© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Tektonische Forschungen in den Appalachen.

Von **Clemens Lebling** (München).

I. Die Senkungen im Bereiche der Newarktrias.

Mit 7 Figuren im Text.

Über die Newarkformation haben vor kurzem Suess (A. d. E., III, 2) und Blackwelder (Handb. Reg. Geol. United States) das Wesentlichste gesagt[1]). Uns genügen die Hinweise, daß sie der oberen Trias (Keuperpflanzen und -vertebraten) angehört, durch die Tätigkeit von Flüssen, Seen, Winden und Landpflanzen (Kohlen) entstanden, mit basischen Eruptiven (»Trapp«) verknüpft ist und in Gestalt langer Streifen dem östlichen, krystallinen Zuge der Appalachen auflagert. Die Schichtfolge wird anschaulich angesichts eines typischen Profils aus Connecticut, das ich nach Davis und Hobbs (21. A. Rep. U. S. Geol. Surv.) abgekürzt wiedergebe:

Sandstein, Schiefer, Konglomerat,
3. Trapplager (posterior),
Schiefer (posterior),
2. Trapplager (main),
Schiefer usw. (anterior),
1. Trapplager (anterior),
Sandstein, Konglomerat,
Trapplagergang,
Konglomerat und Sandstein.

Die Mächtigkeit reicht bis zu 4000 m (?). Ein typisches Bild des tektonischen Baus gibt Fig. 1, die größtenteils dem Passaic Folio 157 entnommen ist, doch auch neueren Forschungen Rechnung trägt, wie sie mir besonders durch Dr. Berkey zugänglich geworden.

Auf der geologischen Übersichtskarte erscheinen die einzelnen Bezirke, die von der Newarkformation eingenommen sind, als lange, schmale Streifen, die offenbar Reste größerer Areale darstellen und durch Versenkung geschützt und erhalten worden sind. Querschnitte und schriftliche Angaben berichten über die Art dieser Versenkung. Zahlreiche

1) Literatur bis 1892 bei Russell, U. S. Geol. Surv. Bull. 85; wichtigste Lit. (s. a. Hobbs, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 21, III, 1901, S. 20) mit Karten: Russell, a. a O.; Emerson, U. S. G. Surv. Mon. 29; Davis, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 18; Kümmel, New Jersey Ann. Rep. 1897; Pennsylvania 2. Surv. Atlas; Keith, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 14; Shaler, U. S. Geol. Surv. Ann. Rep. 19, II; ferner U. S. Geol. Surv. Folios 50, 157, 161, 167; neuere Arbeiten von Harder, Econ. Geol. 1910 und Lewis, Bull. Geol. Soc. Am. 18.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Brüche streichen an oder nahe den Grenzen jener Streifen und dies, sowie das Vorherrschen relativ flacher Lagerung bei großer Mächtigkeit, läßt uns in der Struktur der Newarkgebiete die von tektonischen Gräben erkennen.

Fig. 1. Querschnitt durch den Newarkgraben in New Jersey.
g Krystallin, n Newarkformation. d^1 intrusiver, d^2 extrusiver Diabas; i innerer Randbruch, i^1 Parallelbrüche zu diesem, a äußerer Randbruch 1 : 125000.

Rogers (s. Shaler, 18. A. Rep.) hat zuerst, Keith am klarsten die Verschiedenheit des Baues dieser Gebiete von dem des appalachischen Gebirges hervorgehoben, und Keith, sowie Russell, Darton, Kümmel, Lewis soll hier hauptsächlich gefolgt werden; die mustergültigen zeichnerischen Darstellungen seien besonders hervorgehoben.

Die einzelnen Newarkgebiete ordnen sich in drei Züge von appalachischem Streichen. Der östliche Zug liegt auf der Halbinsel Neu-Schottland und setzt sich wahrscheinlich im Carbonbezirk von Boston und Narragansett-Bai fort (s. Fig. 3, S. 456; Fig. 7, S. 462), um dann im Meer zu verschwinden. Der mittlere Zug setzt weiter südlich ein, im Connecticuttal in Neu-England, verschwindet dann ebenfalls unter dem Meer oder unter jüngeren Sedimenten, erscheint aber weit im S. wieder als Deep River-Bezirk. Der westliche Zug setzt bei New York ein, zieht als breiter Streif durch die Staaten New Jersey, Pennsylvanien, Maryland und setzt sich mehrfach unterbrochen bis Nordcarolina fort, nicht so weit nach S. reichend als der mittlere Zug. — Östlich von letzterem liegt das kleine Gebiet von Richmond (Virginia) das eine Sonderstellung einnimmt. Westlich vom dritten Zug abzweigend liegt in den New York Highlands der Skunnemunkgraben, der zwar keine Newarkgesteine, wohl aber Newarkstruktur aufweist.

Die Struktur dieser Gräben ist monoklin, die Schichtneigung innerhalb eines Streifens ist immer die gleiche. Die Fallwinkel erreichen 45°, sind aber gewöhnlich viel kleiner, im Durchschnitt etwa 20°. Der östliche Zug fällt nach W., im mittleren herrscht östliches, im westlichen wieder westliches Fallen, mit geringfügigen Ausnahmen. — Der Richmondbezirk zeigt den Bau einer unregelmäßigen Mulde.

Die Grenze an der Seite stärkster Senkung, die wir Innenseite nennen wollen (Fig. 1), ist stets durch einen Bruch von großer Sprunghöhe gebildet. Die Grenze an der Seite geringster Senkung — Außenseite — fällt nicht immer mit einem Bruch zusammen; Erosion oder Bedeckung der Trias ist der Grund dafür: so verläuft der Hudsonbruch in New Jersey

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

streckenweise unter der Kreidedecke. Die Brüche sind auch sonst nicht auf die Grenzen der Newarkgebiete beschränkt, sondern kommen wie außerhalb so auch innerhalb derselben vor.

In bezug auf die Wirkung der Verwerfungen muß man innerhalb eines zu einem Zuge gehörigen Systems zweierlei Arten unterscheiden. Die eine Art von Brüchen bewirkt eine jeweilige Absenkung der Scholle, die näher der am wenigsten versenkten liegt; es wird dadurch eine gewaltige Mächtigkeit der Sedimente vorgetäuscht und zugleich eine Kompensation der durch die Schichtneigung bewirkten Senkung erzeugt. Der bedeutendste von diesen Brüchen ist jener an der »Innenseite«, nach der die Schichten fallen. Beiderseits folgen außerhalb und innerhalb des Triasgebiets kleinere Brüche der gleichen Art. Die zweite Art von Brüchen sind die an der »Außenseite«, an der Seite, nach der die Schichtenköpfe der Trias emporschauen. An diesen Brüchen ist der Sinn der Senkung der umgekehrte (Fig. 1).

Die Verwerfungsflächen sind nicht senkrecht, sondern geneigt. Die große Randbruchfläche an der Innenseite (Westseite) des mittleren Zuges neigt sich mit Winkeln bis herunter zu 30° gegen die Horizontale[1]). Die Neigung der übrigen Bruchflächen ist geringer. Stets findet dieses Einfallen gegen die gesenkte Scholle hin statt, also bei den großen inneren Randbrüchen des westlichen Zuges nach O., des mittleren Zuges nach W.; analog verhalten sich die gleichsinnigen aber kleineren Brüche. Entgegengesetztes Einfallen zeigen die Brüche an der Außenseite: der Hudson Riverbruch muß, nach seinem gegen W. konkaven Verlauf zu schließen, gegen W. fallen, und dessen Gegenstück, der Bruch an der Westseite des Connecticutbezirkes fällt gegen O. ein.

Neben monoklinaler Kippung und Verwerfungen kommt auch faltenartige Verbiegung vor. Die Muldenform des Richmondzuges ist schon erwähnt worden. Deutlicher treten auf der Karte die halbmondförmigen von Diabas- (Basalt-)lagen beschriebenen Kurven hervor, die den »äußeren« Brüchen ungefähr parallel sind. Die Achsen dieser Verbiegungen verlaufen quer zum appalachischen Streichen.

Bevor wir eine Deutung dieser Erscheinungen versuchen, betrachten wir das mit der Newarktrias verknüpfte Eruptivgestein, das wohl jedem als »Palisadentrapp« bekannt ist.

Der Trapp erscheint in vier Formen, als Lager, Lagergang, Gang und Stock.

Lager gibt es in Neu-Fundland, Neu-Schottland, sowie in Connecticut und Neu-Jersey — dort und hier je drei an der Zahl — und auch südlicher noch[2]), obwohl die Effusiva gegen S. abzunehmen scheinen (vgl. Fig. 7, S 462.).

---

[1]) Keith, 14. A. Rep. U. S. Geol. Surv. 357, auch Kümmel, Folio 167, Shaler 19. A. Rep. Geol. Surv. 467, 475, 476, 483.

[2]) Suess, A. d. E. III, 2, 78.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Lagergänge erscheinen bei Boston, am Westrand des Connecticutbezirkes, am Ostrand des New Jerseybezirkes (Palisaden), sowie in dessen Fortsetzung durch Pennsylvanien und Maryland.

Gänge gibt es überall. Die Gänge ziehen wie die Brüche auch aus den Triasgebieten hinaus in das angrenzende krystalline Gebirge.

Stöcke kommen im Connecticutbezirke vor.

Die Struktur der Lager und Lagergänge ist anscheinend dieselbe wie die der Sedimente; sie sind wie die sedimentären Lagen geneigt und verworfen. — Die Gänge sind meist unabhängig von Brüchen und streichen auch oft in anderer Richtung als die Trias

Fig. 1 zeigt auch das Auftreten des Diabases in der Trias, und zwar für das New Jerseygebiet; ein Spiegelbild davon ist das Gebiet am Connecticutflusse.

Die Verhältnisse dieser Eruptivgesteine scheinen ziemlich einfach zu sein. Man begegnet jedoch beträchtlichen Hindernissen, wenn man die Erscheinungen aufeinander bezieht und besonders die Frage nach dem Alter (A.) der einzelnen, sowie nach dem Verhältnis von Ursache und Wirkung (B.) zwischen den einzelnen zu beantworten versucht.

A. — Die Lager sind gleichalterig mit den jüngeren Schichten der Newarktrias.

Die Lagergänge setzen, soweit sichtbar, in den tieferen Lagen der Trias ein und greifen sehr hoch empor[1]).

Das Alter der meisten Gänge ist nicht zu bestimmen, weil sie entweder im Krystallinen oder nur in der tieferen Newarktrias aufsetzen. Es gibt Gänge, die jünger[2]), und solche, die älter sind, als die Lager und Lagergänge und Gänge gleichalt mit letzteren[3]).

Die Stöcke im nördlichen Connecticutbezirk werden von Emerson[2]) für jünger als das Hauptlager und zum Teil für gleichalterig mit dem letzten (dritten) Lager gehalten.

B. — Damit stehen wir vor dem Problem des kausalen Zusammenhangs zwischen den einzelnen Eruptiven, vor der Frage nach Art und Ort ihrer Herkunft.

Wir brauchen nicht nach dem Ursprung der Stöcke und der meisten Gänge zu fragen und können manche Gänge ohne weiteres auf benachbarte größere Intrusivmassen beziehen, so z. B. einzelne Gänge auf den Palisadenlagergang (Lewis). Aber die Herkunft der Lagergänge selbst und besonders die der Lager ist schwer ausfindig zu machen. Zudem sind nur die Gebiete im mittleren Teil des atlantischen Uferrandes genauer bekannt.

Im Connecticutbezirk stammt nach Emerson das mittlere (Haupt-)Lager wahrscheinlich aus einer östlich gelegenen Spalte ab, die auch noch späteren Intrusionen gedient hat. Das obere Lager wird von

---

[1]) Darton, Bull. U. S. G. S. 67, S. 72; Kümmel, N.-Jersey A. Rep. 1897.

[2]) Emerson, U. S. G. S. Monogr. 29, 410.

[3]) Lewis, Bull. G. Soc. Am. 18, 196.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dem Stock des Little Mtn. (bei Holyoke) abgeleitet. — Der Lagergang (West Rock) soll nach Davis entweder aus Gängen im westlich gelegenen Gneis oder von dem östlich gelegenen Stock (des Mt. Carmel) herkommen. Abbildungen bei Davis und in Danas Lehrbuch, sowie eigene Beobachtung ließen aber deutlich erkennen, daß dieser Lagergang nach O. in höhere Schichten greift, als käme er von W. aus der Tiefe herauf.

Im Bereich von New Jersey, dem Spiegelbild des eben betrachteten, wissen wir merkwürdiger Weise gar nichts über die Herkunft der Lager. Die Frage mag hier aufgeworfen werden, ob diese nicht mit jenen von Connecticut identisch seien; Lewis ist es gelungen, das Hauptlager in New Jersey als Produkt zweier Ergüsse zu erkennen, und in Connecticut (South Mtn.) kann man nach einem Profil bei Davis (S. 71) das gleiche für das dortige Hauptlager vermuten; eine Erscheinung, die am leichtesten erklärlich ist, wenn es sich in beiden Fällen um eine und dieselbe Lavadecke handelt. Doch bleibt vorläufig auch die Annahme möglich, daß die Lager in New Jersey von irgendwelchen Gängen abstammen. — Der Palisadenlagergang greift gegen W, an seinem nördlichen Ende, in höhere, sehr junge Triasschichten empor — genau wie sein Spiegelbild in Connecticut nach O. Er kann aber nicht aus dem östlichen Gneisgebiet abstammen, weil dort kein Trapp vorhanden ist; noch kommt er aus der unmittelbar östlich gelegenen Spalte im Hudsontal, weil dort keine Bohrung irgendwelchen Trapp zwischen Trias im W. und Gneis im O. getroffen hat (Fig. 1). Somit muß die Zufuhrspalte unter dem Lagergang, wahrscheinlich nicht weit vom Hudsonfluß gesucht werden, und Analoges mag man in Connecticut annehmen. Wichtig ist Lewis' Annahme, daß der Palisadentrapp als Bringer von Erzen, die im oberen Lager von New Jersey vorkommen, wahrscheinlich jünger als die drei Lager sei. Damit wird die naheliegende Annahme, die Lager stammten von dem Lagergang ab, zurückgewiesen. Immerhin könnte man fragen, ob nicht im Palisadengang mehrere Eruptionen vertreten seien.

Man sieht, wie schwierig diese scheinbar so einfachen Verhältnisse zu deuten sind, eine Erfahrung, die man des öfteren macht in dem Lande, wo alles groß, und nichts einfach ist.

Wir wollen jetzt die einzelnen Hauptereignisse in der Geschichte der Newarksedimente und -eruptiven nach ihrer zeitlichen Folge aneinander reihen:

1. Ablagerung von Konglomeraten, und zwar vorwiegend an der »Innenseite« der Newarkgebiete, s. Fig. 7, S. 462.

2. Ablagerung feinerer Sedimente.

3. Trapperuptionen, vermutlich meist an Spalten und vorwiegend innerhalb der Gebiete (Schollenverlagerung an den Spalten nur in Einzelfällen erwiesen[1])).

---

[1]) Russell, Bull. U. S. G. Surv. 85, 76.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

4. Fortsetzung der Ablagerung feinerer Sedimente, die auch während der Eruptionen nicht aufgehört, und jetzt nur mehr durch kleinere Eruptionen unterbrochen wird.

5. Große Senkung an Brüchen, die im wesentlichen drei Gräben bilden (in der Jurazeit).

Aus diesen Tatsachen sind nun noch ergänzende Schlüsse zu ziehen.

Aus der Zeit unmittelbar vor der Newarkperiode finden wir im östlichen Nordamerika kein Anzeichen von intensiver Erosion oder Ablagerung. Die Landoberfläche muß damals ziemlich ausgeglichen gewesen sein.

Dann wurde die Erosion belebt, und zwar vorwiegend in Gebieten, die jeweils nicht weit westlich (in Connecticut auch östlich) von den jetzigen Newarkgebieten gelegen waren. Gerölle wurden von dort her gefrachtet und hier abgelagert: dort war die Landoberfläche relativ hoch, hier relativ tief geworden; und Brüche von bedeutender Sprunghöhe haben offenbar diese Vorgänge eingeleitet, diese neuen Zustände geschaffen.

Dann wurde das Relief schwächer, die Zonen grober Ablagerung zogen sich gegen die Quellregionen zurück, und nur mehr gelangten feinere Sedimente in die Regionen, die heute noch erhalten sind.

Hierauf begannen die Eruptionen und setzten sich in mehreren Etappen fort. Die Einleitung der vulkanischen Tätigkeit darf wohl auf eine ähnliche Störung zurückgeführt werden wie der Beginn der Sedimentation. Hier darf man sich fragen, ob die Intrusion der Lagergänge in diesen Gebieten von Senkung wohl irgendwelche Hebung erzeugt habe, ob nicht vielmehr diese Intrusionen in eben durch Senkung entstehende flache Hohlräume erfolgt seien. Ein Hinweis in dieser Richtung liegt darin, daß die Eruptionen ganz auffallend das Gebiet der späteren größten Versenkung bevorzugen, und diese selbe Tatsache läßt uns noch einmal annehmen, daß die Eruptionen von Störungen begleitet waren, obwohl dafür fast keine Beweise vorliegen. Jedenfalls war nach den Eruptionen die Oberfläche so unregelmäßig, daß noch große Massen abgetragen und in die Newarkgebiete verfrachtet werden konnten; fast 2000 m Sediment liegen über den obersten Trapplagern.

Zum Schluß erfolgte die Versenkung in mindestens 3 Gräben.

Mit dieser Störung hörte wahrscheinlich die Ablagerung auf, und die Erosion begann, den heutigen Zustand anzubahnen.

So hat Senkung die Ab'agerung der Newarkformation eingeleitet, Senkung wohl auch die Eruptionen begleitet, Senkung, gefolgt von Erosion, den heutigen Zustand geschaffen. Keine von diesen Senkungen war jedoch stark genug, um das Meer eindringen zu lassen; die untercretacische Potomacformation bildete sich auf festem Lande, und noch zur mittleren Kreidezeit lag das Land hoch. Endlich, in der Senonzeit ließ eine erneute Senkung im O. Nordamerika unter das Meer tauchen. Das Meer, das seit dem Perm keine Spur seiner Anwesenheit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mehr hinterlassen hat, war durch Einbrechen der Kruste wieder an den Ostrand der Appalachen zurückgekehrt.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung soll auf die tektonischen Erscheinungen im einzelnen eingegangen werden, weil hier vieles Eigenartige und auch Typische zu beobachten ist.

1. Das appalachische Streichen der Senkungsbrüche;
2. die Mehrheit der Gräben;
3. die Erscheinung der Kulissenbildung;
4. das einseitige Fallen;
5. die Neigung der Bruchflächen;
6. die Verbiegung der Newarkgesteine;
7. das relative Alter der Newarkstörungen;
8. Senkung und basische Eruption;
9. Ursache der Bruchbildung.

ad 1. Daß die Newarkbrüche im wesentlichen dem appalachischen Streichen folgen, ist leicht zu erklären. Der nach abwärts gerichtete Zug hat sich quer zu dem Faltengebirge weniger leicht auswirken können, als im Streichen des Gebirges, und hat daher vorwiegend streichende Brüche geschaffen. Voraussetzung ist natürlich in einem solchen Fall, daß der Zug nicht ausgesprochen quer zum Gebirge gewirkt hat.

ad 2. Daß mehrere Senkungsfelder vorhanden sind, ist theoretisch auf ähnliche Weise zu erklären. Dort haben wir auf Schwächelinien geschlossen, hier schließen wir auf Schwächezonen im Gebirge. Diese praktisch nachzuweisen, ist freilich schwieriger. Die Geologen in New Jersey und Pennsylvanien (Foliokarten) sind zu der Ansicht gelangt, daß die Newarkbrüche unabhängig von der Struktur des Untergrunds verlaufen. Sehr bezeichnend ist jedoch die Erscheinung, daß in den Highlands[1]) nahe New York (Mt. Adam and Eve, Greenwood Lake[2]), Stissing Mtn.), sowie am Catoctin Mtn.[3]) (Washington W.) jüngere Senkungsbrüche je nicht weit östlich von alten Überschiebungslinien verlaufen (Fig. 2); es ist dies auch ein wichtiger Beleg für die Anschauung, daß die Newarkstruktur auf Zerrung beruht und im strengen Gegensatz zu der appa-

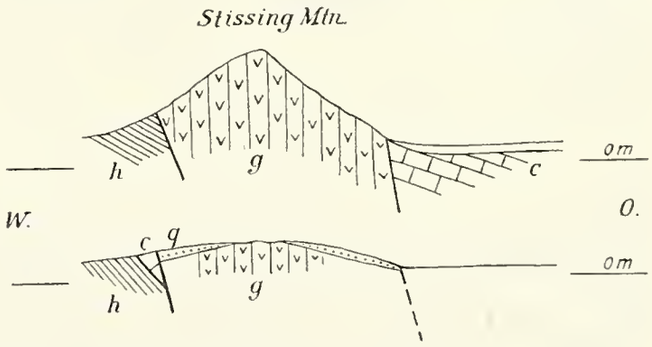

Fig. 2. Schnitte durch Stissing Mtn., nördlich von New York. g praecambrischer Gneis, q untercambrischer Quarzit, c cambro-ordovicischer Kalk. h Hudson River-Schiefer. Westlich palaeozoische Überschiebung, östlich posttriadischer Senkungsbruch. 1 : 62500.

[1]) Geol. Map of N. Y. State, Lower Hudson sheet.
[2]) Franklin Furnace Folio (Kümmel).
[3]) Keith, 14. A. R. U. S. G. S.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lachischen Gebirgsbildung steht. Doch fehlen leider weitere Beobachtungen auf diesem Gebiete.

ad 3. Die Bruchfelder sind in Mehrzahl vorhanden; aber die einzelnen sind nicht untereinander gleichwertig. Man sieht, daß in N. die östlicheren jeweils weiter nach Norden vorspringen, so daß Kulissen entstehen. Faltenkulissen entstehen, wenn der Tangentialdruck im Streichen (einer äußeren Gebirgszone) abnimmt. Bruchfelder, deren Enden kulissenförmig übereinander vorgreifen, müssen entstehen, wenn in einem — nicht mehr richtungslosen, sondern gefalteten — Gebiet der Vertikalzug im Streichen abnimmt, und dies um so mehr, je weiter man nach einer Seite quer zum Streichen fortschreitet. Deutlicher mit anderen Worten: die einzelnen Bruchfelder werden kürzer, ferne werden länger nahe der Region des größten Zuges. In unserem Falle läge das Gebiet größter Absenkung offenbar im O., weil im O. das Vorspringen der Kulissen stattfindet. Doch im Streichen der einzelnen Züge war diese Absenkung nicht überall gleich groß: ihren höchsten Betrag hat sie erreicht in der Breite von Harrisburg (Pennsylvanien) innerhalb der großen Beugung der Appalachen; denn hier sind die Newarkgesteine jetzt noch in größter Ausdehnung erhalten. In dieser Breite schneiden sich also am Ostrand Nordamerikas die Linien größter Absenkung im und quer zum appalachischen Streichen. Fig. 3 soll diese Hypothese anschaulich machen.

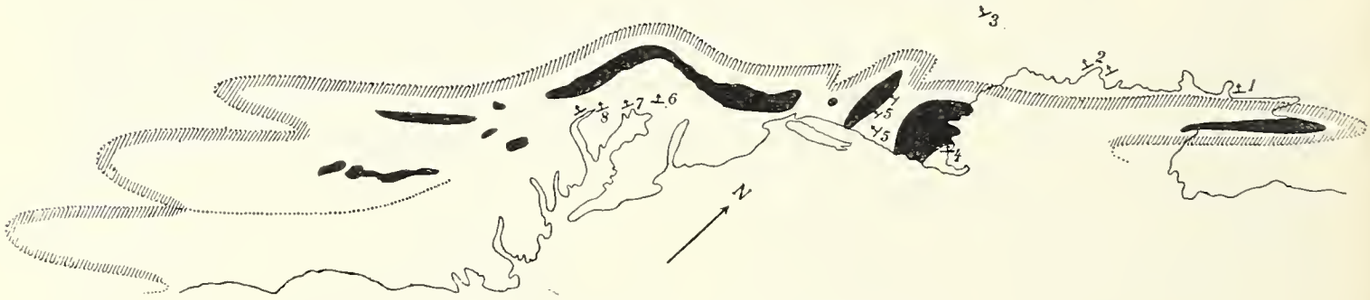

Fig. 3. Newark-Senkungsfelder.

Schwarz: mittlere, am stärksten versenkte Teile mit erhaltenen Carbon- und Triassedimenten; gestrichelt: mutmaßlich größte Ausdehnung der Senkungsgebiete und der ehemaligen Newarkdecke. Vorgreifen der Kulissen im O, wo stärkste Senkung. 1 : 44 Mill. (Die Abbildung zeigt zugleich das Westfallen im Ostteil des Gebirges, vgl. späteren Aufsatz.)

ad 4. Wir haben darauf hingewiesen, daß im westlichen Zuge Westfallen, im mittleren Ostfallen, im östlichen wieder Westfallen herrsche. Dies, wie schon das Vorhandensein mehrerer individueller Senkungsstreifen, zeigt uns, daß die Zunahme der Absenkung nach O. nicht gleichmäßig, daß die Absenkung selbst nicht überall gleichartig war. Auffallend ist besonders die Erscheinung, daß der westliche Zug, mit dem scheinbar das Absinken nach O. beginnt, nicht nach O., sondern nach W. einfällt. Dieser Widersinn wird jedoch behoben, wenn man erkennt, daß in New York und New Jersey weiter westlich noch ein weiterer Senkungsstreifen liegt, der »Skunnemunk«-Graben, der zwar keine Newarksedi-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mente enthält, aber gerade dadurch sich als ein Beleg für das allmähliche Ausklingen der Senkung gegen W. benutzen läßt. Das einseitige Fallen hat übrigens keinen bedeutenden Einfluß auf den Betrag der Absenkung innerhalb eines Zuges; denn Verwerfungen innerhalb der Randbrüche kompensieren den Betrag der Senkung, die auf der Schichtenneigung beruht; so fällt die Trias von Connecticut nach O. in die Tiefe, aber zahlreiche Brüche lassen den westlichen Teil dieses Gebietes fast ebenso weit zur Tiefe gehen, als den östlichen. So ist der quantitative Teil dieses Problems belanglos; aber das Qualitative, die Erscheinung des einseitigen Fallens in ihrem mehrfachen spiegelbildlichen Wiederkehren, muß ich leider unerklärt lassen — in der Beschaffenheit des Untergrundes kann wohl kaum die Ursache liegen.

ad 5. Die großen randlichen Verwerfungsflächen weichen mitunter stark von der Vertikalebene ab. Keith hat im Catoctin Belt bei Washington Winkel bis zu 30° gegen die Horizontale gemessen. Wäre dieses Einfallen in allen Zügen gleichwie in dem westlichen Catoctin Belt nach O. gerichtet, so könnte man zur Erklärung eine einseitige Hebung des gesamten Ostrandes von Nordamerika annehmen, wobei die Verwerfungsflächen aus einem steileren Zustande nach W. umgelegt worden wären und daher nach O. einfielen. Diese Erklärung ist jedoch unmöglich, weil die Erscheinung spezifisch für die einzelnen Züge ist, und in Connecticut z. B. die östliche Bruchfläche nach W. fällt. Könnten wir eine Kontraktionsbewegung zur Erklärung herbeiziehen, so könnten die geneigten Bruchflächen als durch Seitenschub umgelegt erscheinen, die Newarkzüge würden zu verworfenen Mulden und die Zwischengebiete zu Sätteln. Aber auf einem jener »Sättel« liegt die Trias»mulde« von Richmond, anzeigend, daß auch die hochliegenden Gebiete zwischen den Newarkzügen nicht durch Hebung in ihre Lage gekommen sind; ferner sind echte Mulden von der Spannweite der Newarkdepressionen bisher nicht bekannt geworden; endlich hat noch niemand eine Faltung in den Appalachen nachgewiesen, die jünger wäre als die Permzeit. — Diese Einwände gegen eine Faltung nach der Newarkstörung scheinen ausreichend. So müssen wir auch die Anschauung für wahrscheinlicher halten, daß die Neigung jener Bruchflächen eine durch Senkung erzeugte, eine ursprüngliche ist. Bei einer echten Verwerfung ist ja schon von vorn herein eine Neigung der Bruchfläche gegen die absinkende Scholle hin zu erwarten. Und der starke Betrag dieser Neigung kann durch folgende Überlegung verständlich werden: Das Absinken der Schollen ist einseitig erfolgt, weil die Schollen nicht horizontal liegen, sondern gegen den (inneren) Randbruch einfallen; das Absinken war ein sehr beträchtliches; etwa 4000 m (?) z. B. in Pennsylvanien (Mächtigkeit der Trias!); diese beiden Erscheinungen im Verein bedingen eine wachsende Neigung der Bruchfläche mit wachsender Tiefe, die Bruchfläche setzt bogenförmig, wie eine Schaufel in die Tiefe (Fig. 4). Eine primäre Neigung von 20° gegen die Vertikale wird angenommen; sinkt nun die östliche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Scholle um den Betrag der Mächtigkeit der Trias, um 4000 m also, und nimmt sie dabei eine Neigung von 20°, also den gewöhnlichen Fallwinkel der Newarkzüge an, so wird auch die Neigung der Bruchfläche (gegen die Vertikale) um 20° größer werden und nunmehr 40° gegen die Vertikale betragen. Je tiefer dann die Erosion greift, desto flacher wird die Bruchfläche sich zeigen. — Ein anderes Ergebnis dieser Betrachtung ist die Erkenntnis, daß die Neigung der (inneren) Randbrüche und die Neigung der Sedimentlagen zur gleichen Zeit hervorgebracht sind[1]). — Von den anderen Brüchen ist zu sagen, daß sie ebenfalls geneigt sind, wiewohl in viel geringerem Grade als die inneren Randbrüche. Die kleineren Brüche im Inneren der Schollen neigen sich nach derselben Seite wie der innere Randbruch; dasselbe gilt von den Brüchen wesentlich des New Jerseybezirkes. Die äußeren Randbrüche (Hudsonbruch) dagegen fallen gegen die übrigen ein und machen so die Grabenscholle zum Keil (Fig. 1 S. 450).

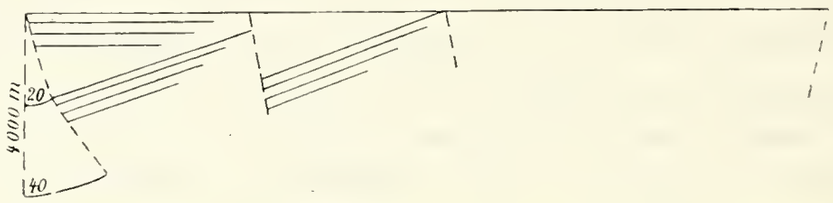

Fig. 4. Newarkgraben. Links innerer Randbruch und daran zur Tiefe sinkende Scholle, Mitte demnächst nachbrechende Scholle, rechts äußerer Randbruch. 1:250000. Vgl. Fig. 1.

ad. 6. Außer der monoklinalen gibt es noch andere Arten von Verbiegung, wenngleich diese weniger bedeutsam sind. — Auffallend sind die großen halbmondförmigen Kurven, welche von Trapplagen beschrieben werden. Von dieser Erscheinung schließen wir auf Senkung auf der konkaven Seite der Bögen. — Einige kleinere am Westrande des New Jerseybezirkes gelegene Halbmonde sind jedoch durch Senkung an der konvexen Seite entstanden, da sie antiklinalen Bau zeigen; man kann diese Art »Flexurenhorst« nennen und die Bezeichnung »Dom« auf Hebungskuppeln beschränken. An dem parallelen Ausstreichen der Trapplagen erkennen wir, daß sie alle zu gleicher Zeit die Störung durchgemacht, und daß zwischen den einzelnen Eruptionen keine wesentliche Störung gewirkt haben kann. Man beobachtet ferner, daß die äußeren Randbrüche, z. B. der Hudsonbruch, mit den Trappbögen ungefähr parallel sind; wahrscheinlich sind Verbiegung und Verwerfung ziemlich gleichzeitig erfolgt. — Ganz anderer Art ist die Verbiegung des Richmondzuges, Virg. (siehe Karte, S. 462). Hier sehen wir eine Mulde[2]),

[1]) Wäre dies nicht der Fall, wären die Brüche jünger als die Kippung, so müßte die Kippung am Außenrand eine beträchtliche Hebung herbeigeführt haben, die dann wieder durch das Niederbrechen aufgewogen worden wäre. Eine solche Hebung könnte niemand erklären (s. Fig. 4).

[2]) Shaler usw. 19. A. Rep. Geol. Surv.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die zwar etwas schräge, aber keineswegs quer zu den Appalachen streicht wie die Achsen jener Halbmonde. Es ist trotzdem keine Faltungsmulde; sie ist von Newarkbrüchen randlich abgeschnitten und zwischen diesen versenkt: sie liegt daher auf einer Linie starker Zerrung, wir müssen sie als Senkungserscheinung auffassen und in ihrer Achse den Bereich stärksten Absinkens erkennen; sie ist eben im Gegensatz zu den anderen Gräben symmetrisch gebaut; man kann den Westflügel zum Deep Rivergraben rechnen, den Ostflügel mit dem Zuge von Neu-Schottland parallelisieren.

Bei Wienrode am Harz ist tertiäre Braunkohle auf ähnliche Weise muldenartig in die Tiefe gesunken; doch ist hier die Ursache nicht in tektonischer Zerrung, sondern in der Auflösung der unterlagernden Zechsteinsalze zu suchen.

ad 7. Können für die einzelnen Arten von Störungen Zeitunterschiede ausfindig gemacht werden?

a) Am ältesten, älter als die Newarksedimente selbst, müssen die Brüche sein, welche die Sedimentation eingeleitet und verursacht haben. Als Beispiel weiß ich nur die westlich des New Jerseyzuges verlaufenden Brüche anzugeben, von deren Bruchwänden aus cambro-ordovicischem Kalkstein die Basalkonglomerate der Newarkformation abstammen (s. Karte, S. 462). Doch gibt es sicher analoge Brüche in Menge; ebenso wie derartige Konglomerate sehr verbreitet sind. Sehr wahrscheinlich haben auch an mancher der jüngeren Bruchflächen schon zu Beginn der Newarkperiode Bewegungen stattgefunden.

b) Die großen randlichen (inneren) Brüche und die Kippung der Sedimente sind natürlich jünger als die Newarkformation. Jene beiden haben wir als gleichaltrig erkannt.

c) Es gibt andererseits Brüche, die sicher jünger sind, als die Kippung. Wären die Brüche im westlichen Teil des Connecticutbezirkes[1]) nicht jünger als die dortigen Bögen in den Trapplagern, so müßte man das horizontale Abrücken der einzelnen Schollen an den Brüchen als wirkliche Querverschiebung bezeichnen; dies aber würde für Seitenschub sprechen, während wir uns die Newarkstruktur als Zerrungsstruktur erklären müssen. Zerrung an fast senkrechten Brüchen, wie sie dortselbst vorkommen, kann nur dann die einzelnen Teile bestimmter Lagen weit auseinander rücken, wenn die Lagen schon vorher eine Neigung angenommen haben. Daher sind diese Brüche jünger als die Kippung. Fig. 1 zeigt derartige Brüche in New Jersey (i′); s. a. Karte (S. 462).

d) Am jüngsten sind die äußeren Randbrüche (Hudsonbruch z. B.), weil an ihnen die mittleren Brüche (c) abstoßen. Daß der Hudsonbruch an dem großen Westbruch endet, beweist nichts für ein höheres Alter des ersteren, weil er trotz seiner beträchtlichen Sprunghöhe jenseits des Westbruches keine Fortsetzung findet.

---

[1]) Davis, 18. A. R. Karte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Ergebnis ist folgendes: Die Brüche sind um so älter, je weiter sie von dem wenigst gesenkten (Außen-)Rand der Newarkgräben entfernt sind. In New Jersey sind zuerst im W. Bruchwände gebildet worden, von denen die Basalkonglomerate abstammen. Am Ende der Newarkperiode ist die Kippung und die große Verwerfung am Westrand erfolgt, hierauf das Zerbrechen an kleineren Spalten innerhalb der Scholle, parallel zum Randbruch und vielleicht unmittelbar nach der größeren Bewegung. Zum Schluß wird der Hudsonbruch angelegt; er fällt im Gegensatz zu allen anderen Brüchen nach W. ein, stimmt aber durch seinen nach W. konkaven Verlauf wieder mit den Bögen der Trapplagen zusammen, wie diese durch Absenkung an der Westseite erzeugt; er ist jünger als deren Verbiegung, aber kaum um vieles jünger (Fig. 5).

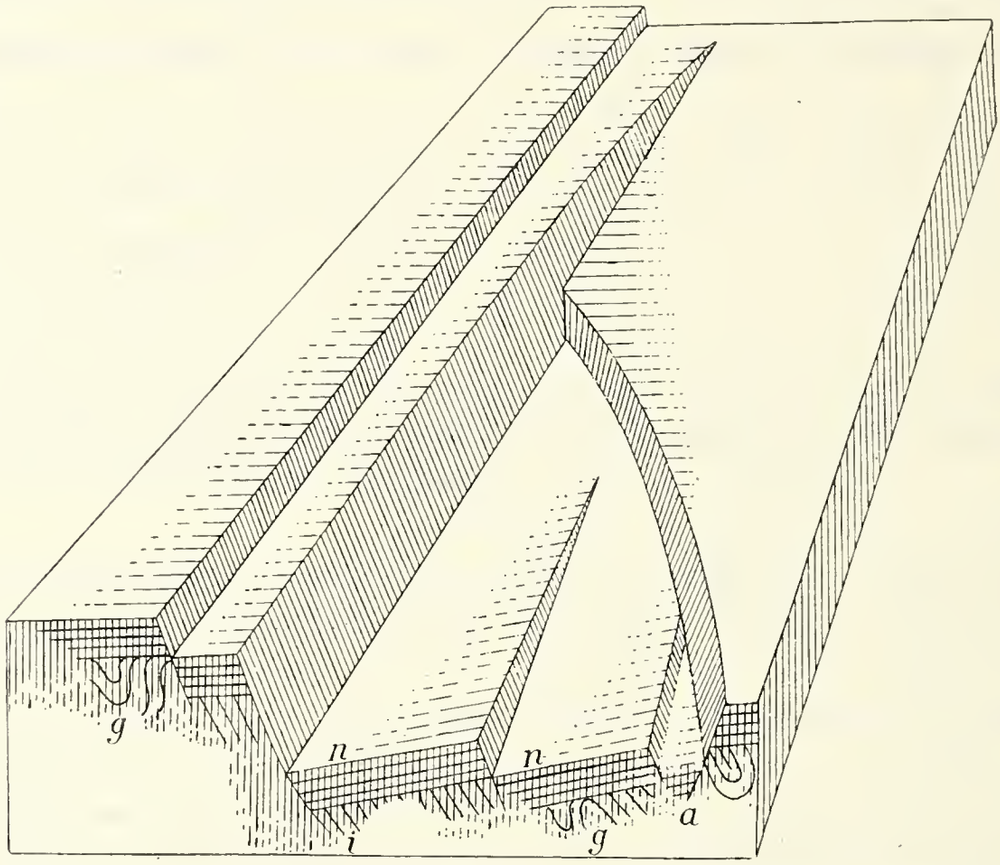

Fig. 5. Nordende des New Jerseygrabens. *i* innerer, *a* äußerer Randbruch; *g* Krystallin, *n* Newarktrias. Erosion nicht berücksichtigt. Frontschnitt 1 : 500 000 (nicht überhöht, wenn die Angaben der Autoren über Mächtigkeit der Trias richtig sind).

So erscheint die Struktur der Newarkgräben zwar in vielgestaltiger Form, aber die Einheitlichkeit des Baues leidet darunter nicht. Es gibt verbindende Glieder zwischen allen einzelnen Erscheinungen, und keine Erscheinung stört die andere. Der beste Beweis dafür ist das Gleichartigbleiben der Vorgänge in den verschiedenen Störungsperioden. So ausgeprägt ist der einheitliche Charakter, daß wir, von der Struktur allein ausgehend, niemals erkennen würden, daß an diesen »Kanälen« in mehreren Perioden gebaut worden ist.

ad 8. Der Palisadendiabas ist eines von jenen basischen Gesteinen, die so auffallend die großen Zerrungsgräben der Erde begleiten, so in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ostafrika und im Rheintal. Die Eigenart der ostamerikanischen Eruption liegt darin, daß sie im Streichen eines Gebirges stattgefunden hat, in einem Gebiete also, das früher Hebungen — durch Faltung unterworfen gewesen. Noch mehr, diese früheren Hebungen waren wie die meisten anderen Faltungen in ausgedehntem Maße von Intrusion sauerer Gesteine, vorwiegend Granite, begleitet gewesen.

So steht in einem und demselben Gebiete eine jüngere Senkung und basische Effusion älteren mit saueren Intrusionen verknüpften Hebungen gegenüber. Dieser starke Wechsel deutet an, daß die Appalachen schon am Ende der paläozoischen Ära aufgehört haben, ein Gebiet der Faltung zu sein. Nicht nur das Einsetzen von Zerrung, sondern auch das Aufbrechen basischer Schmelzflüsse erscheint somit als ein Anzeichen für das Altern, »Erstarren« eines Gebirges.

ad 9. Die Ursache der Bruchbildung haben wir bereits als Zerrung erkannt, und auf die Frage, woher die Zerrung komme, werden wir antworten: aus der Kontraktion der Erde. Dabei bleibt aber offenbar noch eine Frage zu beantworten, nämlich warum die Zerrung sich nicht in einem allgemeinen Sinken der Kruste auswirkte, sondern sich zersplitterte und daher örtliche Brüche erzeugte. Nun, diese Erscheinung geht wohl auf den Mangel an Homogenität in der Kruste zurück; in unserem Falle hat sich die Zerrung entlang der Schwächelinien eines alten Gebirges ausgewirkt, und Linien stärkeren Widerstandes in demselben Gebirge mögen das Hinausgreifen der Brüche in das ungefaltete Land verhindert haben.

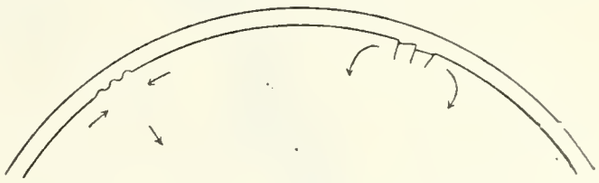

Fig. 6. Entstehung von Gebirg und Graben durch Kontraktion. Erdoberfläche vor und nach der Störung. Pfeile bedeuten Kraftrichtungen.

Eine ganz allgemeine Überlegung findet jedoch noch eine andere Ursache für örtliche Bruchbildung. Die Kontraktion bringt nicht nur Senkung und Gebirgsbildung mit sich, sondern muß außerhalb der Gebirgszonen auch zu einer Spannung führen; eine Spannung, welche die Kruste an eine Geoidfläche von neuem, geringerem Durchmesser anzupassen sucht. Diese Anpassung kann auf zwei Weisen vollzogen werden; entweder durch gleichmäßige Biegung — wie sie wohl in den großen alten Schilden des öfteren schon stattgefunden hat; oder durch unvollkommene Biegung, ergänzt durch örtliches Brechen. Solche Brüche werden ungefähr parallel und in ziemlich großem Abstand — außerhalb des Druckbereiches — von dem neuen Gebirge verlaufen. So mögen die Newarkbrüche im Gefolge von einer Faltung der Cordilleren entstanden sein. — Nun kann noch einiges über jene unvollkommene Biegung gesagt werden. Stellen sich Krustenteile nicht in die neue Krümmungstendenz ein, so werden sie innerhalb der neuen Erdoberfläche als Gebiete von zu geringer Krümmung erscheinen; sie werden so an den Rändern scheinbar aufgebogen, in der Mitte aber

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eingesenkt sein, ohne daß sie in Wahrheit ihre Gestalt verändert haben, ja, gerade weil sie sich nicht geändert haben. Das fließende Wasser aber muß den neuen Schwereverhältnissen folgen und wird in solchen Gebieten vom Rande aus nach innen laufen. So könnte man die Tatsache erklären, daß in Afrika die Flüsse von den Schollenrändern, welche zugleich die Randbrüche der Gräben sind, hinwegstreben (vgl. Suess, Brüche des östl. Afrika, Wien 1891, S. 29).

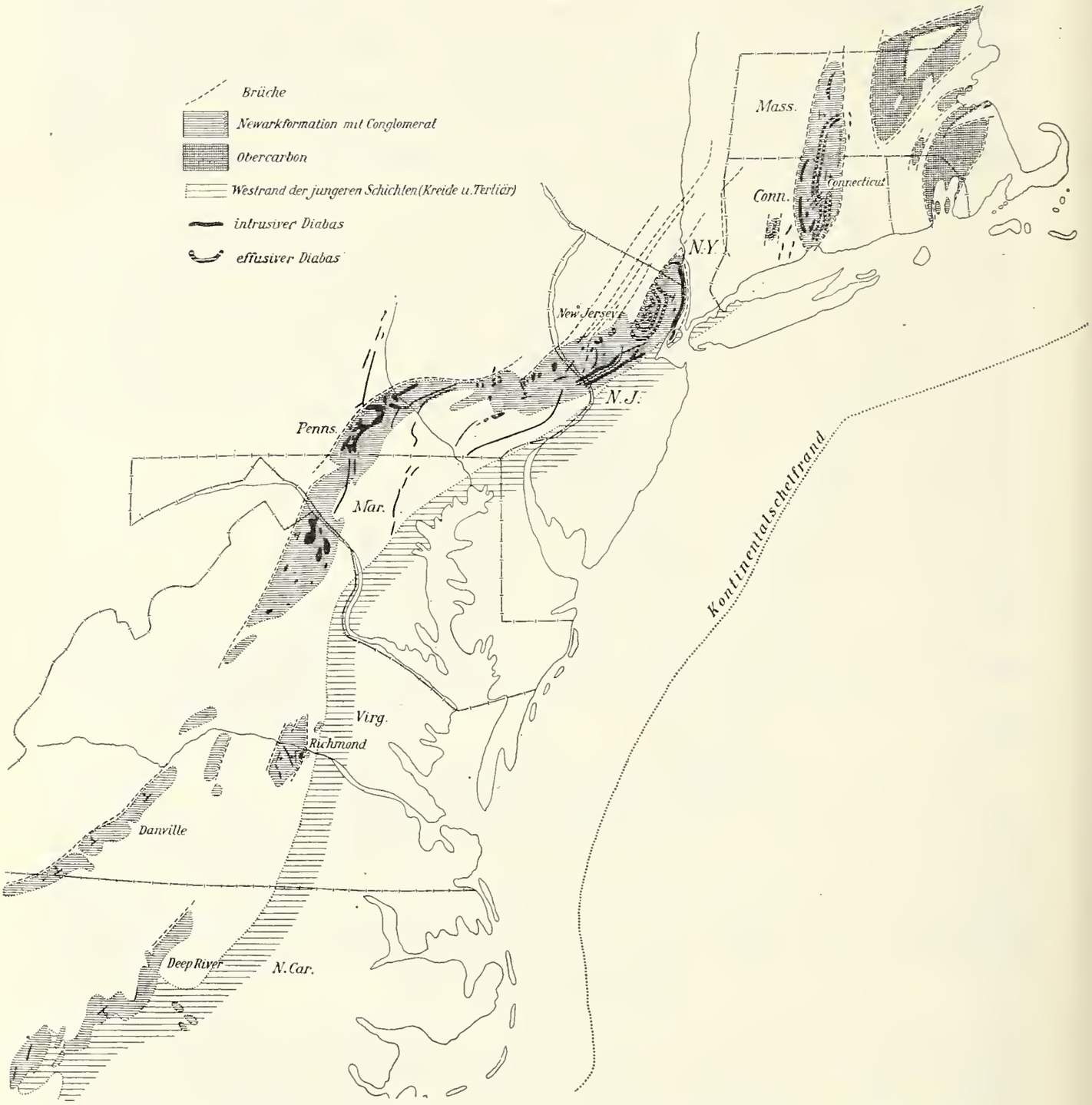

Fig. 7. Übersichtskarte der Newarktrias in den Appalachen. ca. 1 : 20 Mill.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: 5

Autor(en)/Author(s): Lebling Clemens

Artikel/Article: Tektonische Forschungen in den Appalachen 449-462