

klargestellt werden, ob eine Polwanderung heute stattfindet. Damit würde auch die Frage geklärt, ob wir uns in einer orogenetischen Phase befinden oder nicht.

Da bei der Änderung der Rotationsgeschwindigkeit auch die innere Reibung zunimmt, werden die Simamassen eines Ozeanbeckens stärker als sonst gegenüber Festlandsmassen zurückbleiben und dabei möglicherweise auch ein Festland mit sich abdrängen. Die Westtrift und auch die epirogenetischen Bewegungen der Festländer werden also in orogenetischen Phasen stärker sein.

Die Gebirgsumrahmung des nordamerikanischen Kontinents.

Mit einer Karte im Text.

Von **Rudolf Schottenloher**.

Nordamerika und Eurasien stellen gegensätzliche kontinentale Bautypen dar. Der „zentrifugalen“ Natur Eurasiens tritt die „zentripetale“ Natur Nordamerikas gegenüber. Für die zentrifugale Anlage des asiatischen Gebirgsbaus ist uns eine einheitliche, verbindende Ordnung geläufig. „Man kennt gegen den Ozean hin keine Grenze der wunderbaren bogengebärenden Macht, welche vom eurasiatischen Scheitel ausgeht“, so hat uns Eduard Sueß die Einheit der asiatischen Gebirgsbildung zu kennzeichnen versucht (32, S. 187).

Von Nordamerika besitzen wir bisher ein entsprechendes Bild der Einheit nicht. Nicht nur sah man in den Gebirgen des Ostens und Westens einen schroffen Gegensatz des Alters — der Osten paläozoisch, der Westen mesozoisch-tertiär — und der Bauformen — der Osten alpinotyp, der Westen zirkumpazifisch: man teilte den Kontinent auseinander, wies die Appalachen dem Westflügel, die Rocky Mountains dem Ostflügel des eurasischen Gebirgssystems zu — die Enden der beiden kontinentumspannenden Flügel schienen sich hier als zwei verschiedene tektonische Welten ein Stelldichein am Gegenpol des eurasischen Ausgangspunktes zu geben. Man ging so weit, aus der Auffassung von der Unselbständigkeit des amerikanischen Ostens und seiner geologischen Anlehnung an Europa eine einstige Zugehörigkeit zu Eurasien zu konstruieren, die erst durch Wegdriften gelöst worden sei, und sah in diesem Falle die Kordilleren als Stauwulst an der Vorderfront der westwärtstreibenden Kontinentalscholle an.

Diese Gedankengänge teilen den nordamerikanischen Kontinent von Europa von Eurasien aus auf. Hätten die Begründer des tekto-

nischen Großbildes Nordamerikas, wie es vorherrscht, in der Mitte des nordamerikanischen Kontinents gelebt, sie hätten im Gegensatz hiezu den amerikanischen Gebirgsbau wahrscheinlich als einheitlichen, das Innere umgrenzenden Rahmen betrachtet. Für eine einheitliche Deutung der nordamerikanischen Gebirgssysteme wurden in jüngster Zeit ausschlaggebend die Arbeiten der amerikanischen Petroleumgeologen, die an einer Stelle ansetzten, der eine Schlüsselstellung im amerikanischen Gebirgsbau zukommt, wo die Erdölfunde an eine rätselhafte Struktur des tieferen Untergrundes gebunden wären: im Südraum zwischen Appalachen und Kordilleren. Ich studierte 1931/32 als Austauschstudent am Drury College in Springfield, Missouri, und bereiste das Land zwischen den südlichen Appalachen und dem südlichen Felsengebirge. Von diesem Gebiet aus sind die folgenden Darlegungen gesehen.

I. Das tektonische Leitliniensystem.

Die Leitlinien der Tektonik sind eindeutig vorgezeichnet in den nordamerikanischen Hauptgebirgssystemen des Ostens und des Westens. Von Neufundland bis Alabama streichen die Appalachen Nordost-Südwest. Die Kordilleren streichen auf Alaska ungefähr von Westen nach Osten, machen den scharfen Knick der Küste mit und durchziehen bis Mexiko in Nordwest-Südost- bis Nord-Süd-Richtung den Kontinent. Die drei Hauptfaltungsphasen, die permisch-appalachische des Ostens, die spätjurassisch-nevadische der pazifischen Ketten und die spätkretazisch-laramische der Rocky Mountains sowie Vorläufer- und Nachzügler-Bewegungen, silurische und spätdevonische Strukturen im nordamerikanischen Osten, paläozoische Strukturen auf Alaska, kretazische und tertiäre Strukturen in den pazifischen Ketten, alle folgen einer Ordnung: sie laufen dem Kontinentalrand parallel.

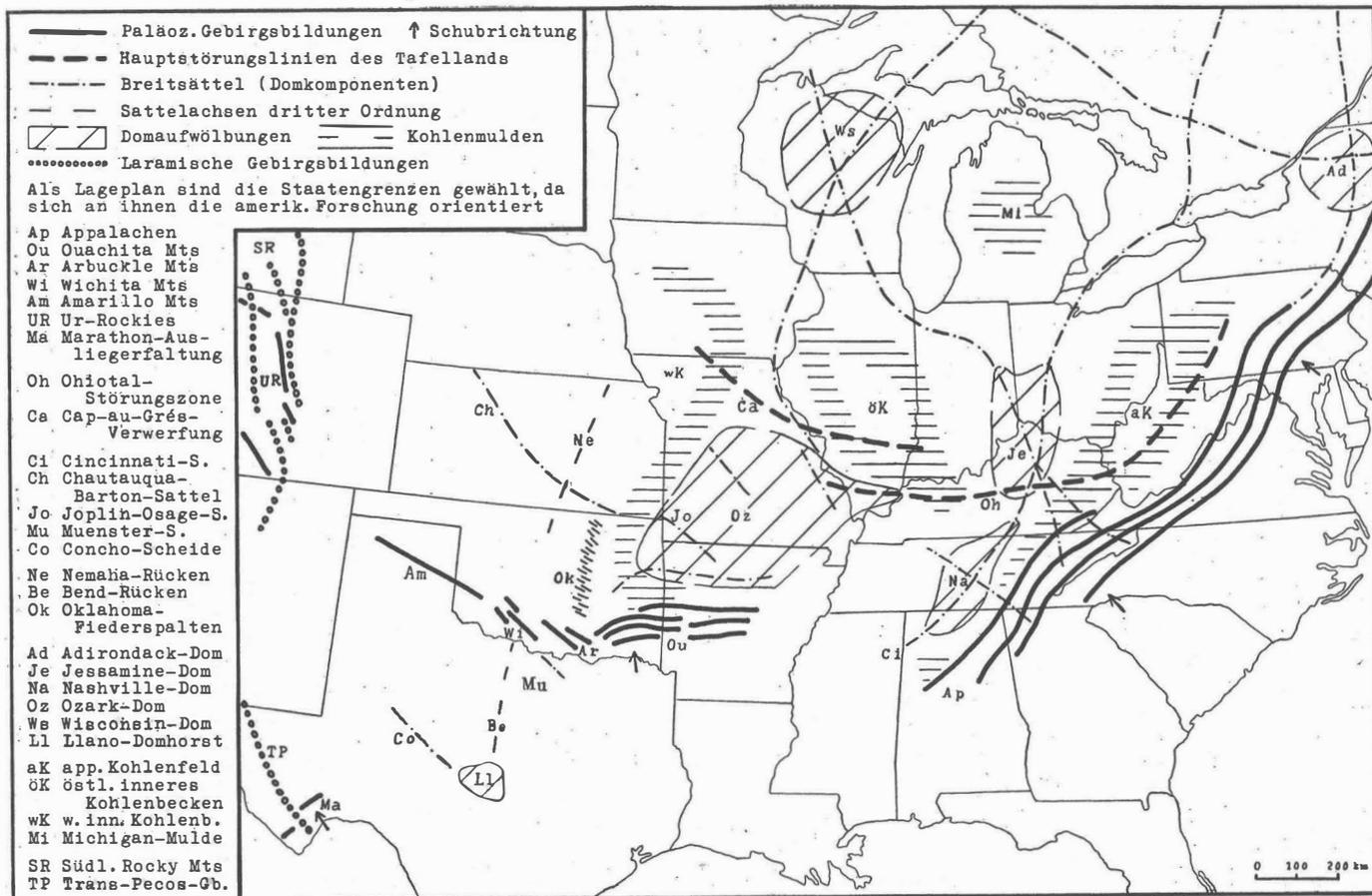
Die Kordilleren verlassen Nordamerika, zunächst in einheitlicher Richtung südostwärts weiterziehend. Die Appalachen dagegen biegen an ihrem Südende, der Küste folgend, leicht nach Westen um. Jenseits des Mississippi, in Arkansas und Oklahoma, streichen die steilen Falten und die Deckenschübe der Ouachita-Berge auf 350 km Länge deutlich Ost-West. Alter und Bauformen legen nahe, was seit Winslow (38, S. 231) oft betont wurde, daß die Ouachita-Berge als westliche Fortsetzung der Appalachen die tektonischen Leitlinien in zusammenhängendem Lauf parallel zum Kontinentalrand weiterführen. Die Gebirgszone selbst ist in ihrer heutigen Oberflächen-Erstreckung unterbrochen durch den breiten Mississippi-Tiefen-

raum, in dem die Kreide- und Tertiär-Meere bis zur Ohio-Mündung nordwärts vordrangen und mit ihren Sedimenten die alten Strukturen zudeckten. Wo im Norden der jungen Ablagerungen aber das Paläozoikum wieder auftaucht, ist ein schmaler Deformationsstreifen sichtbar erhalten (10), mit Antiklinalen, Intrusionen und bis zu 700 m hohen Verwerfungen (1, S. 58), der in einheitlicher Kurve das Appalachenplateau von Mittel-Pennsylvanien mit dem Cincinnati-Sattel in Kentucky und dem Ozark-Dom in Missouri verbindet, zunächst also den Appalachen parallel läuft, gegen Westen dann die Streichrichtung der Ouachita-Berge aufnimmt (s. Karte).

Im Westen schließen sich den Ouachita-Bergen westnordwestlich orientierte Gebirgszüge an: die Arbuckle- und die Wichita-Berge im südlichen Oklahoma; in Texas Panhandle die Amarillo Mountains, ein völlig zugedecktes Gebirgssystem (11, S. 551 f.; 19). In Colorado sind gleichaltrige spätpaläozoische Gebirgsbildungen, die an der Stelle der heutigen Colorado Rockies aufragten, als Ancestral Rocky Mountains („Ur-Rockies“) bekannt; ihre Streichrichtung wird mit Nordwest-Südost bis Nord-Süd angegeben (35; 28; 37, S. 1152). Paläozoische Falten sind am Kordillerenrand auch weiter im Süden in den kleinen Erosionsfenstern der laramischen Marathon- und Solitario-Dome erschlossen (24; 15); aber für einen Zusammenhang mit den Appalachen unter der Kreide- und Tertiärdecke, wie ihn van Waterschoot van der Gracht in seiner großen Arbeit wieder in den Vordergrund rückt (36), fehlen uns die Belege. Die einzige nachgewiesene Verlängerung der Appalachen läuft in Richtung auf die „Ur-Rockies“. Die Lücke, die sich hier einschaltet, ist auf den Nordostwinkel New Mexicos beschränkt.

Während also, aus dem Appalachen-Vorland kommend, eine Deformationslinie nördlich vom Mississippi-Tiefland den Zusammenhang zwischen Nordost-Südwest- und Ost-West-Strich verdeutlicht (2, S. 554), vollziehen westlich von den Ouachita-Bergen die westnordwestlich streichenden Arbuckle-, Wichita- und Amarillo-Berge den Anschluß an die Nord-Süd-Richtung des Kordillerensystems. Ein großer Bogen der Gebirgsbildung reicht von Neufundland bis Alaska. Die Gebirge Nordamerikas erscheinen nicht mehr in zwei unabhängige, geradlinige Flügel geschieden, sondern umziehen hufeisenförmig im Osten, Süden und Westen die starre Tafel des Inneren.

Dieses Bild der nachkambrischen Tektonik deckt sich mit dem Leitlinienplan, den Ruedemann bereits für das präkambrische Nordamerika aufstellt (25, S. 84 ff.; 26). Ruedemann vergleicht 27 Untersuchungen über das Altkristallin aus den verschiedenen Teilen des



Tektonische Übersichtskarte des nordamerikanischen Mittellands.

Landes. Er kommt zu dem Schluß, daß die Textur des nordamerikanischen Altkristallins, Schieferung, Faltung mit Sätteln und Mulden, Einlagerungen von Intrusivkörpern und sonstige Differenzierungen den nämlichen zum Kontinentalrand parallel gerichteten Kurvenbau wiedergeben. Und zwar soll sich hier die Bogenführung nicht auf die Gebiete nachkambrischer Faltung beschränken, wo sie durch den späteren Gebirgsdruck nachträglich eingebaut sein könnte: schon weit im Innern der Laurentischen Tafel, nördlich vom Huronen-See, biegt die Streichrichtung, die im südlichen Quebec südwestwärts läuft, nach Westen ab, sie stellt sich im Gebiet der kanadischen Seen auf Nordwest- bis Nord-Richtung ein. Äußere rekonstruierte Bögen folgen dem Appalachenzug, schwingen bereits in den Ozarks nordwestlich, in den Black Hills nordnordwestlich und stehen in der Kordillere Nord-Süd. Das präkambrische Bogensystem, das Ruedemann aufstellt, legt sich also nahe an das Herz des Kontinents heran; im Osten greift es bis ins östliche Grönland hinauf. Ruedemann betrachtet es als den richtunggebenden „Urstrich“ Nordamerikas, als das „Strukturkorn“ (grain) des Kontinents, dessen Bauplan sich auf alle nachfolgenden Gebirgs-generationen vererbt. Schon Miller hat dieses präkambrische Leitsystem angezweifelt (20). Cooke beschreibt in einer neuen Zusammenfassung die ältesten gut erhaltenen Gebirgsbildungen, die Strukturen des Post-Keewatin, als deutlich nach dem kontinentalen Bogenplan gerichtet. Die Karte, die er von den späteren, proterozoischen Post-Animikie-Strukturen entwirft, läuft dagegen der einheitlichen Leitlinienordnung völlig zuwider (5, S. 436 u. 472 f.). Es wäre verlockend, den „Urstrich“ als präkambrischen Hintergrund zu benutzen, aber wir müssen Ruedemanns Darstellung als nicht beweisbare Synthese schwieriger, punkthaft über einen riesigen Raum verstreuter Einzelbeobachtungen werten.

II. Die geosynklinale Anlage der Gebirge.

Es ist unser Ziel, die einheitliche, den Kontinent einrahmende orogene Linienführung in ihrer zeitlichen Entwicklung bis auf das Gegenwartsbild der Gebirge herauf zu verfolgen und durch Bestimmung des Gemeinsamen und Gegensätzlichen zu einer vergleichenden Betrachtung der nordamerikanischen Gebirge zu kommen.

Die Vorstellung vom Entwicklungsgang der Kontinente, die sich aus den nordamerikanischen Verhältnissen ergab, unterscheidet sich von der am eurasischen Beispiel gewonnenen Deutung. Kober hat die Übereinstimmung der Streichrichtung der präkambrischen Kontinentalmitte Nordamerikas mit der Streichrichtung der jüngeren Orogenesen

am Rande aufgegriffen und auch Nordamerika seinem an Eurasien geformten Schema eingeordnet, nämlich in die Reihe der Kontinente gestellt, die durch fortschreitende Umgürtung mit Geosynklinalgebirgen von einem Urkern aus gegen den Ozean wachsen (16, S. 135). Die amerikanischen Geologen erkennen in der nachkambrischen Fortbildung Nordamerikas einen anderen Typ. Nicht von innen nach außen wie in Europa und Asien, sondern von außen nach innen, kontinenteinwärts, geht die Weiterentwicklung der nordamerikanischen Geosynklinalzonen vor sich. Das proterozoische und paläozoische Nordamerika muß größer als der heutige Kontinent gewesen sein: es war umsäumt von einem Streifen wechselnd hoher Gebirgländer, den „borderlands“, den Saumländern, von denen wir kontinenteinwärts schauende Teile in die Außenzonen der heutigen Gebirge miteingebaut finden, so im Piedmont-Plateau, in der Blue Ridge und in den Smoky Mountains des Ostens, wahrscheinlich auch im Grundgebirge der Sierra Nevada und einiger Küstenketten des Westens (27, S. 158 ff.). Das Appalachen-, Ouachita- und Kordilleren-Geosynklinalsystem des Paläozoikums wurde nicht zentrifugal von der Mitte des Kontinents her aufgefüllt, sondern zentripetal mit den Zerfallsprodukten dieser außen liegenden Saumländer, von Appalachia im Osten, von Llanoria im Süden, von Cascadia im Westen. Hatte der Spannungsdruck zwischen Ozean und Kontinent zunächst die Randzone aufgepreßt, so fand die Orogenese späterer Zeiten den postumen Sal-konzentrierenden Erweichungsgürtel weiter im Innern des Kontinents vor: kontinenteinwärts wurden die neuentstehenden Gebirgs-generationen angebaut. Es bestünde die Möglichkeit, bereits die Kontinentalsaum-Geantiklinale als äußere, sehr alte Ringangliederung an den Kontinentalkern zu betrachten und die einwärtigen Gebirgsbildungen als „Zuwanderungen“ (Stille) in denselben Zyklus einzubegreifen; der Unterschied gegenüber Eurasien läge dann im völlig anderen Zeitmaßstab der Entwicklung.

Die Sonderstellung Nordamerikas ist wichtig für die Art der Geosynklinalen und die Verteilung der Gebirge von heute. Die nordamerikanischen Geosynklinalen liegen auf dem Kontinentalsockel selbst, getrennt vom Ozean durch die Festlandsschwelle der „borderlands“. Die Geosynklinalen der Alten Welt liegen vor dem Kontinentalrand, sind mediterran oder Teile des offenen Ozeans (27, S. 195 ff.). Die innerkontinentalen Geosynklinalen Nordamerikas liefern den einfachen Fall. Der appalachische Senkungstrog ist jener „Urtypus“ der Geosynklinalen (29, S. 7), an dem Hall (1857) und Dana (1873) die Bildungsgesetze eines Geosynklinalgebirges erstmals er-

kannten. Die am einfachen Beispiel gefundenen Gesetze geosynklinalen Geschehens wurden dann übertragen auf die eurasischen Geosynklinalen komplizierteren Baus. Den verwickelten, unregelmäßigen Formen und Ausfüllungen der eurasischen Geosynklinalen im freien Raum vor dem Kontinent entspricht das vielverzweigte Gerippe ihrer Gebirge. Demgegenüber liegen die nordamerikanischen Geosynklinalen straff gefaßt, fest umgrenzt als Flachsee-Tröge (27) innerhalb des Kontinentalblocks. Sie werden von den Sedimenten verhältnismäßig einheitlich erfüllt: die einsetzenden Orogenesen finden daher weniger differenzierte Bedingungen als in den mediterranen Geosynklinalen vor. Die Faltungszonen wandern gegen einen starren Kontinentalkern mit größerer Hemmung als in Richtung auf den freien Ozean. Die klare, einfache Linienführung der nordamerikanischen Gebirge ergibt sich aus der besonderen, innerkontinentalen Lage ihrer Muttergeosynklinalen.

Der Zusammenhang der einheitlichen Geosynklinalzone, aus deren Werkstätte der nachkambrische orogene Bogen von Neufundland bis Alaska hervorging, war am vollständigsten wohl im oberen Kambrium hergestellt; am wenigsten wissen wir im „toten Winkel“ des Kontinents, in Texas und New Mexico, dem Land der „orogenen Lücke“, über die Verbindung zwischen Appalachen-Ouachita- und Kordillieren-Sonora-Geosynklinale (36, S. 8 ff.). Die radiale Aufeinanderfolge von Ozean, „borderland“, Geosynklinale und Kontinentalkern ist für Nordamerika ein Gesetz. Der Grenzsaum zwischen Kontinent und Ozean stellt die mobile tektonische Zone. Die nordamerikanischen Geologen haben noch immer ihre Gebirge aus dem einheitlich wirkenden Spannungsdruck zwischen Kontinentalblock und ozeanischen Sima-Massen erklärt: so schließen sie aus der beharrlichen, vielleicht bis ins Archaikum zurückreichenden tektonischen Linienführung parallel zum heutigen Kontinentalrand auf die Permanenz und altererbte Selbständigkeit ihres Kontinents.

III. Die orogene Ausbildung.

Die geosynklinale Uranlage ist die gleiche im Osten und Westen: die Unterschiede östlicher und westlicher Gebirgstektonik sind durch die Sonderformen der Tröge, durch die Geschichte und Art der Auffaltung bedingt.

Dem schmalen Senkungsraum der appalachischen Geosynklinale entspricht ein langgezogenes, eng zusammengedrängtes Gebirge; aus der riesigen Breite der kordillerischen Geosynklinale, die Schuchert mit der Mächtigkeit des Stillen Ozeans in Beziehung

bringt (27, S. 196 f.), geht die gewaltige Massenbewegung des Westens hervor. Die appalachische Geosynklinale wird endgültig im Perm in ein Gebirge umgewandelt; die kordillerische Geosynklinale erfährt gegen Ausgang des Paläozoikums nur eine Einengung von Osten durch die Geantiklinale der Ancestral Rocky Mountains in Colorado und New Mexico, dauert ins Mesozoikum fort, wird dann im Jura durch die intermontane Geantiklinale in zwei Spezialtröge geteilt, von denen die östliche „Rocky Mountain“-Geosynklinale zwischen Kreide und Tertiär hochgeht, während die westliche, pazifische Geosynklinale zu den tertiären Gebirgsbildungen Anlaß gibt und in den pazifischen Längsfurchen noch heute fortbesteht. Der Kordillerentrog wurde stellenweise 23 km hoch mit proterozoischen, paläozoischen und mesozoischen Sedimenten angefüllt, er mußte 23 km tief sinken, bevor die Gebirgsbildung einsetzte (27, S. 208).

Das dritte Unterscheidungsmerkmal liegt in der Art des Baues. Die Appalachen und mit ihnen die Ouachita-Berge sind ein Falten- bis Deckengebirge alpiner Art: eng zusammengepreßte Falten streichen in langen Zügen dicht nebeneinander; ihre Schenkel sind kontinenteinwärts überkippt, die Antiklinalen häufig zerspalten; kontinenteinwärts gerichtete Überschiebungen wurden von der letzten Faltung miterfaßt. Deckenbau ist durch den Nachweis von Deckenfenstern auch für die westlichen Ouachita-Berge sichergestellt (21, S. 18 ff.). Die Kordilleren gehören dagegen dem Gürtel der „zirkumpazifischen“ Schollengebirge an. Weiträumige, von normalen Brüchen durchzogene Kuppeln, unregelmäßig ovale Umrißformen, Blockhebungen, hoch hinaufragende gewaltige Intrusionen sind die typischen Bauelemente. Sueß erklärte diese die Vertikale betonende Kordilleren-Tektonik durch „periphere Senkungsflexuren“ und führte das Gleichnis von der sinkenden Eisdecke ein, die von Pflöcken durchragt wird (31, S. 736).

Aber neben die Intrusionsmechanik und den Bruchfaltenbau der Kordilleren legen sich auch echt alpine Elemente: Deckenschübe großen Ausmaßes. Sie erwecken die Vorstellung, daß in den Appalachen und Kordilleren nicht grundsätzlich verschiedene Kräfte am Werke waren, hier horizontal zusammenpressende, dort vertikal hochhebende, sondern daß die tektonische Form von der lokalen Bodenkonstitution abhängig ist. Denn die Deckenschübe der Kordilleren scheinen an eine ganz bestimmte stratigraphische Folge gebunden zu sein, die eine ähnliche Zusammensetzung wie die des appalachischen Deckenbaus aufweist: über dem versteiften präkambrischen Altkristallin zunächst eine Schicht nachgiebiger Tonschiefer („inkompetente“ Schicht nach

Bailey Willis), darüber eine starre, spröde Kalk- und Sandsteinlage („kompetenter“ Schichtverband), zu oberst nachgiebige Sedimente. Die spröde, ungestützte Mittellage bricht unter dem orogenen Druck und gleitet frei als starre Decke über die schwächeren Schichten (13, S. 336 ff.). Die berühmten Deckenschübe in der Rocky Mountain-Geosynklinale von Alberta und Montana werden auf diese Weise erklärt. Im südlichen Felsengebirge dagegen, wo dieselbe mesozoische Rocky Mountain-Geosynklinale über das Gebiet der paläozoischen Ancestral Rocky Mountain-Geantiklinale zu liegen kam (18, S. 288), stand der altkristalline Boden viel höher gehoben und bildete mit der festen Mittellage eine starre Einheit ohne Zwischenschaltung proterozoischer und frühkambrischer Schichtglieder (13, S. 344). Hier war die Geosynklinalerfüllung seicht und der Untergrund nicht auf alpinotype Engfalten und Überschiebungen, sondern auf steife Aufpressungen, „Beulen“, gestimmt (23, S. 194 ff. u. 210 ff.). Im westlichen Wyoming nach Südwesten abschwenkend, umgeht der Gürtel „alpiner“ Überschiebungen die Geantiklinale der Ancestral Rocky Mountains, die „aufgeschürftes Vorland“ bleibt (17, S. 316); er verläuft im Westen, wo die Sedimentdecke wieder tiefgründig ist und die weichen, proterozoischen und frühkambrischen Schichten in voller Mächtigkeit auftreten. Es dürfte in einer Reihe von Fällen näher bestimmbar sein, inwiefern die „alpinotypen“ und „zirkumpazifischen“ Strukturen durch die Untergrundsverhältnisse lokalisiert worden sind.

Die R. T. Chamberlinsche Schule hat versucht, das Felsengebirge im Sinne der Schraubstocktheorie einheitlich als zweiseitig gebautes Gebirgssystem mit gegenpaarig nach außen gerichteten Druckbewegungen darzustellen (8). Der Deformationsbezirk des Felsengebirges stecke wie ein mit der Schneide nach unten weisender, herausgeschobener Keil in der Erdkruste. Zu einem solchen Keil sei die Rocky Mountain-Geosynklinale ausgepreßt worden. Von den beiden Tangentialbewegungen ist die Ostbewegung des Keiles gegen das Kontinentinnere die bei weitem wichtigere; sie tritt längs des ganzen Felsengebirges hervor. Ordnen wir diesem Bewegungsausdruck die Bedeutung der Einzelformen unter, so sind die Front Range-, Lewis-, Beartooth- und Heart Mountain-Überschiebungen im Gebiet der mobilen Trogfüllung des nördlichen Felsengebirges dasselbe, was im stabileren Krustenfeld des Südens die steilen Gewölbe-Ostflügel der Wyoming- und Colorado-Rockies sind. Bei solcher Betrachtung entfällt die Sonderstellung der südlichen Rocky Mountains. Die großlaurentische Tafel hat für alle Randgebirge — für die Appalachen im Osten, die Ouachita-Berge im

Süden und das Felsengebirge im Westen — als das Vorland zu gelten, gegen das die Gebirgsfaltung gerichtet ist. Selbst die Vereinigten-Staaten-Kette auf der kanadischen Inselwelt des Nordens, das Gebirge der alten Franklin-Geosynklinale, soll nach den bisherigen Erkundungen kontinenteinwärts, weg vom nördlichen „borderland Pearya“, gefaltet und überschoben sein (27, S. 193).

IV. Die „Dome“ des Mittellands.

Wie setzt sich nun die Gebirgsfaltung, die im weiten Gebirgsbogen von Neufundland bis Alaska gegen das Kontinentinnere gerichtet ist, mit dem Kratogen, der starren Mitte des Kontinents, auseinander? Das Ergebnis ist ein merkwürdiges. Mit einem Gürtel unregelmäßiger Dom aufwölbungen klingt die Gebirgsbildung zur großlaurentischen Tafel hin aus. Das laramische Felsengebirge wird von einem Gürtel laramischer Dome begleitet, die am stärksten das Missouri-Plateau in den nördlichen Vereinigten Staaten überschwärmen und im Black Hills-Dom ihren bedeutendsten Vertreter besitzen. Die paläozoischen Dome, die sich an die paläozoischen Appalachen und Ouachita-Berge anlegen, sind viel weitergespannt und flacher, aber die tektonische Art ist dieselbe. Der Hauptunterschied liegt darin, daß sich die Dome des Westens dem „zirkumpazifischen“ Bau des benachbarten Stammgebirges einordnen, die Dome des Ostens dagegen zur alpinotypen Appalachen-Ouachita-Faltung in schroffem tektonischen Gegensatz stehen.

Zwischen den Appalachen-Falten und dem zugeordneten Gürtel der Dome liegt aber auch der Übergang vom weichen Sedimenttrog zum versteiften Innenmassiv des Kontinents. Der Sedimentmantel ist im Bereich der Dome bereits dünn: der altkristalline Untergrund steigt steil aus der Geosynklinale empor (13, S. 342). Unter riesigem Zusammenschub wurden gegen die starre Wand die Sedimentschichten des Troges geworfen. Der Zusammenschub blieb streng auf den Senkungstrog lokalisiert; wo der starre Innenblock den Kräften der Gebirgsbildung nachgab, herrscht vertikale Hebung über seitliche Verkürzung vor.

Die paläozoischen Dome des Ostens lassen sich auf dieselbe Bewegung, die die Appalachen faltete, zurückführen, sobald man ihre Lage auf dem starren Innenmassiv mit dem Bogencharakter des nordamerikanischen Gebirgssystems in Verbindung bringt.

Ich verweise hiefür auf die beigelegte tektonische Karte. In vier

Dome sehen wir den Vorlandstreifen der Appalachen-Ouachitafaltung gegliedert: Adirondack- und Ozark-Dom sind die beiden Abschlußposten gegen Norden und Westen; schwächer entwickelt sind die Teilstücke des Cincinnati-Sattels, der Jessamine- und der Nashville-Dom. Weiter im Innern des Kontinents steht der Wisconsin-Dom. Dazwischen lagern sich die Becken ein: die Michigan-Mulde, das östliche innere und das appalachische Kohlenfeld.

Wir sind in der Lage, die Störungen dieser flach verbogenen Tafel nach drei hervortretenden Streichrichtungen zu ordnen. Vom Ozark-Dom ausgehend stellen wir fest, daß die Spezialtektonik, die in flachen Sätteln und Verwerfungen der Dom-Großform eingebaut ist, vorwiegend in zwei Richtungen streicht: Ost-West und Nordwest-Südost (22; 9; 6, S. 167 ff.). Die Ost-West-Störungen stehen durch eine Serie gegen Norden abklingender Falten in unmittelbarer Verbindung mit der Ouachita-Orogenese. Östlich vom Arbuckle-Massiv, wo die Ouachita-Decken bis auf 65 km Entfernung gegen den Ozark-Dom vordringen, findet die faltende Süd-Nord-Bewegung ihre volle Entwicklung, während das Arbuckle-Massiv als bereits verfestigtes Trogstück Widerstand bot (4, S. 273 f.): gleich den Ouachita-Hauptstörungslinien biegen noch die Ost-West-Falten des Arkansas-Tales und des südlichen Ozark-Randstreifens im Westen, wie zurückgehalten, nach Südwesten um (33). Nördlich vom Arbuckle-Gebirge erstreckt sich eine Zone nordwestlich streichender, gestaffelter Fiederspalten (en échelon faults) meridional durch das mittlere Oklahoma; sie entstand nach Fath (7) und Cloos (4) an der Grenzfläche meridional gerichteter Bewegungen: auf der Ostseite drang ein „Süd-Nord-Strom“ unter dem Ozark-Gebiet vor. Von Osten nach Westen streicht auch die eine Hauptachse des Ozark-Doms, die als Endglied des Ohiotal-Deformationsstreifens auf den Domscheitel zuläuft.

Die zweite Frage lautet: Dürfen wir die auftretende Nordwest-Richtung auf die Arbuckle- und Wichita-Berge beziehen, ähnlich wie die Ost-West-Störungen auf die Ouachita-Berge? Nordwestlich streichende Achsen und Verwerfungen erfüllen vorherrschend den Raum; der sich nordöstlich vor den orogenen Südwest-Abschluß der großlaurentischen Tafel legt. Der Chautauqua-Barton-Sattel als Fortsetzung der Osage-Joplin-Antiklinale des Ozark-Doms und die Concho-Scheide fassen den Senkungstrog ein, aus dem die Arbuckle-, Wichita- und Amarillo-Orogenesen emporquollen (3, S. 561). Das Nord-Süd-Streichen des Nemaha-Granitrückens und des Bend-Sattels wird demgegenüber als untergeordnet dargestellt (3, S. 585; 19, S. 1550 ff.). Die bedeutendste nordwestlich orientierte Störungslinie ist die Cap-au-Grés-Verwerfung.

nicht weit vom gut ausgeprägten Nordostrand des Ozark-Doms (14). Auch der Cincinnati-Sattel spaltet am Jessamine-Dom einen Nordwest-Ast ab, der zum Wisconsin-Dom läuft (34, S. 421).

Was drittens für den Ozark-Dom die Ouachita-Ost-West-Richtung ist, das ist für die übrigen Dome, ihrer Lage gemäß und klar ersichtlich, die Appalachenrichtung. Für die Wisconsin-, Adirondack-, Jessamine- und Nashville-Dome scheinen nicht mehr wie für den Ozark-Dom eine Nordwest-Südost- und eine Ost-West-Komponente, sondern je eine Nordwest-Südost- und eine Nordost-Südwest-Komponente verantwortlich zu sein (12, Taf. 4).

Zusammenfassend kommen wir zu folgender Deutung: Die Schwenkung aus der Appalachen-Richtung in die Kordilleren-Richtung ist keine ausgeglichene Kurve, sondern besteht aus richtungseinheitlichen Teilstücken, die gegeneinander Knicke bilden, ähnlich einem gebrochenen Stab. Unter stumpfen Winkeln treffen sich Appalachen und Ouachita-Berge, Ouachita-Berge und Arbuckle-Kamm. Jede der Bewegungseinheiten schickt aus der Hauptfaltungszone parallel zu sich selber Ausläufer, Wellen, in die inneramerikanische Tafel hinein. Diese Wellen durchgittern spießwinklig den inneramerikanischen Raum. Wo sie sich kreuzen, verstärkt sich die Tendenz ihrer Achsen: tauchen die Täler zu Mulden hinab, wachsen die Berge zu Kuppeln empor. Die Knotenpunkte solcher tangential zu Laurentia angeordneten Antiklinalen sind die Lagerorte der paläozoischen Hochgebiete des inneren Nordamerika.

Geographisch bedeuten diese tektonischen Hochgebiete eine übersichtliche Gliederung des inneramerikanischen Landes. Die Dome, besonders der Wisconsin- und der Ozark-Dom, sind die Erzgebiete, die Becken bilden die reichen Kohlen- und Erdölprovinzen. Im Gebiet der Dome ist das Oberkarbon, das die Becken erfüllt, abgetragen und erzeiches älteres Gestein bloßgelegt. Besonders deutlich grenzt sich die Erznatur des Ozarklandes von den Kohlen- und Petroleumfeldern der im Süden, Westen, Norden und Nordosten anliegenden Landschaften ab.

Wo die tektonischen Aufwölbungsgebiete Sedimentgesteine erfassen, also an den Domen des Südens, sind als weiteres Kennzeichen typische Schichtstufenländer entstanden. Am Jessamine-, am Nashville- und am Ozark-Dom, jedesmal ergibt sich das nämliche Bild. Die Einrumpfung des Domes schneidet eine große Anzahl verschieden widerständiger Gesteine durch, deren Ausstriche sich in konzentrischen Ringen um die Wölbungsmittle gruppieren. Die harten Schichtglieder bilden Stufen, deren Stirnen nach innen gekehrt sind. Immer

treten zwei Stufen, eine unterkarbone (Osage) und eine oberkarbone (Pottsville), besonders hervor. Am Jessamine-Dom faßt die Stufe des Unterkarbons das Blue Grass-Gebiet ein, am Nashville-Dom steht sie als Highland Rim Escarpment über dem zentralen Nashville-Becken und am Ozark-Dom als Burlington-Stufe über dem Salem-Plateau. Ebenso sind der Stufenanstieg zum Cumberland-Plateau des Nashville-Domes und der Stufenanstieg zum Boston-Tafelgebirge des Ozark-Domes morphogenetisch das Gleiche, nämlich die domeinwärts schauende Front oberkarboner Sandsteine. Gesetzmäßig legt sich an den Gebirgsbogen der Appalachen und Ouachita-Berge auf der Innenseite eine Zone ringförmig gebauter paläozoischer Schichtstufenländer an. Am Ozark-Dom, wo die besonders kräftige Schichtwölbung noch das Grundgebirge am Domscheitel heraus schauen läßt und neuzeitliche Hebung das Relief stärker auffrischte, ist das Schichtstufenprinzip am schönsten entwickelt. Ich werde den Stufencharakter des Ozark-Landes in einer länderkundlichen Arbeit behandeln.

V. Die morphologischen Gebirgsräume von heute.

Wir hatten die nordamerikanischen Gebirge in zwei Entstehungsphasen betrachtet: im Geosynklinalstadium, als die einheitliche Anlage zu sehen war, und im Stadium der Gebirgsbildungen, als eine weitgehende Differenzierung der Gebirge hervorgerufen wurde. Es bleibt der dritte Schritt übrig, der herauf in die Gegenwart führt. Die Höhenlage der Gebirge, wie sie uns heute entgegentritt, ist ein Werk neuzeitlicher, weitgespannter Hebungen, die der gebirgefaltenden Orogenese als epirogene, die Tektonik nicht mehr wesentlich verändernde Bewegungen nachfolgten. Sie sind postumer Ausklang der vorangegangenen Orogenese und als solcher mit ihr kausal verknüpft. Wie wirkt in ihnen die orogene Bogenführung Nordamerikas nach?

Die Differenzierung der nordamerikanischen Gebirge wird durch diese letzten Hebungsvorgänge fortgesetzt. Drei neuzeitliche Hebezirke wachsen aus der orogenen Anlage hervor: sie bestimmen für Nordamerika die Sonderung in seine morphologischen Gebirgsräume der Gegenwart. Die stärkste Hebung haben die *Kordillere*n, das Gebiet der jüngsten Orogenese, erfahren. Im Nachmiozän, als die orogenen Hauptbewegungen längst abgeschlossen waren, wurden sie in ihre heutige Hochgebirgslage emporgetragen. Die den Canyon-Zyklus einleitende letzte Aufwölbung (30, S. 208 f.) überspannte die gesamte Westhälfte der Vereinigten Staaten von Kansas und Nebraska bis zum Stillen Ozean; sie war aber kaum einheitlich, so daß jeder Gebirgszug

seinen besonderen morphologischen Entwicklungsgang durchschritt; ihre maximale Hochbewegung wird auf etwas über 2000 m geschätzt (27, S. 211). Durch eine ähnliche Hebung, aber auf weit schmälere Raum und unter geringerer Hochbewegung, wurde der Osten zwischen Atlantischem Ozean und Mississippi aufgewölbt. Das Ergebnis im Wölbungszentrum ist das Mittelgebirge der Appalachen, durch seine regelmäßig gekappten Antiklinal- und Synklinalstrünke als Idealtypus eines wiederbelebten Gebirgsrumpfes bekannt. Das dritte Hebungsgebiet ist der Raum der Ouachita-Orogenese und des Ozark-Domes, westlich vom Mississippi, zwischen Missouri im Norden und Red River im Süden. Flächenausdehnung und Hebungsintensität blieben hier am bescheidensten; die durch die neuzeitlichen Hebungsphasen geschaffene Reliefhöhe bleibt überall unter 600 m. Doch macht das insuläre Berglandgebiet des Innern durch seine südliche Mittellage zwischen Appalachen und Kordilleren eindrucksvoll auch im Oberflächenbild Nordamerikas die orogene Bogenanlage des Kontinents deutlich.

Im Raume westlich von den Ouachita-Bergen, wo bereits die orogene Phase am schwächsten ausgebildet war, bleibt die Ebene Herr über die Gebirgsstrukturen des Untergrunds. Schon das Arbuckle-Gebirge prägt sich nur mehr unbedeutend in der Landschaft aus. Die Wichita-Berge ragen als engumgrenzte Härtlingsinseln im südwestlichen Oklahoma nochmals über das Niveau der Ebene empor; sonst gibt es keine strukturbedingten Bergauftragungen bis zu den Vorposten oder Hauptkämmen des Felsengebirges. Der orogene Bogen Nordamerikas ist im Oberflächenbild der Gegenwart in drei Bezirke aufgeteilt: in das breite Hochgebirge des Westflügels, in das schmale Mittelgebirge des Ostflügels, endlich in das zerbrochene Mittelstück des Südens, in dem beide — appalachische und kordillerische — Strukturen sich auflösen und sich gegenseitig verzahnen und wo im Landschaftsbild nur mehr Gebirgsinseln stehen.

VI. Die zentripetale Natur.

Die kranzförmige Anordnung der Gebirge um ein zentrales Flachland ist die entscheidende Anlage, von der jede Länderkunde Nordamerikas ausgehen müßte. Sie bestimmt die Gliederung des nordamerikanischen Lebensraumes. Die Gebirgszone des Ostens reicht gemäß des orogenen Bogenverlaufs in den Ouachita- und Ozark-Bergen wirksam herüber bis nach Oklahoma. In Oklahoma und Texas nähern sich einander die beiden landwirtschaftlich benachteiligten Großräume des Westens und des Südostens: sie schließen sich zu jenem peripheren

Ring zusammen, in dessen Mitte in kontinentaler Binnenlage als einheitliche Riesenfläche die Hauptschatzkammer des Landes liegt. Eurasien mit seinen zentralen Gebirgen stößt die Wirtschaftskräfte nach außen ab, Nordamerika zieht sie nach innen zusammen. In Eurasien lagern die Schwerpunkte am Außenrand, in großer Zahl, jeder seine eigene Welt um sich sammelnd, in Nordamerika ist es der eine Schwerpunkt der Mitte, der auf dem Weg zur Beherrschung des ganzen Kontinents ist. Eurasien ist zentrifugal-partikularistisch, Nordamerika zentripetal-unitaristisch.

Die Unterbrechungen des Gebirgsbogens im Süden blieben dabei viel unwesentlicher als die Mauern der Gebirge im Osten und Westen, da an Stelle des fehlenden Gebirgszuges die Schranke eines wärmeren Klimas tritt und vor allem die Öffnung nach Süden nicht im Strom der allgemeinen anthropogeographischen Ost-West-Bewegung lag. Daß gerade die Ost-West-Linien beiderseits hinter der Küste auf eine Gebirgsschranke stießen, war entscheidend für die binnenländische Abriegelung des amerikanischen Hauptkulturraums, die schon äußerlich durch das Fehlen jeder nennenswerten Binnenschiffahrt außerhalb der Großen Seen deutlich wird.

In einem einheitlichen Kolonisationsraum können heute die zentripetalen Kräfte wirken. Wir sehen dem Anfang der Entwicklung zu. Die 120 Millionen Einwohner der Vereinigten Staaten werden auf 150, 170 Millionen anwachsen. Wo werden diese Menschen leben? — Für zwei Jahrhunderte war es die Westwärts-Bewegung gewesen, die die nordamerikanische Entwicklung beherrschte. Als die Geschichte der „frontier“ am Stillen Ozean ihr Ende erreichte, wurde langsam eine neue Bewegung bestimmend: das Hervortreten der Mitte als wachsender Machtsammelpunkt. Nordamerika ist heute der einzige außer-europäische Erdteil, der kein „totes Herz“ besitzt.

VII. Schluß.

Die geographische Eigenart Nordamerikas besteht in der zentralen Lage einer riesigen Ebene und der peripheren Lage tangential daran angelegter Gebirge. Durch unsere Theorie vom orogenen Bogenbau wird diese Verteilung von Ebene und Gebirge einer vertieften, einheitlichen Erfassung zugeführt. Zwei Ergebnisse möchte ich nochmals herausstellen:

1. Die umschließenden Randgebirge sind nicht eurasische, nach Laurentia verschlagene, sondern bodenständige, gesetzmäßig aus Laurentia geborene Falten. Der Randgebirgstreifen ist die labile Gleich-

gewichtszone zwischen Laurentia und den umgebenden ozeanischen Räumen. Nordamerika ist nicht aus mehreren einander fremden Elementen zusammengeschweißt worden, sondern ist aus einem Guß geformt.

2. Die Gebirgsbildungen entwickeln sich seit Beginn des Kambriums nicht von innen nach außen, ozeanwärts, sondern von außen nach innen, kontinenteinwärts. Am Außenrand hebt sich ein Landstreifen, der seine Verwitterungsprodukte kontinenteinwärts in die benachbarte Geosynklinale schüttet. Als Folge der Innerkontinentalität liegen die Geosynklinale viel stetiger als in Eurasien; sie wandern nicht von variscischer zu alpidischer Orogenese ab. So wird der Kontinent an seinen Rändern nicht durch Neuangliederung ehemals ozeanischer Teile aufgesplittert, auch nicht in seiner Mitte mit nachkambrischen Gebirgsbildungen erfüllt. Er gliedert sich mit klaren Formen in zwei große Einheiten, in eine ungestörte Tafel im Innern und einen gegen den Ozean abschließenden Kranz der Gebirgsbildung. Darin erkennen wir die Grundlage der zentripetalen Natur.

L i t e r a t u r.

1. C. Butts: Geology and mineral resources of the Equality-Shawneetown area. Illinois State Geol. Survey, Bull. 47, 1925.
2. R. T. Chamberlin: The significance of the framework of the continents. Jour. Geology, 32, 1924, S. 545—574.
3. M. G. Cheney: History of the Carboniferous sediments of the Mid-Continent oil field. Bull. Am. Assoc. Petroleum Geologists, 13, 1929, S. 551 bis 593.
4. H. Cloos: Bau und Bewegung der Gebirge . . . Berlin 1928.
5. H. C. Cooke: Land and sea on the Canadian shield in Precambrian time. Am. Jour. Sci., V, 26, 1933, S. 428—441, 457—474.
6. C. Croncis: Geology of the Arkansas Paleozoic area. Arkansas Geol. Survey, Bull. 3, 1930.
7. A. E. Fath: The origin of the faults . . . of the Mid-Continent oil and gas field. U. S. G. S., Prof. Paper 128 (c), 1921.
8. R. F. Flint: A brief view of Rocky Mountain structure. Jour. Geology, 32, 1924, S. 410—431.
9. R. F. Flint: Thrust faults in southeastern Missouri. Am. Jour. Sci., V, 12, 1926, S. 37—40.
10. J. H. Gardner: A stratigraphic disturbance through the Ohio Valley . . . Bull. Geol. Soc. Am., 26, 1915, S. 477—483.
11. C. N. Gould: Crystalline rocks of the plains. Bull. Geol. Soc. Am., 34, 1923, S. 541—560.
12. A. Keith: Outlines of Appalachian structure. Bull. Geol. Soc. Am., 34, 1923, S. 309—380.
13. A. Keith: Structural symmetry in North America. Bull. Geol. Soc. Am., 39, 1928, S. 321—385.

14. C. R. Keyes: Extent and age of Cap-au-Grès fault. Proc. Iowa Acad. Sci., 24, 1917, S. 61—66.
15. P. B. King: The geology of the Glass Mountains. Univ. Texas, Bull. 3038, 1930.
16. L. Kober: Gestaltungsgeschichte der Erde. Berlin 1925.
17. L. Kober: Der Bau der Erde. 2. Aufl. Berlin 1928.
18. W. T. Lee: Building of the southern Rocky Mountains. Bull. Geol. Soc. Am., 34, 1923, S. 285—300.
19. H. W. McClellan: Subsurface distribution of pre-Mississippian rocks of Kansas and Oklahoma. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 14, 1930, S. 1535 bis 1556.
20. W. J. Miller: Pre-Cambrian folding in North America. Bull. Geol. Soc. Am., 34, 1923, S. 679—702.
21. H. D. Miser: Structure of the Ouachita Mountains of Oklahoma and Arkansas. Oklahoma Geol. Survey, Bull. 50, 1929.
22. Missouri Bureau of Geology and Mines: I, 12, 1898 (S. 155 ff.); II, 7, 1907 (S. 61); II, 12, 1913 (S. 75 ff.); II, 22, 1928 (S. 257 ff.); II, 23, 1930 (S. 178 ff.).
23. A. Penck: Geomorphologische Probleme im Fernen Westen Nordamerikas. Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Kl., 1929, S. 187—218.
24. S. Powers: Solitario uplift. Bull. Geol. Soc. Am., 32, 1921, S. 417—428.
25. R. Ruedemann: The existence and configuration of pre-Cambrian continents. New York State Mus., Bull. 239—240, 1922.
26. R. Ruedemann: Fundamental lines of North American geologic structure. Am. Jour. Sci., V, 6, 1923, S. 1—10.
27. C. Schuchert: Sites and nature of the North American geosynclines. Bull. Geol. Soc. Am., 34, 1923, S. 151—229.
28. C. Schuchert: "Ancestral Rocky Mountains" and Sicuis. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 14, 1930, S. 1224—1227.
29. H. Stille: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin 1924.
30. W. Strzygowski: Zur Morphologie der Rocky Mountains. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 76, 1933, S. 205—223.
31. E. Sueß: Das Antlitz der Erde. I, 1885.
32. Dgl. III, 1, 1901.
33. J. A. Taff: U. S. G. S., Geol. Atlas, Tahlequah folio (No. 122), 1905, und Muskogee folio (No. 132), 1906.
34. W. A. Ver Wiebe: Tectonic classification of oil fields in the United States. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 13, 1929, S. 409—440.
35. W. A. Ver Wiebe: Ancestral Rocky Mountains. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 14, 1930, S. 765—788.
36. W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht: The Permo-Carboniferous orogeny in the south-central United States. Verhandl. Akad. Wet. Amsterdam, 27, 3, 1931.
37. W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht: Some additional notes on the Permo-Carboniferous orogeny in North America. Proc. Akad. Wet. Amsterdam, 35, 1932, S. 1149—1155.
38. A. Winslow: The geotectonic and physiographic geology of western Arkansas. Bull. Geol. Soc. Am., 2, 1891, S. 225—242.