

- Göttinger, G.: Neueste Erfahrungen über den oberösterreichischen Schlier usw. — Ztschr. „Petroleum“, XXII. Jhrg., Heft 1, Wien-Berlin 1926.
- Göttinger, G.: Bericht über außerplanmäßige Aufnahmen auf Blatt Ried—Vöcklabruck. — Verh. Geol. B. A. 1935, S. 45.
- Göttinger, G.: Zur Kenntnis des tiefsten Schliers in Oberdonau. — Ztschr. „Petroleum“, XXXIV. Jhrg., Heft 31, Wien-Berlin 1938.
- Grill, R.: Das Oligozänbecken von Gallneukirchen bei Linz a. d. D. und seine Nachbargebiete. — Mitt. d. Geol. Ges. in Wien, Bd. XXVIII, Wien 1935.
- Grill, R.: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasseanteilen. — „Öl und Kohle“, Bd. XXXVII, S. 595, Berlin 1941.
- Grill, R.: Über erdölgeologische Arbeiten in der Molassezone von Österreich. — Verh. Geol. B. A. 1945, S. 4—28.
- Haubold, W. und Pfeiffer, A.: Refraktionsseismische Untersuchungen, Arbeitsgebiet Schwanenstadt, Laufzeitplan für 3 km Grundentfernung. — Geol. B. A. Wien 1946 (nicht veröffentlicht).
- Hörnes, R.: Die Fauna des Schliers von Ottmang. — Jahrb. k. u. k. Geol. R. A. Wien 1875.
- Hofmann, E.: Tertiäre Pflanzenreste von verschiedenen österreichischen Lagerstätten. Mit einem Beitrage von H. Beck. — Mitt. d. Geol. Ges. in Wien, Bd. XXIV, S. 144—177, Wien 1932.
- Kautsky, F.: Das Miozän von Hemmor und Basbeck-Osten. — Abh. Preuß. geol. L. A., Heft 97, Berlin 1925.
- Koch, G. A.: Die im Schlier der Stadt Wels erhohrten Gasquellen usw. — Verh. k. u. k. Geol. R. A. 1892, S. 183—192.
- Kordink, B.: Zur Entwicklung des subalpinen Molassetroges. — Abh. Preuß. geol. L. A., Heft 187, neue Folge, Berlin 1938.
- Petters, V.: Die Mikrofauna des Schliers in der Gegend von Lambach. — Austrogasco-Bericht Nr. 92, 1934 (nicht veröffentlicht).
- Petters, V.: Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen der Eurogasco im Schlier Oberösterreichs. — Ztschr. „Petroleum“, XXXII. Jhrg., Wien-Berlin 1936.
- Reuss, A. E.: Foraminiferen des Schliers von Ottmang. — Jahrb. k. u. k. Geol. R. A., Bd. XIV, Wien 1864.
- Schadler, J.: Aufragung des kristallinen Grundgebirges im Schliergebiet zwischen St. Valentin und Strengberg. — Verh. Geol. B. A. Wien 1932.
- Schadler, J.: Weitere Phosphoritfunde in Oberösterreich. — Verh. Geol. B. A. Wien 1934, S. 58 f.
- Schadler, J.: Aufnahmebericht über Blatt Linz—Eferding. — Verh. Geol. B. A. Wien 1936, S. 79.
- Toula, F.: Über eine kleine Mikrofauna der Ottmanger (Schlier-) Schichten. — Verh. k. u. k. Geol. R. A. Wien 1914.

Eberhard Clar (Graz), Das Alter der Vererzung von Bor (Ostserbien).

In den Jahren 1941 bis 1943 hatte ich Gelegenheit, die Kupfererzlagstätte von Bor in Ostserbien — bekannt als größter Kupfererzeuger Europas — und deren nähere Umgebung geologisch neu aufzunehmen und zu bearbeiten. Ziel war dabei vor allem die geologische Unterstützung und Lenkung bergbaulicher Aufgaben (wie Aufschließung, Abbauplanung, Tagbauentwicklung), doch ergaben sich naturgemäß auch andere Einblicke.

Davon sind im folgenden Schlüsse zu der im Schrifttum schon mehrfach berührten Frage des Alters der Vererzung von Bor wiedergegeben. Den Text habe ich unverändert in der 1944 zum Druck fertiggestellten Form belassen, nachdem mir neuere Veröffentlichungen zum Gegenstande hier nicht bekanntgeworden sind.

Der Teil des großen ostserbischen Andesitmassivs, in dem die Lagerstätten von Bor liegen, ist ausgezeichnet durch gewaltige

Sedimentschollen, z. T. von mehreren km² Größe, die in der Andesitmasse schwimmen und kontaktmetamorphe Ränder zeigen. Lazarević hat einzelne schon erwähnt, doch sind sie zahlreicher und ausgedehnter als die geologische Karte von V. K. Petković 1:100.000 (Blatt Donje Milanovac) als Übersichtsaufnahme angeben konnte. Diese Schollen umfassen nach bisherigen Angaben Schichtglieder von den Oberjurakalken bis ins Senon; nach V. K. Petković (1930) sind diese Schollen die durch die Andesitintrusion zerschlagenen Reste der von ihm aufgestellten postsenonen Tupiznica-Decke, deren Entstehung nach der Synthese von E. Bončev (1938) als einer Einheit seiner „Krajštiden“ savischen Alters sein müßte.

Unter dieser Voraussetzung wären die Andesite bei Bor wenigstens in ihrer Hauptmasse sicher nicht mehr im Sinne verbreiteter Annahmen oberkretazisch, sondern wenigstens miozän (jungtertiär nach K. V. Petković und W. Heise), ihre Umwandlung und Vererzung aber noch jünger. Es mögen jedoch noch Zweifel einerseits an der Deckennatur dieser Schollen berechtigt sein, andererseits auch daran, daß die höheren tektonischen Einheiten Ostserbiens erst bei ihrer savischen Bewegung und nicht schon früher zu Decken geworden sind.

Daher sei von dieser rein tektonischen Schlußkette vorläufig ganz abgesehen.

Die rein örtlichen Beobachtungen in und um Bor ermöglichen schon eine recht weitgehende Aufgliederung des Ablaufes von Andesitvulkanismus, Vererzung und Tektonik; manches davon ist schon von Lazarević, Heise, Mempel, Schneiderhöhn beschrieben worden.

Nach übereinstimmender Beobachtung beginnt der andesitische Vulkanismus in Ostserbien wie in der „subbalkanischen Eruptivzone“ der bulgarischen Srednogore (als streichender Fortsetzung) im Laufe des Senon. Beleg dafür sind die in die Schichtfolge des Senon eingeschalteten Andesit-, insbesondere aber Tufflagen, die mehrfach kurz beschrieben sind (Lazarević und spätere).

Daneben gibt es aber gerade in der Umgebung von Bor in den Senonmergeln häufig Andesitlagen, die zweifellos jüngere lagerhafte Intrusionen darstellen; denn sie zeigen im Hangend und Liegend die gleichen charakteristischen Kontakte, auch manchmal Quergriffe und sind so in eine Reihe zu stellen mit ähnlichen, auch linsig aufgelösten Andesiteinschüben in steilstehenden Störungstreifen der Sedimentpakete der Schollen. Lagerhafte jüngere Andesitintrusionen in die Mergelfolge konnte ich ebenso bei vergleichenden Begehungen in der Nähe von Panagjurište in der bulgarischen Srednogore beobachten.

Außerhalb der Sedimentschollen lassen sich in der Umgebung von Bor unter den Andesiten des eigentlichen Massivs schon bei den Begehungen wenigstens drei Gruppen unterscheiden, die offenbar gleichzeitig Intrusionen verschiedenen Alters bezeichnen.

a) Die Hauptmasse der Andesite des Massivs gelte derzeit noch als einheitliche erste Gruppe. Feldgeologisch sind es überwiegend dunkle, violettrote bis grünliche Andesite mit kleinen Ein-

sprenglingen (um mm), unter denen trübe Feldspäte auffallen. Gegen Westen hin nehmen Typen mit felsitischer Grundmasse zu. Eine Auflösung der inneren geologischen Struktur dieser Massen wird bei systematischer Kartierung ermöglicht werden durch die darunter sehr verbreiteten Brocken-Andesite: einem Murenschotter ähnlich besteht die Masse des Gesteins aus gerundeten Andesitbrocken verschiedenster Größe (cm bis $\frac{1}{2}$ m), die durch Andesitbindemittel verkittet sind, das manchmal örtlich zwischen den Brocken scharfe Fließstrukturen zeigt. Petrographische Unterschiede zwischen den Brocken untereinander und zwischen diesen und der Grundmasse, ja vereinzelte „exotische“ Brocken aus unterlagerndem Kristallin zeigen, daß dies nicht etwa nur kugelige Absonderung (die auch vorkommt), sondern Primärstruktur ist. Diese Andesite sind als murenartiger Brei vorher verfestigter Andesittrümmer, nur aufgeschwemmt in einer anteilmäßig zurücktretenden Lavamasse, eingedrungen.

Nach Übersichtsbegehungen bezeichnen solche Brockenandesite Strukturlinien, die NNW im Sinne der Längsausdehnung des Massivs streichen und wahrscheinlich die Fugen verschiedener Intrusionen bezeichnen, durch die das Massiv immer weiter aufklaffte. Die breite Öffnung des Massivs bei annähernd linsiger Form ist einzuordnen in die Entstehung des karpatisch-balkanischen „Bogens“.

Autometamorphe Umwandlungen scheinen in dieser Gruppe fast allgemein zu sein, „pyritische Propylitisierung“ (Lazarović), bzw. Kaolinisierung und Verkieselung gewinnt in ihr beträchtliche Ausdehnung.

b) Die Lagerstätten von Bor sind durch Metasomatose hervorgegangen aus einem anderen Andesit („Typ Bor“), den schon Heise von der Hauptmasse abgetrennt und als einen jüngeren Nachschub aufgefaßt hat. Bei hellerer grauer Farbe sind für ihn feldgeologisch das gröbere Korn und die großen (bis über 1 cm) Einsprenglinge von Hornblendesäulen und Biotitprismen bezeichnend. Die Begehungen des weiteren Geländes blieben zu lückenhaft, um diesen Typ kartenmäßig vollständig begrenzen zu können. Seine Verbreitung ist wesentlich mehr aufgegliedert als die Skizze bei Heise andeutet, aber es ist schon erkennbar, daß er im Ganzen schräg zu der Innenstruktur der älteren Massen durchgreift; vielleicht im Zusammenhang mit einer Zerschering des Massivs, die in einer Verstellung des Kalkzuges des Veliki Krš (Nordostrand) auffällig wird (siehe geol. Karte 1:100.000 und Skizze bei Heise, S. 450).

Auch dieser „Typ Bor“ entwickelt Brocken-Andesite hervorragender Ausbildung, die heute der Tagbau Čoka Dulkan in den Hangendpartien prächtig erschließt. Neben früh erstarrten, strukturell etwas abweichenden Brocken des gleichen Gesteins sind in ihnen auch sowohl Andesite der älteren Gruppe a wie Sedimentschollen verarbeitet.

Für die Kontakte dieser jüngeren Gruppe ist Rotbrand der hellen Senonmergel, verbunden mit Aufsprossen von Silikaten in den schmalen veränderten Rändern besonders bezeichnend. An den

Andesiten der Hauptmasse dagegen tritt Rotbrand weitgehend zurück und diese scheinen mit lebhafterem Stoffwechsel umzuwandeln.

Besondere Kontaktformen am Rand der Senonmergel erzeugen die Brockenandesite des Bor-Typs, wie an anderer Stelle einmal eingehender beschrieben werden soll: unter Zurücktreten des flüssigen Bindemittels werden die vorher erhärteten Andesitbrocken vielfach so in die Mergelmasse gepreßt und mit ihr verknüpfet, daß nun die Andesitbrocken in einem Netz rot gebrannter und kontaktlich veränderter Mergelschollen schwimmen. Andesitwärts vom Kontakt werden diese Mergelschollen zunehmend aufgeschmolzen, bzw. chemisch verarbeitet und verraten sich schließlich nur mehr durch rötliche Schleier, Karbonatreste und gewisse mineralogische Veränderungen in der Grundmasse des Brockenandesites. Es handelt sich um einen klar migmatischen Prozeß, der sich gut anderen Intrusivmerkmalen dieses „vulkanischen“ Massivs anfügt.

So ungewöhnlich die Form dieser Kontakte sein mag, sah ich sie doch in völlig ähnlicher Art auch in der subbalkanischen Eruptivzone bei Panagjurište und (mit Prof. Granigg) am Kontakt der gleichen oberkretazischen „Bartiner Mergel“ mit Andesiten im pontischen Küstengebirge des nordwestlichen Anatolien. Eine verblüffende Wiederholung gleichartiger Eruptionsbedingungen im Zonenstreichen!

Der Andesit „Typ Bor“ ist so gut wie frei von einer allgemeinen postvulkanischen Umwandlung. Seine Überführung in eine „Grünsteinfazies“ (Roche verte) und seine „pyritische Propylitisierung“, bzw. Kaolinisierung stehen in klarer räumlicher Beziehung zu der von Verkieselung begleiteten Vererzung von Bor.

c) Vermutlich der jüngste, vielleicht auch in engem Anschluß an den „Typ Bor“ zu nennen, ist ein dritter Andesittyp (Robule-Bach) südlich und südöstlich von Bor, der ebenfalls schräg durch die älteren Massivteile greift. Feldgeologisch ist bei ihm das Zurücktreten der dunkeln Einsprenglinge (nur wenig Biotit) neben relativ großen Feldspäten kennzeichnend. Spärlicher Quarz erweist eine Tendenz zu Dazit.

Dieser Typ ist von der „Propylitisierung“ fast völlig verschont geblieben.

Im zeitlichen Ablauf schaltet sich zwischen die obigen Andesitgruppen a und b, also zwischen die Hauptmasse und die Bor-Andesite eine Zeit kräftiger Abtragung ein, die eine mächtige, im Schrifttum noch unbekanntes Konglomeratserie geschaffen hat. K. V. Petković (1930 a) hatte diese als Tuffkonglomerate skizziert.

Diese Konglomeratfolge bildet ohne stratigraphischen Zusammenhang mit den anderen Sedimenten in einem langen und über 1 km mächtigen, noch von Verwerfungen verstellten Zuge den nordöstlichen Rand des Lagerstättenbereiches von Bor; er ist bei Bor mit NW-Streichen steil aufgerichtet, weiter südöstlich in wellige Falten gelegt. Den Hauptanteil an ihr haben grobkörnige Konglomerate (Gerölle ein bis wenige dm, in einzelnen Lagen bis 1 m Durchmesser), in zweiter Linie gebänderte Sandsteine, während

untergeordnet auch schmale Tonschieferlagen in ihr vorkommen. Bei dunkelbrauner Verwitterungsfarbe sind die frischen Gesteine dunkelgrüngrau gefärbt. Im unveränderten Zustand nagel-fluhartige Bindung, die Sandsteine nicht mehr zerreiblich. Bestandteile der Konglomerate sind zu etwa 50% Andesite der ältesten Gruppe, besonders in einer Auswahl von Härtingen, während solche vom „Typ Bor“ oder „Robule-Bach“ fehlen; ferner Gneise, harte Glimmerschiefer und Quarzite, etwas Granit, Amphibolit und Gabbro; Gerölle der Oberjura-Unterkreide-Kalke; Senonmergel, ganz vereinzelt auch rot (durch Kontakt?); wenig Quarzgerölle. Im Feinmaterial wohl starker Anteil von vulkanischem Detritus.

Zur Zeit der Bildung dieser Konglomerate kann der hohe Kalkzug des Veliki Krš, der heute den Bereich von Bor im Nordosten gegen das kristalline Einzugsgebiet abschirmt, noch nicht seine jedenfalls tektonisch (savisch?) erworbene Höhenlage gehabt haben. Infolge der Auflösung der Sedimentfolge in Schollen innerhalb des Andesites ergeben sich noch keine direkten Beobachtungen über die Stellung der Konglomerate im Schichtprofil gegenüber der Oberkreide. Daß sie jünger sind, ergibt sich aus dem Geröllbestand.

Südöstlich von Bor werden die flachen Falten der Konglomeratfolge diskordant überlagert von Basisschottern und dann Tonen und Sanden des Neogens mit schwacher Lignitführung. Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn M. Pavlović ist dieses kohlenführende Tertiär Sarmat, die Basis vielleicht noch Torton.

An Lebensresten fand sich in den Konglomeraten bisher nur etwas Pflanzenspreu in den Tonschiefern.

Nach dem Geröllbestand ist die Konglomeratfolge jünger als die Mergel des Senon und jünger als die ersten großen Andesitdurchbrüche, andererseits vorsarmatisch (bzw. vortortonisch) bereits gefaltet. Innerhalb dieser Spanne bleiben für den Versuch einer Alterseinordnung nur Analogien.

Mit der restlichen Oberkreide in Ostserbien und Westbulgarien ergeben sich nach meiner Kenntnis keinerlei Vergleichsmöglichkeiten und ebensowenig mit den in Ostserbien bisher bekannten tertiären Sedimenten des Oberoligozäns und Miozäns. Es kann sich wohl nur um eine Vertretung des Eozäns oder Unteroligozäns handeln, das bisher in Ostserbien als vollkommen abwesend galt (Luković, 1938). Da aber eröffnet sich im ungefähren östlichen Weiterstreichen der Fazieszone eine ausgezeichnete Analogie zu den „Konglomeraten mit exotischen Geröllen“, die das Eozän von Gabrovo am Nordfuß des Balkans überlagern und den „Wundermauerzug“ fortlaufend begleiten, bis sie gegen Westen unter der Überschiebung der Sliven-Šipka-Decke des Hochbalkans tektonisch verschwinden (Kockel, 1927). Mit den Konglomeraten der Haskovo-Stufe scheinen mir bei andersartiger Stellung auch nur wesentlich ungünstigere Vergleichsmöglichkeiten zu bestehen.

Die „Konglomerate mit den exotischen Geröllen“ gelten als Auversien (A. Pollak, 1933, E. Bončev, 1940) und sind nach E.

Bončev (ebda) das Abbild epirogener Bewegungen, die zeitlich der pyrenäischen Phase der Balkaniden-Orogenese (Bončevs II. Pyrenäische Phase) wenig vorausgehen.

Mit recht großer Sicherheit — wie sie eben bei Parallelisierung in längerem Streichen ohne neue Fossilfunde erreichbar ist — dürfen unsere Konglomerate bei Bor also ebenfalls als unteres Obereozän gelten.

Wir können so mit Hilfe der Konglomerate feststellen, daß ein Teil — wahrscheinlich die Hauptmasse der ostserbischen Andesite (unsere Gruppe a) emporgekommen sein muß zwischen Senon und unterem Obereozän. Das bestätigt eine frühere Anschauung von Luković (1938), steht aber in Widerspruch mit der Annahme jungtertiären Alters des ganzen Massivs, die notwendig wird, wenn man mit K. V. Petković die Andesite für jünger hält als seine Tupišnicadecke und diese mit E. Bončev als Glied der „Krajštiden“ für eine savisch entstandene Deckeneinheit.

Bei der Öffnung der Aufstiegswege können Einspannungen dieses Streifens in die Beanspruchungen der Iaramischen Gebirgsbildung eine Rolle gespielt haben.

Die Konglomeratserie wird noch von den jüngeren Andesiten durchbrochen und insbesondere dort, wo sie als Scholle beidseitig von Andesiten des „Typ Bor“ umschlossen wird, von diesem metamorphosierend beeinflusst. Es finden sich gang- und schlotförmige Durchbrüche SO Bor, während die Konglomerate entlang dem Kontaktrande bei Bor selbst überraschend fest werden und steile, oft felsige Hänge bilden; die Sandsteine werden ebenfalls fest und dunkler, die Tonschieferlagen bis schwarz und härter. Schon mit freiem Auge erkennbar sprossen dazu in einzelnen Schichtlagen gehäuft idiomorphe Feldspate und Augite als Neubildungen auf. Auch diese Kontaktveränderung scheint mir von ausgesprochen intrusivem Typ, wie schon bei der Veränderung an Mergeln erwähnt.

Für die vorliegenden Fragen ist zunächst nur wesentlich festzustellen, daß bei Bor eine zweite, jüngere Andesitintrusion stattgefunden hat, die frühestens obereozän ist. Denn sie ist jünger als unsere Konglomeratserie und folgt erst deren Aufrichtung, bzw. Faltung, die wir wohl der pyrenäischen Phase mit der Hauptfaltung des Balkans (II. pyrenäische Phase nach Bončev) einordnen sollen. In der näheren Umgebung sind tektonische Bewegungen dieser Zeit die Aufwölbung der Sava Planina bei Nisch (K. V. Petković, St. Bončev), die Entstehung der Moravadecke (vermutet von Luković l. c.), die Entstehung des Senkungsstreifens der Tertiärbecken Krepolin-Ridanj-Sisevac usw. (Luković) und vielleicht schon die Höherschaltung des Veliki Krš-Zuges NO Bor durch Aufschiebung auf sein östliches Vorland (dies aber möglicherweise erst savisch).

Andererseits aber ist dieser Andesit von wahrscheinlich savischen Bewegungen der Krajštiden-Tektonik betroffen, so daß für sein Eindringen (und die erste Phase der Vererzung!) noch das ganze

Oligozän zur Verfügung steht. Wahrscheinlich gehört er in dessen obere Abteilung und wäre dann gleichaltrig mit dem nach früheren Feststellungen hierhergehörigen Andesit an der Pyritlagerstätte Majdanpek (K. V. Petković, 1933), den schmalen Andesitvorkommen von Tupiznica bis Pirot im südöstlichen Weiterstreichen des ostserbischen Andesitmassivs und mit den Andesittuffen im Oberoligozän der Kohlenbecken in der tektonischen Senke von Ridanj-Krepolin (beides nach Luković, l. c.).

Der weitere Ablauf ist nun zeitlich weniger genau bestimmbar, aber durch zwei weitere, noch vorsarmatische Bewegungsphasen (wohl savisch und steirisch) gegliedert.

Die oben erwähnte dritte Gruppe der Andesite („Robule“) ist wahrscheinlich jünger als der „Bor-Andesit“, aber es fehlen Belege für die Spanne der zeitlichen Trennung.

Nach dem Eindringen der Andesite vom „Typ Bor“ ist der nächste Abschnitt in der Entwicklung der Erzlagerstätten die „Propylitisierung“ des Andesites und damit verbunden die Entstehung der metasomatischen Pyritlagerstätten, die das Substrat für die spätere „Verkupferung“ abgegeben hat.

Wir sehen drei Hauptstufen der Entwicklung (Näheres siehe schon bei M. Lazarević und G. Mempel): 1. Im allgemeinen entfernter von der Lagerstätte Umbildung in eine Grünsteinfazies („Roche verte“); 2. im allgemeinen im engeren Umkreis die Weiterentwicklung zu „Propylit“¹⁾, d. h., hier durchgreifende Kaolinisierung mit Pyritimprägation durch Überführung des gesamten Gesteins-Eisens in das Bisulfid und 3. in zentralen Teilen eine Verkieselung bis zu fast reinen SiO₂-Pyrit-Gesteinen, von denen einzelne Teile weiter pyritisiert werden und schließlich bei Pyritgehalten bis über 60% das Aussehen von derbem Pyrit erhalten können.

Es ist möglich, daß diese drei Entwicklungsstufen eine zeitliche Abfolge darstellen; es kann sich aber auch um im Wesentlichen gleichzeitige, einem Temperatur- und Lösungsgefälle entsprechend zonal e Bildungen handeln.

Anhaltspunkte, daß diese Umbildungen nur gewissen, tektonisch bestimmten Lockerungszonen (oder der Kreuzung solcher nach Heise, 1933) gefolgt seien, hat die Neuaufnahme nicht erbracht (die Strukturlinienkreuzung bei Heise mag aber vielleicht auf die Andesitintrusion selbst anwendbar sein). Die später tektonisch umgestaltete Urform der verkieselten und pyritisierten Lagerstättenkörper von Bor ist die eines mächtigen, steilen Schlauches mit Verzweigungen und Ablegern.

¹⁾ Der „Propylit“ von Bor und zahlreichen anderen Lagerstätten des jungen Vulkanismus der Balkanhalbinsel ist offenbar genetisch und paragenetisch etwas anderes als der siebenbürgische Propylit. Ersterer steht in klarem Zusammenhang mit der Vererzung und es ist sicher richtiger, hier deutlicher von Kaolinisierung, bzw. an anderen Orten Serizitisierung zu sprechen.

Die recht scharfe Abgrenzung des umgebildeten Bereiches gegen die Masse des völlig frischen übrigen Andesites ist wohl ein weiterer Beleg, daß diese ganze Umbildung und Vererzung relativ unabhängig und zeitlich getrennt von der Andesitintrusion war und nicht die Auswirkung autometamorphosierender Lösungsnachläufer dieses speziellen Magmakörpers. Das deckt sich mit den Ergebnissen über den Mangel näherer Beziehung der Vererzung zur mehr regionalen „Propylitisierung“ (nun in anderem Sinne) im siebenbürgischen Erzgebirge (siehe G. Bürg, 1931, A. Helke, 1938 und H. Schneiderhöhn, 1941).

Eine solche Trennbarkeit zwischen Andesitintrusion und Vererzung läßt weiter schließen, daß die Vererzung hier zwar offenbar die tieferen Aufstiegswege des Magmas benützt hat, daß sie aber genetisch nicht notwendig auf die Differentiation des sichtbaren Andesitmagmas, sondern auf irgendwelche tieferen Differentiationen zurückgeht. An anderen Stellen ergreift die Vererzung offenbar auch den älteren Andesit und ist dann ihm gegenüber ein zeitlich und ursächlich weit getrennter Vorgang.

Aus mikroskopischen Feststellungen von Ramdohr und Schneiderhöhn (Anmerkung bei G. Mempel, Lehrb. d. Erzmikroskopie, Lehrb. d. Erzlagerstättenkunde I), sowie einer Neubearbeitung durch Dr. F. Trojer geht hervor, daß die Entstehung der reichen Kupfererze von Bor nicht rein oder überwiegend zementativ sein kann, sondern in der Hauptsache aus aufsteigenden Lösungen herzuleiten ist. Umlagerungen können dabei allerdings eine Rolle spielen.

Aus der geologischen Aufnahme der Grube und Oberfläche ergibt sich ferner, daß dem Aufsteigen dieser kupferbringenden Lösungen eine kräftige tektonische Bewegung vorhergegangen ist. Die Kupfervererzung ergreift dabei insbesondere solche Teile der vorher verkieselten und pyritisierten starren Massen, die an bestimmten Störungstreifen von dem Hauptkörper abgespalten und in sich zertrümmert worden sind. Brecciöses Gefüge des Pyrites ist allenthalben noch erkennbar.

Diese Bewegung gehört sehr wahrscheinlich in die Gruppe der savischen Gebirgsbildung an der Oligozän/Miozän-Wende.

Das Bewegungsbild dieser erheblichen tektonischen Verformung an der Lagerstätte und ihrer Umgebung ist verständlich als Folge einer Pressung zwischen NNW—SSO-streichenden Backen. Damit fügt es sich widerspruchlos ein in das System der jungen Überschiebungen in der weiteren Umgebung, die nach E. Bončey dem System seiner Krajštiden angehören und savisches Alter besitzen. Unsere Bewegungen wären so zeitlich gleichzustellen den kurzen Überschiebungen der oberoligozänen Tertiärbecken in der Krepolinsenke und am Moravatal (Luković).

Wenn die beiden Hauptabschnitte der Vererzung (Haupt-Pyritisierung und „Verkupferung“) durch tektonische Bewegungen getrennt sind, so muß das zeitlich keine weitspannige Trennung bedeuten. Es ist gut vorstellbar, daß die beiden Abschnitte sich ledig-

lich als Vor- und Nachläufer um die savischen Bewegungen scharen, die für beide die Aufstiegswege geöffnet haben mögen.

Andererseits aber sehen wir eine gewisse Unabhängigkeit der beiden Phasen in ihrem räumlichen Auftreten in Bor selbst und außerhalb. So ist Majdanpek in etwa gleichaltrigem Andesit wohl nur im Rahmen der ersten Phase (Pyritisierung mit sehr wenig Cu) vererzt worden, während kleinere Cu-Gänge des Gebietes ohne metasomatische Pyritisierung wahrscheinlich nur die zweite Phase (mit etwas abweichender Mineralgesellschaft) vertreten.

Die fertige Kupferlagerstätte schließlich wird dann nur mehr von Bewegungen geringeren Ausmaßes betroffen; es handelt sich dabei nicht mehr um Zerbrechung der Erzkörper selbst, sondern um geringe gegenseitige Bewegungen an den tonigen „Propylit“-Rändern, örtliche Randabscherungen mit Verschleppung gerundeter Erzknollen in tonige Quetschzonen und um wenige durchschneidende Klüfte geringen Verstellungsbetrages. Immerhin haben diese Bewegungen auch noch orogenetischen Charakter. Im Fortschreiten nach der Phasengliederung der Orogenese ist zu vermuten, daß diese Bewegungen bereits in die steirische Phase gehören, sie könnten aber wohl auch noch spätsavisch sein. Jedenfalls sind sie älter als das benachbarte, ruhig mit geringer Schichtneigung auflagernde Neogen von Slatina (SO Bor), das auch noch von Sprüngen gestört ist (attisch?).

Die Tabelle, Seite 160, gibt nun zusammenfassend eine kurze Übersicht des geschilderten Ablaufes, seiner wahrscheinlichen zeitlichen Aufgliederung und der zuordenbaren Vorgänge in der Nachbarschaft.

Wie die Übersichtskarte von W. E. Petraschek (1942) besonders schön zeigt, liegen die Andesite und die damit verbundenen Cu-Lagerstätten des Panagjurište-Bezirktes in der bulgarischen Srednogore im Zonen-Streichen von Bor.

Es ist bekannt, — und ich kann das aus eigener Befahrung aller Pyrit- und Cu-Lagerstätten dieses Bezirktes bestätigen — daß diese metasomatischen Lagerstätten des Panagjurište-Bezirktes in Form und Paragenese ebenso wie in den begleitenden Gesteinsumwandlungen und in der Art der tektonischen Einwirkung weitgehend mit Bor vergleichbar sind (E. Lewien, 1933, G. Georgiev, 1937, W. E. Petraschek, 1942).

Aber in der zeitlichen Einordnung bestehen nun Unterschiede, deren Möglichkeit W. E. Petraschek schon erörtert hat (l. c.). Da die Srednogore nach E. Bončev laramischen Bau hat, die Lagerstätten aber noch tektonisch bewegt worden sind, wären diese noch vorlaramisch, bzw. voreozän vererzt. Dieser Schluß scheint mir nicht so zwingend, daß man deshalb annehmen müßte, es sei derselbe, ja so seltene Typ von Lagerstätten im Streichen derselben tektonischen und magmatischen Zone nur 200 km voneinander entfernt einmal in der Kreide, das andere Mal im mittleren Tertiär entstanden. Dazu ist weiter zu bedenken:

1. Ebenso wie in Ostserbien oder Nordanatolien ist auch in der Srednogore der Beginn des Andesitvulkanismus im Senon sicher-

Übersicht des Ablaufes.

	Bor	Ostserbien, besonders nach Luković	Altbulgarien (W. E. Petraschek)
Miozän	leichte Faltung des Tertiärs Tertiär von Slatina		
Steirische Phase	Pressung der Lagerstätte		
	Cu-Vererzung		Pb-Zn-Cu-Lagerstätte d. Rhodope
Savische Phase	Zerscherung der Pyritkörper	Überschiebungen Krepolinzone	Krajstiden-Tektonik
Oligozän	Pyritisierung u. „Propylitisierung“	Pyritlagerstätte Majdanpek	
	Andesite Typ Bor	Andesit von Majdanpek Tuffe im Kohlenoligozän	
Pyrenäische Phase	Faltung der Konglomerate	Anlage der Krepolinzone	Balkan-Faltung
Eozän	Konglomerate bei Bor		
	↑ Hauptmasse der Andesite		
Laramische Phase	↓	Deckenbau?	Tektonik der Srednogore
Ober-Senon	Beginn des Andesit-Vulkanismus	Beginn des Andesit-Vulkanismus	submariner Andesit-Vulkanismus der Srednogore

gestellt, es fehlen aber jüngere Ablagerungen zur Beurteilung, inwiefern auch hier noch jüngere Andesitnachschiebe hochgekommen sind; im westlichen und östlichen Weiterstreichen ist ein Anhalten des Vulkanismus bis weit ins Tertiär hinein sichergestellt. Insbesondere gilt diese Vermutung hier den Trachyten und Rhyoliten der Srednogore (Georgiev, Scheumann und Schüller), weil der Umschlag vom andesitischen zum trachytischen und rhyolitischen Vulkanismus in der weiteren Umgebung ganz allgemein erst im Tertiär erfolgt. Vielleicht werden die tuffitischen Schichtlagen im Alttertiär des Flyschbalkans hierzu noch Überprüfungen gestatten.

2. Selbst wenn tatsächlich in der Srednogore keine tertiären Ergüsse mehr an die Oberfläche gelangt sind, kann man mit Rücksicht auf das östliche und westliche Weiterstreichen nicht voraussetzen, daß damit der zugehörige tiefere Magmatismus zu Ende war und es ist gerade mit Rücksicht auf die geschilderten Verhältnisse von Bor eine größere zeitliche Spanne zwischen den Senon-Andesiten und ihrer metasomatischen Vererzung möglich.

3. Wenn auch die Haupttektonik der Srednogore iaramisch ist, sind doch kleinere Bewegungen in späteren Gebirgsbildungsphasen nicht auszuschließen; die kaolinisierten Gesteine an den Lagerstätten bilden dazu noch besonders gleitfähige, bewegungsfreudige Zonen. So ist es kaum vorstellbar, daß die Srednogore während der pyrenäischen Hauptgebirgsbildung der ihr angeschmiegt Balkankette völlig unbetroffen geblieben ist; ist doch nach Köckel (1927, S. 386) der Nordteil der Srednogore als gemeinsam bewegt mit der Sliven-Sipka-Decke des Hochbalkans anzusehen. Schließlich ist aus der Untersuchung der Stara planina bekannt, daß sich der savische Anschlag der Krajštiden noch ein erhebliches Stück in die Balkanketten hinein auswirkt, worauf auch einzelne Schrägstrukturen weiter östlich hinweisen. Panagjurište liegt gerade da, wo die Balkan-Srednogore-Ketten von O—W gegen NW-Streichen umknicken und sich so dem savischen Krajštidenstreichen anzupassen beginnen.

So glaube ich, daß die Panagjurište-Lagerstätten nicht zwingend als vorlaramisch zu betrachten sind, sondern erheblich jünger sein können und daß so die nach Lagerstättentyp und Zone wahrscheinliche Gleichsetzung mit Bor immer noch als die wahrscheinlichste Annahme gelten kann.

Wie die Tabelle zeigt, ist mit dieser Einordnung Bor (und Panagjurište) etwa gleichaltrig mit den jungen Pb-Zn-Cu-Lagerstätten der Rhodope. Sie bilden diesen gegenüber offenbar eine herdnähere Zone, hätten also die Stellung, die seinerzeit W. Petraschek (1931) den Cu-Gängen von Burgas zugeschrieben hat. Doch sind diese nach W. E. Petraschek (1942) älter, sofern sie eben auch zeitlich eng an den dortigen Granodiorit gebunden sind und dieser zeitlich dem vorobereozänen Vitoša-Pluton gleichzusetzen ist.

Die Untersuchungen bei Bor lieferten eine Bestätigung dafür, daß die Eruptionen im ostserbischen Andesitmassiv sich im Sinne der Auffassung von K. V. Petković und M. T. Luković bis ins mittlere Tertiär erstrecken. Die in Bulgarien erscheinende strenge

Trennung zwischen einem kretazischen Vulkanismus der subbalkanischen Kreide-Eruptivzone und einem tertiären Vulkanismus der rhodopischen und dinarischen Bereiche fällt damit im westlichen Weiterstreichen. Der Vulkanismus hält im Westen und Süden nur länger an und fördert dabei relativ mehr an saureren Produkten (bis zum Umschlag in den finalen basischen Vulkanismus). Diese Verhältnisse fügen sich gut in die Vorstellung eines genetischen Zusammenhanges der ganzen Magmaprovinz im Sinne von Stille (1939) und es wird der Anteil der nicht als „subsequent“ deutbaren Magmen wenigstens mengenmäßig stark eingeschränkt.

Der Ablauf der Ereignisse bei der Entstehung von Bor war im Zeitschema nur dann gut unterzubringen, wenn zwischen die letzten Andesite und die Cu-Vererzung eine erhebliche Zeitspanne gelegt wird. Auch dadurch erscheinen diese jungen epigenetischen Lagerstätten — soweit sie nicht unmittelbare Beziehungen zum Vulkanismus erkennen lassen (Kontakte, Mn) — nicht als unmittelbare Auswirkung des sichtbaren Vulkanismus, sondern neben diesem als selbständigere Erzeugnisse der Magmaspaltungen im tief liegenden Untergrund des alpinen Faltungsraumes.

(Abgeschlossen April 1944.)

Schriften-Hinweise.

- E. Bončev, Beitrag z. Frage d. tektonischen Verbindung zw. Karpaten und Balkaniden; *Geologica balkanica* 2. 1936, 69—84.
- E. Bončev, Versuch einer tektonischen Synthese Westbulgariens; *ebda.*
- E. Bončev, Untersuchungen über die tektonischen Beziehungen zw. Südkarpaten und Stara planina; *ebd.* 3. 1938, 1—12.
- E. Bončev, Alpidski tektonski Projavi v Bulgaria; *Zs. bulg. geol. Ges.* 12. 1940.
- G. H. Bürg, Charakteristik d. grünsteinartigen Andesitfazies usw.; *Zs. prakt. Geol.* 39. 1931.
- K. Georgiev, Der Erzberg v. Panagjurište in Bulgarien; *Berg-Hittm. Jb.* 85. 1937 (Leobner Bergmannstag).
- K. Georgiev, Das Erzvorkommen im NW-Teil des Erzdistriktes v. Panagjurište, Trudove vrhu podsemita bogatstva etc. 10, 1939, Sofia.
- W. Heise, Die Kupfererzlagerstätte von Bor in Abhängigkeit v. d. Tektonik Ostserbiens; *Zs. D. Geol. Ges.* 85. 1933.
- A. Helke, Die jungvulkanischen Gold-Silber-Erzlagerstätten des Karpatenbogens usw.; *Archiv f. Lgst.forsch.* 66. 1938.
- C. Köckel, Zur Stratigraphie u. Tektonik Bulgariens; *Geol. Rd.* 18, 1927.
- M. Lazarevič, Die Enargit-Covellin-Lagerstätte von Čoka Dulkan bei Bor; *Zs. prakt. Geol.* 20. 1912.
- E. Lewien, Untersuchung der Enargit-Kupferkieslagerstätte bei Bôta-Panagjurište; *Diss. Aachen* 1933.
- M. T. Luković, Tectonic movements in Eastern Serbia following the formation of the overthrusts; *Vesnik Geol. Inst. Kralj. Jugosl.* 6. 1938.
- G. Mempel, Die Kupfererzlagerstätte von Bor in Jugoslawien; *Met. u. Erz.*, 34, 1937.
- K. V. Petković, Esquisse de la structure de la Serbie Orientale; „*Glas*“ de l'Acad. royale serbe, 1930, Nr. 140.

K. V. Petković, Geol. Untersuchungen i. kupferhaltigen Terrain bei Slatina; Rudarski Vesnik, 6. 1930.

K. V. Petković, Majdanpek und Umgebung; Mem. Serv. geol. Roy. Yougosl. 3. 1933.

K. V. Petković, Geologija istočne Srbije; Srpska kralj. Akad. 55. 1935.

W. Petraschek, Die Erzlagerstätten des Rhodope- und Strandscha-Gebirges im nördöstlichen Bulgarien; Berg-Httm. Jb. 79. 1931.

W. E. Petraschek, Gebirgsbildung, Vulkanismus u. Metallogenese i. d. Balkaniden u. Südkarpaten; Fortschr. Geol. u. Pal. 14. 1942.

W. E. Petraschek, Die Erzlagerstätten Bulgariens; Jb. R.-A. f. Bodenf. 63. 1942.

A. Pollak, Geolog. Untersuchungen über das Endstück des Ostbalkans; Abhdl. Sächs. Ak. d. W. 41/7. 1933.

K. H. Scheumann u. A. Schüller, Zur Kenntnis des oberkretazischen Vulkanismus i. östl. Bulgarien; Min. Petr. Mitt. 50. 1938.

H. Schneiderhöhn, Die jungeruptive Lagerstättenprovinz i. Serbien, Siebenbürgen, Ungarn u. d. Banat; Fortschr. Min. 1928.

H. Schneiderhöhn, Lehrbuch d. Erzlagerstättenkunde I., 1941.

H. Stille, Magmato-tektonische Verhältnisse Bulgariens im Lichte allgemeiner Erfahrungen; Zs. Bulg. geol. Ges. 11. 1939.

Rudolf Grill, Der Foraminiferenkatalog von Brooks F. Ellis und Angelina R. Messina (Catalogue of Foraminifera). Herausgegeben vom American Museum of Natural History, New York 1940, 30 Bände mit ca. 30.000 Seiten; seit 1941 erscheinen periodische Nachträge. (Mit 1 Textfigur.)

Das Studium der Foraminiferen, ursprünglich eine rein akademische, ja zufolge des reizvollen Formenreichtums dieser Rhizopodenordnung vielfach eine Liebhaberbeschäftigung, hat in den letzten Jahrzehnten auch größte wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Die Suche nach neuen Erdöllagerstätten ist heute überall auf der Welt mit umfangreichen geologischen Untersuchungen verbunden, die es erst ermöglichen, diejenigen Lokationen anzugeben, an denen mit Aussicht auf Erfolg Tiefbohrungen niedergebracht werden können. Die Geologie bedient sich ihrerseits wieder einer Anzahl von Hilfswissenschaften, neben der Petrographie und Geophysik insbesondere der Paläontologie, die es ihr ermöglicht, die Gesteine altersmäßig zu gliedern und ihrer Entstehung nach zu deuten. Je genauer eine sedimentäre Serie gegliedert werden kann, desto besser sind die Voraussetzungen zur Klärung des tektonischen Aufbaues eines Gebietes und damit zur Auffindung von Ölfeldern und zur Klärung von deren Detailtektonik. Die Mikrofossilien, unter denen wieder die Foraminiferen den ersten Platz einnehmen, bieten gegenüber den Megafossilien den Vorzug, in äußerlich vielfach fossil-leer erscheinenden Sedimenten oft in großer Menge und bester Erhaltung aufzutreten und sie können aus verhältnismäßig kleinen Proben durch einen mechanischen Schlämmpreß gewonnen und der Untersuchung zugeführt werden. Dies ist insbesondere für Bohrproben wichtig, in denen zufolge ihrer geringen Ausmaße größere