

N. Tilmann.

Die Struktur und tektonische Stellung der canadischen Appalachen.

Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten der naturwissenschaftlichen
Abteilung der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heil-
kunde in Bonn.

Bonn 1916.

A.

Sitzungsberichte

der
naturwissenschaftlichen Abteilung
der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur-
und Heilkunde in Bonn.

Sitzung vom 12. Januar 1914.

·Vorsitzender: Prof. Dr. Fitting.
Anwesend 45 Mitglieder und Gäste.

Herr Dr. N. Tilmann:

Die Struktur und tektonische Stellung der canadischen Appalachen.

Die erste der großen Exkursionen, die anlässlich des letzten internationalen Geologenkongresses in Toronto den Süden Canadas vom Atlantischen Ozean bis zu den Ufern des Pazifik durchquerten, war dem Studium des verhältnismäßig nicht großen Gebietes gewidmet, das als Fortsetzung des Appalachengebirges der Vereinigten Staaten angesehen wird. Es umfaßt in Canada den südlichen Teil der Provinz Quebec, Neubraunschweig und die Halbinsel Neuschottland; weiter östlich jenseits der Mündung des St. Lorenzstromes findet es in den Gebirgen Neufundlands seine Fortsetzung und streicht dann in großer Breite in den Ozean hinaus.

Das Appalachengebirge bildet die östliche der drei großen, ganz Nordamerika in meridionaler Richtung durchziehenden Zonen. Ein Gegenstück findet sie in den Cordilleren des amerikanischen Westens. Die beiden Außenzonen umschließen ein weites Gebiet, dessen wesentlichstes Merkmal gegenüber den angrenzenden Randgebieten darin liegt, daß hier seit dem Aus-

gang der präkambrischen Zeit jede orogenetische Bewegung erloschen ist. In der südlichen Hälfte dieser Mittelzone breiten sich über die weiten Gebiete der „Interior Lowlands“ flach gelagerte, paläozoische und mesozoische Sedimente; gegen Norden aber, in der Region der Grossen Seen, taucht unter ihnen ihre Unterlage auf, die aus mächtigen archaischen und präkambrischen Gesteinen besteht. Dies ist das alte Festlandsmassiv Laurentia. Seine Gneise, Granite, basischen Eruptivgesteine und verschiedenartigen Sedimente sind zwar in präkambrischer Zeit wiederholt von mächtigen Bewegungen ergriffen, aber die Natur der fast ganz fossilereen, meist auch stark veränderten Gesteine erlaubt es bislang nicht, die Leitlinien und die Art der alten Bewegungen in diesem Gebiete klar aufzuhellen. Auf diesem mannigfaltig zusammengesetzten Sockel lagern ungestört tafelförmig die Produkte gelegentlicher späterer Meerestransgressionen, die jedoch zum Teil durch Abtragung von der alten Unterlage entfernt worden sind.

In vollem Gegensatz zu diesem alten starren Massiv stehen die beiden Randzonen; im Westen, in den Cordilleren, sind bis in die jüngste Zeit hinein die gebirgsbildenden Kräfte tätig gewesen und zum Teil auch heute noch nicht zur endgültigen Ruhe gekommen; im Osten trägt das Gebiet der Appalachen die Züge von faltenden Bewegungen, die zwar bis zum Ende des Paläozoikums äußerst wirksam waren, seit dieser Zeit aber erloschen sind. Beide Gebiete sind nicht der Schauplatz vereinzelter Meerestransgressionen, sondern mächtiger Anhäufung von Sedimenten verschiedenen Alters in ausgedehnten Meereströgen, den Geosynklinalen.

Obschon es sich im Gebiet der Appalachen um paläozoische Sedimente handelt und mit Ausnahme einiger späterer Nachwehen, die das geschlossene Bild jedoch nur wenig beeinflussen konnten, die Gebirgsbildung mit Ausgang des Perm im wesentlichen als abgeschlossen zu gelten hat, so ist doch seit langem bekannt, daß sich die Leitlinien dieses alten Gebirges auch heute noch in überraschend deutlicher Weise dem Auge darbieten und an Klarheit den tektonischen Bildern in den westlichen Gebirgen nichts nachgeben. Das gilt zwar vor allem von dem südlichen Teil, dem klassischen Gebiet der Alleghanies; aber auch in den nördlichen Teilen treten Struktur und Leitlinien der paläozoischen Tektonik im Verlauf der Flüsse und der Gliederung der Küsten häufig genug markant heraus und spiegeln sich aufs deutlichste in der Form und Gestaltung des Landes wieder. Das ist vor allem dem Umstande zu danken, daß seit jenen Bewegungen keine oder doch nur unter-

geordnete neue Furchen der Oberfläche eingeprägt wurden und das Land sich uns heute in nicht viel verändertem Aussehen zeigt, als es sich etwa schon bei Ausgang der paläozoischen Zeit darbot.

Das alles lockt, dieser Struktur nachzugehen. Große Gebiete sind zwar auch jetzt noch nur oberflächlich bekannt oder doch nur in den Grundzügen geklärt, und über Alter und Stellung mancher Schichtkomplexe ist die Diskussion noch nicht zu einem gedeihlichen Ende geführt. Wald und Wasser bedecken weithin das Land und stellen dem Forscher starke Hindernisse entgegen. Trotzdem aber hat die ausdauernde Arbeit der canadischen Geologen unser Wissen so weit gefördert, daß heute die geologische Übersichtskarte ein klares Bild von den einzelnen Abschnitten gibt, die die canadischen Appalachen zusammensetzen.

Da die Exkursion Gelegenheit gab, fast alle diese Abschnitte an typischen Stellen kennen zu lernen, und uns außerdem noch ein reich ausgestatteter Führer¹⁾ als Niederschlag aller bisheriger Arbeiten in die Hand gegeben war, so mag es gewagt sein, zunächst eine kurze Darstellung über den Aufbau dieser Gegenden zu entwerfen. Mit herzlicher Dankbarkeit mag hier der Herren gedacht sein, die uns in den verschiedenen Gebieten durch sachkundige Erläuterungen das Bild anschaulich zu machen verstanden, darunter in erster Linie des unermüdlischen Leiters der ganzen Exkursion, des Herrn G. A. Young.

Ein Überblick über die Geschichte dieser Gegend während der paläozoischen Zeit wird bald zeigen, in welchen Perioden wir die Bewegungen zu suchen haben, die für die Struktur des Gebirges von Bedeutung sind; zugleich wird eine Darstellung der heutigen Verbreitung der einzelnen Formationen an der Oberfläche einen Fingerzeig geben, wo wir einsetzen müssen, um eine Einsicht in den Aufbau des Landes zu bekommen. Es ist natürlich im Rahmen dieses Aufsatzes nur möglich, eine allgemeine Übersicht zu geben; von der Besprechung der verschiedenen Schichtfolgen im einzelnen wird man absehen müssen. Es soll nur auf die Punkte eingegangen werden, die zum Verständnis des tektonischen Bildes erforderlich sind.

Zwei allgemein wichtige Beobachtungen mögen gleich anfangs herausgehoben werden. In keinem Profil der ganzen

1) XII. Internat. geol. Congress Guide Book I. Exkursion in Eastern Quebec and the Maritime Provinces, issued by the geolog. Survey. Ottawa, Canada 1913.

Region haben wir eine ununterbrochene Folge paläozoischer Schichten vom Kambrium bis zum Permkarbon. Vielmehr klaffen überall Lücken. Das beweist, daß die Sedimentation während des Paläozoikums unterbrochen wurde, sei es durch Abtragung vorher abgelagerter Schichten oder dadurch, daß durch allgemeine Hebung oder Gebirgsbildung die Zone dem Bereich der Sedimentierung entzogen wurde. Im ganzen Lande sondern sich in der Schichtfolge des Paläozoikums zwei Hauptgruppen; die ältere umfaßt kambrische bis unterdevonische Schichten, während die jüngere hauptsächlich aus einer mächtigen Folge alt- und jungkarbonischer Schichten besteht, die an ihrer Basis z. T. auch noch jungdevonische Teile enthält und oben von mächtigen permischen Ablagerungen gekrönt wird. Von gleich großer Bedeutung erscheint in zweiter Linie die Tatsache, daß sich die Schichtfolgen der appalachischen Region von dem paläozoischen Deckgebirge des angrenzenden laurentischen Schildes der ganzen Grenze beider Gebiete entlang faziell scharf abtrennen, so daß einander fremde Fazies sich heute dicht gegenüberstehen.

Über der Basis aus archaischen oder algonkischen Gesteinen verschiedener Art, die in großer Ausdehnung in Neuschottland und im südlichen Neubraunschweig erscheinen, findet sich in diesen Gegenden eine Folge von Sandstein und Schiefeln, die verschiedenen Stufen des Kambriums angehören. Wie man im Profil längs des George River sieht, transgrediert das Kambrium über die älteren Schichten. Ein zweiter Zug von Gesteinen, in denen vielleicht auch Kambrium vertreten ist, die aber wahrscheinlich zum größten Teil dem Unter-Silur (Ordoviciun) angehören, begleitet in wechselnder Breite das Südufer des Lorenzstromes. Neben bunten Schiefeln, Quarziten und Sandsteinen finden sich auch Konglomeratschichten mit vielen Kalkgeröllen, die kambrische Fossilien enthalten, ein Beweis dafür, daß schon bald nach der Ablagerung kambrische Schichten in erheblichem Maße wieder abgetragen sind.

Die Ablagerungen des Untersilurs, hauptsächlich in Form von Graptolithenschiefeln und unreinen Kalksteinen, die verschiedenartigen Sedimente und vulkanischen Gesteine des Obersilurs, das in dem mächtigen Profil von Black Cape im südlichen Teil der Gaspé-Halbinsel über 2000 m Mächtigkeit erreicht, Kalke, Diabasmandelsteine und Tuffe des Unterdevons sowie mitteldevonische Sandsteine besitzen weite Verbreitung auf der Gaspé-Halbinsel und im nördlichen und westlichen Teil von Neubraunschweig; doch zeigt das prächtige Profil von

Arisaig an der nördlichen Küste Neuschottlands, daß ursprünglich auch weiter südlich silurische Schichten erhebliche Ausdehnung besaßen.

In ihrer ganzen Verbreitung sind die bisher aufgeführten Schichten stark gefaltet; im mittleren Neubraunschweig und auch in Neuschottland sind sie von mächtigen Granitintrusionen durchdrungen, deren Aufsteigen wohl im Zusammenhang mit den gebirgsbildenden Vorgängen steht, von denen das ältere Paläozoikum betroffen wurde.

Auf diesen älteren, stark gefalteten Teil des Paläozoikums legen sich überall mit deutlicher Diskordanz die jüngeren Schichten. Auf der Gaspé-Halbinsel gehören hierher die bunten Konglomerate und Sandsteine der Bonaventura-Formation, die an einzelnen Punkten noch devonische Fische und Landpflanzen einschließen, aber wahrscheinlich auch noch in das Unterkarbon hinaufreichen. Weiter im Süden dagegen transgrediert über die Schichtköpfe des älteren Paläozoikums das Unterkarbon, z. T. mit Sandsteinen, Schiefern, Gips und Kalk; diese Ablagerungen gleichen vollständig den Absätzen des Unterkarbon in Westeuropa in der Form des Kohlenkalks (Windsor-Serie), z. T. jedoch tragen sie mehr den Charakter des Kulm (Horton-Serie). Darüber folgen mächtige Schiefer und Sandsteine, die dem Millstone grit Englands (= Flötzleerem Westfalens) entsprechend und besonders im mittleren Teil Neubraunschweigs ein ausgedehntes Areal bedecken, und die mehrere 1000 m mächtig werdenden Schichten des Oberkarbons mit zahlreichen Kohlenflötzen, die bei North Sidney auf der Cap Breton Insel, bei Pictou und an der Fundy-Bay zu lebhaftem Bergbau Anlaß geben. Die über dieser flötzführenden Serie bei New Glasgow und auf der Prince Edward Insel folgenden diskordant auflagernden Sandsteine und Schiefer gehören zum großen Teil schon dem Perm an.

Diese jüngere Serie trägt einen kontinental-limmischen Charakter. Nur zur Zeit des Unterkarbon vermochte ein flaches Meer über das abgetragene devonische Gebirge vorzudringen; dem älteren, gefalteten Teil des Paläozoikums gegenüber aber vertritt das jüngere Paläozoikum vollständig die Rolle des Deckgebirges; doch liegt dieses nicht überall wie auf der Gaspé-Halbinsel oder in beträchtlichen Teilen Neubraunschweigs ungestört auf den älteren Falten; in südlichen Teilen dieser Provinz ist das Karbon deutlich, wenn auch schwach gefaltet, und die bei New-Glasgow sichtbare Diskordanz beweist, daß die Bewegungsvorgänge sich wohl am Ende der Oberkarbonzeit abgespielt haben. Die Schichten des großen Karbonprofils von Joggins

an der Chignecto-Bay, liegen nicht, wie E. Sueß¹⁾ es darstellt, flach, sondern sind unter einem Winkel von 30 Grad und mehr aufgerichtet. Mit dieser schwächeren Faltung schließen die Gebirgsbildungen im Körper der canadischen Appalachen ab. Spätere leichte Wellungen oder Einbrüche vermögen dem Bild keine wesentlich neuen Züge mehr aufzuprägen. Das Vorkommen von Triassandsteinen, verbunden mit dem Erguß von Eruptivgesteinsdecken, trägt den gleichen Charakter wie die in großen Gräben liegende Zone der Newark-Serie im mittleren Teil des Appalachengebietes, dem Lebling²⁾ kürzlich noch eine zusammenfassende Studie gewidmet hat.

Dieser Überblick über die Geschichte der canadischen Appalachenregion liefert also das Ergebnis, daß die Hauptfaltung hier keineswegs erst im Karbon erfolgte, sondern sich schon in der Devonzeit vollzog. Allerdings folgt später im Karbon noch eine zweite Faltung, die aber an Stärke der ersten weit nachsteht und in den nördlichen Zonen gar nicht in die Erscheinung tritt. Es sei aber erwähnt, daß wahrscheinlich noch weitere Phasen tektonischer Aktivität im Paläozoikum auftraten. Abgesehen von präkambrischen Faltungen scheinen auch schon am Ausgang der Untersilurzeit stärkere Bewegungen stattgefunden zu haben³⁾.

Ebenso scharf wie die zeitliche Fixierung der Faltungsvorgänge ist auch der Verlauf des Streichens der Hauptbewegungen zu erkennen. Außerordentlich deutlich hebt sich dieses schon auf der Übersichtskarte heraus und verleiht der Appalachenregion einen besonderen Charakter gegenüber dem angrenzenden canadischen Schild. Auch für die orographischen Verhältnisse ist die Faltungsrichtung von größter Bedeutung; ihr nordöstlicher Verlauf spiegelt sich in der Richtung des unteren Lorenzstromes und in den prachtvollen Riasküsten wieder; auch kleinere Abweichungen wie das NW-Streichen in den östlichen Ausläufern der Gaspé-Halbinsel macht sich aufs schärfste bemerkbar, indem die weit ins Meer hinaustretenden, fingerartigen Vorgebirge deutlich NW—SO-Erstreckung zeigen.

Dieses im allgemeinen SW—NO gerichtete Streichen bedingt auch die Teilung des ganzen Gebietes in eine Reihe von gleichgerichteten Zonen. Von N gegen S treten besonders

1) Sueß E., Das Antlitz der Erde, III, 2, pg. 72.

2) Lebling C. Tektonische Forschungen in den Appalachen I. Geol. Rundsch. V. 1914.

3) Siehe darüber Chamberlin R. T.: Diastrophism and formative processes VII. Periodicity of paleozoic movements. Journ. of Geology 22, Nr. 4. 1914.

folgende heraus: Längs des Südufers des Lorenzstromes eine schmale Zone kambrisch-ordovicischer Schichten, die schon westlich von Quebec vorhanden ist, und sich bis zur Mündung des Lorenzstromes in den Lorengolf verfolgen läßt. Auf Gaspé tauchen in ihr auch ältere präkambrische Schichten auf. Bedeutend größere Ausdehnung gewinnt der zweite Abschnitt, der hauptsächlich aus silurischen und unterdevonischen Schichten besteht. Er umfaßt mit Ausnahme des schmalen Streifens der ersten Zone die ganze Gaspé-Halbinsel und den nördlichen Teil Neubraunschweigs; gegen Westen wird die Breite der Zone noch größer; in ihren südlichen Teil spielen Granitintrusionen eine bedeutende Rolle. Im Süden schließt sich daran das große Gebiet des Karbons Neubraunschweigs, das nach SW jedoch allmählich an Breite verliert, so daß hier der nördlich der Fundy-Bay hinstreichende Zug älterer Gesteine mit der großen Silur-Devon-Zone im Norden sich zusammenschließen kann und beide vereint in die Neu-England-Staaten fortziehen. Der Norden von Neuschottland wird wieder von Karbon eingenommen, das aber ebenso wie der Südrand des Karbongebietes Neubraunschweigs deutlich die Zerlegung in Sättel und Mulden zeigt. Hier und da kommt inselartig das ältere Gebirge heraus, das im SW Neuschottlands das herrschende Element ist und hier gleichfalls von Graniten durchdrungen ist.

Nachdem so Zeitpunkt und Richtung der besonders auffälligen Faltungen, die in erster Linie für den Aufbau des Landes von Bedeutung sind, festgelegt sind, erhebt sich weiterhin die Frage, welcher Art und von welchem Ausmaß die Faltung war. Waren es nur einfache Wellen, oder machen sich Anzeichen einer verwickelten Struktur geltend? Es wurde schon festgestellt, daß die Stärke und Ausdehnung bei den Faltungen außerordentlich verschieden ist. Während die ältere überall, wo das ältere Paläozoikum auftaucht, Spuren hinterlassen hat, finden sich die jüngeren Falten nur in beschränkter Ausdehnung; die flachlagernden Sedimente der Bonaventura-Formation auf Gaspé und des Karbons im nördlichen Neubraunschweig lassen keine Beeinflussung durch spätere Faltung erkennen. In der Tat sind die Ansichten in dieser Frage nicht übereinstimmend. Während noch in einer kürzlich erschienenen Abhandlung Chamberlin¹⁾, auf der Ausbildung der Faltung in

1) Chamberlin R. T., Diastrophism and the formative processes VII., Periodicity of paleoz. orogenic movements. Journ. of Geol. 22, Nr. 4. 1914.

der Gaspé-Halbinsel fußend, eine devonische Tektonik nach Art der Jurafaltung annimmt, hat P. E. Raymond¹⁾ für die Umgebung von Quebec auf die Möglichkeit ausgedehnter Überschiebungen aufmerksam gemacht; die gewaltigen Intrusionen devonischer Granite im mittleren Neubraunschweig und Neuschottland lassen gleichfalls auf sehr heftige und tief durchgreifende Bewegungen schließen, ein Merkmal, das der jüngeren Faltung ganz fehlt.

Da die Exkursionen Gelegenheit boten, die verschiedenen Zonen und ihren Aufbau kennen zu lernen, so mögen hier kurz einige der für Erkenntnis der Art der Tektonik wichtigsten Punkte besprochen werden. Den Aufbau der Randzone und ihr Verhältnis zu anstoßenden, canadischen Schild lernt man besonders gut in der Umgebung von Quebec, die innere Struktur und Zusammensetzung auch in den Profilen von Rivière de Loup und Bic am Lorenzstrom unterhalb Quebec kennen. Von dem Aufbau der anschließenden großen Silur-Devon-Zone gibt die Ostküste von Gaspé ein lehrreiches Bild. Im südlichen Neubraunschweig und auf Neuschottland hingegen erhält man in verschiedenen Gegenden einen klaren Überblick über die wesentlichen Züge der jüngeren Faltung.

Einen prachtvollen Überblick über die Grenzlinie zwischen dem äußeren Rand der Faltenzone und dem ungefalteten Vorlande erhält man im Tale des St. Lorenzstromes in der Umgebung von Quebec. Im Norden des Stromes dehnen sich die vorkambrischen Gneismassen weit nach Norden zu aus. Überdeckt werden diese alten Gesteine erst von den Trentonkalken, die dem mittleren Untersilur angehören. An dem Montmorency-Fall bei Quebec ist diese Überlagerung prachtvoll aufgeschlossen. Fast ohne jedes Grundkonglomerat breitet sich hier der Trentonkalk über das Grundgebirge aus, und über ihm folgen die Schichten des höheren Untersilur in der Form von dunklen Schiefern der Lorraine- und Uticaformation. Am Fall selbst läßt eine steile Verwerfung das silurische Deckgebirge gegen kristalline Unterlage nach Süden hin unter die andrängenden Wellen der Appalachenzone absinken.

Ein ganz anderes Bild gewährt uns die Landschaft auf der Südseite des Lorenzstromes und in und westlich von Quebec auch auf einem kleinen Teil des nördlichen Ufers. Hier finden wir nur sehr stark gefaltete Schichten, deren Alter lange Zeit strittig war, aber durch die Untersuchungen der canadischen Forscher in ihrer Stellung gesichert erscheint. Es handelt sich

1) Guide Book I. pg. 32. 1913.

hier um Sandstein, bunte Schiefer mit kalkigen Lagen und Schiefer, die sehr eigentümliche Konglomerate mit kambrischen Versteinerungen einschließen. Neben wenigen Brachiopoden sind die wichtigsten Fossilien verschiedene Graptolithen, die anzeigen, daß es sich hier um untersilurische Schichten handelt. Die Lewis- und Silleryformation bildet den älteren Bestandteil dieser stark gefalteten Gesteinsserie, während die Fossilien der Quebec City-Formation auf den mittleren Teil des Untersilurs hinweisen. Dadurch wird diese zu einem Äquivalent der faziell ganz anders gearteten Trentonformation, die über die alten Gesteine des Laurentischen Schildes transgrediert. Von den wohl 1000 m mächtigen Lewis- und Silleryschichten findet sich auf der Nordseite des Stromes unter den Trentonkalken nicht eine Spur.

Diese scharfe Faziesdifferenz und der Kontrast in der Zusammensetzung der paläozoischen Schichten auf beiden Seiten des Stromes hat schon früher die Aufmerksamkeit erregt und die Geologie der Umgebung von Quebec zu einem Rätsel gemacht. Früher glaubte man die Differenzen dadurch erklären zu können, daß man eine außerordentlich steile Küstenböschung des Randes des canadischen Schildes gegen das im S sich ausbreitende Meer während des Untersilurs annahm, so daß einerseits sich graptolithenreiche Gesteine in der Tiefe ablagern konnten, während sich in der flachen Strandzone im Norden Seichtwasserablagerungen bildeten. Heute denkt man darüber anders. Schon das Vorkommen von Geröllen fossilreicher, kambrischer Kalke in der Sillery- und Lewisformation verleiht dieser Ablagerung ein exotisches Gepräge. Erst 250 Meilen weiter südwestlich trifft man ähnliche kambrische Schichten an, während Gerölle der kristallinen Gesteine des nahen canadischen Schildes zu großen Seltenheiten gehören¹⁾. Heute wird man geneigt sein, die jetzige Nachbarschaft so verschiedenartig ausgebildeter Sedimentfolgen als Ergebnis mächtiger tektonischer Bewegungen anzusprechen. Es kann kein Zweifel darüber sein, daß es die Schichten der Lewis-, Sillery- und Quebec-Cityformationen sind, die von Süden her in überkippter Lagerung gegen den Laurentischen Schild und seine heute noch ungestört liegende Überdeckung gestoßen sind. Daß es sich hier um sehr große Horizontalbewegungen handeln muß, beweist der scharfe Kontrast der Fazies, sowie die außerordentlich komplizierten tektonischen Verhältnisse, unter denen die oben genannten drei Schichtserien erscheinen. Aber es fehlt bis heute noch jeglicher

1) Guide Book I pg. 30 u. 69.

exakter Anhalt dafür, welche Größenmaße diese Verfrachtungen gehabt haben.

Von Quebec ziehen die Randfalten der Appalachen entlang dem Lorenzstrom nach NO. Bis zu seiner Mündung bleibt der Strom die Grenze zwischen dem von S heranstreichenden Gebirgsrand und dem alten canadischen Schild. Die Profile von Rivière de Loup und Bic zeigen eine ganz gleiche Tektonik wie die Lewis- und Sillery-Formation bei Quebec. Heftig gefaltet, zum Teil überstürzt, auf flachen Überschiebungen aufeinander geschoben, stoßen hier die Wellen alter Falten auf den Prellbock des laurentischen Vorlandes, auf dem hier und da noch Reste des Paläozoikums liegen; der Kontrast der Fazies zwischen Vorland und Faltenzone bleibt immer der gleiche und läßt sich bis zur Nordostspitze der Gaspé-Halbinsel auf etwa 600 km hin verfolgen. Über den Zeitpunkt der Faltung läßt jedoch der Mangel eines jüngeren Deckgebirges keine genaue Angabe zu. Da sie jedoch erst nach Ablagerung des Untersilurs erfolgt sein kann, so könnte man sie zu der später zu erwähnenden takonischen Phase rechnen. Von den sicher devonischen Faltenzügen der zweiten Zone in Gaspé bleibt die Randzone anscheinend immer durch eine Längsstörung getrennt, so daß es nicht sicher zu erweisen ist, daß die Tektonik beider Zonen völlig gleichalterig ist.

Die Ostküste der Gaspéhalbinsel zeigt uns ein großartiges Querprofil durch den nördlichen Teil der an die Randzone anschließenden Silur-Devonfalten. Nach Osten streckt die Insel mehrere Finger in den St. Lorenzgolf vor, die durch tief eingreifende Buchten getrennt sind. Jeder Finger entspricht einer Antiklinale, die Buchten den dazwischen liegenden Mulden. Die Axen der Falten streichen jedoch nicht, wie im ganzen Verlauf der Zone von Quebec bis hierher, nach NO, sondern sind nach SO abgelenkt, indem sie sich vom sichtbaren Rande des canadischen Schildes abwenden und zwischen beiden eine Insel ungefalteten Silurs auf der Insel Anticosti erscheint. Findet auch oberflächlich diese Abweichung nicht ohne weiteres eine Erklärung, so scheint doch der canadische Schild unter dem Deckgebirge des Silurs weiter nach S vorzuspringen; denn bisher hat man auf Anticosti und auf dem nördlichen Ufer des Lorenzstromes Kambrium nicht angetroffen; der canadische Schild dehnt sich so weit gegen Süden, als er durch die Transgression und horizontale Lagerung des Silurs über altem Gebirge charakterisiert ist¹⁾.

1) Es liegt hier ein ähnlicher Fall vor wie in Westfalen

Die Stärke der Faltung scheint auf den ersten Blick keine besondere Größe erreicht zu haben. Chamberlin¹⁾ spricht direkt von offenen Falten vom Juratypus, die zum Teil nach N übergelegt und überschoben sind. In der Tat sind die Antiklinalen zum Teil sehr regelmäßig entwickelt, so bei Gaspé Basin, während an anderen Stellen die Sättel an streichenden Störungen unter Ausquetschung größerer Schichtkomplexe nach NO überschoben sind. Dies ist der Fall bei der Forillon-Antiklinale, deren Devon unter Ausfall der ganzen weiter südlich bis 2000 m mächtigen Silurserie auf stark gefaltete cambrische Rosier-Schiefer überschoben ist. Recht komplizierte Verhältnisse lassen sich an den Steilufern in der Umgebung von Percé beobachten. Die steilstehenden Schichten des Unterdevons (Percéfelsen) und Silurs stoßen zum Teil an streichenden Störungen aneinander, so daß es schwer hält, sich ein klares Bild der verwickelten tektonischen Verhältnisse zu machen.

Jedenfalls lassen diese Tatsachen erkennen, daß es sich keineswegs um ganz einfache und regelmäßige Faltung handelt, wie es zunächst im großen den Anschein erweckt. Es will mir vielmehr scheinen, als ob sich unter dem verhältnismäßig einfachen, heute sichtbaren Bau doch größere Bewegungen verbergen könnten. Zwar zeigt die Überschiebung der Devon-schichten der Forillon-Antiklinale auf die kambrischen Schiefer des Cap Rosier keine besonders auffällige Verquetschung und Zerrüttung. Es würde aber trügen, wenn man daraus einen Schluß auf die Intensität des Zusammenschubs ziehen wollte. Unter dem oberflächlichen Bilde einer einfachen steil geneigten Überschiebung kann sich der Ausstrich bedeutender horizontaler Schubflächen verbergen²⁾.

am Nordrand des Rheinischen Masse. Die Zone präkretazischer Gebirgsbildung, die am nordöstlichen Rand des aus Devon und Karbon bestehenden Rumpfes sich diesem eng anschmiegt, zieht im Untergrunde der Münsterschen Bucht in einem weit gegen N vorspringenden Bogen bis zum Niederrhein (vergl. Stille H.: Das Alter der deutschen Mittelgebirge. Centralbl. Min. 1909, siehe auch Karte pg. 284.). Dabei entfernt sie sich erheblich von dem heute sichtbaren Rand der Rheinischen Masse, die auf einer südlich Dortmund verlaufenden Linie unter die transgredierende Kreide taucht. Wie die Bohrungen in der Mitte der Münsterschen Bucht ergaben, reicht der paläozoische Rumpf unter der Kreide aber nach N bis in die Gegend von Münster, so daß sich auch hier die jüngere Dislokationszone als abhängig vom Verlauf des Randes der alten Masse erweist.

1) Chamberlin R. T.: l. c.

2) Beispiele dafür kennt man mehrfach auch aus dem

Besonders scharf läßt sich hier der Zeitpunkt der Bewegungen festlegen; während die Schichten des mitteldevonischen Gaspé-Sandsteins noch von der Faltung ergriffen wurden, lagert über den zum Teil wieder abgetragenen Falten diskordant ein mächtiges System hauptsächlich sandiger Schichten vom Typus des Old-red-Sandsteins. Diese Konglomerate, die einen großen Teil des Landes bedecken und die nach der Bonaventura-Insel bei Percé ihren Namen tragen, bergen an der Basis eine hauptsächlich aus Kalkstein bestehende Geröllmasse; höher herrschen Sandsteine vor; dem Alter nach sind sie mit großer Wahrscheinlichkeit mit ihrem unteren Teil den höheren Stufen des Devons gleichzusetzen, während die oberen Teile dem Karbon entsprechen. Da noch mitteldevonische Schichten gefaltet sind, so erfolgte die Gebirgsbildung hier im oberen Mittel- oder tiefen Oberdevon.

Da diese Zonen sich bis Quebec und weiter westlich bis zum Lake Champlain verfolgen lassen, so können wir auch für diese ganze Faltenregion südlich des Lorenzstromes ein devonisches Alter der Tektonik annehmen.

Weiter nach Süden, wie bei Bathurst, sind die Verhältnisse weniger übersichtlich; in dieser Zone, in der sich die Intrusionen von Granit und anderen Eruptivgesteinen einstellen, scheint mit starker Faltung und Pressung auch eine Metamorphose Hand in Hand zu gehen.

Während auch weiter im Süden Neubraunschweigs und in Neuschottland das ältere Paläozoikum stets heftig gefaltet ist, gewährt hier die Tektonik der jüngeren Schichten ein erheblich einfacheres Bild. Meist sind es nur flache, offene Falten, mitunter so flach, dass man glauben könnte, die Schichten lägen völlig ungestört. Aber sowohl das Karbon von Sidney wie das von Joggins sind aufgerichtet; in flachen

Rheinischen Schiefergebirge und den Ardennen. Das bekannte Maastalprofil oberhalb Namur zeigt nur eine Aufrichtung des Devons der Ardennen zu steilen Sätteln und Mulden. Auch die Dislokation, an der bei Naninnes südlich Namur das Silur und Unterdevon an die faziell starke Abweichung zeigende Synklinale von Namur anstößt, vermittelt nicht den Eindruck einer sehr bedeutenden Schubfläche. Trotzdem liegt hier, wie die anschließenden Profile im Osten und Westen ergeben, eine der bedeutendsten Überschiebungen vor, auf der die Ardennen über die vorliegende Synklinale hinweggewandert sind. Vergl. Fourmarier P. *Phénomènes de Charriage dans le Bassin de Sambre-Meuse etc.* Ann. Soc. geol. Belg. 40. 1913. Ähnliches läßt sich von der Jüngerdsdorfer Überschiebung Holzapfels sagen. (Holzapfel, Geologie des Nordabfalls der Eifel. Abh. geol. Landesanst. N. F. 66. 1910.)

Mulden sinken hier die flötzführenden Schichten unter das Meeresniveau, und noch unter dem Meeresgrund werden flach lagernde Flötze durch den Bergbau erschlossen. Nur in einzelnen Zügen scheint auch etwas engere Faltung zu herrschen, so in dem Profil des Unterkarbons bei Windsor und an der Südgrenze des großen Karbonareals des mittleren Neubraunschweig. Bei St. Johns sind die oberkarbonischen Schichten sogar derart dachschieferartig umgewandelt, daß man früher die in ihnen gefundenen Pflanzen als silurisch oder devonisch anzusprechen geneigt war. Aber wie auch Young¹⁾ betont, sind dies nur Ausnahmen. Die durchweg schwache Faltung erlischt ja auch bald weiter im Norden völlig.

Ergebnisse: Die vorhergehenden Ausführungen lassen sich dahin zusammenfassen, daß in den canadischen Appalachen außer älteren in ihrer Verbreitung noch nicht scharf umrissenen Phasen zwei Hauptdislokationsperioden im Paläozoikum auftreten, die ältere im Devon, die jüngere gegen Ausgang des Karbons. Die ältere Faltung, die sich überall dort bemerkbar macht, wo das ältere Paläozoikum zu Tage liegt, ist die wichtigste tektonische Phase. Es wird ein mächtiges, kompliziert gebautes Gebirge aufgetürmt, daß in enge Falten gelegt und in wahrscheinlich großen Überschiebungen gegen den Rand des canadischen Schildes gepresst ist. Die karbonische Phase spielt dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Sie ist nur im Südteil des Landes und auch dort meist nur schwach entwickelt und zeigt gegenüber der älteren Tektonik einen posthumer Charakter.

Das legt die Frage nahe, ob diese canadischen Gebirgszüge mit dem südlichen Appalachengebirge in direkten Zusammenhang gebracht werden können, da wir wissen, daß dort überall das tektonische Bild von einer mächtigen karbonischen Faltung bestimmt wird. In der Tat hat neuerdings Termier²⁾ diese Feststellung benutzt, um den canadischen Gebirgszügen eine gewisse Sonderstellung gegenüber dem übrigen Appalachengebirge zuzuweisen.

Während früher Marcel Bertrand³⁾ auf Grund ähnlicher Entwicklung der Sedimentfolgen und des gleichen Alters der gebirgsbildenden Bewegung die Appalachen und das

1) Guide-Book I pg. 14.

2) Termier P.: L'Excursion A I du XII^e Congrès géolog. internat.: La région appalachienne du Canada. C. R. Séanc. Ac. Scienc. t. 157. pg. 621. 1913.

3) Bertrand M.: La chaîne des Alpes et la formation du continent Europ. Bull. Soc. géol. Franc. 3 ser. t. XV. pg. 423 bis 447. 1877.

armorikanische Gebirge in Frankreich und England als jetzt durch den Atlantischen Ozean getrennte Teile eines früheren, gewaltigen Gebirgsbogens angesprochen hatte, glaubt Termier, die devonische Kette von Canada an das kaledonische Gebirge anschließen zu müssen. Unter diesem Namen hatte Suess¹⁾ die mächtigen Gebirgszüge vereinigt, die in Nordschottland und Skandinavien am Ende der Silurzeit aufgefaltet wurden. Termier²⁾ sagt: „La chaîne devonienne du Canada est une chaîne caledonienne tardive“. Er will damit sagen, daß der canadische Gebirgszug gegenüber der eigentlichen kaledonischen Gebirgsbildung erst etwas später in die Erscheinung tritt. Die Ansicht von Marcel Bertrand kann Termier also nicht teilen. Er erkennt zwar auch die stratigraphischen Analogien zwischen dem Karbon Englands und Nordfrankreichs und Neuschottlands an, aber nach ihm gibt es keine direkte Verbindung zwischen den Appalachen und der karbonischen Kette in Europa.

Es erhebt sich die Frage, ob die Gründe, die der Beweisführung Termiers zu Grunde liegen, so stichhaltig sind, daß man die canadischen Gebirge von den übrigen amerikanischen Appalachen sondern muss. Falls die Annahme Termiers zutrifft, so muß man erwarten, daß man eine scharfe Grenze zwischen beiden Gebirgselementen findet. Oder liegen etwa andere Ursachen dem abweichenden Verhalten des canadischen Teiles zugrunde und bilden beide Gebirgszüge doch eine Einheit, die man mit dem karbonischen Gebirge Europas zusammenschließen kann?

Zur Beantwortung dieser Frage mag ein kurzer Überblick über den Aufbau der amerikanischen Appalachen gegeben werden. Es sollen hier jedoch nur die wichtigsten Grundzüge des Baues in Betracht gezogen werden, so weit sie zur Beurteilung der gestellten Frage dienen können. Eine gute Zusammenfassung ist erst kürzlich von Blackwelder³⁾ in dem Handbuch für regionale Geologie gegeben worden.

Man weiß heute, daß auch das Appalachengebirge der Vereinigten Staaten, ebenso wie die meisten anderen Gebirge nicht einer einmaligen Faltung ihre Entstehung verdankt, sondern daß das ganze appalachische System durch eine Reihe verschiedener Faltungsphasen zusammengeschweißt ist, die sich nicht auf die Karbonzeit allein beschränken, sondern z. T.

1) Suess E.: Antlitz der Erde II. pg. 100.

2) Termier P. l. c.

3) Blackwelder E.: United States of North America. Handbuch d. regional. Geolog. VIII. 2. Abt. 1912.

schon vorher ihre Hauptwirkung entfaltet haben. Das Wesentliche in dem ganzen, aus mehreren Zonen zusammengesetzten Gebirge ist aber die Tatsache, daß die Hauptbewegungen, so weit sie aus horizontal wirkendem Druck hervorgehen, mit dem Ausgang des Paläozoikums ihr Ende erreicht haben. Triadische Sandsteine und Eruptivgesteinsdecken liegen diskordant über dem gefalteten Appalachenrumpf in großen, durch spätere Verwerfungen eingesenkten Gräben.

Man unterscheidet in dem ganzen Gebirgsland östlich der großen Ebenen und Niederungen des Mississippi-Systems bis zum Atlantischen Ozean zwei große Zonen. Durch ähnliche Sedimentfolge und langsam ausklingende Falten mit der paläozoischen Tafel des Vorlandes verbunden, erscheinen von West nach Ost zunächst die lang hinstreichenden Ketten der Alleghanies. In ihnen folgt die ganze paläozoische Serie vom Kambrium bis zum oberen Karbon aufeinander und füllt eine große, von untergeordneten Niveauschwankungen allerdings nicht verschont gebliebene Geosynklinale aus. Scharfe Diskordanzen, die durch grössere orogenetische Bewegungen hervorgerufen werden, fehlen vollständig. Erst gegen Ende des Karbons oder sogar im Perm setzt die große orogenetische Periode ein, die aus dem tiefen Sedimenttrog gegen NW drängende Falten herauspresst, die durch die klassischen Untersuchungen von Rogers und anderen¹⁾ bekannt geworden sind. Es sind Faltungen von der Intensität des Schweizer Jura, eine Faltung, in die hier nur die noch nicht bewegten paläozoischen Sedimente einbezogen wurden, nicht aber ihre Unterlage, die alten archaischen und algonkischen Gesteinsmassen. Ähnlich wie im Jura scheinen auch hier Abscherungsvorgänge die Sedimenthülle von der Basis abgehoben zu haben, oder es hat wenigstens die Gebirgsfaltung nicht die tiefsten Schichtkomplexe in Mitleidenschaft gezogen. Dementsprechend fehlen auch größere Massen intrusiver Gesteine, wie solche in der gegen Osten folgenden, tektonisch viel schärfer und tiefgehender beeinflussten Zone auftreten.

In dieser zweiten Zone, dem Piedmont Plateau, herrschen neben sehr alten, wahrscheinlich archaischen oder algonkischen Gneissen und kristallinen Schiefnern altpaläozoische, cambrische und untersilurische Schichten, die jedoch besonders im SW stark metamorphosiert sind. Es hält daher schwer, in diesen kompliziert gebauten Gebieten die Grenze der ver-

1) Bailey Willis: The Mechanics of the Appalach. Structure. U. S. geol. Surv. Ann. Rep. XIII, 2. 1893.

schiedenen Formationen mit Sicherheit zu ziehen und auch die Zugehörigkeit der stark veränderten Schichten zu einer bestimmten Formation sicher zu stellen. Sollen doch in den als Ocoee bezeichneten Schiefen, die meist als Cambrium und Untersilur gedeutet werden, auch karbonische Pflanzen gefunden sein¹⁾.

Diese Funde karbonischer Fossilien in metamorphen Schiefen zeigen an, daß die karbonische Faltung, die die lang hinstreichende Kette der Alleghanies aufrichtete, auch im Piedmont-Plateau von erheblicher Bedeutung und Stärke gewesen sein muß. In der Fortsetzung des Piedmont-Plateau gegen Norden finden sich ja stark gefaltete, flötzführende Karbonschichten von großer Mächtigkeit in ältere Schichten eingesenkt. Zu dem gleichen Schluß führt auch der Umstand, daß eine scharfe Trennung zwischen Piedmont Plateau und Alleghanies tektonisch nicht möglich ist, vielmehr beide Komplexe durch die gemeinsame Bewegung zu einer Einheit verschmolzen sind. Trotzdem aber wird schon durch die Tatsache, daß die außerordentlich mächtigen Sedimente des Karbons zum größten Teil aus den Abtragungsprodukten eines im Osten gelegenen Gebirges bestehen, die Gewißheit erbracht, daß in der östlichen Zone schon vorher starke Gebirgsbewegungen stattgefunden haben müssen. Die wichtigste dieser Gebirgsbildungen hat man als takonische Phase bezeichnet. Sie ist in die Mitte der Silurformation zu versetzen.

Die beiden eben besprochenen großen Einheiten ziehen aus den südöstlichen Staaten gegen Nordosten bis etwa zu einer Linie zwischen der Mündung des Hudson Flusses und dem Südende des von den Adirondack Mountains gebildeten Vorsprung des laurentischen Schildes.

Mit der Annäherung an diesen aus alten Gesteinen bestehenden Sporn heben sich die Falten der Alleghanies allmählich aus. Wie man deutlich auf der neuen Übersichtskarte²⁾ sieht, kann hier von einer durch den Laurentischen Schild hervorgerufenen „erzwungenen“ Virgation nicht die Rede sein, die Suess³⁾ annehmen will. In der sehr verschmälerten Zone zwischen den Adirondacks und dem Meere bleibt nur Platz für langhinstreichende Faltenzüge, die in Zusammensetzung und Struktur die Fortsetzung des Piedmont Plateau gegen NO bilden

1) Smith E. A.: Carboniferous Fossils in the Ocoee slates in Alabama-Science N. S. vol. 18. 1903.

2) Geological Map of North America compiled by Bailey Willis in U. S. geol. Surv. Prof. Paper 71. 1912.

3) Suess E.: Das Antlitz der Erde III, 2, pg. 74.

und die sich von hier aus weiter in die Neuengland-Staaten verfolgen lassen. Ein sehr interessantes Profil aus diesem komplizierten Gebiete haben kürzlich Cushing und Ruedemann¹⁾ veröffentlicht. Es schneidet den Ostabfall der Adirondacks in der Gegend von Saratoga Springs nördlich von Albany und setzt über die Grenze der Faltenzone tief in diese hinein. Die kambrischen und untersilurischen Schichten, die den kristallinen Kern der Adirondacks in flacher Lagerung bedecken, sind durch mehrere NNO streichende Brüche gegen O treppenartig abgesenkt. Gegen sie stossen von O mächtige Überschiebungen, die neben anderen Gesteinen gleichfalls auch kambrische und silurische Schichten enthalten. Diese sind jedoch in einer ganz anderen Fazies entwickelt als die flachlagernden Schichten gleichen Alters im Westen, und außerdem sind sie von einer außerordentlich intensiven Faltung ergriffen, zerquetscht und verändert, so daß die Annahme der beiden Autoren völlig berechtigt erscheint, hier außerordentlich große und weitreichende Verfrachtungen oder Deckenschübe anzunehmen.

Bei aufmerksamer Betrachtung und Vergleich kann man nicht übersehen, daß im Prinzip dieses Profil von Saratoga Springs den gleichen Charakter trägt wie der früher aus der Umgebung von Quebec geschilderte Schnitt durch die Randzone der canadischen Kette. In der Tat läßt sich diese Zone, die von Gaspé bis Quebec den Lorenzstrom begleitet, ununterbrochen von hier am Champlainsee vorbei bis Saratoga Springs verfolgen.

Es wurde oben ausgeführt, daß die Tektonik bei Quebec vielleicht schon im Silur, sicher aber entsprechend den übrigen Faltungen im canadischen Teil spätestens im Oberdevon eingesetzt haben muß, und man wird daher annehmen müssen, daß auch die Überschiebungen von Saratoga Springs ein ähnliches Alter besitzen. Ruedemann möchte die Faltung jedoch hier in die Karbonzeit versetzen, da im weiteren Streichen gegen SW auch devonische Schichten von dieser Tektonik beeinflußt sind. Die Tatsache, daß im gleichen Querprofil weiter im Osten die stark gefalteten und auch von Granitintrusionen durchsetzten Kohlenfelder von Rhode Island und von Massachusetts geschnitten werden, beweist, daß ebenso wie im Piedmont-Plateau auch in den Neuengland-Staaten allerdings auch der karbonische Anteil der Tektonik als nicht gering veranschlagt werden muß. Aber es ist auffällig, daß im ganzen Gebiet von Quebec bis nach Saratoga Springs hin jüngere

1) Cushing H. P. and Ruedemann R.: Geology of Saratoga Springs and vicinity. New York St. Mus. Bull. 169. 1914.

Schichten als Silur sich an der Tektonik nicht beteiligen und auch in dem von den Überschiebungen überwältigten Vorlande fehlen. Außerdem darf nicht übersehen werden, daß die genannten Kohlenbecken am Atlantischen Ozean eine durchaus limmische Schichtfolge enthalten im Gegensatz zum Karbon der Alleghanies. Sie ähneln darin dem Saarbrücker Becken Mitteldeutschlands und werden eine ähnliche Entstehung als Ausfüllung eines großen Grabens in einem älteren Gebirgslande haben. Auch aus diesem Grunde muß die Faltung z. T. sicher älter sein als das Karbon. Im übrigen schreiben die Forscher, die sich mit der verwickelten und stark metamorphen Schichtfolge der Neu-England-Staaten beschäftigt haben, einen erheblichen Teil der Tektonik dieser Region ebenfalls der älteren takonischen Gebirgsbildung zu¹⁾.

Jedenfalls kann es dem objektiven Beobachter nicht verborgen bleiben, daß der Unterschied zwischen den Profilen von Quebec und Saratoga Springs nur darin gelegen ist, daß in den inneren östlichen Gebirgszonen im Norden das Karbon gar nicht oder nur schwach gefaltet ist, während in Massachusetts das Karbon stark gefaltet und sogar von granitischen Intrusionen durchsetzt ist. Von einer scharfen Trennung zwischen den canadischen Gebirgszügen und dem Nordteil des Appalachegebirges kann also keine Rede sein, und auch die geologische Übersichtskarte zeigt, daß sämtliche Zonen, die wir in Canada antreffen, sich nach Süden hin ungestört verfolgen lassen. Wenn man überhaupt eine Trennung im Appalachegebiet vornehmen wollte, so ist das eigentlich nur auf der Linie New York-Adirondacks möglich, von der aus südlich sich vor das Piedmont-Plateau, das die Fortsetzung des Gebirges der Neuengland-Staaten darstellt, die Falten der Alleghanies vorlegen, die dem nördlichen Teil völlig fehlen.

Wenn es aus diesem Grunde nicht angebracht erscheint, die canadischen Appalachen im Sinne Termiers abzutrennen, so muß man doch nach den Gründen suchen, auf denen die Ausnahmestellung des canadischen Teiles basiert. Zwei Erscheinungen stehen mit diesem Verhalten in innigem Zusammenhang. Schon die Bogenform des Gebirges, das sich durchaus der Gestalt des canadischen Schildes anschmiegt, weist darauf hin, daß dieser von großer Bedeutung für den Verlauf und die Ausbildung der Falten ist, die sich in der Appalachensynklinale während der paläozoischen Zeit abspielen. Es ist kein Zufall, daß die Trennungslinie, wenn man eine solche im Appalachen-

1) Blackwelder l. c. pg. 89.

bogen überhaupt ziehen will, gerade dorthin zu legen ist, wo der Südsporn des Schildes in den Adirondacks sein Ende erreicht. Von hier bis zur Gaspé-Halbinsel kommt die jüngere Gebirgsbildung nur noch schwach zum Ausdruck. Schon die älteren Falten sind gegen die starre Masse des canadischen Schildes gebrandet und diesem eng angepreßt worden. Weitere Faltungen konnten hier keine besonderen Wirkungen mehr auslösen. Man könnte dem allerdings entgegenhalten, daß doch das Piedmont-Plateau, das gleichfalls in den früheren Phasen schon einer erheblichen Zusammenpressung unterlag, in der Karbonzeit nochmals heftig gefaltet wurde, wie die veränderten Schiefer mit karbonischen Pflanzen beweisen. Man wird daher fragen, weshalb sich dieser Teil anders verhielt als die alten Ketten des Nordens.

Hierfür wird die zweite Beobachtung eine Erklärung geben. Die karbonische Faltung hat nur dort gewirkt, wo auch während des jüngeren Paläozoikums erhebliche Sedimente angehäuft wurden. Das ist namentlich der Fall in den Synklinalen der Alleghanies. Dort konnte die karbonische Faltung mächtige, neu gebildete, bisher tektonisch noch nicht beeinflusste Schichten ergreifen und mit einer gegen Westen allmählich ausklingenden Stärke auffalten. Daß die Faltung im Gegensatz zu den nördlichen Teilen auch im Piedmont-Plateau noch erheblich gewirkt hat, hat seinen Grund darin, daß die Bewegung hier nicht durch starren Widerstand alter Massen gehemmt wurde, sondern daß die Gesteine dieser Region gegen ein nachgiebiges Vorland, die noch nicht gefalteten Sedimente der Alleghanies, gepreßt worden sind. Wenn die Kohlenfelder von Massachusetts noch stark gefaltet wurden, so ist das darauf zurückzuführen, daß sich die heftige Bewegung des Piedmont-Plateaus bei der jüngeren Faltung im Streichen erst allmählich verringerte. Man beobachtet ja auch ein langsames Abschwächen der Metamorphose gegen NO. Im canadischen Teil hat die karbonische Faltung gleichfalls nur dort wirken können, wo in der Karbonzeit noch erheblich mächtige Sedimente in neu entstandenen Senkungsgebieten abgesetzt wurden; daher die schwache, wenn auch deutliche Faltung in Neuschottland und im Süden Neubraunschweigs im Gegensatz zu der flachen Lagerung des wenig mächtigen, jüngeren Paläozoikums in der Nähe des canadischen Schildes, wo sich große Senkungsfelder zur Aufnahme neuer Sedimente nicht mehr bildeten.

Man wird nicht fehl gehen, wenn man das abweichende Verhalten des nördlichen Teiles der Appalachen, insbesondere des canadischen Teiles, auf diese beiden Ursachen zurück-

führt, und man erkennt, daß es Gründe lokaler Natur gegenüber den Faltungsvorgängen im ganzen Appalacheengebiet waren, die diese Ausnahmestellung hervorgerufen haben.

Die von Termier geäußerte Ansicht muß also durchaus eine Ablehnung erfahren. Das wird auch klar werden, wenn man sich vergegenwärtigt, worin eigentlich der wesentliche Unterschied zwischen den Begriffen caledonischer und altaidischer (karbonischer) Gebirgsbildung in Europa gesucht werden muß. Das Charakteristische der Caledoniden besteht einmal im Erlöschen aktiver Tektonik am Ende der Silurzeit und ferner in dem Umstand, daß seit dieser Zeit die Zone dem Bereich der Sedimentierung in Geosynklinalen entzogen worden ist. Die Altaiden oder die karbonischen Gebirge Mitteleuropas zeigen den Abschluß aktiver Faltung am Ende des Karbons. Doch ist damit nicht gesagt, daß überall in diesem karbonischen Gebirge eine intensive Faltung allein im Karbon sich vollzogen hat. Vielmehr wissen wir, daß auch die Auffaltung der Altaiden durch mehrere Bewegungsphasen erfolgt ist, von denen zwei in die Karbonzeit fallen, denen wahrscheinlich aber geringere in früherer Zeit vorangegangen sind. Gelegentlich sehen wir ja auch solche alten Stücke in karbonischen Gebieten auftauchen. Ein gutes Beispiel dafür ist das kambro-silurische Massiv des Hohen Venn, dessen Körper hauptsächlich in der Silurzeit seine Struktur aufgeprägt wurde. Niemand wird aus diesem Grunde aber sagen, daß deshalb das ganze Gebirgsstück der Ardennen ein caledonischer Zweig sei. Nicht die Zeit der Faltung allein bestimmt die Zuteilung eines Gebirges zu einer der großen Einheiten, sondern es ist hierfür vielmehr der Zeitpunkt des endgültigen Schlusses der großen Bewegungen und der Beendigung der Anhäufung mächtiger Sedimente in Geosynklinalen von entscheidender Bedeutung.

Vergleichen wir unter diesen Gesichtspunkten das karbonische Gebirge Europas (Altaiden) mit den Appalachen, so wird man unbedenklich beide einer gleichen Einheit zuteilen. Im einzelnen finden sich ja mannigfaltige Unterschiede in Aufbau und Struktur. In den großen Zügen aber, in Ähnlichkeit der Sedimentfolgen, in dem endgültigen Abschluß der wiederholten Faltungen während des Paläozoikums am Ende dieses Zeitalters, liegen die Merkmale, die beide Gebirge über die große Trennungsfläche des Atlantischen Ozeans hinweg miteinander verbinden.