

(Comptes Rendus IX. Congrès géol. internat. de Vienne 1903.)

Die Tektonik der Balkanhalbinsel

mit besonderer Berücksichtigung der neueren Fortschritte in der
Kenntnis der Geologie von Bulgarien, Serbien und Makedonien.

Von

J. C v i j i ć.

~~~~~  
Mit einer Kartenbeilage.  
~~~~~

WIEN 1904.

Gesellschafts-Buchdruckerei Brüder Hollinek, Wien, III., Erdbergstraße 3.

Die Tektonik der Balkanhalbinsel

mit besonderer Berücksichtigung der neueren Fortschritte in der Kenntnis der Geologie von Bulgarien, Serbien und Makedonien.

Von J. Cvijić.

Mit einer Kartenbeilage.

Franz T o u l a hat in den „Materialien zu einer Geologie der Balkanhalbinsel“ eine erschöpfende Bibliographie aller wichtigeren bis zum Jahre 1883 publizierten geologischen Arbeiten über die Balkanhalbinsel zusammengestellt¹⁾. In vielen Zeitschriften, insbesondere im „Geographischen Jahrbuch“ von H. W a g n e r, sind später erschienene Arbeiten über die Geologie und physikalische Geographie der Balkanhalbinsel aufmerksam verfolgt worden²⁾. In der „Carte géologique internationale“ sind alle jene geologischen Karten und Skizzen verwertet worden, die bis vor einigen Jahren erschienen waren. Dadurch wird meine referierende Aufgabe kurz und leicht; ich werde nur jene neuen Ergebnisse über Bulgarien, Serbien und Makedonien hervorheben, welche die geologische Karte der Balkanhalbinsel wesentlich modifizieren oder durch welche eine systematische Erforschung der stratigraphischen Verhältnisse eingeleitet wird.

Bekanntlich hat Franz T o u l a seine verdienstvollen Forschungen in Bulgarien, welche auch einen Teil des südöstlichen Serbien umfaßten, zum Abschluß gebracht. Der Wert dieser Untersuchungen liegt nicht allein in der geologischen Karte des Balkans, sondern ebenso in einer reichen Fülle präziser stratigraphischer Beobachtungen, welche nur teilweise in der geologischen Karte zur Darstellung gelangten³⁾.

¹⁾ Franz T o u l a. Materialien zu einer Geologie der Balkanhalbinsel. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1883, 33. Bd., 1. Heft.

²⁾ Geographisches Jahrbuch von H. W a g n e r. Bd. XXV, 1903, pag. 180—187. Dieselbe Zeitschrift Bd. XXVI, 1903 (Bericht von Prof. Th. F i s c h e r), pag. 29—35.

³⁾ Franz T o u l a. Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan und abschließender Bericht über diese geologischen Arbeiten im Balkan. Bd. LXIII. Denkschr. der kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1896; hier sind alle, von F. T o u l a publizierten Arbeiten über die Geologie des Balkans zitiert.

Diese Beobachtungen bieten zahlreiche und sichere Anhaltspunkte für eine geologische Detailaufnahme von Bulgarien. Und da hat Georg Zlatarski angesetzt. In den letzten Jahren bereiste er Nordbulgarien mit dem Balkan nach allen Richtungen und hat es auf der russischen Karte 1 : 126.000 geologisch kartiert. Von diesen Aufnahmen ist ein Blatt, die Umgebung von Sofia mit dem Iskardefilé, in den letzten Tagen mit einem begleitenden Text erschienen¹⁾. Ich nahm noch Einsicht in einige Blätter, die bald erscheinen werden. Die Karte von Zlatarski kann nicht als eine geologische Detailkarte betrachtet werden. Sie enthält aber doch auch zahlreiche neue Beobachtungen. Dank einer genauen kartographischen Grundlage, die ihm die russische Karte bot, und den zahlreichen Touren, die er unter den geänderten politischen Verhältnissen ausführen konnte, sind die Formationsgrenzen detaillierter und genauer verzeichnet und zahlreiche neue Vorkommnisse der bekannten Formationen eingetragen. Das wichtigste Resultat der Forschungen Zlatarskis, welches auch auf der Karte zur Darstellung gelangt, ist die Gliederung der bulgarischen Kreide.

Von der oberen Kreide sind auf der Karte zuerst beide Glieder des Senon, das Aturien und das Emscherien, ausgeschieden worden, weiter das Turon und das Cenoman. Die Gosauschichten sind an zahlreichen Punkten festgestellt und zeigen eine große Verbreitung. Von der unteren Kreide fehlen das Albien und das Aptien vollständig. Eine große Verbreitung zeigt das Barrémien und das Neocomien. Das Barrémien kommt in der jurassischen und alpinen Ausbildung vor; in der ersteren unterscheidet Zlatarski erstens die Flyschfacies und zweitens die koralligene Facies mit Wechsellagerung der Requienien- und Orbitolinenschichten und die Orbitolinenschichten allein. Im alpinen Barrémien lassen sich die lehmigen Kalke mit aufgerollten Cephalopoden und koralligene Kalke mit Requienien und Orbitolinen ausscheiden.

Die Gebiete von Südbulgarien untersuchte G. Bončev. Er hat zuerst das Sakargebirge, zwischen Marica und Tundža im NW von Adrianopol, erforscht und eine petrographische Skizze desselben 1 : 420.000 publiziert. Gleich darauf hat er den interessanten isolierten Höhenzug des heiligen Ilija im NW von Jamboli petrographisch im Maßstabe 1 : 210.000 aufgenommen sowie auch einen großen Teil der

¹⁾ G. Zlatarski. Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Sofija und vom Iskardefilé. Jahrbuch der bulgarischen naturforschenden Gesellschaft. 1903. Mit einer geol. Karte 1 : 150.000. — Geologisch-petrographische Beschreibung der Srednja gora 1893. — Geologische Untersuchungen im Norden des Balkans. 1888. — Eine geologische Exkursion im südwestlichen Bulgarien 1885. — Paläogeographie von Bulgarien 1898. Alles bulgarisch in Periodičesko spisanie, Bd. II, III, VI und X.

westlichen Rhodope im Süden von Philippopol. Anschließend an den von Zlatarski erforschten westlichen Teil der Srednja gora untersuchte Bončev die östliche Partie dieses Gebirgszuges, die zwischen den Flüssen Strema und Tundža liegt und die Karadža oder Srvena gora genannt wird; die Abhandlung begleitet eine petrographische Skizze 1:500.000. Auf allen petrographischen Skizzen von Bončev werden verschiedene Arten der kristallinen Schiefer, Granite und jüngere eruptive Gesteine ausgeschieden; die Sedimentgesteine, welche in den erwähnten Gebieten auftreten, sind meist nur nach ihrem petrographischen Habitus bezeichnet, ohne Rücksicht auf ihr geologisches Alter zu nehmen¹⁾.

Im ähnlichen Sinne und ebenso fleißig arbeitet Lazar Vankov, welcher seine Aufmerksamkeit vorzugsweise den Thermen- und Erzgebieten Bulgariens schenkt. Er untersuchte die Umgebungen von Čustendil, Meričleri und die Thermen von Sliven in Südbulgarien, weiter den Šipkabalkan und die Therme von Vršec in Nordbulgarien²⁾.

Die in deutscher Sprache verfaßten methodisch ausgeführten Arbeiten von St. Bončev über das Tertiär von Haskovo³⁾ und von Luka Dimitriev über das Vitošagebirge⁴⁾ sind bekannt.

¹⁾ G. Bončev. Das Verilagebirge, petrographisch. *Periodičesko spisanie*, Bd. LX, 1895. — Eruptivgesteine von Glušnik und Gornje Alexandrovo. *Ibid.* Bd. LXI, 1900. — Die Gesteinsarten der Monastirska Visočina. *Ibid.* Bd. LXI, 1900. — Petrographische Notizen über die Küste des Schwarzen Meeres von Eusiné bis Čupria. *Ibid.* Bd. LXI, 1900. — Beitrag zur Petrographie der westlichen Rhodope. *Ibid.* LXII, 1901. — Das Sakargebirge, petrographisch. *Sbornik*, Bd. XVI, 1900. — Beiträge zur Gesteinskunde des Höhenzuges des heiligen Ilija. *Sbornik*, Bd. XVIII, 1901. — Beitrag zur Petrographie der Srednja gora. *Sbornik*, Bd. XIX, 1903.

²⁾ L. Vankov. Šipkabalkan und Umgebung, geologisch und petrographisch. „Rad“ der südslaw. Akad. d. Wiss. Agram. Bd. CXI, 1892. — Beitrag zur Geologie der Umgebung von Meričleri. *Sbornik*, Bd. XII, 1895. — Kohlenvorkommnisse im Zentralbalkan. *Jahrbuch der bulgarischen naturforschenden Gesellschaft*, Bd. I, 1898. — Geologische Verhältnisse der Gegend westlich von Trn-Čustendil. *Sbornik*, Bd. XVI, 1900. — Geologische Beobachtungen in den Tunnels an der Eisenbahnlinie Sofija—Roman. *Zeitschrift des bulgarischen Ingenieur- und Architektenvereines*, Bd. IV, 1900. — Geologische Verhältnisse der Umgebung von Vršec und die Thermen von Vršec. *Periodičesko spisanie*, Bd. LXII, 1901. — Hydrogeologische Studien in der Umgebung von Sliven. *Periodičesko spisanie*, Bd. LXIV, 1903.

Die Arbeiten von Bončev und Vankov sind nur bulgarisch erschienen. Sie werden von Karten und Skizzen begleitet.

³⁾ St. Bontscheff. Tertiärbecken von Haskovo. *Jahrb. d. k. k. geol. R.-A.* Bd. XLVI, pag. 309—384, 1896.

⁴⁾ Luka Dimitrov. Beiträge zur geologischen und petrographischen Kenntnis des Vitošagebirges in Bulgarien. *Denkschriften d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien, math.-naturw. Kl.* Bd. LX, pag. 477—530, 1893.

Ich habe die eiszeitlichen Spuren im Rilagebirge und die Diluvialablagerungen im Balkan untersucht¹⁾. Weiter untersuchte ich in drei Sommern die tektonischen Verhältnisse des Balkans und die Ergebnisse dieser Forschungen sind auf den vorgeführten geologischen Profilen und Skizzen dargestellt; eine Übersichtskarte der tektonischen Verhältnisse des Balkans wird als Beilage zu dieser Arbeit gedruckt.

Es sind die Arbeiten älterer Forscher (insbesondere von A. Boué, A. Viquesnel, F. v. Hochstetter, Herder, E. Tietze, F. Toula und anderen), welche sich um die Geologie Serbiens verdienstlich gemacht haben, bekannt und gewürdigt worden. Auf Grund ihrer Arbeiten sowie seiner eigenen Beobachtungen und jener jüngerer Forscher hat J. M. Žujović die bekannte kleine geologische Karte von Serbien bearbeitet²⁾. Von den Erläuterungen, welche die letzte Ausgabe dieser Karte begleiten, sind die Studien von Žujović über die Eruptivgesteine hervorzuheben³⁾.

In den letzten Jahren sind wichtige Arbeiten über die Geologie Serbiens erschienen; es wurden weiter die ersten Schritte getan, um die geologische Detailaufnahme des Landes vorzunehmen⁴⁾.

Die als kristallinisch bezeichneten Gebiete von Westserbien studierte seit einigen Jahren Sava Urošević und er kam zu dem Ergebnis, daß sie meist als paläozoische, durch Kontaktmetamorphismus veränderte Schiefer zu betrachten sind. Die Erscheinungen des Kontaktmetamorphismus wurden durch Granit und Mikrogranulitdurchbrüche und durch Granitlaccolithe verursacht; solcher Natur sind die als kristallinisch bezeichneten Schiefer der Gebirge Cer, Boranja, Venčac, Bukulja und Vagan⁵⁾. Die kristallinischen Schiefer im N von Ostserbien an der Donau haben eine weit geringere Verbreitung, als man bis jetzt annahm⁶⁾, und stimmen darin und nach ihrer petrographischen

¹⁾ J. Cvijić. Das Rilagebirge und seine ehemalige Vergletscherung. Zeitschr. d. Gesellschaft f. Erdkunde. Berlin 1898. — Neue Ergebnisse über die Eiszeit der Balkanhalbinsel. „Glas“ der Akad. d. Wissensch. Belgrad, Bd. XLVI.

²⁾ J. M. Žujović. Geologische Übersicht des Königreiches Serbien. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A., Bd. 36, pag. 71—124.

³⁾ J. M. Žujović. Geologie von Serbien. Ausgabe d. Akad. d. Wissensch. in Belgrad (serbisch). I. Bd.: Topogr. Geologie; II. Bd.: Eruptivgesteine, pag. 239.

⁴⁾ Anlässlich des Internationalen Geologen-Kongresses wurde das serbische Ufer der Donau geologisch 1:75.000 kartiert. Siehe F. Schafarzic: Kurze Skizze der geol. Verhältnisse und Geschichte des Gebirges am eisernen Thore an der unteren Donau. Földtani Közöny XXXIII, Heft 7—9, pag. 1—47.

⁵⁾ S. Urošević. Das Cergebirge. „Glas“ der Akad. d. Wissensch. Belgrad, Bd. LVII, 1899. — Die Gebirge Venčac, Bukulja und Vagan. „Glas“ LXI. — Granite, Peridotite und Serpentine in Serbien (in Žujović, Geologie von Serbien). — Das Boranjagebirge. „Glas“ LXV.

⁶⁾ Eine Mitteilung des Herrn Urošević.

Beschaffenheit mit den kristallinischen Schiefen jenseits der Donau vollständig überein.

Durch Auffindung von Fossilien ist es weiter gelungen, in den als paläozoisch bezeichneten und stark verbreiteten Schiefen von Westserbien wenigstens das Untercarbon festzustellen, so daß man die darunter liegenden paläozoischen Schiefer wohl als Devon ansprechen darf (S. Radovanović). Weiter sind durch M. Živković in den Werfener Schiefen von Westserbien die Campiler und die Seiser Schichten nachgewiesen¹⁾.

Ein eingehendes Studium der stratigraphischen Verhältnisse hat S. Radovanović durch die Untersuchung der Lias- und Juravorkommnisse in Ostserbien eingeleitet, insbesondere durch das Studium des Lias von Rgotina²⁾. Derselbe zeigt eine sehr einförmige, vorwiegend sandige Zusammensetzung, es lassen sich jedoch in demselben faunistisch alle drei Liasstufen unterscheiden. Die tiefsten Schichten des unteren Lias sind fossilfrei und kohlen-schmitzenführend, die oberen zeichnen sich durch das massenhafte Vorkommen von *Terebratula grestenensis* aus. Der mittlere Lias ist sehr fossilreich; in seinem unteren Teile herrscht *Waldheimia numismalis* vor, daneben kommen in großer Zahl *Spiriferina verrucosa* und *Sp. pinguis*, *Rhynchonella triplicata*, *curviceps* und *argotensis*, *Pholadomya decorata* und *ambigua*, *Belemnites elongatus* etc. vor. Im oberen Lias sind *Gryphaea cymbium*, *Spiriferina rostrata* und *Belemnites pacillosus* vorherrschend. Die sandigen, kohlen-schmitzenführenden Liasablagerungen, die sich faunistisch durch das Vorwiegen von Bivalven und Brachiopoden auszeichnen, stellen also eine sublitorale Facies dar und entsprechen den Grestener Schichten des alpinen Lias. Dieselbe Ausbildung zeigen auch die weiteren Liasvorkommnisse im N von Ostserbien, und zwar bei Dobra, zwischen diesem Dorfe und Donji Milanovac, beim Dorfe Toponica und in der Pesača³⁾. Zahlreich sind die Liasvorkommnisse im Becken von Timok und im Kreise von Niš und Piroč, insbesondere im letzteren Kreise, wo sie zuerst von F. T o u l a nachgewiesen wurden; in denselben sind nur einzelne Horizonte des mittleren und oberen Lias konstatiert worden⁴⁾.

¹⁾ Vorläufige Berichte in den „Zapisnici“ der serb. geol. Gesellschaft. Ann. géol. de la Péninsule balc. T. VI.

²⁾ Dr. S. Radovanović. Die Liasablagerungen von Rgotina. Annales géol. de la Pén. balcanique. T. I.

³⁾ Dr. S. Radovanović. Der Lias von Dobra. Ibid. III. — Über die unterliassische Fauna von Vrška Čuka. Ibid. V.

⁴⁾ V. Ilić. Über die Fauna und stratigraphischen Verhältnisse einiger Lias-terrains in Ostserbien. Ann. géol. de la Pénins. balc. VI, pag. 74—108. Belgrad 1903 (serbisch). Ausgeführt vorzugsweise auf Grund der Arbeiten von S. Radovanović.

Der mittlere und obere Jura zeigt in Serbien ebenso wie im Banat und im bulgarischen Balkan einen ausgeprägten alpinen Typus. Die Klausschichten (Crnajka, Boljetin, Greben) sind faunistisch mit jenen von Svinjica identisch. Das Kelloway ist bis jetzt nur im nördlichen Teile von Ostserbien konstatiert (Greben, Boljetin, Ribnica, Vrška čuka). Eine größere Verbreitung zeigt das Tithon, welches, insbesondere an der Donau, im Süden aber nur stellenweise (Crnajka, Vrška čuka, Rosomač) nachgewiesen wurde¹⁾. Es dürften am Greben auch die Schichten des mittleren Dogger vertreten sein²⁾.

Es ist von großer Wichtigkeit, die Gliederung der Kreideformation vorzunehmen, welche in Ostserbien beinahe die Hälfte des Areal's einnimmt. Einzelne Glieder derselben sind von Toul'a und Žujović stellenweise festgelegt worden. In der neuesten Zeit hat sich D. Antula eine systematische Erforschung der serbischen Kreide zur Aufgabe gestellt. Er hat seine Studien mit einer paläontologischen Abhandlung über das Neocom von Crnojčevica eingeleitet³⁾. Aus einzelnen Vorkommnissen, die weder planmäßig verarbeitet noch verfolgt wurden, scheint hervorzugehen, daß wir eine große Verbreitung der Barrémien- und der Gosauschichten zu erwarten haben.

Besser sind wir über das Tertiär von Serbien durch die Arbeiten von S. Brusina, P. Pavlović, S. Radovanović und M. Živković informiert⁴⁾. Es ist festgestellt, daß das marine Paläogen in Serbien vollständig fehlt⁵⁾. Von dem marinen Neogen sind der Tegel und Leithakalk, die sarmatischen und pontischen Schichten, in der neuesten Zeit auch die mäotische Stufe (durch S. Radovanović und P. Pavlović)

¹⁾ Dr. S. Radovanović. Über die geolog. Verhältnisse der Umgebung von Crnajka. Ann. géol. de la Pénins. balc. III. — Über die Kellowayschichten von Vrška Čuka. Ibid. IV. — *Belemnites ferrugineus n. sp.* Ibid. IV. — Žujović. Note sur la crête Greben. Ibid. III.

²⁾ Žujović. Op. cit.

³⁾ Dr. D. Antula. Das mittlere Neocom von Crnojčevica. Annales géol. de la Péninsule balcanique. T. VI, pag. 6--74. Belgrad 1903. Serbisch.

⁴⁾ S. Brusina. Frammenti di Malacologia terziaria Serbia. Annales géol. de la Péninsule balcanique. T. IV, pag. 25--75. Belgrad 1893. — P. Pavlović. Die II. Mediterranstufe von Rakovica. Ann. géol. de la Péninsule balc. T. II, pag. 17--69. Belgrad 1890. — Dr. S. Radovanović und P. Pavlović. Über die geol. Verhältnisse des serbischen Teiles des unteren Timokbeckens. Ibid. T. IV, pag. 89--133. — P. Pavlović. Annales géol. T. VI. pag. 341, 342. S. Radovanović. Ibid. pag. 341 (kurze vorläufige Berichte). — M. Živković. Das Tertiär des mittleren Teiles des Timokbeckens. Ibid. Bd. IV. — P. Pavlović. Die Melanopsidenmergel und verwandte Bildungen der Balkanhalbinsel, pag. 18. Belgrad 1901.

⁵⁾ Doch ist es sicher, daß das Süßwasserpaläogen im Norden von Alexinae vorkommt.

festgestellt worden. Es ging weiter klar hervor, daß das jüngere Neogen durch den Donaudurchbruch und die Gebirge Ostserbiens in zwei Partien getrennt ist, welche ganz verschiedene Typen aufweisen: das jüngere Neogen im Osten zeichnet sich faunistisch durch viele rein russische Elemente aus, während das Neogen im NW mit jenem des pannonischen Beckens übereinstimmt. Angeregt durch die Arbeiten von S. Brusina, hat P. Pavlović begonnen, die Fauna des serbischen Süßwasserneogens zu bearbeiten und diese Untersuchungen auch auf einige Becken von Altserbien auszudehnen¹⁾.

Ich habe das Gebiet des Kučajgebirges geologisch 1:75.000 aufgenommen²⁾ und hierauf vorzugsweise die tektonischen Verhältnisse von Serbien untersucht³⁾. Die Ergebnisse der vorerwähnten stratigraphischen Forschungen habe ich dabei benützt, mußte aber oft die Formationsgrenzen genauer feststellen, hie und da auch die stratigraphischen Verhältnisse studieren. Das paläontologische Material, das ich dabei sammelte, ist teilweise von D. Antula und V. Ilić verwertet worden. Weiter untersuchte ich die Schotterablagerungen der Flußtäler und Becken von Serbien, die Höhlen und unterirdischen Flußläufe von Ostserbien, endlich die Torfmoore⁴⁾.

In Altserbien und Makedonien, selbst in einigen Gebieten von Albanien, ist das geologische Forschungswerk, welches nach den großen Reisen von A. Boué und A. Viquesnel durch Jahrzehnte fast vollständig geruht hat, wieder in Angriff genommen worden. In fünf Sommern habe ich diese Gebiete besucht und über die Ergebnisse meiner Untersuchungen vorläufige Berichte⁵⁾ und zwei tektonische Skizzen mit geologischen Grundlagen publiziert⁶⁾. Einige Monate später veröffentlichte Dr. K. Österreich die geologische Karte einer großen Partie desselben Gebietes⁷⁾. Von der Bearbeitung des reichen mitgebrachten Materials in Anspruch genommen, bin ich erst jetzt im-

¹⁾ P. Pavlović. Materialien zur Kenntnis des Tertiär in Altserbien. Annales géol. T. VI, pag. 155—190. Belgrad 1903 (serbisch).

²⁾ J. Cvijić. Die geologischen und geographischen Untersuchungen im Kučajgebirge Ostserbiens. Annales géol. T. V, pag. 5—173.

³⁾ Die Struktur und die Einteilung der Gebirge der Balkanhalbinsel. „Glas“ LXIII d. Akad. d. Wissensch., pag. 1—72 (beides serbisch).

⁴⁾ Neue Ergebnisse über die Eiszeit der Balkanhalbinsel. „Glas“ LXV. — Über die Torfmoore, Quellen und Wasserfälle in Ostserbien. „Glas“ XLVI.

⁵⁾ Die makedonischen Seen. Mitt. d. ung. geogr. Gesellschaft. 1900.

⁶⁾ Tektonische Vorgänge in der Rhodopenmasse und die dinarisch-albanesische Scharung; beides in den Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CX. 1900.

⁷⁾ Dr. K. Österreich. Beiträge zur Geomorphologie Makedoniens. Abh. d. k. k. geogr. Gesellschaft. IV, 2. Wien 1902.

stande, die Resultate meiner geologischen Studien in dieser geologischen Karte (1:500.000) von Makedonien und Altserbien vorzulegen¹⁾.

Wir kennen nunmehr die Grundzüge des geologischen Baues von Bulgarien, Serbien, Makedonien und Altserbien. Beim Studium der tektonischen Verhältnisse habe ich alle erwähnten Arbeiten verwertet, insbesondere jene von F. Toula für den zentralen und östlichen Balkan und die Arbeit von Zlatarski für den bulgarischen westlichen Balkan. Die Ergebnisse meiner Forschungen sind in den vorgeführten geologischen und tektonischen Karten und in den geologischen Profilen²⁾ dargestellt. Auf dieser Grundlage lassen sich die strukturellen Verhältnisse der Balkanhalbinsel in folgender Weise feststellen.

Es besteht auf der Balkanhalbinsel eine Masse von kristallinischen Schiefern, welche sich geologisch und tektonisch abweichend von anderen Gebieten der Halbinsel verhalten hat und mit Recht als eine alte Masse bezeichnet wurde. Ich kann über diese alte Rhodopemasse einige neue Ergebnisse vorbringen.

Die Rhodopemasse besitzt, wie man aus der geologischen Karte von Makedonien sieht³⁾, eine weit geringere Verbreitung, als bis jetzt angenommen wurde. Sie beginnt weit östlich vom Vardar und die Gebirge Belasica, Šarlija, Pirin und Rhodope mit der Rila bilden den eigentlichen Kern des kristallinischen Massivs, das sich nach N durch Serbien fast bis an die Donau fortsetzt. Die Rhodopemasse besteht hauptsächlich aus Gneis und Glimmerschiefer und zeichnet sich durch große Granitstücke aus. Im Gegensatz zu den übrigen archaischen Gebieten der Balkanhalbinsel zeigen die kristallinischen Schiefer der Rhodopemasse mannigfaltige Streichrichtungen. Die paläozoischen und mesozoischen Sedimente fehlen im Gebiete der eigentlichen Masse vollständig; sie wurde erst vom paläogenen Meere nördlich überflutet, wobei die Sandsteine abgelagert wurden, welche horizontal über den kristallinischen Schiefern liegen. Auf Grund dieser geologischen Verhältnisse kann man also lediglich den Schluß ziehen, daß die Faltung vor dem Eocän vollständig erloschen war. In den benachbarten Randpartien der Rhodopemasse läßt sich aber eine vorpermische Faltung konstatieren, welche aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Hauptfaltung

¹⁾ J. Cvijić. Atlas der großen Seen der Balkanhalbinsel mit 10 Karten. Belgrad 1902. — Geologischer Atlas von Makedonien und Altserbien. 8. Blatt. Belgrad 1903 (seither erschienen).

²⁾ Die geologischen Profile, die hier oft erwähnt werden, erscheinen später in einer Arbeit, welche sich eingehend mit der Tektonik des Balkans und Serbiens befaßt und in welcher die Detailbeobachtungen zur Publikation gelangen sollen.

³⁾ Geol. Atlas von Makedonien und Altserbien. Blatt II (geol. Karte). Belgrad 1903. Mit französischer gamme des couleurs.

des kristallinen Kernes war. Wir haben keine Anhaltspunkte dafür, auf eine noch ältere Faltung zu schließen und doch ist eine solche sehr wahrscheinlich. Ebenso lassen sich vom Perm bis zum Eocän keine tektonischen Prozesse mehr in der Rhodopemasse feststellen; es ist aber ebenso wahrscheinlich, daß sie in dieser langen geologischen Zeit nicht geruht haben. In der oligo-neogenen Zeit wurde die alte Masse von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt und es bildeten sich die Grabeneinbrüche.

Von dem Kerne der kristallinen Rhodopemasse gelangt man über ein Zwischenglied, in welchem die sedimentären Formationen nur stellenweise und äußerst lückenhaft vertreten sind, in die großen, mit mächtigen Sedimentgesteinen erfüllten Geosynklinalen des Balkans im N und des dinarischen und griechisch-albanischen Faltenystems im W und NW. Überdies tritt man von dem großen kristallinen Kerne der Rhodopemasse gegen den Balkan und gegen das dinarische und griechisch-albanische Faltungssystem in immer jüngere Faltungsgebiete ein. Dieselben Verhältnisse lassen sich weit im N in Serbien beobachten. Die Rhodopemasse setzt sich nach N beiderseits des Moravatales fort; sie erscheint meist als eine zusammenhängende Region; nur im äußersten N ist sie in einzelne Schollen zerlegt. Ihre westliche Partie, der Gebirgszug von Rudnik, ist von cretazischen und miocänen Schichten überlagert und erst weiter im W erscheint die mächtige Sedimentzone des dinarischen Systems. Im Gebirgszuge von Rudnik fehlen die paläogenen Ablagerungen, die sarmatischen Schichten ruhen vollständig horizontal, so daß man hier eine vorsarmatische Faltung feststellen kann; weiter im W sind die sarmatischen Schichten im dinarischen System mitgefaltet. Ebenso wie im S erscheint auch hier ein vom Kreidemeer überflutetes Glied der alten Masse, in dem die Faltung vor der sarmatischen Zeit vollständig erloschen war, während sie in dem dinarischen System fort dauerte.

Die Rhodopemasse unterscheidet sich also durch ihre Lage gegenüber den jungen Faltengebirgen von den alten Massen, welche sich an der Außenseite der Alpen, im N, NW und W, befinden. Sie liegt mitten zwischen den jungen Gebirgssystemen der Halbinsel, also auf der Innenseite der Faltenzüge. Die Falten des dinarischen und des griechisch-albanischen Systems sind gegen W geneigt oder überschoben, jene des Balkans sind fast ausnahmslos nach N geneigt, sehr selten überschoben. Dadurch bekommt man den Eindruck, als ob sich die Faltung von der alten Masse aus nach allen Richtungen fortgepflanzt hätte. Infolgedessen läßt sich nicht jene stauende Wirkung auf die jungen Faltengebirge beobachten, wie sie bekanntlich in den Alpen festgestellt wurde und welche als eines der wichtigsten

Merkmale einer alten Masse gilt. Immerhin stehen die Richtungen der großen Leitlinien der Faltengebirge der Balkanhalbinsel in einem innigen Zusammenhange mit der Lage der Rhodopemasse, weil sie um dieselbe herum angeordnet sind. Das dürfte dadurch zustande gekommen sein, daß sie das Ausgangsgebiet für die jungen Faltungen darstellte.

Wenn also jene bekannten Erscheinungen von Stauung fehlen, so kommen doch andere merkwürdige zum Vorschein, die aus der besonderen Lage der Rhodopemasse gegenüber den jungen Faltengebirgen hervorgehen. Sie treten nur an zwei Stellen in Serbien auf und sind dadurch zustande gekommen, daß die O—W streichenden jungen Falten mit den nordsüdlichen Falten der Rhodopemasse zusammentreffen. Die O—W ziehenden Zonen der Kalkgebirge Ostserbiens stoßen am rechten Moravaufer an einzelne Inseln der alten Masse und werden durch dieselben nach N und NO abgelenkt, so daß sie einen merkwürdigen, stark gekrümmten Bogen beschreiben; diese interessante Erscheinung läßt sich auf einer Länge von 60 *km* von Niš bis Gornjak verfolgen. Bei dem Zusammenstoßen sind stellenweise nach W gegen die alte Masse geneigte und überschobene Falten zustande gekommen. Westlich der Morava treten im dinarischen System ähnliche Stauungserscheinungen auf, die ich an anderer Stelle dargestellt habe ¹⁾. Die nach O umgebogenen dinarischen Falten stoßen auf die N—S streichenden älteren Falten des Gebirgszuges von Rudnik und nehmen dadurch einen gewundenen Verlauf an. Beide Erscheinungen beziehen sich auf das Streichen oder auf die Trajektorie der Faltung und vorzugsweise sind diese Eigenschaften der Falten durch die Stauungswirkungen beeinflußt.

In tektonischer Hinsicht besitzen wir also in der Rhodopemasse einen besonderen Typus der alten Massen, der sich durch seine Lage zwischen den jungen gefalteten Gebirgen und an deren Innenseite auszeichnet und dessen stauende Wirkung sich hauptsächlich an der Trajektorie der jungen Falten bemerkbar macht.

Es ist weit schwieriger, die Stellung und die wahre Natur jener Übergangsglieder zu bestimmen, die sich zwischen dem Kern der Rhodopemasse einerseits und dem Balkan, respektive dem dinarischen und griechisch-albanischen System andererseits befinden. Zu solchen gehören: die westmakedonische kristallinische Zone und die der Srednja gora mit Sakar, Strandža etc. Nach ihrer geologischen Entwicklung bilden sie einen Übergang von der Rhodopemasse zum Balkan oder zum dinarischen System.

In der westmakedonischen kristallinischen Zone kommen über den kristallinischen Schieferen paläozoische Schiefer, dann eine mächtige

¹⁾ Die dinarisch-albanesische Scharung. Op. c. pag. 12—14.

Serie von mesozoischen Gesteinen vor, welche größtenteils der Trias und Kreide angehören; im S treten die Flyschgesteine auf. Zwischen der westmakedonischen kristallinischen Zone und der Rhodopemasse breitet sich ein Gürtel von cretazischen, eocänen und oligocänen Schichten aus. Die westmakedonische kristallinische Zone wurde also in den mesozoischen Zeiten und im Paläogen stellenweise randlich vom Meere überflutet, stellenweise sind die mesozoischen Schichten in alten präexistierenden Senkungen abgelagert. Alle Schichten, welche vor den oligocänen Gomberto- und Priabonaschichten zur Ablagerung kamen, wurden eingefaltet. Im zweiten Übergangsgebiete der Srednja gora sind die geologischen Verhältnisse mit jenen in Westmakedonien fast identisch; es tauchen große kristallinische Inseln empor, wie das Sakar- und Strandzagebirge, die große nach O—W streichende Masse der Srednja gora und die höchste Kette des Zentralbalkans; zwischen denselben oder an ihrem Rande sind stellenweise schmale Zonen von mesozoischen Schichten, meist Trias und Kreide, abgelagert, überdies kommen im Sakar- und Strandzagebirge paläogene Schichten vor, welche auf den kristallinischen Schiefer flach auflagern. Die mesozoischen Schichten sind ebenso wie in der westmakedonischen kristallinischen Zone in alten präexistierenden Senkungen abgelagert und dann vor dem Paläogen eingefaltet. Nur in der Kette des zentralen Balkans läßt sich eine oligomiocäne Faltung konstatieren. Weiter nach N gelangt man in die breite Zone der Sedimentgesteine des Balkans, in welcher, und zwar im westlichen Teile, selbst die miocänen Schichten sich an der Faltung beteiligten.

Es scheint, daß man die zwei Gebiete auch auf Grund ihrer tektonischen Eigenschaften als Übergangsregion zwischen der alten Masse und den junggefalteten Gebirgen betrachten muß.

Nach der vorpermischen Faltung sind ihre mesozoischen Schichten auch weiter bis zum Paläogen gefaltet worden. Dann ist die Faltung erloschen, demnach früher als im Balkan oder im dinarischen System. Es ist ferner merkwürdig, daß in der ganzen Gruppe der Srednja gora vorzugsweise ein isoklinales Einfallen der Schichten nach S stattfindet. Im Gegensatze zu der Rhodopemasse zeigen die Falten der Übergangszonen meist eine Konstanz des Streichens, welches sich dennoch mit den Faltenrichtungen der jüngeren Gebirge kreuzt. Die Faltenrichtungen des Sakar-, des Strandza-Gebirges und des Höhenzuges des heiligen Ilija unterscheiden sich von jenen des jungen Balkans; sie verlaufen NW-SO und kreuzen sich mit den O-W streichenden oligomiocänen Falten des Balkans. Einige kristallinische Partien, welche ursprünglich zu der Rhodopemasse gehörten, haben sich noch weiter differenziert, wie die kristallinischen und paläozoischen Kerne der Hauptkette des Balkans. Sie haben sich an der oligomiocänen Faltung des Balkans be-

teilt und vielleicht erst damals im zentralen Balkan das ostwestliche Streichen angenommen.

Eine ähnliche Erscheinung, wie die oben dargestellte, sieht man in den N—S streichenden, aus Kreideschichten zusammengesetzten Falten des Rudnikgebirges in Serbien, dessen Faltungsrichtung also mit jener der alten Gebirge übereinstimmt und sich von den benachbarten O—W verlaufenden Falten des dinarischen Systems unterscheidet. Im W des Vardartales beobachtet man, daß die Falten der Kreide- und Eocänschichten eine nordwestliche, also dinarische Richtung haben; dasselbe Streichen aber zeigen hier auch die kristallinen Schiefer.

Es läßt sich also ein allmählicher Übergang von der Rhodopemasse zum Balkan und zum dinarischen System konstatieren, und zwar derart, daß man an den äußersten Punkten, im Kern der Rhodope und im jungen Gebirge, großen entwicklungsgeschichtlichen und tektonischen Unterschieden begegnet, welche aber durch eine Reihe von Übergängen verbunden sind. Diese Übergangszonen lassen sich weder als alte Massen noch als Imenzonen der jungen gefalteten Gebirge bezeichnen; sie sind tektonische Übergangsglieder, welche die Verbindung zwischen zwei verschiedenen Gebirgstypen herstellen.

Wir wenden uns nun dem Balkan und den serbischen Südkarpaten zu. Die wichtigsten tektonischen Verhältnisse der westlichen Gebirgssysteme der Balkanhalbinsel sind an anderer Stelle dargelegt worden¹⁾.

Wie gesagt, kann man auf eine vorpermische Hauptfaltung in der Rhodopemasse fast mit Bestimmtheit schließen. Sie läßt sich aber erst durch die Beobachtungen in der Übergangszone und in jenen kristallinischen und paläozoischen Kernen feststellen, die im zentralen und westlichen Balkan auftreten und deren Stellung gegenüber der Rhodopemasse charakterisiert wurde. Dadurch ist es klar, daß sich in der Mitte und in der östlichen Hälfte der Balkanhalbinsel nicht die kristallinischen Schiefer allein, sondern ebenso alle vorpermischen Formationsgruppen tektonisch als eine alte Masse oder besser als ein altes Gebirge verhalten. Im ganzen Gebiete beobachtet man eine durchgreifende Diskordanz zwischen Carbonschiefern und allen darauffolgenden Formationsgruppen. In Westmakedonien beobachtete ich im Galićicegebirge eine solche Diskordanz zwischen den triadischen roten Schiefen und Sandsteinen und den darunter liegenden paläozoischen Schichten. Dieselbe Diskordanz zeigen die triadischen Kalke und Dolomite in Poreč in Makedonien. Aus diesen Profilen geht hervor, daß man jene Diskordanz an zahlreichen Punkten im West- und Zentral-

¹⁾ Die dinarisch-albanesische Scharung. Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Klasse, Bd. CX, 1901, pag. 42.

balkan beobachten kann. Am klarsten sind die Verhältnisse im Iskardefilé, wo jene Diskordanz zwischen Verrucano- und Culmschiefer zuerst von T o u l a beobachtet und betont wurde. In besonderer Klarheit sieht man die Diskordanz im Tetevenbalkan, und zwar zwischen den paläozoischen einerseits und den triadischen und liassischen Schichten anderseits. Vorzugsweise mit der vorpermischen Faltung stehen die Eruptionen der Granite, Quarzporphyre, Porphyrite etc. im Zusammenhange.

Vor allem also müssen wir im großen Balkansystem, welches aus drei bis sieben Ketten besteht, den alten vorpermischen Balkan oder jenes alte Gebirge ausscheiden, welches als Anlage zur Bildung der heutigen höchsten Kette des Balkans gedient hat. Das sind die kristallinen und paläozoischen Gebirgskerne des westlichen und zentralen Balkans. Sie bildeten mit der Srednja gora, dem Sakar- und Strandžagebirge ein selbständiges Gebirge, welches im großen und ganzen eine Streichrichtung von NW nach SO besaß, in den voreocänen Zeiten von der Rhodopemasse durch den Einbruchsgraben der Marica getrennt war und sich als eine tektonische Übergangszone zwischen der Rhodopemasse und dem jungen in Bildung begriffenen Faltungssystem verhielt. Ein Teil dieser Zwischenzone, und zwar jene paläozoischen und kristallinen Kerne, welche jetzt die höchste Kette des westlichen und zentralen Balkans darstellen, wurden zuerst von einer schwachen vorobercretazischen, dann von der jungen, intensiven oligo-miocänen Faltung ergriffen. Am Südrande dieser von junger Faltung ergriffenen Masse entstanden zahlreiche O—W verlaufende Brüche, stellenweise auch Einbruchsgräben, durch welche diese gefaltete Masse von der Übergangszone getrennt wurde¹⁾. Einige dieser Gräben waren schon während der unteren Kreide vorgezeichnet, so daß diese im Miocän vollzogene Trennung der erwähnten Balkankerne von der Übergangszone bereits früh angedeutet war. Dadurch setzte sich jener Differenzierungsprozeß in der Rhodopemasse fort.

Im Gegensatz zu dieser höchsten Balkankette sind alle übrigen Ketten sowie auch der ganze Ostbalkan ein junges oligomiocänes Gebirge ohne bedeutendere ältere Anlage. Es gibt zwar kleinere Diskordanzen zwischen einzelnen Formationsgruppen, welche auf ältere unbedeutende Faltungen hinweisen; die stärkste solcher Diskordanzen beobachtet man zwischen der unteren und oberen Kreide, die Hauptfaltung aber fand in der oligomiocänen Zeit statt. Es scheint, daß sich dieselbe von S nach N fortpflanzte, weil die Falten meist nach N geneigt, am Rande der nordbulgarischen Tafel stellenweise nach N

¹⁾ Auf diese südbalkanische Reihe von Becken hat zuerst F. v. Hochstetter hingewiesen.

überschoben sind; weiter nimmt die Faltungsintensität von S nach N ab, wenn man von einigen starken Störungen am Rande der bulgarischen Tafel absieht.

Im jungen oligomiocänen Faltengebirge sind zwei tektonisch verschiedene Zonen zu unterscheiden: die eine bilden alle jene Ketten, die der höchsten Kette des Zentralbalkans im N vorgelagert sind, die zweite stellt der Ostbalkan dar. Die erstere zeichnet sich durch bogenförmig verlaufende normale Falten mittlerer Faltungsintensität aus, in denen die roten Sandsteine und Triaskalke als die ältesten Glieder zum Vorschein kommen. Kleine Überschiebungen treten nur im westlichen Teile, und zwar am Fuße der Faltung, an der Grenze zwischen der letzten Falte und der Tafel auf; im östlichen Teile des Zentralbalkans, zwischen Sevljevo, Trnovo und Zlatarica, erscheinen geradlinige Längsbrüche statt der Überschiebungen. Die Längsbrüche sind auch sonst im ganzen Gebiete nicht selten und dienen oft als Anlage der Talbildung.

Durch eine merkwürdige Faltung charakterisiert sich der Ostbalkan. Es ist eine seichte, oberflächliche, nicht tief eingreifende Faltung, welche sich in Flyschgesteinen abspielt; die Trias- und Juraschichten sind nur an drei Stellen, bei Kotel, im Balkan von Dervent und von Preslav, und zwar allein durch eine lokal intensivere Faltung entblößt. Die Faltung hat nicht alle Schichten und das ganze Areal des Ostbalkans ergriffen. Zwischen den einzelnen krampfhaft gefalteten Zonen treten ausgedehnte, meist linsenförmige Einschaltungen auf, in denen die Schichten horizontal oder fast horizontal liegen. Diese fast ungestörten Flächen sind bis 15 *km* lang, 5—6 *km* breit, meist aber von geringerer Ausdehnung. Man beobachtet sie am besten an der Strecke von Sliven bis Eski-Džumaja, von Karnabat bis Šumen und von Ajtos bis Provadija. Sie sind nicht auf die harten, weniger plastischen Gesteinsarten beschränkt. Diese Art von Faltung unterscheidet sich wesentlich von dem geselligen Auftreten von Antiklinalen und Synklinalen, an das wir gewöhnt sind. Die Trajektorie der Faltung ist eine ganz andere: zwischen einzelnen Strecken, welche prägnant, oft krampfhaft gefaltet sind, schieben sich also ellipsenartige Areale mit fast ungestörten Schichten ein. Das ist eine intermittierende Faltung und die Flächen mit ungestörten Schichten bezeichne ich als *aptygmatische* (nicht gefaltete) Flächen oder Faltungsbrücken. — In manchen Gebirgen, wie dem Sakargebirge im S von Osmanbazar, treten die steil aufgerichteten Schichten nur an den Gehängen auf, die oberen ausgedehnten Partien des Gebirges bilden eine Platte mit fast horizontalen Schichten; man kann deshalb von einer Art Aufwölbungsgebirgen sprechen. Es ist weiter von Interesse, daß die intermittente Faltung viel weiter in die bulgarische Tafel vorgedrungen ist als die zusammenhängenden Falten

des Zentralbalkans. Es herrscht eine fast vollständige Übereinstimmung zwischen der intermittierenden Faltung und der Plastik des Ostbalkans: die Faltungsbrücken sind ausnahmslos in Längstäler verwandelt, die gerade verlaufenden Faltungsstrecken treten als zahlreiche prägnante Käme des Ostbalkans auf.

Mit einem scharfen, auf Hunderte von Kilometern zu verfolgenden Faltenfuße gehen die erwähnten gefalteten Zonen in die aus cretazischen, mediterranen und sarmatischen Schichten zusammengesetzte bulgarische Tafel über. Sie hat sich nicht vollständig ruhig verhalten. Auch im Norden vom Faltungsfuße kommen flache O—W streichende Falten vor; stellenweise wird diese schwache Faltung belebt, es treten auf einem ellipsenförmigen Areal prägnantere Falten auf, so daß die Niveauunterschiede zwischen der Antiklinale und Synklinale, wie sie bis jetzt vorliegen, 50—80 *m* betragen. Hier kann man besonders klar die transversalen Synklinalen beobachten, welche stellenweise als Anlage zur Bildung der meridional verlaufenden Täler gedient haben. In dieser Zone kommen auch O—W streichende Längsbrüche vor; sie sind streckenweise zahlreich, wie in der Platte von Debelec bis Samovedeni, und haben oft als Anlage zur Ausbildung einzelner Talstrecken gedient. Jener Teil der bulgarischen Tafel, welcher in der Nähe des Faltungsfußes liegt, zeichnet sich also durch lokal auftretende tektonische Störungen aus und zeigt dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit der ostbalkanischen Zone der intermittierenden Faltung. Im Gegensatz zu diesem Teile zeigen sich im N der bulgarischen Tafel vorzugsweise solche Störungen, welche eine meridionale Richtung haben. Es sind dies vor allem meridionale Brüche. Toulou und Zlatarski haben auf eine Reihe von Basalkuppen hingewiesen, die sich von Sistov nach Süden fortsetzen und einen solchen Bruch bezeichnen. Weiter sind die großen Täler Nordbulgariens, jene von Vid, Osem und Jantra, durch meridionale Brüche prädisponiert; in allen erwähnten Fällen ist der westliche Flügel längs des Bruches abgesunken. Weiter gegen N kommen wir zu dem langen O—W streichenden Donaubruche, welcher zuerst von L. Mrazec festgestellt wurde¹⁾.

Im Westbalkan erscheinen zwei Kerne des alten Gebirges, die größtenteils aus paläozoischen Gesteinen, stellenweise auch aus kristallinen Schiefen bestehen und von granitischen Gesteinen durchbrochen sind; beide haben sich an der jüngeren oligomiocänen Faltung beteiligt. Der eine alte Kern zieht sich vom Kadibogaz in Serbien bis zum Iskardefilé und beiderseits schließen sich an denselben der

¹⁾ L. Mrazec. Quelques remarques sur les cours des rivières en Valachie. Extrait de l'Annuaire du Musée géologique de Bucarest 1896, pag. 55.

Verrucano und der rote Sandstein, die Triaskalke, Lias, Dogger, Malm und die Kreideschichten. Diese Gruppe von Falten zeichnet sich durch zwei wichtige Eigenschaften aus. Die Faltungsintensität nimmt im SO, in der Nähe des Iskardefilé, sehr stark ab; die Falten werden so flach, daß die Verrucano-, Trias- und Juraschichten, welche weiter im W stark gefaltet sind, im Iskardefilé fast horizontal liegen. Jenseits dieser Region beginnt im Osten eine neue Gruppe von Falten, die ebenfalls einen paläozoischen Kern haben und dem Zentralbalkan angehören. Auch sie werden in der Nähe des Iskardeflés niedriger, haben also hier geringe Faltungsintensität. Überdies streichen diese zwei Gruppen von Falten nicht gegeneinander, sondern die erstere ist gegen N vorgeschoben, die letztere gegen S. Dadurch ist die Umgebung des Iskardeflés zu einer wichtigen tektonischen Grenze geworden, an der die vorpermische sowie auch die junge Faltung an ihrer Intensität eingebüßt haben. Solche zwischen zwei Gruppen von Falten liegende strukturelle Vertiefungen nenne ich strukturelle Tiefenzonen. Durch eine solche wurde also die tektonische Anlage zur Bildung des Iskardurchbruchstaes gegeben. Dadurch erhält man auch eine tektonische Grundlage für die Trennung des West- und Zentralbalkans; und weil wir eine solche für die Ausscheidung des Ostbalkans ebenfalls besitzen, bleiben die Namen dieselben, aber die Einteilung bekommt eine geologische Basis.

Zwischen Kadibogaz und Belogradzik liegt ein zweiter paläozoischer Kern und über ihm lagern diskordant jüngere sedimentäre Gesteine. Die Falten dieser Gruppe haben einen bogenförmigen Verlauf. Beim Kadibogaz stoßen an dieselben unter einem rechten Winkel die Falten der ersten Gruppe und dadurch ist der tiefe tektonische Sattel Kadibogaz prädisponiert.

An der bulgarischen Seite dieser zwei Faltengruppen wiederholen sich, wenige Abweichungen ausgenommen, ähnliche tektonische Verhältnisse, wie wir sie an den jungen Ketten des Zentralbalkans gesehen haben. Von ganz anderer Art sind die Verhältnisse auf der serbischen Seite.

Im Gegensatz zum Zentralbalkan erscheint im S und W vom Westbalkan ein 40–60 km breiter Gürtel, vorzugsweise aus mesozoischen Gesteinen zusammengesetzt, die sich von Sofija, Dupnica und Samokov bis an die Donau verfolgen lassen und in die mesozoische Zone des Banater Gebirges übergehen. Dieser mesozoische Gürtel erscheint in der Fortsetzung der Srednja gora. Er ist eingekeilt zwischen den erwähnten alten Kernen des Westbalkans und der alten Masse im W und stellt eine breite tektonische Senkung dar, in der die sedimentären Schichten abgelagert und dann bis zu der levantinischen Stufe

eingefaltet wurden. Es lassen sich in dieser mesozoischen Zone folgende tektonische Elemente ausscheiden:

1. Eine Gruppe von Falten, die nach S und W bis zu den Becken von Sofija, Pirot, Bela Palanka und Niš reicht. Sie verhält sich ebenso wie der paläozoische Kern des Westbalkans und macht dieselbe Biegung aus der O—W- in die NW-Richtung mit.

2. Südlich von den genannten Ketten erscheint eine zweite Gruppe von Falten, welche die westbalkanische Biegung nicht mitmachen, sondern NW—SO als gerade verlaufende Falten streichen; im W stoßen diese Falten mit jenen der vorerwähnten Gruppe unter einem spitzen Winkel zusammen. Zwischen diesen zwei Gruppen von Falten befindet sich ein alter untercretazischer oder vielleicht noch älterer Einbruchsgraben mit Andesiten und einer Wechsellagerung von Gosauschichten und Andesittuffen, welche während der oligomiocänen Faltung eingefaltet wurden und niedrige, geradlinig verlaufende Kämme bilden.

3. Die dritte Gruppe von Falten tritt im N des Beckens von Niš auf und zieht sich bis zum Becken von Homolje (Žagubica) nahe an die Donau fort. In ihrem östlichen Teile haben diese Falten eine NW—SO-Richtung, biegen dann plötzlich unter einem rechten Winkel nach W um, behalten kilometerweit O—W-Richtung, bis sie die Insel der alten Masse am rechten Moravaufer erreichen. Jene rechtwinkelige Umbiegung läßt sich besonders klar im Rtanjgebirge im Blindelirtale nördlich von Zlot und an mehreren Stellen im Kučajgebirge beobachten; sie zeichnet sich durch Längsbrüche und Andesiteruptionen aus. Es wurde erwähnt, daß die westlichen Parteien dieser Faltung infolge der Stauung durch die alte Masse nach NW, N und NO umbiegen und dadurch einen starken Bogen beschreiben. Aus den Profilen sieht man ferner, daß diese Falten nach W geneigt, stellenweise überschoben, manchmal auch durch meridional streichende Brüche abgeschnitten und in das Moravatal abgesunken sind. An solchen Stellen erscheinen die Andesit- und Dacitdurchbrüche und durch den Kontaktmetamorphismus sind die Kalke in Marmor verwandelt. Die Gebirge Ostserbiens sind also gegen das Moravatal durch eine 40—50 km lange Kalkwand oder ein Escarpement begrenzt, das aus Schichtköpfen aufgebaut erscheint. Im Gegensatz zu den übrigen, meist longitudinalen und je nach dem Schichtstreichen NW—SO oder O—W verlaufenden Tälern von Ostserbien haben sich durch diese Kalkwand zahlreiche Durchbruchstäler Bahn gebrochen. Hinter einem Durchbruchstal befinden sich in der Regel die Ablagerungen der Süßwasserseen, welche erst zu Beginn des Diluviums angezapft und entleert wurden. Einige von diesen Durchbruchstälern sind aus konsequenten Tälern hervorgegangen, welche durch die rückwärts-

schreitende Erosion nach O fortgesetzt wurden. Die transversalen Synklinalen erscheinen oft als Anlagen zur Bildung solcher Durchbruchstäler.

4. Mitten zwischen den beschriebenen Falten der mesozoischen Zone Ostserbiens, dem eigentlichen Westbalkan und den Südkarpaten, welche bekanntlich die Donau überschreiten, liegt der große Einbruchsgraben von Crna Reka (Zaječar). Er war der Schauplatz großartiger Eruptionen von Andesit, Trachyt, Augitlabradorit und Amphiboldacit, welche während der Kreide begannen und sich bis in das Miocän fortgesetzt haben. Ihre Eruptionen sind begleitende Erscheinungen der jungen Faltung, ebenso wie jene der Granite, Quarzporphyre, Porphyrite etc. der vorpermischen. Sie erscheinen auf der Süd- und Westseite des Balkans, und lassen sich vom Schwarzen Meere bis an die Donau verfolgen; sie überschreiten die Donau und begleiten weiter die Westseite des Banater Gebirges und die Innenseite der Karpaten. Eine besondere tektonische Bedeutung haben die drei großen Andesitmassen, welche in den alten Einbruchsgräben von Burgas—Sliven am Schwarzen Meere, von Viskjar im W von Sofija und von Crna Reka zum Ausbruche gelangten. Es sind das cretazische oder vorcretazische Einbruchsgräben, in denen die Andesittuffe mit den Kreideschichten (Viskjar und westlich von Burgas) wechsellagernd vorkommen. Alle drei erscheinen an einer wichtigen tektonischen Grenze und scheinen ablenkend auf die Richtung der jungen Falten gewirkt zu haben. Der keilförmige Einbruchsgraben von Burgas—Sliven liegt zwischen den O—W streichenden Falten des Ostbalkans und jenen aus kristallinen und mesozoischen Schichten zusammengesetzten Falten des Höhenzuges des heiligen Ilija, des Sakar und der Strandža, welche NW—SO streichen. Die Ablenkung der Faltenrichtungen um den alten Einbruchsgraben und die Andesitmasse von Viskjar wurde früher betont. Die merkwürdigen Ablenkungen des Faltenstreichens vollziehen sich aber um den Einbruchsgraben der Crna Reka herum. Im W derselben finden sich die ausgeprägtesten Umbiegungen der jungen Falten der mesozoischen Zone von Ostserbien, im Osten werden die N—S streichenden Falten der serbischen Südkarpaten nach SO, dann nach OSO abgelenkt. Er trennt also als eine resistente Masse die Falten der ostserbischen Gebirge von jenen der serbischen Südkarpaten. Selbst die Falten des westlichen Balkans finden ihren Schluß in dem Einbruchsgraben der Crna Reka.

Die Südkarpaten streichen bekanntlich über die Donau nach Serbien fort. Ihre kristallinen, paläozoischen und mesozoischen Zonen lassen sich in Serbien verfolgen; sie verschneiden sich nicht und verlieren sich nicht, wie es nach der recht mangelhaften geo-

logischen Karte erscheinen mußte. Ihre Schichten streichen N—S, dann NW—SO, bis sie am Timok in eine OSO-Richtung abgelenkt werden. Die Falten aber spielen eine untergeordnete Rolle. Von weit größerer Wichtigkeit sind die Brüche, vorzugsweise zahlreiche Längsbrüche, welche von Andesiteruptionen begleitet werden. Einige bedeutende Brüche kommen im W der Südkarpaten vor, insbesondere jene von Brestovačka Banja und Crni vrh, die sich westlich vom Gebirge Veliki krš fortsetzen und fast bis an die Donau verfolgen lassen. Mitten durch die serbischen Südkarpaten streicht der große Längsbruch der Porečka Reka, der sich wahrscheinlich weiter längs der Donau bis Orsova fortsetzt und in den Bruch der Cerna übergeht. Der südliche Teil der serbischen Südkarpaten, insbesondere der südlichen Ausläufer der Gebirge Stod und Deli-Jovan, sind von zahlreichen Längsbrüchen zerlegt worden; sie werden von Quarz- und Pyritgängen mit Goldvorkommen begleitet. Diese Brüche, ebenso wie die Falten gehen in eine WNW—OSO-Richtung über. Eine solche Zerstückelung durch Längsbrüche, an welche Andesiteruptionen und zahlreiche Erzgänge gebunden sind, zeigt kein anderes Gebiet der jungen Faltengebirge der Balkanhalbinsel und dadurch unterscheiden sich die Südkarpaten wesentlich von dem Balkansystem. Der östliche Rand der Südkarpaten zeichnet sich stellenweise durch kleine Brüche aus; er wird von sarmatischen Ablagerungen begleitet, welche am Rande des Gebirges intensiv bis zu vertikaler Schichtstellung gefaltet sind, weiter nach O, schon in Serbien, vollständig horizontal werden und einen Teil der bulgarischen Tafel bilden.

Wie gesagt, der Einbruchsgraben der Crna Reka trennt die südkarpatischen Zonen von der letzten Faltengruppe des westlichen Balkans. Diese besteht aus einem kristallinisch-paläozoischen Kerne, über welchem diskordant der rote Sandstein, dann die Jura- und Kreideschichten auflagern. Die mesozoischen Schichten sind in eigentümlicher Weise, und zwar von O und W gegen den kristallinisch-paläozoischen Kern, zusammengepreßt; dadurch sind die mesozoischen Schichten auf der Ostseite, bei Belogradžik, in überschobene Faltengelegt; auf der Westseite sind die Falten nur gegen den kristallinischen Kern geneigt.

Zwischen den südkarpatischen und den äußersten westbalkanischen Falten erscheint neben dem Einbruchsgraben von Crna Reka noch eine pénéplain aus gefalteten Barrèmeschichten, in welche der Timok ein ca. 30 km langes Durchbruchstal gesägt hat. Das ist wieder, wie im Iskardurchbruch, eine Zone der schwächsten Faltungsintensität, eine strukturelle Tiefenzone, welche sich zwischen zwei Faltengruppen befindet und welche als Anlage zur Bildung eines Durchbruchstales gedient hat.

Danach können wir in Ostserbien vier tektonische Elemente unterscheiden:

a) Den westlichen Balkan mit jenen aus mesozoischen Gesteinen zusammengesetzten Falten, welche die Biegungen der älteren Gesteinszüge mitmachten.

b) Die Südkarpaten, welche am Timok nach OSO umbiegen und teilweise unter der bulgarischen Tafel austönen.

c) Zwischen Hauptteilen dieser zwei Faltungssysteme liegt der große Einbruchgraben der Crna Reka, welcher ablenkend auf die jungen Falten gewirkt hat.

Es besteht also keine unmittelbare Verbindung zwischen den Südkarpaten und dem Westbalkan; ferner ist nicht zu beobachten, daß sich einzelne Gesteinszonen der Südkarpaten zerschneiden oder verlieren. Es fehlen also die Erscheinungen, welche auf einen unmittelbaren Übergang und auf eine Torsion der Südkarpaten und des Westbalkans hinweisen.

d) Ganz anders verhält sich die vorzugsweise mesozoische Zone von Ostserbien. Ihre Falten zeigen krampfartige Bewegungen, welche als Torsionserscheinungen aufzufassen sind, und setzen sich unmittelbar in die Falten der Banater Gebirge fort.

In dieser Weise läßt sich nach unserer heutigen Kenntnis die Frage über die torsionsartige Verbindung zwischen Karpaten und Balkan beantworten, welche von dem großen Meister der tektonischen Forschung Eduard Suess aufgestellt wurde. Es wird dadurch also jene auffallende tektonische und orographische Leitlinie von Südosteuropa nicht bestritten. Es knüpfen sich jedoch an meine Ergebnisse zwei Fragen, welche keineswegs lediglich konventioneller Natur sind, und zwar die Frage über den Begriff eines Faltensystems und über die Elemente und den Begriff einer Leitlinie.

Ein Faltensystem stellt einen Komplex zusammengehöriger Falten dar, welche sich durch spezifische tektonische Eigenschaften von den benachbarten Faltenzonen unterscheiden. Diese Besonderheiten sind sehr mannigfaltig, so daß ein jedes Faltensystem seine Eigentümlichkeiten besitzt. Sie zeigen sich zuerst in der vertikalen Entwicklung der Falten. Der Balkan, als ein Ganzes genommen, zeigt eine normale Faltung, die sich namentlich von der dinarischen Faltung, noch mehr von den komplizierten Faltungen, Überschiebungen und Deckschollen der Alpen unterscheidet. Ich habe auf jenen großen tektonischen Unterschied hingewiesen, welcher sich zwischen dem Balkan und den Südkarpaten zeigt; ebenso sind die tektonischen Verhältnisse der Tatra von jenen des Balkans ganz verschieden. Selbst in einem und dem-

selben Gebirge lassen sich Partien ausscheiden, welche sich durch eine spezifisch eigentümliche Faltung auszeichnen, wie zum Beispiel der Ostbalkan durch seine Faltungsbrücken oder aptygmatischen Flächen. Auf Grund solcher struktureller Unterschiede kann also auch ein Falten-system in einzelne Gruppen geteilt werden.

Ebenso wichtig sind jene tektonischen Eigenschaften, die aus dem Streichen der Falten und einzelner Gruppen von Falten abgeleitet werden können. Ein jedes Falten-system besteht aus zahlreichen solchen Gruppen von verhältnismäßig kurzen Falten, welche als kleine Einheiten erscheinen. Im Ostbalkan herrschen ausschließlich geradlinig, im Zentral-, noch mehr im Westbalkan bogenförmig verlaufende Gruppen von Falten, die nebeneinander streichen oder scharungsartig zusammenstoßen. Die Areale, welche sich zwischen zwei solchen Gruppen von Falten befinden, verdienen besondere Aufmerksamkeit. In diesen strukturellen Tiefenzonen setzt die Faltung aus oder wird äußerst schwach. Sie wurden dadurch wichtige tektonische Prädispositionen, geographische Tiefenlinien, an die sich Sattel- und Talbildung (tektonische Sättel, Durchbruchstäler) knüpft. Solcherart sind der tektonische Sattel von Kadibogaz im Westbalkan und Arabakonak im Zentralbalkan, die beiden tiefsten Sättel des West- und Zentralbalkans. In solchen strukturellen Tiefenlinien erscheinen die Durchbruchstäler des Iskar und Timok, wobei sie sich stellenweise in die abgeschwächten Antiklinalen der einen oder der anderen Falten-gruppe eingeschnitten haben. Wie alle Durchbruchstäler sind auch sie erosiven Ursprunges, wurden aber durch die erwähnte tektonische Anlage vorgezeichnet.

Im Bereiche des Donaudurchbruches fehlen Anzeichen einer analogen strukturellen Tiefenzone, da man den wahrscheinlichen Bruch zwischen Milanovac und Mehadija zwar nicht als solche, doch als eine unzweifelhafte tektonische Vorlage des Donaudurchbruches auffassen kann. Die Verhältnisse sind um so mehr kompliziert, als die Anwesenheit von Sedimenten der zweiten Mediterranstufe mitten im Donaudurch-bruche auf die Existenz einer Meeresstraße oder tiefer Buchten in der damaligen Periode schließen läßt.

Die strukturellen Tiefenzonen sind also wichtige Grundlagen, welche zur Ausscheidung und Begrenzung einzelner Partien eines Falten-systems dienen können. Wenn zwei tektonisch verschiedene Gruppen von Falten durch sie weit auseinander gehalten werden, dann kann man sogar von zwei selbständigen Falten-systemen sprechen. Zwischen Balkan und Südkarpaten haben wir außerdem noch den Einbruchsgaben der Crna Reka. Sie lassen sich also als zwei Falten-systeme ausscheiden und begrenzen.

Wir können von großen Leitlinien als Einheiten höherer Ordnung sprechen, welche zahlreiche gleichalterige Faltungssysteme, oft auch solche von ganz verschiedenem tektonischen Typus zusammenfassen. Die Faltungssysteme sind diesen gegenüber kleinere Einheiten, welche innerhalb dieser großen Komplexe auf Grund ihrer spezifischen tektonischen Eigenschaften ausgeschieden werden müssen.

Für die Ausscheidung und Begrenzung eines Faltungssystems können stratigraphische Verhältnisse nicht maßgebend sein. Das Auftreten einer bestimmten Schichtserie oder derselben Faciesbildungen in zwei entlegenen Gebirgen zeigt nur identische oder ähnliche Verhältnisse, unter denen die Schichten abgelagert wurden. Sie stehen in keinem kausalen Zusammenhange mit der Faltenstruktur jener Gebirge und können nicht, wie das oft geschieht, als ein Zeichen für die Zusammengehörigkeit der Gebirge angenommen werden. Die gebirgsbildenden Prozesse haben solche Gebiete ähnlicher Sedimentation meist gleichzeitig ergriffen und so kommt es, daß viele oft weit entlegene selbständige Faltenysteme gleichzeitig entstanden sind. Dieser Zusammenhang hat aber nur eine Bedeutung für die Zusammenfassung zahlreicher Faltungssysteme der Erdkruste in Einheiten höherer Ordnung. In diesem Sinne hat Eduard Suess die stratigraphischen Beobachtungen bei der Feststellung der großen Leitlinien der Erdkruste verwertet. Ich glaube aber, daß man nicht weiter gehen und das Auftreten eines stratigraphischen „alpinen Gliedes“ als ein wichtiges Zeichen der Zusammengehörigkeit der Gebirgssysteme betrachten darf.

Von großer Tragweite würde die folgende tektonische Erscheinung der Balkanhalbinsel sein, welche wahrscheinlich mit der Lage der alten Masse im Zusammenhange steht und welche entschieden als eine äußerst hypothetische zu betrachten ist. Ich kann sie an dieser Stelle nur andeuten.

Es stehen uns jetzt zahlreiche Beobachtungen zur Verfügung, denen zufolge wir von einer Senkung des adriatischen Küstenlandes sprechen können und den neutralen Ausdruck „positive Strandverschiebung“ nicht mehr brauchen. Es senkt sich nicht nur die Küste, sondern eine große Partie des dinarischen Systems. Für den Skutariensee und viele andere ist durch die Lotungen festgestellt worden, daß ihre tiefsten Bodenflächen seit dem Diluvium so weit gesunken sind, daß sie unter das Meeresniveau reichen. Selbst weit vom Küstenlande, hart an der Wasserscheide des Adriatischen Meeres, wird derselbe Senkungsvorgang konstatiert. Auf Grund dieser Beobachtungen läßt sich die Vermutung aufstellen, daß durch solche Absenkungen gegen das Adria-

tische Meer die Wasserscheide zwischen demselben und dem Schwarzen Meere nach O verlegt wird¹⁾).

Ganz entgegengesetzte junge Erscheinungen beobachtet man an der Ostküste der Balkanhalbinsel, welche auf eine negative Strandverschiebung oder eine Hebung hinweisen. Toulou hat am Südufer des Devnalimans bei Varna rezente marine Ablagerungen gefunden, welche ca. 7 m über dem Meere liegen²⁾. An demselben Liman beobachtete ich junge marine Terrassen, welche 10—12 m über dem Niveau des Limans liegen. Neumayr fand in den Dardanellen rezente marine Ablagerungen, die sich ca. 7 m über dem Meeresniveau befinden³⁾. Die Mehrzahl dieser Hebungerscheinungen kommt an der Meeresküste vor; jene von Devna sind ca. 20 km von der Küste entfernt. Die Erscheinung ist also nicht auf die Küste beschränkt, sondern setzt sich in das Festland fort und beweist, daß wir es mit einer Hebung der Ostgebiete der Balkanhalbinsel zu tun haben. Dies läßt sich auch an Erosionserscheinungen im bulgarischen Teile des Strandzagebirges nachweisen. Man kann also auf Grund der erwähnten Beobachtungen folgende Hypothese aufstellen: Es findet vom Diluvium angefangen eine Neigung der Balkanhalbinsel statt, indem sich im Westen die Küste und ein großer Teil der dinarischen Gebirge senken, während im Osten eine Hebung der Küste stattfindet, welche sich auch in das Innere erstreckt. Ferner scheint es, daß diese Bewegung um einen Streifen Landes oder um eine Achse stattfindet, welche von NW nach SO durch die Rhodopemasse verläuft und östlich vom Orfano das Ägäische Meer erreicht. Es scheint nun weiter, daß diese an der Balkanhalbinsel gemachte Beobachtung nicht vereinzelt dasteht und daß man vielleicht dieselbe Schlußfolgerung für die Halbinsel Krim ziehen kann, deren südwestliche Küste sich entschieden senkt, während die nördliche sich wahrscheinlich hebt; was die letztere Erscheinung betrifft, sind die Ansichten der Forscher kontrovers⁴⁾.

Es ist ferner merkwürdig, daß man für die Ostgebiete der Balkanhalbinsel auf eine unmittelbar vordiluviale Senkung schließen kann. Bekannt sind jene Ansichten, welche die Bildung des Beckens

¹⁾ Morphologische und glaciäre Studien in den Gebirgen von Bosnien etc. II. Die Karstpoljen. Abh. d. k. k. geogr. Gesellsch. Wien. III, 2.

²⁾ F. Toulou. Geol. Untersuchung im zentralen Balkan etc. Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch. Bd. LXIII, pag. 13. Wien 1896.

³⁾ M. Neumayr. Die jungen Ablagerungen am Hellespont. Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch. Wien. Bd. XI, pag. 357—378.

⁴⁾ Ernest Favre. Etude stratigraphique de la partie sud-ouest de la Crimée, 1877. — N. A. Grigorovitch-Beresovski. Postpliocäne Meeresablagerungen an der Küste des Schwarzen Meeres. Separatabdruck pag. 20. Odessa 1902 (russisch).

des Marmarameeres in die oberpliocäne Zeit verlegen. Richthofen¹⁾ und Sokolow²⁾ erklären die Limane im Gebiete des Schwarzen Meeres als untergetauchte Täler, welche durch eine positive Strandverschiebung unter das Meeresniveau gelangten. Die Bildung der Limane Bulgariens, die ich untersucht habe, stimmt mit dieser Hypothese überein. Auf dieselbe Art erklärt A. Philipps³⁾ die Entstehung des Bosporus und der Dardanellen. Erst nach dieser Senkung fand die vorerwähnte Hebung statt. Umgekehrt kann man mutmaßlich für die nordwestlichen Gebiete der Balkanhalbinsel auf eine Hebung im Neogen schließen. Es würde also danach scheinen, daß um jene Achse eine Schaukelbewegung der nordwestlichen und östlichen Gebiete der Balkanhalbinsel seit dem Neogen vor sich geht.

Es entzieht sich zwar in dieser Beziehung vieles einer genauen Prüfung und einer sicheren Schlußfolgerung und die erwähnte Schaukelbewegung der Balkanhalbinsel braucht eine weit striktere Beweisführung, als man jetzt vorbringen kann; es ist also von großem Interesse, noch weitere Beobachtungen zu machen und nach dieser Richtung zu prüfen. Überdies soll man in die geologische Vergangenheit zurückgreifen und durch ein eingehendes Studium der verschiedenen Facies gleichalteriger Ablagerungen im W und O der alten Masse die Schaukelbewegung der Balkanhalbinsel verfolgen. Wenn auch die Faltungsvorgänge störend und selbst facielle Unterschiede erzeugend mitwirkten, so scheint es doch nicht ausgeschlossen zu sein, daß man Hebungen und Senkungen im Osten und Westen der Rhodopemasse konstatieren könnte, die von dem Faltungsvorgange fast unabhängig sind.

¹⁾ v. Richthofen. Führer für Forschungsreisende, pag. 305.

²⁾ N. Sokolow. Über die Entstehung der Limane Südrußlands. Trudi geologitscheskoga Komiteta. Taf. X, Nr. 3, pag. 59—103. 1895.

³⁾ A. Philipps. Bosporus und Hellespont. Mit 2 Abbildungen und einer Kartenskizze. Geographische Zeitschrift für das Jahr 1898, pag. 16—26.

Der Balkan, die Srednja gora
und die Gebirge Ostserbiens
im Maßstabe 1:1,200,000.
TEKTONISCHE SKIZZE
von
J. Cvijić.

