

Über die Möglichkeit anthropogener Auslösung von Seismen.

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

(Fortsetzung und Schluß.)

Auf die vom Menschen bewirkte tief einschneidende Erosion wurde bereits hingewiesen. So will es wenig besagen, daß **Lyell** auf abgeholztem Tonboden binnen 20 Jahren eine Schlucht von 17 m Tiefe ausgearbeitet fand. Verfasser konnte in Rodungen Südchiles, die auf leicht geneigten Abhängen lagen, nach einem einzigen Regenguß „Regenrillen“ von 5 m Tiefe bei etwa 20 m Länge feststellen. Maßgebend für die Tiefenerosion ist an erster Stelle das Gefälle, das z. B. durch künstliche Abkürzung von Flußläufen gesteigert wird. Wildbäche, resp. Torrentes, die gerade nach Entwaldung vorzüglich in etesialen Gebieten zur Ausbildung kommen, ja eigentlich erst durch sie entstehen und demnach Menschenwerk sind, zeigen in ihrem Oberlauf stärkste Erosion, der eine entsprechende Akkumulation mit mehr oder weniger steilen Schutt- oder Schwemmkegeln im Unterlauf entspricht. Solche Bäche können bei heftigem Niederschlag bis zu drei Vierteln Materialgewicht im Verhältnis zur Wassermenge transportieren. Wie die Waldverwüstung sich auswirkt, zeigt das Beispiel der Schwemmwässer im Oberlauf des Arno während der ersten sieben Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts (**Uzielli**). Ihr zunehmendes Verhältnis war: 1 : 4 : 7 : 6 : 10 : 17 : 20! Selbst im Norddeutschen Tiefland betrug der oberflächliche Abfluß eines Terrains von 10° Neigung (**Wollny**) für Gras 1'2, für nackten Boden 3'1. Wie gering ist dagegen der Abfluß in einem Bergwalde mit hoher Moosdecke und dichtem Unterholz, wo jeder Sturzregen sich in Riesregen verwandelt⁴⁴. Für die Auswaschung eines Terrains genügt eine sehr geringe Neigung, bis zu 1% herab. Die wahre Erosionsterminante ist eine Kurve von so minimalem Gefälle, daß die Energie des Flusses gerade noch ausreicht, um durch Überwindung der Reibung das Fließen zu ermöglichen und die gelösten und suspendierten Stoffe zu verfrachten⁴⁵. Andererseits ist die Erosionsgeschwindigkeit etwa dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit proportional. Fällt die Schwammwir-

⁴⁴ cit. Anm. 39, S. 199/200.

⁴⁵ cit. Anm. 2, S. 188, 193.

kung einer die Ströme begleitenden Vegetationsdecke weg, so wird die Strömungsgeschwindigkeit, vorzüglich nach Güssen, und damit die Verfrachtung ansteigen. Dann würde die Erosionsterminante anthropogen schneller erreicht, falls — in den Zonen geotektonischer Bereitschaft — nach Auslösungen zur Herstellung der Isostasie die Auslösungsmöglichkeiten selbst seltener werden. Es könnte dann sogar ein Abebben der Seismen eintreten. Andererseits würde der starke Gegensatz zwischen Entlastung oben und Belastung unten bei jungen Faltengebirgen, die noch im Aufsteigen begriffen sind, u. U. eine Neubelebung des Aufstieges bewirken. Dieser Eingriff in das morphologische Geschehen, vielleicht sogar die Orogenese, wäre dann ebenso als ein z. T. anthropogenes Ereignis zu betrachten wie die Belebung der Erosion selbst.

Im vorhergehenden wurden Beispiele über die gelösten Mengen und Suspensionen einiger Flüsse (Donau, Nil, Mississippi) und über durch sie bedingte Landerniedrigung u. a. m. angeführt. Alle diese Verhältnisse beziehen sich auf Messungen unserer Zeit, d. h. zum allergrößten Teil auf Kulturlandschaften, welche seit Jahrhunderten, z. T. Jahrtausenden bestehen. Die genannten Flüsse würden nur Bruchteile an Material verfrachten, wären ihre Ufer und die ihrer Nebenflüsse noch mit Urwald bedeckt. Umgekehrt würde der Amazonas, obwohl seine Suspensionen teilweise bereits entwaldeten Gebieten entstammen, ein Vielhundertfaches an Sedimenten ins Meer abführen, wenn sein gesamtes Einzugsgebiet gerodet und der Kultur erschlossen wäre. Seine Wasser sind relativ rein, weil sie noch zum größten Teil durch die echte Hylaea führen.

Wie außerordentlich groß die Erosion durch den Einfluß des Menschen wird, mögen einige Beispiele zeigen. Die angegebenen Werte sind keineswegs extreme, da nur geringe Neigungen des Terrains in Frage kommen. Die Vergleichsgrundlage dabei ist nicht einmal Wald, sondern Alfalfa. Setzt man Alfalfa gleich 1 als Erosionswert ein, so würde dieser Wert für eine urwaldbedeckte Fläche praktisch fast 0 werden, ja häufig wird Akkumulation erreicht.

Es sind die landwirtschaftlich-technischen erosionsbedingten Bodenverluste der Versuchsstation Bethany (Mo.) (1931) die folgenden⁴⁶: Alfalfa 0·4 t/acre, Gras 0·9 t/acre, Wechselwirtschaft 15 t/acre, Mais 85·2 t/acre, Brachland 108·4 t/acre + 71·9 t Tiefenerosion. Bezeichnen- derweise verursachten von 70 Niederschlägen weniger als die Hälfte, nur 31, Bodenverluste, unter diesen 8 von stärkerem Ausmaß; ein einziger Gußregen brachte 19·5 t von 85·2 t der Maisfelderosion.

⁴⁶ H. H. Bennet, The quantitative study of erosion technique and some preliminary results. The Geogr. Rev. Bd. XXIII. New York 1933. S. 423 ff.

Für Texas (1931) gelten die folgenden Werte: Gras 0·5 t/acre, Brache 14·9 t/acre, Baumwolle 17·2 t/acre, Baumwolle und Mais gedüngt 46·5 t/acre Tiefenerosion, Baumwolle gedüngt 58 t/acre Tiefenerosion, Baumwolle ungedüngt 60·2 t/acre Tiefenerosion. In den Blackland Prairies (Tex.) war sogar seit der Zeit, in der Land (83% der Gesamtfläche) unter Kultur genommen wurde, d. s. 35—40 Jahre, der Bodenverlust nahezu 2600 t/acre. In diesem Gesamtgebiet werden jährlich 200—250 Mill. Tonnen erodiert.

Maisländereien von 8% mittlerem Hangabfall im Missouri, Iowa, Nebraska, Kansas ergaben im Mittel eines Jahres⁴⁷: Alfafa 0·2 t/acre, Gras 0·3 t/acre, Mais 60 t/acre, nackter Boden 112 t/acre.

In NE-Kansas wurden 1200 t/acre/Jahr und an einem Fluß in Kalifornien reichlich 6 m Material im Verlauf von 15 Jahren abgesetzt. Ein Fluß in Wisconsin, der normal 1 t Schweb verfrachtet, erreicht nach der Verwüstung der letzten Dezennien, bei schweren Güssen, Stundentransporte von nahezu 9000 t⁴⁸!

Die mittlere Tiefe des Bodens in den U. S. A. beträgt etwa 18 cm, deren Bildung Tausende von Jahren benötigte. Der Mensch zerstört diesen Aufbau in kürzester Zeit, selbst wenn die Bodentiefe in anderen Gebieten, wie im immergrünen Tropenwald, eine größere ist. Mit Recht wird behauptet, daß die klimatischen Fluktuationen gegenüber den anthropogenen Einwirkungen nur die Bedeutung einer „Contributory Cause“ besitzen. Dies gilt besonders für die Trockengebiete der Erde, in denen stärkere Niederschläge bei Verlust der natürlichen Vegetationsbedeckung besonders gefährlich sind, obwohl die Feuchtigkeitsgebiete keineswegs dem Eingriff des Menschen entgehen⁴⁹.

Zur Abtragung von 18 cm verschiedener Arten von bebauten Lehm- und Tonböden werden nun im Verhältnis zu solchen mit einer Grasdecke Zeiten benötigt, wie sie die Tabelle zeigt; hierbei ist zu bemerken, daß für Urwald diese Zeiten im Vergleich zu Gras weit höher wären.

					t/acre/Jahr
Baumwolle	North Carolina	76 Jahre, Gras	464 Jahre; Verlust	11·9—18·2	
„	Arkansas, Louisiana,				
	Texas	57 „ „ „	2.010 „ ; „	9·9—21·9	
„	Oklahoma	68 „ „ „	26.621 „ ; „	14·6—20·0	
Mais	Missouri, Columbia	8—50 „ „ „	3.283 „ ; „	85·2—105·8	
Kaffernkorn	Kansas, Nebraska	58 „ „ „	246.250 „ ⁵⁰ .		

Die in der letzten Spalte angegebenen Abtragungen sind je nach dem Hangabfall (5—8½%) kleiner oder größer, bei Verlusten von

⁴⁷ cit. Anm. 41, S. 66.

⁴⁸ cit. Anm. 37.

⁴⁹ cit. Anm. 41, S. 43—45.

⁵⁰ cit. Anm. 46, S. 428.

16 t/acre für Baumwolle und 85 t für Mais. Grasland in North Carolina hatte gegenüber vegetationslosem Land unter sonst gleichen Bedingungen einen 415mal geringeren Erosionsbetrag⁵¹. In Central-Missouri gingen im Jahr bei 894 mm Niederschlag und 4% Neigung 41 t verloren, d. h. 18 cm Boden werden hier in 24 Jahren abgespült, während Gras eine 137mal längere Zeit benötigen würde. Daß schon recht geringe Neigungen des Bodens stärkste Verluste ergeben, zeigt Spur (Tex.), wobei 2% Hang und 686 mm Regen/Jahr 40 t/acre/Jahr abschwemmten.

Ist auch die Erosion abhängig vom Klima, von der Neigung des Bodens, seinem physikalischen Charakter, der Vegetationsdecke, so treten doch all diese Faktoren erst dann in volle Wirksamkeit, wenn die künstliche Bodenveränderung einsetzt. Neben der Landwirtschaft hat auch in den U. S. A. Vieh durch Überstockung diese Bodenveränderung hervorgerufen, wie beispielsweise die Schafherden in den Trockengebieten von Utah⁵². Ähnliche Verhältnisse zeigen sich im Colorado-Flußgebiet (Neu-Mexiko) innerhalb der Navajo-Reservation, bei einem über das Jahr verteilten Niederschlag von 508 mm. Hier lebten 1868 in einem mit *Pinus edulis* und *Juniper* bewaldeten offenen Hügelland 8000 Indianer. Zur Zeit der spanischen Conquista gab es hier ausgezeichnete Grasländer für Rinder-, Schaf- und Ziegenzucht. Noch vor 20 Jahren wurde gutes Heu geerntet und verkauft. Nachdem aber bei einer Vermehrung der Menschen auf 47.000 das Vieh auf 1 Million Stück angestiegen war, war das Land durch Übergrasen, vorzüglich aber durch den Ziegenfraß zerstört und die Bevölkerung dem Verhungern nahe. Selbst das geringe bewässerte Farmland wurde unbrauchbar, da ein Berieseln bei verstärktem Abfluß durch das Einschneiden der Hügelflanken kaum noch möglich war. In einer benachbarten staatlichen Waldreserve hingegen war irgendein Fortschreiten der Erosion nicht bemerkbar. Durch Überstockung mit Schafen gingen während eines Jahrzehnts allein in Südaustralien mehrere Millionen acres in vegetationslose Wüste über.

Eine Vermehrung der Büffel, verbunden mit Eintritt wandernder Ziegenherden als Folge der Befriedung einer rasch steigenden Bevölkerung, verursachte in den Punjab-Siwaliks bei 1016 mm Niederschlag die völlige Verwüstung eines dichten Waldlandes. Fällen von Bäumen und jährlich angelegte Feuer wirkten bei dem Prozeß mit, welcher 1879 einsetzte. Heute beträgt das Gebiet, völlig steriles, sandiges „chos“, mit 50.000 acres mehr als das Doppelte als im Jahre 1852. Im gleichen Klima und in unmittelbarer Nachbarschaft haben 70jährige Waldreser-

⁵¹ Elspeth Huxley, The Menace of Soil Erosion. Journ. of the R. African Soc. July 1937. S. 364.

⁵² H. H. Bennet, The Geographical Relation of Soil Erosion to Land Productivity. The Geogr. Rev. Bd. XVIII. New York 1928. S. 184 ff.

ven das Land völlig geschützt⁵³. Übrigens wurden ganz entsprechende Bodenverwüstungen auf einem Gebiete weit größeren Umfanges unter der pax britannica im Basutolande innerhalb einiger Jahrzehnte als Folge von Überstockung beobachtet: Wald, Weide, Abtragung der Vegetationsdecke, Erosion. Die Beispiele ließen sich für alle Großzonen der Erde beliebig vermehren.

Der normale Erosionsprozeß ist, was ausdrücklich im Zusammenhang mit dem behandelten Thema betont werden muß, in allen Klimaten, nicht nur in den feuchten, sondern auch in den intermediären und ariden ein außerordentlich langsamer: Aufbau ist betonter als Abbau. Selbst eine partielle natürliche Pflanzendecke verringert die Erosion sogar in Trockenklimaten zu einem zu vernachlässigenden Faktor. Erst die Vernichtung der Grasnarbe, sehr oft schon die zweite Phase nach der Waldvernichtung durch Feuer, sei es im Weidebereich durch Zertrampeln und Fraß oder in der landwirtschaftlichen Kultur durch Pflügen (Tiefpflügen), bewirkt das Einsetzen ausgedehnter Flächenerosion, wobei die Gesamtfläche abgewaschen und weggetragen wird und der Abtragungseffekt sich ebenso an den kleinsten Runzeln der Hänge wie an den Flüssen bemerkbar macht. Oft werden dann durch Ablagerungen die Uferwälder vernichtet.

So ist es nicht zu verwundern, daß in den U.S.A 100 Mill. acres Kulturland ruiniert und an 500 Mill. acres bereits in Mitleidenschaft gezogen wurden, und daß die Erosionsschäden für 415 Mill. acres unreservierter öffentlicher Ländereien auf 40—90% anzusetzen sind. Ange nähert sind also in den U.S.A. 3 Mill. km² von dem anthropogenen Abtragungs-Ablagerungsprozeß betroffen⁵⁴. Bennett kommt für Teilgebiete zu ähnlichen eindrucksvollen Zahlen: in der ausgedehnten westlichen Piedmont Region wurden, bei einem Areal von 186.000 km², abgewaschen und verwüstet 67.000 km², und von dem ursprünglichen Getreideland fielen etwa 644.000 km² dem gleichen Prozeß anheim. Größenordnungsmäßig betrug der Bodenverlust in den Baumwollgebieten der U.S.A. als Folge technischer Erosion 10.000 t/km².⁵⁵ Als Beispiel aus einem anderen Kontinent sei noch erwähnt, daß in der südafrikanischen Union die anthropogene, also als Folge der Waldzerstörung bedingte Bodenbewegung auf 187 Mill. Tonnen angegeben wird⁵⁶. Jedenfalls handelt es sich auf der Erde um Volumenwerte, welche auf Kubikmeter der Größenordnung nach zu schätzen sind. Zur Illustration des Rodungs-

⁵³ cit. Anm. 41, S. 41, 42.

⁵⁴ cit. Anm. 41, S. 37 ff.

⁵⁵ cit Anm. 52, S. 423 ff.

⁵⁶ C. W. H o b b y, Soil Erosion. A Problem in Human Geography. The Geogr. Journ. Bd. 82. 1933. S. 139 ff.

effektes in einem relativ beschränkten Gebiet sei noch angegeben, daß ein geschlossener Urwaldstrom im Staate Rio de Janeiro 18 g/m²/Jahr an Schweb mit sich führte, der Muriahé, ein Fluß aus altem Siedelgebiet mit einem Einzugsgebiet von 28.000 km² hingegen 59 g. Er verfrachtet jährlich 15 Mill. Tonnen Suspensionen. Es wurde hier bei 1700 mm Niederschlag (170 Regentage) ein Urwaldboden bis zu 5 m Tiefe in reichlich 150 Jahren an vielen Stellen vollkommen weggeführt⁵⁷!

Wurde bisher der fast unermessliche Einfluß des Menschen an verschiedenen Beispielen an dem gerichteten Prozeß der feuchten Erosions-Sedimentation betrachtet, so ist der teilweise gerichtete, auf jeden Fall größte Massen verlagernde Vorgang der Denudation und Seigerung einerseits und der Ablagerung (Dünenbildung, Transport ins Meer usw.) andererseits durch den Wind keineswegs zu unterschätzen. Der Einfluß des Menschen auf die Bewegungsstärke der Luftbewegung (Aufhören der Bremsung, Bodenerwärmung nach Vegetationsvernichtung), ebenso wie auf die Vorbereitung zum Transport der mitgeführten Suspensionen sind besonders drastisch in den U. S. A. während der letzten Jahre in Erscheinung getreten; stärkere Winde zumal bedingen größere Kontraste zwischen Denudation und Akkumulation als schwächere⁵⁸. Ein einziger Sturm konnte ausgetrockneten Boden um eine Pflugtiefe verfrachten⁵⁹.

In weniger als 15 Jahren wurde durch Winderosion Land des mittleren Westens der U. S. A. völlig zerstört. Dabei gehören die Great Plains nur zu den semiariden Zonen der Erde. Übergrasen durch Vieh der Weideländereien und Durchbrechen der pflanzlichen Schutzdecke durch Tiefpflügen verursachten einen ähnlichen Prozeß wie die humide Erosion, zunächst in den stabilen Sandböden, später nach allmählicher Verpulverung in den schwereren Böden⁶⁰. Denkt man an den mit Aschen (Savannenbrände) und Quarzkörnern beladenen Harmattan des Sudans (H. Hubert) und an den Passat der Wüste, der auf den Atlantik herausstreicht, nachdem Wüsten und Wüstensteppen im großen Ausmaße anthropogen entstanden sind⁶¹, so kann man annehmen, daß sowohl Einflüsse der Erdachsenveränderlichkeit wie auch gelegentlich als weitere Folge seismische Auslösungen durch Ent- oder Belastung isosta-

⁵⁷ F. W. Freise, Beobachtungen über den Schweb einiger Flüsse des brasilianischen Staates Rio de Janeiro. Zt. f. Geomorphologie. Bd. V. 1930. S. 241—244.

⁵⁸ Major R. A. Bagnold, The transport of sand by wind. The Geogr. Journ. May 1937. S. 422.

⁵⁹ Der amerikanische Boden. Köln. Ztg., 19. Juni 1937.

⁶⁰ Lois Olson, Migration and Economic Opportunity in the Great Plains. The Geogr. Rev. Bd. XXVI. 1936. S. 672.

⁶¹ cit. Anm. 1, S. 244.

tisch labiler Gebiete mit entsprechend gerichteten Schollen durch z. T. menschenbedingte Massenverlagerung des Sandes zustande kommen können. — Selbst Lößbildung könnte bei fortschreitender Verwüstung gelegentlich anthropogenen Ursprung haben. Hierbei dürfte nicht allein die Vernichtung der Pflanzenwelt in der Zone der Seigerung, sondern auch in der der Akkumulation eine Rolle spielen.

Wenn bisher Lösung, Erosion, Sedimentation und Ablagerung durch das fließende Wasser sowie Verlagerung durch den Wind erörtert wurden, und zwar in Hinblick auf Veränderungen, welche der Mensch an der Erdoberfläche durch sein Eingreifen bewirkte, so besteht weiter die Möglichkeit, daß die atmosphärischen Elemente an sich, wie Wind, Temperatur, Verdunstung, Luftdruck, durch dieses Eingreifen Veränderungen erfahren, und somit als indirekte anthropogene Faktoren ihrerseits wiederum verändernd auf Abtragung und Akkumulation einwirken. Weiter aber könnten u. U. veränderte meteorologische Verhältnisse selbst, durch stärker betonte Verschiedenheit in Ent- oder Belastung, seismisch auslösend wirken, zumal diese Einflüsse an sich bestehen. In dieser Hinsicht seien zunächst Luftdruck, Wind und Temperatur behandelt.

Bodenunruhen durch Stürme oder die durch sie verursachte verstärkte Brandung (resp. beeinflusste Ebbe und Flut) sind längst bekannte Phänomene (Galitzien, Klotz, Linke)⁶². Da der Wind weitgehend durch die Vegetation, besonders Wald, stark gebremst wird, müßte zum mindesten die direkte Einwirkung heftiger Winde auf die seismische Unruhe in einem entwaldeten Lande (Aufkommen von Talwinden⁶³) ganz anders verlaufen als in einer Landschaft im Naturzustande. Man möge bedenken, welchen Anblick West- und Mitteleuropa zum Beginn unserer Zeitrechnung boten, oder das heute fast völlig verwüstete Spanien, wo nach römischen Berichten ein Eichhörnchen von den Pyrenäen bis zu den Säulen des Herkules von Baum zu Baum hüpfen konnte. Weiter muß notwendigerweise eine lokale Versteifung der Winde überall da stattgefunden haben, wo nach Vernichtung des Waldes oder der Vegetationsdecke die Bodentemperatur eine erhebliche Zunahme erlitt; dies würde bezüglich der Seebrise für höchst ausgedehnte Küstensäume, ganz besonders der an sich wärmeren Zonen, gelten. In diesem Sinne könnte auch anthropogene Dünenbildung einmal von dem entnarbten Boden her ebenso wie durch die Verstärkung der Luftbewegung entstehen oder befördert werden (Belastung, eventuell auch wandernde Belastung).

Im Grunde werden Veränderungen der Temperatur, resp. der Bodentemperatur nach Zerstörung der Vegetation oder Denudation der

⁶² cit. Anm. 4, S. 306, 307.

⁶³ cit. Anm. 38.

Humusschicht die Ursache für eine Verstärkung lokaler Winde sein. Denkt man großräumig, und würde man beispielsweise vor einigen Jahrtausenden ein im großen und ganzen mit Urwald bedecktes Vorderindien, Hinterindien und Ostasien (China) und ein Zentralasien mit weit dichterem Pflanzenkleide und sogar Wald gegenüber dem heutigen Zustand ansetzen, so müßten sich die Monsune in der bestehenden Klimaepoche, zum mindesten um einen gewissen Betrag, anthropogen verändert haben, und zwar unter Vertiefung besonders des sommerlichen Luftdruckes mit entsprechender Verstärkung des Windes. Seit einigen Jahrtausenden nimmt die Vegetationslosigkeit Afrikas, noch heute und beängstigend fortschreitend, zu. So schmelzen die Wälder der Westküste von zwei Seiten aus zusammen, vom Sudan her durch das Feuer, von der Küste her durch die Plantagen. Dieser Vorgang wiederholt sich u. a. ähnlich einer Großzone in Brasilien: Fortschreiten der Verwüstung durch Kaffeeplantagen gegen Westen (São Paulo) und Brände vom Osten her (Süd-Matto Grosso).

Auch in Afrika müssen sich Luftdruck- und Windverhältnisse in prähistorisch-frühhistorischer Epoche ganz erheblich verlagert haben, sowohl der nordöstliche Sahara-Passat, der westliche sudanische Harmattan und die Monsune. Dieser Wechsel muß sich beim Fortschreiten der Wüste gegen den Süden und dieser Savanne gegen den sich von Jahr zu Jahr stärker einengenden Kongowald weiter betonen. Kasango, wo Stanley jungfräulichen Kongo-Urwald fand, liegt heute in der Savanne, 30 km vom Waldrand entfernt. In Ruanda ist ein Zwanzigstel des Landes waldbedeckt; vor zwei Jahrhunderten waren es zwölf Zwanzigstel. Die Überlieferungen der alten Ägypter, wonach in Unterägypten noch gelegentlich westliche und südliche Winde mit Niederschlag und Gewitter auch im Hochsommer auftraten (Hellmann), deuten an, daß der Südrand der Wüste damals noch erheblich nördlicher lag als 4000 bis 5000 Jahre später. Ur in Chaldäa hatte ein Vegetationskleid, und 1500 v. Chr., ja noch 1100 v. Chr. wurden in Cölesyrien Elefanten gejagt. Noch Plinius berichtet, daß Ptolemäis am Roten Meer von Wäldern umgeben war und noch einige Wälder in der Umgebung von Meroë existierten. So zog sich hier im Osten Nordafrikas der Wald in nur 2000 Jahren um 10 Breitengrade nach Süden zurück. Allenthalben in Afrika folgt auf jungfräulichen Urwald sekundärer Baumbestand, danach Baum-Savanne und weiter Elefantengras. Gelegentlich aber, wie z. B. am oberen Uöle wird die Steppe durch eine komplett sterile Wüste ersetzt⁶⁴. Wüste ist keine Möglichkeit, sondern, oft nach kurzer Frist,

⁶⁴ Louis Lavauden, The Equatorial Forest of African. Suppl. Journ. of the R. African Soc. April 1937. S. 5—8.

eine Tatsache, wie Elspeth Huxley schreibt. Damit aber ist die Möglichkeit kräftigster Denudation mit Massenverschiebungen erreicht.

Wenn selbst in örtlich ganz beschränkten Verhältnissen Norddeutschlands der Unterschied der Temperaturen Feld — Wald im Juni (1 cm Tiefe) fast das Doppelte (Eberswalde) oder gar das Vierfache (Marienthal)⁶⁵ im Mittel ausmacht, so erhält man einen Begriff, welche Steigerung der Oberflächentemperatur in den Subtropen oder Tropen eintreten muß, wenn die übrigbleibende Vegetation nicht mehr deutsches Feld, sondern bei hohem Sonnenstand eine weniger zusammenhängende Steppe wird, falls die Verwüstung nicht einen noch stärkeren Grad erreicht. Im bewaldeten Assam beträgt im wärmsten Monat selbst die Lufttemperatur nur $27\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen 34° in der heute waldlosen Gangesebene. Dabei steigt die mittlere Jahresschwankung von 11° auf $18\frac{1}{2}^{\circ}$, die Tagesschwankung von $7\frac{1}{2}^{\circ}$ auf 12° .⁶⁶ Verbunden mit dieser Erhöhung der Oberflächentemperatur ist eine solche der Verdunstung. Messungen in Norddeutschland ergaben, daß wenn auf Freiland die Verdunstung 100% ist, die einer Kulturfläche 90% und die eines Buchenwaldes 40% beträgt; umgekehrt bleiben dem Boden 10%, resp. 60% an Wasser erhalten⁶⁷. Absinken des Grundwassers nach Vegetationsvernichtung im großen Maßstabe folgt, da bei steigender potentieller die reale, zu einem erheblichen Anteil anthropogen bedingte Gesamtverdunstung ausgedehnter Landflächen in den letzten Jahrtausenden unserer Großklimaepoche stark abgenommen haben muß.

Vegetation und Wald geben den Kontinenten einen mehr ozeanen Charakter: eine verstärkte Kontinentalität muß die Folge jeglicher Vegetationszerstörung sein. Hiermit sind aber wiederum erhöhte anthropogene Verlagerungen des Luftdruckes in den entgegengesetzten Jahreszeiten verbunden.

Daß die Temperaturen indirekt dadurch auslösend auf lokale seismische Vorgänge einwirken könnten, wäre dann annehmbar, wenn zunächst als Folge von Temperaturdifferenzen (und anderen meteorologischen Faktoren) Bergstürze stattfinden. Diese aber werden am ehesten dort zustande kommen, wo die Vegetation an Hängen vernichtet wurde⁶⁸. Letzten Endes handelt es sich um einen somit gleichfalls anthropogenen Entlastungs-Akkumulationsvorgang. Weiter wird die täg-

⁶⁵ J. Schubert, Das Verhalten des Bodens gegen Wärme. Blanck, Hdb. d. Bodenlehre. Bd. 6. S. 347.

⁶⁶ cit. Anm. 39, S. 195.

⁶⁷ M. Helbig, Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden. Blanck, Hdb. d. Bodenlehre. Bd. 6. S. 252.

⁶⁸ cit. Anm. 31, S. 1009.

liche Periodizität der Seismen, die zwischen 0—4 Uhr ihren Höhepunkt erreicht, auf die tägliche Temperaturschwankung zurückgeführt. Das gleiche gilt für die Jahresperiode der Beben, die z. B. ihr Maximum in Japan und China im Sommer, in Skandinavien, Ligurien, den österreichischen Alpen im Winter oder Frühling hat (Kolderup, Mercalli, Conrad, Drake, Omori)⁶⁹. Die täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur sind, wie bemerkt wurde, in ihrem Ausmaße anthropogen höchst beeinflussbar. Es mag dahingestellt bleiben, ob der tägliche und jährliche Wechsel der Temperatur als solcher eine Rolle in der Bebenperiodizität spielt oder etwa durch ihn ausgelöste Luftdruckschwankungen, resp. andere atmosphärische Störungen (vgl. die Wahrscheinlichkeit anthropogen verstärkter Monsune).

Am auffallendsten wirkt sich die durch den menschlichen Raubbau an den ehemaligen Urwäldern hervorgerufene Verstärkung der Kontinentalität in den U. S. A. aus, von der selbst das kanadische Präriegebiet betroffen wurde. Die Sommer zeigen eine steigende Neigung zu Wärmeperioden, in den aride gewordenen Gebieten entstehen Hitzewellen, welche auch die benachbarten Staaten stark in Mitleidenschaft ziehen. Im Winter umgekehrt vermehren und vertiefen sich die arktischen Kälteeinbrüche; der winterliche polare Raum hat sich ausgedehnt. Diese überextremen Verhältnisse, das zeitliche Zusammentreffen von Warm- und Kaltwüste im Jahresverlauf, zeigen in den Übergangsjahreszeiten häufigere Ausbildung von Stürmen und Tornados, im Winter von Blizzards. Die Luftdrucklagen werden beeinflusst. In der heißen Zeit muß eine Vertiefung stattfinden, während sich im Winter dank der künstlich erzeugten Überkontinentalität die Hochdruckgebiete wochenlang halten können. Weitere Folgen sind: Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und Erhöhung der Verdunstung, d. h. Erscheinungen der Dürre⁷⁰, Auftreten samumähnlicher Winde und Veränderungen im Ablauf der Niederschläge⁷¹. Aus den Messungen der Dicke von Jahresringen an Bäumen in Ost-Oregon, also ein Gebiet, das außerhalb der eigentlichen Verwüstungszone des Mittelwestens der U. S. A. liegt, könnte man auf eine besondere Austrocknung während der letzten zwei Jahrzehnte (1917—1936) schließen. Jedenfalls handelt es sich im Verlauf der letzten 650 Jahre mit ihren Fluktuationen von trocken und feucht um die trockenste Periode überhaupt, welche bei weitem alle vorhergehenden übertrifft⁷². Bei der Kürze der meteorologischen Beobachtungszeiten

⁶⁹ cit. Anm. 2, S. 63, 64.

⁷⁰ Ernst Schulz, Wüstenbildung in Nordamerika. Atlantis. Nov. 1935. S. 700 ff.

⁷¹ Ein Erdteil verwandelt sein Klima. Der Westen. Berlin, 20. August 1936.

⁷² F. P. Keen, Climatic Cycles in Eastern Oregon as indicated by tree rings. Monthly Weather Rev. May 1937. S. 188.

und bei dem komplizierten Spiel zwischen den natürlichen Pulsationen und anthropogenen Eingriffen ist es naturgemäß schwierig, einwandfreie Schlüssell, bz. des Gewichtes beider Anteile zu ziehen. So müßte beispielsweise eine durch den Menschen bedingte Veränderung des durch kürzere oder längere Klimaperioden bedingten isostatischen Zyklus (Pompecki⁷³), welcher mit dem der Sedimentation gleichsinnig verläuft, vorhanden sein. Außerdem ist es möglich, daß ein gewisser klimatischer Zustand allmählich aus der Konstanz in eine Labilität, d. h. ohne zunächst nach außen zu wirken, übergeht, um dann plötzlich eine grundlegende Änderung zu erleiden.

Im Zusammenhang mit dem Fortschreiten der wesentlich anthropogenen Versteppung und den veränderten meteorologisch-klimatischen Verhältnissen Osteuropas und den geschilderten Wandlungen des Klimas, resp. des Wetters in ausgedehnten Gebieten Nordamerikas erscheint eine teilweise durch den Menschen verursachte Änderung der Wetterhaftigkeit Europas und — aus verwandten Ursachen — weiter Erdgebiete überhaupt keineswegs ausgeschlossen. Ob der anthropogene Anteil größer oder kleiner ist als der der natürlichen klimatisch schwankenden Pulsationen, mag vorläufig dahingestellt bleiben.

Daß der Vorüberzug steiler barometrischer Gradienten imstande sein kann, reife Spannungen in der Rinde unter Erdbeben auszulösen, wird seit längerem vermutet (Conrad); verursacht doch ein Steigen des Barometers um nur 1 mm in Meereshöhe eine Druckzunahme von 13.600 t/km². Ein solcher Betrag entspricht 9 mm trockenem Sand oder 6 mm Sandstein⁷⁴.

So besteht die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges zwischen Erdbebenhäufigkeit und Zyklonen in epizentralen Schüttergebieten der Tropen. Streng lokale, rasch verschwindende Depressionen rein anthropogener Herkunft bis zu 10 mm Vertiefung können in Verbindung mit Waldbränden auftreten⁷⁵. Dabei kommt es nicht allein auf die absolute Höhe des Luftdruckes an, sondern vor allem auf die Schnelligkeit im zeitlichen Ablauf der Luftdruckänderung und auf die Größe des Gradienten (Knot, Seidl, Conrad, Taber, Inouye), vorzüglich wenn dieser quer zu den Verwerfungen steht. Bei Taifunen ist es durchaus möglich, daß pro 1 km² in kürzester Zeit eine Gewichtsschwankung um 1 Mill. Tonnen und auch mehr zustande kömmt. Da Erdbebenlinien öfters mehr oder weniger parallel mit dem Streichen der Gebirge verlaufen, werden solche labile Zonen u. U. durch eine entsprechende Ver-

⁷³ cit. Anm. 16, S. 136.

⁷⁴ cit. Anm. 4, S. 206.

⁷⁵ cit. Anm. 31, S. 1111—1114.

teilung des Luftdruckes eine Beanspruchung erleiden. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn bei einem Ostkeil hohen Druckes Föhn mit starkem Gefälle, etwa 10 mm Hg auf der Strecke München—Klagenfurt, besteht. Überhaupt fallen Seismen über den Bebengebieten der Ost- und Dinarischen Alpen und ausgeprägte Luftdruckgefälle (≥ 5 mm) unwahrscheinlich oft zusammen; letztere wirken also sekundär Erdbeben auslösend. So kann bis zu einem Teil die Jahresschwankung der Bebenhäufigkeit in den erwähnten Alpengebieten mit der Häufigkeit steiler barometrischer Gradienten in Zusammenhang gebracht werden⁷⁶. Komplizierter werden die Beziehungen der meteorologischen Faktoren zur Geotektonik noch dadurch, daß die Beben (Alpen) nicht immer den geologischen Linien, sondern Änderungen in der Streichrichtung, resp. der Beugungszonen folgen⁷⁷.

Es wurde bemerkt, daß die Auslösung von Beben durch Luftdruck nicht für jedes Erdbebengebiet Gültigkeit besitzt (N o p c s a). C o n r a d wies nach, daß diese Beziehung für schottische Epizentren nicht besteht, während ungarische Beben einen zeitlichen Zusammenhang mit Luftdruckauslösung durchaus erkennen lassen, mag dabei das Barometer eine steigende oder fallende Tendenz besitzen. Es ist eben wesentlich, daß die primäre, auf der geologischen Bewegungstendenz beruhende Ursache sekundär durch den Luftdruckgradienten, oder im Zusammenhang mit ihm durch die zeitliche Änderung, gleichsinnig unterstützt wird⁷⁸. Der Effekt wird demnach verschieden zu werten sein, ob (rasch) steigender Luftdruck auf eine absinkende und fallender auf eine Hebung begriffene Scholle womöglich zentral einwirkt, ob das umgekehrte Verhältnis besteht, oder auch ob das Areal des sich in einer bestimmten Richtung ändernden Luftdruckes über einem Großgebiet von Schollen verschiedener Bewegungstendenz lagert.

Da feststeht, daß Luftdruck (Temperatur) gelegentlich sekundär auf Erdbeben auslösend einwirken kann, und andererseits bei Zerstörung der Vegetation durch den Menschen (über eine dann auftretende beträchtliche Änderung der Temperatur und der Temperaturschwankung) auch die Luftdruckverhältnisse mancher Erdräume beeinflußt werden, so erscheint eine anthropogene Verstärkung dieser klimatisch-meteorologischen Auslösungsmöglichkeit von Seismen keineswegs ausgeschlossen, falls die betreffenden Erdräume tektonisch prädisponiert sind.

⁷⁶ cit. Anm. 17, S. 250.

⁷⁷ E. W a n n e r, Beitr. z. Geogr. d. Erdbeben. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 39. 1933. S. 326 ff.

⁷⁸ V. C o n r a d, Erdbeben und Luftdruckänderung. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 48. 1936. H. 2, 3. S. 239—255.

Niederschlag kann in kürzester Zeit starke Gewichtsveränderungen verursachen und damit als seismisch auslösender Faktor auftreten. In Tokio ausgeführte Messungen (Omori) über keineswegs zu vernachlässigende Neigungsänderungen des Bodens sind von Interesse. Er maß bei einem Niederschlag von 13'6 mm, d. s. 136.000 t/km², eine Neigungsänderung von 2'9". Da in den Tropen schwerste Güsse häufige Ereignisse sind, so sind — ähnlich wie bei Luftdruckverlagerungen — Belastungen von 1 Mill. t/km² und mehr in kurzen Zeiten annehmbar. Da gelegentlich, bei Tornados und Taifunen, eine Summation „Luftdruck + Niederschlagsbelastung“ oder Übergewichte von 2 Mill. t/km² im Verlaufe von Stunden statthaben können, die u. U. zentral auf eine absinkende Scholle einwirken, so dürfte die Möglichkeit der Auslösung von Beben durch meteorologische Faktoren kaum zu bezweifeln sein. Umgekehrt besteht etwa bei fallendem Luftdruck die Möglichkeit, daß ein Niederschlagsgewicht teilweise oder ganz aufgehoben wird. Derartige Beziehungen zwischen Häufigkeit seismischer Bewegung und Niederschlag wurden gelegentlich festgestellt. In Charleston (Taber) ergaben sich Zusammenhänge zwischen Beben und Regenfall, wenn dieser die beiden Seiten einer Verwerfung (Land- und Seeseite) verschieden stark belastete. Hier steht der auslösende Gradient (vgl. Luftdruck) senkrecht auf der tektonischen Störungslinie. Möglicherweise ist der Niederschlag nur ein Zwischenglied zu sich ändernden, seismisch wirksamen Grundwasserhöhen. Schwankungen des Grundwasserspiegels, auf die bereits oben im Sinne einer im Mittel stetigen Abnahme (Verdunstungswirkung) hingewiesen wurde, würden erklären, warum lang dauernde Regen bei dann stärkerem Versickerungsanteil, anscheinend oft betonter auslösend wirken als heftige Güsse. Wenn Regenfälle nach einer Trockenperiode auf tiefstehendes Grundwasser treffen, so muß möglicherweise erst eine normale Höhe erreicht werden, damit sich zunächst der normale Belastungsgradient (Charleston) einstellt. — Auch in Nord- und Mittelchina (Drake) wird die Häufigkeit zerstörender Beben zum größten Teil mit der jährlichen Schwankung des Regens in Verbindung gebracht⁷⁹. Neben der Änderung des Grundwasserspiegels bewirken Niederschläge, besonders wenn sie in Güssen fallen, auch Lösungsvorgänge und begünstigen Erosion und Sedimentation, so daß eine Parallelität zu diesen bereits behandelten, als stark anthropogen erkannten Vorgängen besteht. — Bei der Verlagerung von Niederschlagsgewichten im Sinne anthropogener Auslösungstendenzen ist weiter das Verhältnis von Verdunstung, Versickerung (Grundwasser) und Abfluß, d. h. die sich im Verlauf der Menschheitsgeschichte ändernde Verteilung des zirkulierenden Wassers von Bedeutung. Vermehrte Wasserführung in kurzen Zeiten kann

⁷⁹ cit. Anm. 31, S. 1013, 1019, 1120—1122.

außergewöhnliche Belastungsänderungen von der Größenordnung 10 Mill. t/km² hervorrufen⁸⁰. In Oklahoma beträgt z. B. der oberflächliche Abfluß in jungfräulichem Urwald 0·2%, auf Baumwollland 15·8%, auf Brachboden 27·4%. Nach Rodung vermehrt sich also der Versickerungsverlust um 80-, resp. 137mal⁸¹. Ein Einfluß des Menschen auf die durch Niederschlagsvorgänge verursachten Gewichtsverlagerungen, auf die damit verbundene Beeinflussung der Erdachsenschwankung und die hierdurch bedingte Verstärkung der Bebenhäufigkeit und eventuell Bebenintensität dürfte nach der kurzen Ausführung wahrscheinlich sein.

Im allgemeinen wird angenommen, daß Vernichtung von Waldbeständen keinen übermäßigen Einfluß auf die Menge der Niederschläge ausübt. Immerhin werden Werte von wenigen Prozenten bis zu 20% Minderung angegeben, also keine ganz kleinen Beträge. Dabei handelt es sich bei vergleichenden Untersuchungen dieser Art nur um wenig ausgedehnte Areale in nicht sehr exzessiven Großklimazonen. Denkt man an die großräumige, stetig zunehmende Wald- und Vegetationszerstörung seit mehreren Jahrtausenden, so wird mit einer recht erheblichen Niederschlagsminderung (in Verbindung mit der gleichsinnig gerichteten und an sie gekoppelten Steigerung der Verdunstung) zu rechnen sein. Andererseits könnten z. B. als Folge der Vegetationszerstörung anthropogen verstärkte Monsunwinde eine Erhöhung der sie begleitenden Regenfälle hervorrufen.

Einen sehr viel größeren Effekt wird die Vernichtung der dem natürlichen Klima harmonischen Pflanzendecke durch den Menschen, nicht allein durch die Zerstörung des ihr harmonischen Klimas, sondern auch durch die veränderte Verteilung des gefallenen Regens zur Folge haben. Im Texasgrasland (B e n n e t t) werden für einen gewissen Zeitraum 82% des Niederschlages zurückgehalten, auf Baumwollfeldern nur 55%. Wäre Urwald vorhanden, so könnte man den versickernden Regenfall, von der Oberflächenverdunstung abgesehen, bei nicht übermäßigem Neigung des Terrains auf nahe 100% schätzen.

Ein verschiedener Effekt wird sich ergeben, je nachdem ob Wald auf der einen Seite einer Verwerfung zerstört wurde und auf der anderen erhalten blieb, vorzüglich bei geneigtem Terrain: einmal fehlende Erosion und Gewichtserhöhung durch Niederschläge, andererseits in Gemeinschaft mit Abtragung durch Wasser und Wind und einer entsprechenden, weiter abwärts liegenden Akkumulation, sehr rascher Abfluß heftiger und kurz anhaltender Güsse; später setzt — in Trockenklimaten — die Verdunstung mit Erniedrigung des Grundwasserspiegels ein. Die

⁸⁰ cit. Anm. 31, S. 1014.

⁸¹ cit. Anm. 51, S. 363.

Auslösungsmöglichkeiten werden besonders da zu erwarten sein, wo die mit Wald bestandene Scholle die tiefer liegende und absinkende ist.

Betrachtet man das Gesamtergebnat vorgehender Ausführungen, so wird man sich kaum dem Eindruck entziehen, daß in isostatisch labilen Zonen der Erdkruste anthropogene Einwirkungen, deren Beginn wir bereits in das Neolithikum setzen dürfen, und die Vermehrung der Menschheit in stetig beschleunigter, heute technisch unterstützter Steigerung anhalten, vorhanden sind. Zum effektiven Auftreten von Erdbeben müssen dabei die geologischen Prädispositionen und die sekundären der Auslösung dienenden Erscheinungen (Belastungsgradienten) gleichsinnig gerichtet sein.

Sind diese Vorbedingungen erfüllt, so spielt sich der Einfluß des Menschen als bebenauslösender Faktor in erster Linie auf dem Wege der Zerstörung der Pflanzendecke, ganz gleich, welches ihre Formation sei, ab. Da ausschließlich die klimatische Jetztzeit des Alluviums bei der vorliegenden Betrachtung zugrunde liegt, so werden sich Klimaschwankungen insofern geltend machen, als im ganzen feucht-kühle Epochen der anthropogenen Zerstörung größeren Widerstand leisten als heiß-trockene, ohne aber den Effekt menschlicher Eingriffe völlig auszuschließen.

Die Zerstörung der Vegetation während mehrerer Jahrtausende hat in einem Grade stattgefunden, daß nicht nur das Klima als solches (Bodentemperatur, Temperatur, Wind, Niederschlag, Verdunstung, Zustand der Atmosphäre, Strahlung) stark beeinflußt wurde, sondern daß vor allem die Einwirkungen des Klimas (Erosion, Ablation, Akkumulation, Grundwasseränderung, Bildung von kohlensaurem Kalk im Meere) in unerhörtem Ausmaß in Erscheinung traten. Mit Recht wurde behauptet, daß im Effekt die natürlichen kontinentalen Klimaschwankungen und ihre Folgen zurücktreten gegen die bis in die jüngste Zeit einsinnig gerichtete prähistorisch-historisch anthropogene Einwirkung, die man unter dem Begriff der „Austrocknung“ zusammenfassen könnte. Erst die letzten Jahrzehnte haben den wahren Eindruck von dem überwiegend zerstörenden Wirken des Menschen in der Gesamtbiotope der lebenden Oberfläche wie der morphologischen Folgen dieser Störung erbracht; hierbei bezogen sich diese Beobachtungen bisher vorwiegend auf Wind- und Wassererosion, auf das Absinken des Grundwasserspiegels und die eintretende Austrocknung im engeren Sinne, mag es sich um das jährliche Vorrücken der Wüste in Nordafrika oder die landwirtschaftlich unheilvolle „Soil Erosion“ des nordamerikanischen Kontinents oder die fortschreitende Versteppung Mitteleuropas handeln, Vorgänge, die sich vielfach wiederholen. Als Folge spielen allenthalben

Massenverlagerungen eine bedeutsame Rolle, an denen — bisher nicht berücksichtigt — der Mensch einen ausgesprochenen Anteil hat.

Gewichtsverschiebungen werden am ausgesprochensten in den Zonen der Erde mit einer Trockenzeit (B-, Cs, w- und As, w, m-Klimata Köppens) auftreten, ohne daß sie in Feuchtgebieten (Bf, Cf, Af) fehlen; man denke an die Wandlung von Wald in Wiese oder gar Ackerland, die an sich Versteppung bedeuten, wie überhaupt der Mensch in ausgesprochenem Maße, besonders in geeigneten natürlich-klimatischen Grenzzonen Steppen- oder Wüstenklimate erzeugt.

Während es sich bei den Folgen natürlicher Klimaänderungen um periodische Phänomene von Gewichtsveränderungen handelt, verläuft die anthropogen-morphologische Wandlung im großen Zuge einsinnig: Abtragung im höheren Niveau und letzten Endes Akkumulation im tiefsten Denudationsniveau bei fortschreitender Kontinentalisierung. Hierhin führt die Verbrennung der Kohle oder der lebenden Vegetation ($C \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_2$), die Abtragung des Bodens durch Wasser oder Wind, das Absinken des Grundwassers. Es ergibt sich hieraus ohne weiteres, daß selbst im Laufe historischer Perioden, falls nicht entgegengesetzte Prozesse auftreten, ein merkbares, im letzten Sinne durch den Menschen verursachtes Steigen des Meeresspiegels anzunehmen ist, das der Größenordnung nach kaum hinter dem Steigen des Ozeans zurückbleiben dürfte, das bei Ende der Eiszeit durch den Rückgang der Gletscher verursacht wurde.

So interessant dieser Vorgang als solcher ist, ein Vorgang, der im großen und ganzen auf lange Sicht auch in morphologischer Hinsicht keineswegs ohne Einwirkung bleiben kann, wie sogar in der morphologischen Analyse (W. Penck) menschlicher Einfluß annehmbar wäre, so interessieren im Sinne der Auslösung von Beben hauptsächlich die massiven Verlagerungen, welche auf relativ engen Räumen in den epizentralen Regionen der Erde stattfinden. Gerade in limitierten Räumen macht sich die Abnahme der Erdkrume bis zum vollständigen Wegführen der Humusschicht nach vorher erfolgter Entlastung durch Wald- oder Vegetationszerstörung, die folgende Verkarstung mit ihrer Verstärkung der Lösungsvorgänge, ebenso wie die Entstehung neuer Windtransportgebiete, das Absinken des Grundwasserspiegels besonders bemerkbar. Im Gegensatz zu diesen Gewichtsverlusten steht die meist noch engräumigere Akkumulation, mag diese im Vorland eines Gebirges stattfinden oder im Unterlauf von Flüssen, einschließlich der Deltabil- dung.

Nun spielt keineswegs allein die direkte Ent- und Belastung labiler Schollen für seismische Vorgänge eine Rolle; eine höchst wirksame Kraft kann selbst bei kleinen Beträgen in den Schwankungen des Pols der

Erdachse, resp. den Änderungen der Flugkraftbeschleunigung auftreten, welche kleinere Massenverschiebungen und somit Spannungen verursachend, Erdbeben auslösen könnten. Hierauf hat Spitaler⁸² letzthin hingewiesen, ebenso auf die Beeinflussung der Richtung der Flugkräfte durch chemische und mechanische Wirkung u. a. von Wasser, Regen, Wind, einschließlich des von Flüssen transportierten und an den Mündungen abgelagerten Materials. Da diese Verlagerungen und Transporte in sehr weiten Erdgebieten, unter besonderer Bevorzugung der Trocken- oder Halbtrockengebiete, zu einem Teil, oft sogar zum größten Teil, direkt oder indirekt in Handlungen des Menschen ihre Ursache haben, so wäre die Erdachsenschwankung mit ihrer Tendenz, die Massen in horizontaler und vertikaler Richtung einer neuen Rotationsachse zuzuordnen, anthropogen beeinflusst. Auf verschiedene Möglichkeiten derartiger Einwirkungen wurde bereits hingewiesen und auch darauf, daß an sich schon kleine Gewichtsverlagerungen ähnlicher Kategorie meßbar sind⁸³.

So wird der Mensch nicht nur zu einem die Erdoberfläche verändernden Faktor, sondern er dürfte hier und da in ihre Katastrophen eingreifen und darüber hinaus vielleicht, bis zu einem gewissen Betrage, in ihr orogenetisches Geschehen.

Schließlich sei kurz der Zukunft menschlicher Einwirkung auf die Auslösung von Beben gedacht. Ihre letzte Ursache liegt, wie betont, in der Zerstörung der Vegetationsdecke, welche trotz einsetzender Erkenntnis fortschreitet. Mit einer weiteren Vernichtung müßte in den Gebieten der Erde, wo die Kruste unter Spannung steht, die Bebengefahr wachsen, so komplex auch die Auslösungsvorgänge an sich durch Addition oder Subtraktion gewisser Faktoren sind. Es wäre zu erwägen, ob der Mensch durch großzügige Aufforstungen in ausgesuchten Gebieten nicht der Gefahr der Denudation und Verwüstung als solcher entgegentreten könnte, sondern bis zu einem gewissen Grade einer Vermehrung der Beben und ihrer Intensität. Sollten in einer derartigen Aufbauzone bereits seismologische Stationen seit einigen Jahrzehnten bestehen, so könnte vielleicht nach einem gewissen Zeitablauf, und im Vergleich zu ungeschützten Nachbargebieten, das menschliche Störungselement statistisch erfaßt werden.

⁸² Rudolf Spitaler, Die Hauptkraft der geologischen Erdgestaltung. Forsch. u. Fortschr. Nr. 23. 4. Aug. 1937. S. 283, 284.

⁸³ cit. Anm. 34, S. 241 ff.

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. 65-81](#)