

Betrachtet man die Möglichkeit anthropogener Auslösungen auf wirkliche Beben, ohne hierbei auf Explosionen, Einstürze in Bergwerken u. a. m. und ihre Folgen im nächsten Umkreis einzugehen, so können diese nur dort stattfinden, wo an sich geotektonische Bedingtheiten bestehen. Für die behandelte Frage ist es gleichgültig, ob man das Auftreten von Brüchen oder die normale Faltung für die endogene Auslösung als überwiegend betrachtet. Jedenfalls spielt bei den tektonischen, resp. Dislokationsbeben das Relief der Erdkruste eine besondere Rolle. Nach *Montessus de Ballore* fielen von fast 70.000 europäischen Seismen 86% auf tertiäre Faltenzonen, 9% auf ungefaltete Gebiete, 5% auf karbone und 0% auf vordevone Falten. Von den so stark überwiegenden tertiären Gebirgszügen gehören 35% der Alten Welt, 38% der pazifischen, also zusammen 91% an, während auf den Rest der Erde 9% kommen.

Folgt man der *Sieberg*schen Einteilung, nach welcher 90% tektonische, 7% Ausbruchs- und 3% Einbruchsbeben sind, so ist die Verteilung der Epizentren prozentual die folgende: Landgebiete an Tiefseegräben 35, Schollenländer und Einbruchsbecken 33, zerbrochene tertiäre Faltengebirge 28, normale tertiäre Faltengebirge 4%. Alte Massen und Tafeln sowie paläozoische Rumpfbirge sind fast oder völlig epizentrenfrei².

Zu dieser geographischen Verteilung der Tektonik, resp. den ihr innewohnenden Spannungsänderungen der Gesteine und zu ihren endogenen terrestrischen Kräften muß die exogen-terrestrische Auslösung, einschließlich der anthropogenen, in einem gewissen Verhältnis stehen³; von den kosmischen Auslösungsmöglichkeiten soll hier abgesehen werden. Es wird sich im wesentlichen um folgende Gebiete handeln: die Peripherie der gewaltigen Hochgebirgsmassive Zentralasiens (Himalaja, Tienschan, Baikargebiet, die Mandchurei, das Staffelland Chinas), der ostasiatische Inselbogen und das austral-asiatische Mittelmeer, die pazifisch-andine Umgebung des amerikanischen Doppelkontinents, das westindische und europäische Mittelmeer (Italien, Griechenland, Bosphorus usw.).

Exogene Ursachen, also z. B. der Transport von denudiertem Gesteinschutt von einer Scholle auf den Rand der benachbarten, können nun Störungen der Isostasie hervorrufen. Auf diese Weise wird u. U. eine vorhandene potentiell-endogene Kraftquelle unter Bebenerscheinung (Lageänderungen in der Erdkruste) zur Auslösung gebracht⁴. Darauf

² A. *Supan*—E. *Obst*, Grundzüge d. physischen Erdkunde. Bd. II. T. 1. Berlin-Leipzig 1930. S. 69, 70.

³ cit. Anm. 1, S. 604.

⁴ B. *Gutenberg*, Lehrbuch der Geophysik. Berlin 1929. S. 128, 129, 206.

beruht die Tatsache, daß, je betonter die Höhenunterschiede auf kurze Entfernung, um so stärker die Krustenbewegungen sind. In diesen Zonen der stärksten Faltung und Neigung zu Brüchen besteht naturgemäß ein künstliches Gleichgewicht mit dem Streben der Schollen, sich im Sinne der Stabilität zu verlagern, wobei in elastischen Wellen rhythmische Schwingungen erzeugt werden. So finden sich Gebiete, wo die Summe der inneren Spannung höchst labil gleich der äußeren ist. Derartige Gebiete sind somit besonders geneigt, auf exogene Einwirkungen anzusprechen. Östlich des höchsten Massivs Südamerikas, des Aconcagua, liegt, als ein Beispiel, ein in Gleichgewichtsstörung geratener Vorkordillerenblock, ebenso wie westlich von ihm, wo einer Höhe von 7000 m über dem Meere in dem benachbarten Häckeltief eine Tiefe von 5670 m gegenübersteht, d. i. eine Höhendifferenz von $12\frac{1}{2}$ km. Dieser Unterschied steigt in Nordchile auf über 14 km zwischen dem Richardtief (7650 m) und dem Llullaillaco (6400 m). Die Bebenstätigkeit zwischen dem 27. und 34. Breitengrad ist in dem erwähnten Gebiet einer aufsteigenden Kordillere und sich bildender Grabenbrüche (Stappenbeck) besonders bekannt; nach Montessus de Ballore findet sich die größte Häufigkeit von Seismen zwischen 33° und 34° S auf der Linie Valparaiso—Santiago und zwischen 32° und 33° im östlichen Abschnitt (Mendoza)⁵. Ein Höhenunterschied von 4,2 km bei einer Horizontalentfernung von nur 10 km findet sich im Kangratal (Himalaja).

Nun wird der Meeresboden (oder auch das Vorland eines Gebirges) durch dauernde Massenablagerungen schwerer und senkt sich, während das Gebirge selbst sich in einem Maße hebt, welches der Abtragung durch die Einflüsse der Witterung entspricht⁶. Hierbei handelt es sich in den Gebieten stärksten Reliefs um solche, deren Herde als nicht sehr tief liegend anzunehmen sind, während die Beben mit tiefem Herd gerade außerhalb der Zonen mit frequenten Seismen auftreten (östlich vorgeschobene Herde in Südamerika, im äquatorialen W-Pazifik u. a.). Solche Tiefherdbeben werden im engeren Sinne weniger durch exogene Einflüsse als vielmehr durch kosmisch bedingte, wie etwa Polschwankungen, hervorgerufen⁷. Umgekehrt werden Belastungsänderungen als Folge der Denudation einerseits und des so erhaltenen Schuttes als Akkumulation andererseits auf benachbarten Bruchrändern einer Scholle exogen-terrestrisch auslösend wirken können⁸. Belastung einer-

⁵ P. A. L o o s, Beitrag zur Erklärung der argentinisch-chilenischen Erdbeben usw. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 39. 1933. S. 209, 222, 232.

⁶ G. K r u m b a c h, Erdbebenkunde. S. 24.

⁷ V. C o n r a d, Die zeitliche Folge von Beben mit tiefem Herd. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 40. 1933. S. 121.

⁸ cit. Anm. 1, S. 604.

seits und Entlastung andererseits müssen somit den Gegenstand dieser Betrachtung bilden.

Über einer bestimmten labilen Geotektonik entstehen leicht Krustenbewegungen durch Erosion und Sedimentation (A. Penck, Sölich), und zwar verschiedener Intensität, je nachdem durch Klimaänderung die Wasserführung der Flüsse beeinflusst wird. In pluvialen Zeiten wird diese unter Vermehrung der Schuttführung und Verlängerung der Läufe oft bis zum Meere eine stärkere sein, während Trockenzeiten die Wassermassen herabsetzen, wobei in großen Mengen gebildeter Verwitterungsschutt gebirgsnäher zur Ablagerung gelangt⁹. Durch sekundäre Auslösungsvorgänge kann eine gewisse Periodizität der Massenverlagerung und somit Beben als Folge von Niederschlägen, resp. Erosion und Ablagerung bestehen, wenn man bedenkt, daß allein an gelösten Stoffen, abgesehen von dem Schlammgehalt, von den Flüssen 5 Milliarden Tonnen, d. i. ein Sechstausendstel ihres Wassergewichts, z. T. mit unmittelbarer Abscheidung, in das Meer geführt werden. Der Schlammgehalt verschiedener Flüsse beträgt mehrere Tausendstel bis Hunderttausendstel des Wassergewichts (Po 1 : 900, Mississippi 1 : 1500, Donau 1 : 28.805). Von größtem Einfluß ist hierbei das Relief: je größer der Neigungswinkel, um so stärker ist die Erosion (Transportgefäll). So verläuft im allgemeinen die exogene Auslösung durch morphologische Massenverlagerung parallel der labilen Isostasie seismischer Großzonen mit ihren Höhendifferenzen auf kurze Erstreckung. Selbstverständlich spielt auch die Art des Bodens (Versickerung, Abfluß), das Vorhandensein einer Vegetationsdecke (Akkumulation der Steppen und Wüstenflüsse), neben der Art und Höhe der Niederschläge für das Lösungs- und Sedimentationsvermögen der Ströme eine bedeutende Rolle.

Gezeigt sei an einigen Beispielen die Menge der zur Verlagerung gelangenden Süßwasser-Suspensionen. So führt die Elbe (Mündung) im Jahresmittel 31 gr/m³, der Mississippi (Mündung) 629 gr/m³ und der Amu-Darja (Nukuss) 1593 gr/m³ an Schlamm; der Amu-Darja führt dabei im Winter 424, im Sommer hingegen 2244 gr/m³, also mehr als die fünf-fache Menge an Sinkstoffen mit sich¹⁰. Es besteht somit die Möglichkeit, daß Auslösungsvorgänge exogener Art, falls sie in ihrer Richtung den primären endogenen Spannungen gleichsinnig sind, jahreszeitlich in verschiedenem Grade auftreten können. Über die — anthropogen stärksten beeinflussten — Gesamtbeträge einiger Flüsse mag die folgende kleine Tabelle Aufschluß geben:

⁹ cit. Anm. 2, S. 193, 196.

¹⁰ cit. Anm. 2, S. 183, 184.

	Gelöste Mengen t/Jahr	Suspensionen t/Jahr	Insgesamt t/Jahr
Donau	22,251.000	108,000.000	122,250.000
Nil	16,950.000	54,000.000	70,950.000
Mississippi . . .	112,832.000	406,250.000	519,080.000
Indus	87,500.000	446.230.000	533,730.000

Somit hätte allein der Indus (bei gleichbleibender Förderung) seit dem Jahre 1500 Material von etwa drei Viertel des Gesamtbetrages an Lava- und Lockermassen sämtlicher aktiven Vulkane (Sapper)¹¹, im gleichen Zeitraum, verfrachtet.

Selbstverständlich ist die Größe des Stromgebietes mit maßgebend für den Gesamtwert der weggeführten, gelösten und suspendierten Mengen. So liefert der zu den reinsten Flüssen gehörende Amazonas bei Obidos (Kotzer) dank dem Umfang seines Stromgebietes allein an Suspensionen 618,000.000 t/Jahr. Bei den einzelnen Flüssen wird individuell die mittlere jährliche Abtragung wie die Mächtigkeit der jährlichen Sedimentierung über dem Strömungsgebiet verschieden sein, ganz unabhängig von der Länge des Flußlaufes. So sind die entsprechenden Werte: für die Donau 0'06 und 0'09, den Nil 0'01 und 0'01, den Mississippi 0'04 und 0'06, den Irawadi 0'40 und 0'50 mm/Jahr; der Rhône hat eine jährliche Abtragung von 0'44 mm. Die jährliche Sedimentsäule beträgt beim Nil 12 m/Jahr, beim Mississippi 72 m/Jahr. Die Donau führt jährlich 14½ Millionen Tonnen an Fremdkörpern bei Wien vorbei (A. Penck). In 18.000 Jahren wurde oberhalb Wiens die Landoberfläche um 1 m erniedrigt. Dieser Vorgang geschieht in keinem Steppenklima, sondern im Cfb- oder Buchenklima Köppens. Die drei großen chinesischen Flüsse würden genug Sinkstoffe mit sich führen, um in 100.000 Jahren das ganze Gelbe Meer auszufüllen (Guppy, Melard, Beades)¹².

Daß die Sedimentation im Laufe der Zeit bedeutende Veränderungen der Erdoberfläche und Massenverlagerungen hervorruft, wird besonders in den Mündungsgebieten sichtbar. Der Po, welcher jährlich seine Mündung um 70 m, stellenweise bis zu 169 m herausschiebt, hatte diese z. Z. des Augustus bei einer Mindestmächtigkeit von 215 m Tiefe 35 km von der heutigen Küste entfernt. Am Ganges-Brahmaputra-Delta, mit einer jährlichen Ablagerung (zur Hochwasserzeit) von fast $2 \cdot 10^8$ m³, besitzt das Delta eine Ausdehnung von 86.000 km². Wenn man bedenkt, daß über dem Nigerdelta mit 195 km² belasteter Fläche 217 km³ Vol., welche 120 km³ festem Gestein äquivalent sind, liegen, so wird zuzugeben sein, daß Sedimentmassen von dieser Bedeutung durchaus geig-

¹¹ cit. Anm. 2, S. 33.

¹² Dr. Sigmund Günther, Handb. d. Geoph. Bd. II. Stuttgart 1899. S. 825.

net sind, eine an sich labile Isostasie zu verstärken¹³. Daß Deltabildung (wie auch Flußverlegung) in hohem Maße anthropogene Züge tragen kann, ist ohne weiteres anzunehmen, da, wie bemerkt, die Suspensionen- und Lösungsbestandteile selbst in höchstem Grade von menschlicher Tätigkeit beeinflußt werden, d. h. von der Wald-, resp. Vegetationszerstörung in den Flußeinzugsgebieten. Der Arno stieß sein Delta in dem Zeitraum von 933 bis 1406 um 57 m, von 1806 bis 1841 um 86 m/Jahr vor¹⁴. Es erscheint durchaus möglich, daß die fortgeschrittene Entwaldung einen Anteil an dieser Vermehrung hat. Ist einmal die Zerstörung vollendet, so wird nach diesem Zeitpunkt, gewissermaßen einem anthropogenen Nullpunkt, der Prozeß der Sedimentation und Deltabildung von den natürlichen (planetaren) klimatischen Fluktuationen, wenn auch bei anthropogen geändertem Klima, abhängen.

Aber nicht nur die Deltabildung an sich ist teilweise Menschenwerk; bedingt durch die Massenverlagerungen von Flüssen überhaupt, muß auch die Achsenschwankung des Erdpols, aus der gleichen Betrachtungsweise heraus, durch den menschlichen Eingriff auf die Vegetationsdecke beeinflußt sein. Dank der Arbeit des Mississippi ergibt sich eine Verschiebung des Pols von 1'5 nach 127° w. Gr.¹⁵. Wenn selbst sehr lange Zeiträume für Verschiebung des Pols der Hauptachse als Folge z. B. der Flußarbeit angenommen werden, so darf nicht außer acht gelassen werden, daß jedenfalls für die postdiluviale Periode das anthropogene Wirken hinsichtlich Erosion und Sedimentation als ausnehmend wirksam anzusetzen ist.

Die Bedeutung der jährlichen Umlagerungen auf der Erdoberfläche durch Erosion und Denudation einerseits, durch Sedimentation, resp. Akkumulation andererseits kann noch durch die folgende Betrachtung verdeutlicht werden. Da 5 Milliarden t/Jahr an weggeführten gelösten Stoffen geschätzt wurden, so dürfte die vierfache Menge an suspendiertem Material (vgl. die vorhergehende Tabelle) ein Minimum darstellen, wenn man an die Gesamtzahl kleiner und kleinster Flüsse, Bäche, Torrentes, Wadis u. a. m. denkt, welche oft in kurzem Lauf höchst intensive Transportträger sein können. Wir würden dann größenordnungsmäßig 25 Milliarden t/Jahr als Gesamttransport des Wassers auf der Erde annehmen können, das wäre die Hälfte der von allen Vulkanen der Erde seit 1500 n. Chr. geförderten Lavamassen nach der Sapper'schen Schätzung. Setzt man auf der anderen Seite etwa 25.000 Jahre für den letzteiszeitlichen Abschmelzprozeß von 40 Mill. km³ Eis =

¹³ cit. Anm. 4, S. 128—131.

¹⁴ cit. Anm. 2, S. 210.

¹⁵ Rudolf Spitaler, Die Hauptkraft der geologischen Erdgestaltung. Reichenberg 1937. S. 23.

36 Mill km³ Wasser (A. Penck) an, so betrüge das Abschmelzwasser größenordnungsmäßig 1500.10⁹ t/Jahr im Mittel. Eine kurze Rechnung ergibt somit, daß die heutige jährliche Massenbewegung allein durch das Wasser aus höherem in ein tieferes Niveau ein Sechzigstel der jährlichen Abschmelzsumme der verlöschenden letzten Eiszeit darstellt. Dies ist nun ein keineswegs kleiner Betrag. Während die Akkumulation des Schmelzwassers der im Rückgang befindlichen Gletscher, unter Erhöhung des Meeresspiegels um 150 m, sich auf den gesamten Ozean verteilte, schlugen die gelösten und suspendierten Bestandteile höchst engräumig nieder! Denkt man an die geotektonischen Effekte der großen Schmelzperiode mit ihrer Deformierung des Geoids (z. B. Aufsteigen Fennoskandias), so wird man nicht umhin können, als Folge einer konzentrierten Akkumulation der Jetztzeit, unter Voraussetzung einer prädisponierten Scholle, gewisse Deformationen und ihre Nachwirkungen anzunehmen. Nun wird in neuerer Zeit (Daly, A. Penck) für die Eismächtigkeit ein Wert angenommen, der viel geringer als der seinerzeit von Penck berechnete ist und der beim Abschmelzen nur eine Erhöhung von etwa 50 m bewirkte¹⁶. Damit würde aber das Verhältnis der jährlichen Massenbewegung unserer Zeit auf ein Zwanzigstel des jährlichen Abschmelzwertes der postdiluvialen Rückgangsperiode steigen.

Mit dem Süßwassertransport ist keineswegs die Massenverlagerung auf der Erde erschöpft. Durch Vegetationsbrände z. B. wird mengenmäßig ein Gewicht umgelagert, das annähernd dem der vom Wasser gelösten Bestandteile entspricht¹⁷. Hierbei werden Teile der Erdkruste dauernd entlastet; der Ort dieser Akkumulation ist schließlich das Meer, in welches der bei weitem größte Anteil der verbrannten Vegetation, Kohlenstoff und Wasser, mündet. Da diese Brände nur z. T. reversible Prozesse sind und zu ihnen noch der irreversible des Industriebrandes vom gleichen Gewicht tritt, so würde ein entsprechender Verhältniswert der Umlagerung von etwa 17 Schmelzwasser der Rückzugsperiode gegenüber 1 der heutigen Süßwassertransporte bestehen.

Nicht in Betracht gezogen wurden bisher die vom Winde bewegten Massen, deren Resultate im großen und ganzen gleichfalls aus einem höheren Niveau in ein tieferes, letzten Endes vom Kontinent zum Meer gerichtet ist (Harmattan). Wie groß die jährlichen Mengen des Staubtransportes anzusetzen sind, ist selbst größenordnungsmäßig kaum zu schätzen; ein einziger saharischer Staubfall ergab (nach Hellmann-Meinardus) an 2 Milliarden Tonnen. Waren auch während des Rückzuges der Gletscher die Windtransporte kaum kleiner als heute, so

¹⁶ Dr. A. Born, Isostasie und Schweremessung. Berlin 1923. S. 110, 111.

¹⁷ Walter Knoche, Der Einfluß von Vegetationsbränden auf die Witterung. M. Z., H. 7. 1937. S. 244.

waren sie, binnenländisch orientiert, viel weniger im Sinne der definitiven Verlagerung „Hoch“ gegen „Tief“, Kontinent gegen Meer, d. h. das absolute Denudationsniveau, gerichtet, da die Sahara noch vegetationsbedeckt war. Die gewaltigen Sandmassen, die von dieser ozeanwärts geöffneten Wüste herauswehen (Dunkelmeer), werden von manchen Autoren (Walther, Thoulet) sogar als Bildungsursache mariner Tongesteine angesehen¹⁸. Wenn dem fließenden Wasser 26% der Abtragung entsprechen, so hat der Wind den gleichen Wert für die Ablagerung, während die Ablagerung für Wasser und die Abtragung für Wind etwa 6% betragen. Würden die saharisch „gerichteten“ Windtransporte den Süßwassertransporten zuaddiert werden, so käme man auf von „Hoch“ zu „Tief“ verfrachtete Gesamtmengen, welche den jährlichen Abschmelzquanten der Gletscherrückzugsperiode kaum nachstehen dürften!

Auf diese Massentransporte, deren Bedeutung für die Auslösung von Seismen betont wurde, hat der Mensch ohne Zweifel Einfluß. Steht doch gerade heute die anthropogene Erosion, die Bodenverwüstung überhaupt, mit ihren Folgen für die Erdoberfläche wie für das klimatische Geschehen im Mittelpunkt sogar einschneidender staatspolitischer Erwägungen. Dabei sind die verschiedensten Teile der Erdoberfläche betroffen, seien es ausgedehnte Regionen der technisch hochorganisierten U. S. A. oder der von Eingeborenen bevölkerten Kolonialgebiete. Diese Massentransporte und sonstigen Eingriffe des Menschen (Minenbetriebe, Staubecken, Auffüllungen: Zuidersee), auf die besonders Fels¹⁹ zusammenfassend hingewiesen hat, betreffen z. B. auch den Aufbau von Städten. Es ist nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, daß Belastungen von Millionensiedlungen, wie San Franzisko oder Tokio*, falls sie auf einer isostatisch richtungsgleichen, besonders labilen Scholle ruhen, sehr wohl eine Auslösungsmöglichkeit für Krustenbewegungen bilden, oder daß etwa das rasche Abtragen eines Eisenmagnetberges von etlichen 100 Mill. Tonnen hart am Rande des Pazifiks²⁰, in einem

¹⁸ cit. Anm. 2, S. 238.

¹⁹ Edwin Fels, Der Mensch als Gestalter der Erde. Leipzig 1934.

* Hierbei könnte die zeitlich aktuelle Umgestaltung einer Stadt aus leichtestem Material in eine solche modernsten Gepräges eventuell tragische Folgen — gerade im Gegensatz zu der erstrebten Sicherheit — zeitigen. Es sei hier an Städte wie San Franzisko oder Tokio-Yokohama erinnert. Man stelle sich als Schema vor, daß im Laufe von wenigen Jahrzehnten bei steigendem Tempo eine japanische Bambus-Papier-Stadt von 2 Mill. Einwohnern sich in eine von 8 Mill. Einwohnern mit 10 Stock hohen Eisenzementbauten verwandelt; es würde sich dann ein unscheinbares Gewicht auf ein solches von 150 Mill. Tonnen vermehren, das unter Umständen auf eine (absinkende) Scholle von rund 15 km² drücken würde.

²⁰ W. Knoche, Autofahrt durch die Provinz Coquimbo. Deutsche Monatsh. f. Chile. H. 8. 1929.

der stärksten Schüttergebiete Chiles (30° S), durch Entlastung zu einer Auslösungswirkung führen kann.

Der Begriff der Richtung im Sinne des Aufsteigens oder Absinkens von Schollen ist für die abtragenden und aufbauenden Geschehnisse von ausschlaggebender Bedeutung. Intensive Wirkungen der Auslösung werden da zu erwarten sein, wo eine kräftige Abtragung mit einer Hebung oder eine starke Akkumulation mit dem Absinken einer Scholle parallel geht. Ein Maximaleffekt ist dann wahrscheinlich, wenn zwei Gebiete mit entgegengesetzten Richtungsimpulsen und jeweilig gleichsinnigen Impulsen der Auslösung zusammenfallen. Derartige Verhältnisse bestehen im großen und ganzen, allerdings mit wechselnden Intensitäten, in den Spannungszonen der Erde: in aufsteigender Bewegung begriffene Kordilleren gegenüber absinkenden Flußlandschaften oder ozeanen Böden.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Abtragung und Ablagerung ist z. B. wegen Zusammenfallens der Orogenese und der intensiven Sedimentation in jungen Faltengebirgen schwer zu erbringen, wenn auch derartig exogen beeinflusste Gebiete im Sinne einer isostatischen Einstellung Anzeichen einer wenigstens mäßigen Seismizität tragen müßten. Immerhin scheinen hinsichtlich der Ent- und Belastung im Zusammenhang mit seismischen Vorgängen²¹ doch auffallende Unterschiede zu bestehen, nämlich zwischen den bebenreicheren Gebirgen (u. a. Atlas, Apenninen, Balkan, Kleinasien, Kaukasus, Celebes, Neuguinea, Kalifornien, südamerikanische Anden in der tropisch-subtropischen Zone) und den bebenärmeren Faltenzonen (Pyrenäen, Alpen, Himalaja, hinterindische Gebirge, Alaska, Britisch-Columbia). Zwischen dem Gebiete der Erosion und Akkumulationsbasis besteht bei der ersten Gruppe von Kordilleren mit Meeresnähe eine geringere Entfernung und somit wohl ein größerer Umsatz transportierter Massen gegenüber der zweiten Gruppe und somit vielleicht die Grundlage einer stärkeren Seismizität²². Vielleicht spielt auch das Klima, resp. die Vegetationsbedeckung eine Rolle etwa zwischen Kalifornien und Britisch-Columbia, zwischen Mittelchile und Westpatagonien, zwischen Apenninen und Alpen. In trockenen, vegetationsarmen Gebieten ist der Abtransport größer als etwa in feuchten, waldbedeckten. Hinzuweisen wäre z. B. darauf, daß im Zusammenhang von junger Anhäufung und seismischem Verhalten der Sink-Country²³ im Gebiete des Mississippi-Missouri rhythmisch ausgedehnte Schütterherde auftraten (D e c k e r t, T a m s). Hier steht besonders New Madrid, im Schwemmland des Ohio-Mississippi gelegen, im

²¹ cit. Anm. 16, S. 148—149.

²² cit. Anm. 16, S. 149.

²³ N. H. H e c k, A New Map of Earthquake Distribution. Geogr. Rev. Bd. XXV. New York 1935. S. 125—130.

Zentrum kleinerer abgesprengter Seismen²⁴. Von 1915 bis 1923 gab es in Missouri 20, in Tennessee 27, in Illinois 28 spürbare Beben²¹; auch der relative Häufigkeitswert der Mississippimündung bei Memphis (Paducah) schließt sich südlich an die New Madri der Zone an²⁵.

Bei der Betrachtung der anthropogenen „Soil Erosion“ im besonderen sei bemerkt, daß sie schon bei kleinsten Neigungen und unter jedem Klima, ebenso wie in jeder klimatischen Epoche in Erscheinung tritt. Am stärksten wird sie sich bemerkbar machen in einer niederschlagsarmen, lufttrockenen Umgebung sowohl in Gebieten der Nomaden wie der seßhaften Ackerbauer und Viehzüchter. Seit Auftreten des homo sapiens, des „homo idioticus“ Gillmans, besteht eine ständig fortschreitende „Verwüstung“ von Erdräumen, die G. besonders eindrucksvoll schildert²⁶. Schon um 500 v. Chr. beklagt der Prophet Jeremias die von Menschen verursachte Austrocknung. Wir dürfen kaum fehlgehen, wenn die Waldvernichtung schon kurze Zeit nach Beendigung der Eiszeit durch die Neolithiker einsetzte. So sind die vorderasiatischen und nordafrikanischen Wüsten und Wüstensteppen zu einem großen Teil anthropogen erzeugt; heutige Steppengebiete und Gebiete landwirtschaftlicher Kultur der verschiedensten Zonen waren einst mit Wald bedeckt (Großregionen Nord- und Südamerikas, Chinas, West-, Mittel- und Südeuropas usw.). Der Beginn dieser Zerstörungen liegt allerdings etliche Jahrtausende zurück. Die z. T. selbst anthropogen bedingten Lößgebiete Chinas dürften bereits seit mehr als 5000 Jahren zu einem Erosionsgebiet geworden sein²⁷, während für Nordafrika die Zeit von 4000 bis 5000 v. Chr. eine Epoche entscheidender Wandlungen war, die in Vorderasien noch früher einsetzte²⁸. In den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung mußten die Mayas ihr zweites Reich in Zentralamerika wegen Bodenzerstörung aufgeben. Spanien erlitt eine starke Entholzung während der Kämpfe der Westgoten und Araber, Dalmatien durch die Venezianer bei Anbruch der Neuzeit. In den drei Vierteljahrhunderten (1850—1926) erfolgte die restlose Entholzung des Ostens und mittleren Westens der U. S. A.²⁹.

²⁴ James B. Marelswane, The Mississippi Vally Earthquake Problem. Bull. Seism. Soc. of America. Bd. 20. 1930.

²⁵ A. Sieberg, Erdbebengeographie. B. Gutenberg, Handb. d. Geoph. Bd. IV. Erdbeben, Abschn. VI. S. 930.

²⁶ Clemens Gillman, Die vom Menschen beschleunigte Austrocknung von Erdräumen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. H. 3, 4. Berlin, Mai 1937. S. 81—89.

²⁷ Paul B. Sears, Deserts on the March. University of Oklahoma Press. 1935. S. 18.

²⁸ Walter Knoche, Zur Entstehung der Wüste Sahara. Forsch. u. Fortschr. Nr. 2. 1936.

²⁹ cit. Anm. 27, S. 4, 8. — Dr. Paul K r i s c h e, Landwirtschaftliche Karten. Berlin 1933. S. 20, 21.

War der Brand schon für Nomaden und Jäger ein Mittel, ihre Wirkungszonen auszudehnen, so blieb es dem homo culturalis, zu dem als einem ihrer ältesten Vertreter die Sumerer (oder Protosumerer) gehörten, vorbehalten, mit zwei Erfindungen, der der geordneten Hausviehwirtschaft in Trockengebieten und der der Landwirtschaft in bewässerten, die technische Erosion zu beginnen. Diese setzte also mit den alten Zivilisationen ein. Völkerwanderungen wurden durch Bodenzerstörung verursacht, und mit ihnen mußten somit die anthropogenen Abtragungen und Anhäufungen wandern. Zieht man die Möglichkeit der Auslösung von Schollenbewegungen durch Transporte von Erdkrume in Betracht, so ist daran zu denken, daß diese Auslösungsvorgänge u. U. gleichfalls ihren Ort verändern. So wanderte z. B. die „Soil Erosion“ mit der Verlagerung des Weizenbaues in den U. S. A. nach dem mittleren Westen, Nordwesten und Norden, und zwar in dem kurzen Zeitraum von $3\frac{1}{2}$ Jahrzehnten (1884—1924)³⁰. Es werden, falls bisher nicht bewiesene langjährige Periodizitäten von Beben vorhanden wären, anthropogene Auslösungen diese überlagern³¹. In dieser Überlagerung, einschließlich der zeitlichen Folge, müßte die mit der Vermehrung der Menschheit verbundene, eventuell steigende Frequenz der Seismen enthalten sein.

Schon eine geringe Anzahl von Menschen kann besonders durch Brand, weiter durch Viehhaltung (Zertrampeln, Fraß, besonders bei Überstockung) und Landbau (Pflug) wald-, vegetations- und bodenzerstörend wirken. Selbstverständlich mußte die „Verwüstung“ der Erde mit Vermehrung der Menschheit und der Erhöhung ihrer technischen Kapazität ungeheuer ansteigen. Beim Auftreten des homo culturalis mit noch primitiven Werkzeugen bewohnten nur wenige, gezählte Millionen unseren Planeten, die heute auf über 2000 Millionen, mit einer maschinellen Potenz, die das Individuum vermehrfacht, angewachsen sind. Die rapide Zunahme unserer Zeit im Verlauf von rund $1\frac{1}{2}$ Jahrhunderten sei an einem Beispiel gezeigt: 1790 besaßen die U. S. A. 4 Millionen Einwohner, heute dürfte ihre Zahl 128 Millionen betragen und 1960 auf 140 Millionen, d. i. die 35fache Menge, zu schätzen sein³².

Jedenfalls war und ist heute die Zerstörung der Vegetationsdecke und insbesondere des Waldes der maßgebende Faktor für die anthropogene Bodenveränderung, ohne auf die bereits erwähnte Gewichtslagerung (im wesentlichen Entlastung) durch die definitiv vernichtete

³⁰ Dr. Paul K r i s c h e, Mensch und Scholle. Berlin 1936. S. 30, 31.

³¹ V. C o n r a d, Die zeitlichen Folgen der Erdbeben und Beben auslösenden Ursachen. B. Gutenberg, Handb. d. Geoph. Bd. IV. Erdbeben, Abschn. VII, S. 1180.

³² cit. Anm. 27, S. 94—98.

Pflanzenwelt an sich einzugehen. Übrigens wird das Gewicht eines Waldes durch die Nachfolgevegetation, sei diese Wiese, Savanne, Steppe oder Kulturland, nur zu einem minimalen Anteil ersetzt. Nimmt man an, daß seit 10.000 Jahren etwa die Hälfte bis zwei Drittel des damals vorhandenen Waldes bis zur Gegenwart zerstört wurden³³, so wäre bei einer Entlastung der entwaldeten Gebiete um ein nicht geringes Gewicht eine fast entsprechende Belastung der Weltmeere (kohlenaurer Kalk + Wasser) eingetreten. Hierbei ist nicht außer acht zu lassen, daß die pflanzliche Materie bis zur Wandlung in eine neue Vegetationsform oder bis zur völligen Zerstörung ständige Regenerationen aus Boden und Luft erfährt. So führen in langem Zeitablauf Rodungsbrände zu einer steten Bodenabtragung in Richtung zum Ozean. Es handelt sich um Tausende von Millionen Tonnen, die anthropogen durch Vegetationszerstörung, seit dem Neolithikum, dem Meere zugeführt wurden. Macht sich schon der jährliche Vegetationswechsel auf der Erde (mit 1—2 gr/cm² sommerlicher Belastung gegenüber dem Winter)³⁴ in der Polschwankung merkbar, so muß die anthropogen gerichtete Beseitigung, resp. Verschiebung der Vegetation, zu der heute die Umlagerung der fossilen Vegetation (Industriebrand) im gleichen Sinne tritt, eine anthropogene Beeinflussung der Polschwankung und ihrer Folgen als fast sicher erscheinen lassen.

Der bekannte Zusammenhang zwischen der Bodenabspülung wird von Troll³⁵ kurz und treffend zusammengefaßt: „Das Phänomen der ‚Soil Erosion‘ setzt ein nach der Zerstörung der Vegetation und des Humusgehaltes des Bodens. Die Wasserfassungskraft des Bodens ist verringert, ein größerer Teil des Niederschlages fließt oberflächlich ab, ein geringerer kommt zur Versickerung. Absenkung des Grundwassers, oberflächliche Bodenabspülung und Bildung von wild zerrunstem Gelände (badland) ist die Folge. Das führt zum Wechsel der Kulturlächen, ja sogar zur Verlagerung der Wohngebiete.“

So besteht auch heute die Wanderung der Transporte von Lösungen und Suspensionen, auf welche bereits als historisches Faktum hingewiesen wurde. Im ostafrikanischen Turuland (Troll, Gillman) war das Gelände auf deutschen Karten, d. h. vor rund 25 Jahren, mit Temben der Eingeborenen dicht übersät, während es jetzt völlig verlassen und in Unland verwandelt ist. Auf der anderen Seite sucht der schwarze Hackbauer mit Sorgfalt, wo in den feuchten Gebieten noch unzerstörter Waldboden zu finden ist, um Wald und Busch zu schlagen und dort Hirse- und Maisfelder anzulegen, welche nach den nordameri-

³³ cit. Anm. 17, S. 234.

³⁴ Harold Jeffreys, *The Earth*. Cambridge 1929. S. 243.

³⁵ Dr. C. Troll, *Das deutsche Kolonialproblem*. Berlin 1935. S. 20—22.

kanischen Untersuchungen in unerhörtem Maße die Erosion begünstigen. Das Resultat dieser Wirtschaft, ohne Düngung und Schattenbäume, ist ein immer weiteres Umsichgreifen des Sekundärbusches. Auf humusreichen, alten Waldböden, die der Sonne ausgesetzt werden, bilden sich saure Trockentorfböden, auf denen sich Adlerfarn und bestimmte Sträucher ansiedeln. Weite Teile der feuchten Waldgebirge zeigen heute in Ostafrika diese zerstörende Tätigkeit der Eingeborenen unter der „pax britannica“.

Was aber für das Turuland gilt, gilt für ausgedehnte Gebiete in Tanganyka und Kenya, gilt für Belgisch-Kongo und Rhodesien, für das Basutoland und Madagaskar, kurzum Ost- und Südafrika überhaupt. Die Sahara rückt gegen Nord-Nigeria und Französisch-Westafrika vor, und zwar schätzungsweise während der letzten 300 Jahre mit 1 km/Jahr (M. A. de Loppinot); so erscheint es durchaus erklärlich, daß noch zur römischen Zeit Wald nordwärts bis Khartum reichte und das Hinterland von Karthago zu einem höchst fruchtbaren Gebiete gehörte. In Westafrika droht heute auch vom Süden her Verwüstung; wo z. B. der Regenwald der Goldküste durch Kakaopflanzungen ersetzt wurde, leiden diese bereits unter lokaler klimatischer Austrocknung³⁶.

Überall handelte es sich, und handelt es sich heute in steigendem Maße um die Vernichtung der pflanzlichen Schutzdecke des Bodens und der danach einsetzenden erschreckenden Erosion, der Umwandlung stetig fließender Flüsse in Wildströme und sonstige Folgen. Ob als Ursache Entwaldung, Groß- und Buschbrände, intensiver Acker- und Plantagenbau, ob Überstockung und in ausgedehnten Zonen Ziegenfraß in Frage kommt, ist schließlich gleichgültig. Nur zu wahr ist aber das Wort: „Ill fares the land, to hastening ills a prey, When goats accumulate and men decay“ (Goldsmith). Jedenfalls wurde der afrikanische Urwald mit vollem Recht als ein „Relikt seiner selbst“ bezeichnet (L. Lavauden), und auch Europa ist ein Kontinent derartiger Relikte. Nur etwa 10% Afrikas sind noch wirklich waldbedeckt; es sollten mindestens 30% sein, um die Wasserversorgung und Bodenerhaltung zu garantieren³⁷.

Nicht zu vergessen ist, daß das Baum- und Bodenproblem nicht nur in vorkolonialer Zeit bestand, sondern überhaupt begann, seit Hamiten und Neger in den schwarzen Kontinent einwanderten. Es wirken hier bereits Jahrtausende an der Umformung der Wald- in eine Kulturlandschaft, resp. in mageren Sekundärwald, nur daß die Kurve der Vernichtung bei zunehmender Bevölkerung immer steiler sich dem Endpunkt

³⁶ R. S. Troup, School of Forestry, Oxford. Soil Erosion. Times, 17. Juni 1937.

³⁷ Elspeth Huxley, Making Deserts. Times, 10., 11. Juni 1937.

der absoluten Zerstörung nähert. Dabei dringt, nachdem die Gebiete der Ebene erschöpft sind, der Mensch immer weiter, auch in die Rückzugsgebiete der Baumvegetation ein, d. h. in die Bergwälder, an deren Hängen und in deren Tälern die Abtragung, und entsprechend an ihrem Fuß oder in weiterer Entfernung die Anhäufung eine besonders intensive ist.

Ist auch Afrika zum größten Teil ein bebenfreies Gebiet, so bietet es als Kontinent im ganzen eines der großartigsten Beispiele von nicht geringer anthropogener Bodenveränderung. Doch finden sich, abgesehen von Kleinbebenherden im Atlas, in der zentralen Sahara, in ausgedehnten Teilen Westafrikas, Groß- und Weltbebenherde von der Nilmündung bis Südafrika, besonders in der breiten Zone des Grabenbruches und seiner Umgebung, bei denen eine zusätzliche menschenbedingte Auslösung in Frage kommt.

In manchen Kordillerentälern Mittel- und Südchiles hat eine Rückwärtsverlagerung der Baumgrenze in einem Maße stattgefunden, daß sie heute 200 m höher liegt als vor zwei bis drei Jahrzehnten. Dabei geschieht dieser Vorgang oft auf vulkanischen Aschen stärkster Erosionsfähigkeit und bei reißenden Flüssen mit einer Entfernung der Mündung von nur rund 100 km vom Quellgebiet. Im bebenreichen Indonesien hat Java in dem letzten Jahrhundert eine fast radikale Entwaldung erlitten, im Gegensatz zu dem benachbarten Sumatra, wo der Prozeß erst in den allerletzten Jahrzehnten eingesetzt hat — stets zugunsten verderblicher Monokulturen. Java war das Vorzugsgebiet holländischer Fürsorge und vermehrte so seine Bevölkerung von 16 Millionen Einwohnern im Jahre 1870 auf 42 Millionen Einwohner im Jahre 1930; hier haben wir eines der vielen Beispiele des Einflusses politischer Vorgänge auf geophysikalisches Geschehen.

Näher zu uns liegen Gebiete, die in der Vor- und historischen Zeit zu Steppen wurden, und wo die Versteppung weitergeht. Die russische Schwarzerdezone des Don- und Wolgabeckens wird durch Windversandung von Jahrzehnt zu Jahrzehnt stärker bedroht; die Wolga und ihr Nebenfluß Kama sedimentieren von Jahr zu Jahr steigende Sandmengen. — Selbst in Deutschland nimmt die Versteppung zu, sei es als Folge der Vernichtung von Hecken- und Feldgehölz oder technischer Wasserregulierung oder auch durch die Verlagerung landwirtschaftlicher Erzeugung nach dem trockeneren Osten. Das gleiche gilt für ausgedehnte Gebiete Jugoslawiens, wo bereits Dörfer wegen der sich ständig mehrenden Hochwasser geräumt werden mußten³⁸.

³⁸ Alwin Seifert, Die Versteppung Deutschlands. Deutsche Technik. Berlin, Sept. u. Okt. 1936.

Die Wandlung der Urlandschaft in die Kulturlandschaft muß nun, abgesehen von der Entlastung durch die Vegetation, eine weitere Entlastung durch oft rapides und bis zu mehreren Metern betragendes Absinken des Grundwasserspiegels in den verschiedensten Teilen und über weite Zonen der Erde erfahren. Bei der Verlagerung des Grundwassers wirken übrigens in den Ländern der Hochzivilisation Industrie und Großstadt durch verstärkte Wasserentnahme, bei nur teilweiser Reversibilität, in hohem Maße mit. — Im Punjab beispielsweise stieg das Grundwasser von $7\frac{1}{2}$ m bei dichter Vegetation in einer geschützten Reserve auf $4\frac{1}{2}$ m³⁹. Absinken von Grundwasser um hohe Beträge, ja völliges Verschwinden über ausgedehnten Erdgebieten innerhalb der historischen Zeit und selbst in den letzten Jahrzehnten können als Regelfall betrachtet werden, selbst wenn daneben anthropogenes Ansteigen (eventuell Versumpfung) keinesfalls fehlt. Der Mensch hat bei den Großklimaschwankungen verschiedener Perioden besonders entscheidend in den trockeneren Epochen eingegriffen, ohne daß seine Tätigkeit in den feuchten zur Ruhe kam. Die Vegetation verschiedenster Form hat so innerhalb der letzten 10.000 Jahre Änderungen durch Großklimaschwankungen nach dem trockenen oder feuchten Typus hin erfahren, aber sie wäre über Großzonen nicht verschwunden, hätte keine derartigen Wandlungen erfahren, wenn nicht der homo sapiens, besonders sein Typus „culturalis“, umstürzend in die Biotope eingegriffen hätte.

Nimmt man an, daß von den 149 Mill. km² Festland nur ein Drittel, also rund 50 Mill. km², ein Absinken des Grundwassers seit dem Neolithikum von im Mittel 1 m erfahren haben, bei einer mittleren Porosität von 30%⁴⁰, so betrüge die Entlastung über den entsprechenden Teilen der festen Erdoberfläche rund 15 Mill. km³; das entspricht größenordnungsmäßig (nach neueren Schätzungen A. Pencks) der Abschmelzmenge des Eises während seiner letzten Rückzugsperiode.

Die Summation von Vegetationsvernichtung, Absinken des Grundwasserspiegels und Abspülung von Humus- und Verwitterungsschichten, die, soweit unsere Zeitepoche, seit Auftreten des homo culturalis, zu einem sehr großen Teil Menschenwerk sind, müssen als im gleichen Sinne, und zwar vorzüglich gegen das tiefste Denudationsniveau gerichtete Transporte, nicht nur anthropogen beeinflusste Pol-, resp. Erdachsenschwankungen, sondern auch eine Deformation des Geoids und damit verbunden, bei geeigneter Schollenlage, Ausgleichsbewegungen im Sinne der Isostasie bewirken. Hiermit gewinnt die anthropogene Auslösung von Seismen in tektonisch-morphologisch-klimatisch prädisponierten Zonen der Erdoberfläche eine noch größere Wahrscheinlichkeit.

³⁹ H a n n - K n o c h, Handb. d. Klimatologie. Bd. I. Stuttgart 1932. S. 200.

⁴⁰ K. K e i l h a c k, Lehrb. d. Grundwasser- u. Quellenkunde. Berlin 1935. S. 90.

Um die Anthropogenität der hier behandelten Frage zu verdeutlichen, seien einige Zahlenbeispiele gegeben, besonders über die Größe der Lösung und Erosion.

Wenn auch Lösungsvorgänge nicht dieselbe Bedeutung haben wie das Wegführen von Suspensionen, so sind die durch die Menschen verursachten Salzverluste des Bodens keineswegs zu unterschätzen. Im Great Basin (Utah) betrug das Trockengewicht von Weizen, der auf nichterodiertem Boden kultiviert wurde, 12'1 lb., auf erodiertem hingegen nur 5'5 lb. Der N-Gehalt nichterodierter Böden war 0'38%, der erodierter 0'04%. Der Stickstoffanteil hatte sich also auf etwa ein Zehntel des ursprünglich vorhandenen erniedrigt⁴¹.

Lösungsvorgänge als Ursachen von Einsturz- oder Auswaschungsbeben in verkarsteten Gebieten sind zu einem Teil als anthropogene zu buchen. Hat auch die Karstlandschaft ihre eigene morphologisch-tektonische Geschichte⁴², so stammt doch im nackten Karst, dem selbst ein verwitterter Bodenbelag fehlt, das Wasser, welches seine Trockentäler erodiert, aus nichtverkarsteten Nachbarräumen⁴³ (Karst-Auswaschungsbeben).

(Fortsetzung folgt.)

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der „Vilibrord Snellius“-Expedition 1929–1930.

Von Hanns Tollner, Wien.

In den Jahren 1929–1930 hatte das holländische Vermessungsschiff „Vilibrord Snellius“ die Meeresgebiete des östlichen Teiles von Niederländisch-Ostindien befahren und in vielen Kreuzfahrten eingehende ozeanographische, biologische und meteorologische Untersuchungen betrieben. Das engere Forschungsgebiet lag zwischen 12° Süd und 10° Nord und zwischen 113° und 134° Ost. Der Leiter der Expedition war P. M. van Riel, der Direktor der Abteilung für Ozeanographie und maritimen Meteorologie am königl. niederländischen meteorologischen Institut. Die Kosten der Unternehmung wurden vom holländischen Staat und von Mitgliedern der königlichen Familie und privaten Kreisen aufgebracht.

Die Ergebnisse der Meßfahrten der „Snellius“ sind — ausgenommen die meteorologischen — 1937, also verhältnismäßig spät erschienen¹. Sie sind in drei

⁴¹ R. Maclagan-Gorrie, The Use and Misuse of Land. Oxford Forestry Memoirs. Oxford 1935. S. 46.

⁴² cit. Anm. 2, S. 492 ff.

⁴³ H. Lautensach, Allg. Geographie. Gotha 1926. S. 218.

¹ The Snellius-Expedition in the eastern part of the Netherlands East-Indies 1929–1930. E. J. Brill, Leiden 1937.

Vol. I. Chapter I. P. M. van Riel, Programm of Research and Preparations. Chapter II. F. Pinke, The Expeditionary Ship and the Naval Personnels Share

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1939

Band/Volume: [82](#)

Autor(en)/Author(s): Knoche Walter

Artikel/Article: [Über die Möglichkeit anthropogener Auslösung von Seismen. 5-20](#)