

Das Enargitvorkommen Dudice in Mazedonien.

Ein neuerer Kupferschurfbau und seine lagerstättengeologischen Beziehungen zu anderen Enargit-Kupfervererzungen.

Von **Gustav Hiebleitner.**

Mit 2 geologischen Karten, 6 gezeichneten Abbildungen und 4 Fotos.

Übersicht.

1. Einleitend: Zur Frage der europäischen Kupfererzreserven	53
2. Die geologischen und lagerstättenkundlichen Bedingungen des Kupferschurfgebietes von Dudice	57
3. Vergleiche zu anderen Enargit-führenden Kupferlagerstätten, insbesondere des Balkans	74
Anhang: Über die Schurfaufgaben am Enargitvorkommen von Dudice	90
Hinweis auf Schrifttum	92

Neben der hier beigegebenen geologischen Detailkarte des engeren Bergbaugbietes von Dudice war eine zweite geologische Kartenbeilage vorgesehen, welche die Kartierungsergebnisse der weiteren Umgebung von Dudice dargestellt hat. Letztere Karte geriet mit anderen Abbildungen im Anstaltsgebäude der Geologischen Bundesanstalt während der Kriegswirren in Verlust. Eine Kopie stand dem Verfasser leider nicht zur Verfügung. Teilweisen Ersatz sollen die geologischen Profilansichten Abb. 4—6 gewähren, welche während der Kartierungsarbeiten gezeichnet worden waren. — Schließlich wurde noch die prov. geol. Übersichtsaufnahme 1940 aufgefunden und hier beigegeben.

1. Zur Frage der europäischen Kupfererzreserven.

Die Welterzeugung an Kupfermetall wird für 1936 mit 1,700.000 t beziffert (Berg u. Friedensburg, Lit. 30) und dürfte 1945, von der Kriegskonjunktur beeinflusst, um 2,000.000 t betragen haben.

Das Vorkriegs-Deutschland allein nahm in Friedenszeit 10—16% der Weltproduktion auf, das sind jährlich etwa 180.000 bis über 200.000 t, also ungefähr soviel oder mehr als die gesamte europäische Kupferproduktion zusammengekommen beträgt.

Angesichts der Weltproduktion und des Weltbedarfes an Kupfer ist Europa also nicht gerade als bevorzugtes Kupferland anzusehen und es besteht auch kaum geologische Aussicht, daß es in Zukunft als solches gelten wird. Die europäische Kupferversorgung ist auf beträchtliche Einfuhr angewiesen.

Wie steht es im einzelnen mit der Produktion und den Zukunftsaussichten des europäischen Kupferbergbaues?

In dem erst kürzlich erschienenen Buche von Berg und Friedensburg „Das Kupfer“ (Lit. 30) sind auch in dieser Richtung eine Reihe von Aussagen gemacht, daraus entnommene Angaben neben anderen werden entsprechend zitiert.

An erster Stelle der europäischen Kupferproduktion steht Spanien, das seit vorgeschichtlicher und alter Zeit her einen Ruf als Kupfererzeuger besaß und im Friedensjahr 1929 eine Spitzenausbeute von 60.000 t Cu-Metall aufwies; diese Leistung rührt vor allem von der Ausbeute der Cu-haltigen Schwefelkiese des Rio-Tinto-Bezirktes her. Dort sind nach Berg und Friedensburg (Lit. 30) noch bedeutende Cu-Vorräte vorhanden. Die Erzformation des Rio-Tinto-Gebietes streicht auch nach Portugal ein, mit dort aufsteigend entwickeltem Kupferbergbau.

In Friedenszeit erleidet die spanische Produktionshöhe eine Bindung durch die Schwefelkiesnachfrage. In Kriegszeiten schwillt die Erzeugung an. Nach einer Meldung in der Zeitschrift f. praktische Geologie 1943, S. 85, wird aus diesem Jahr beispielsweise eine Monatsproduktion von 13.000 t verzeichnet.

Spanien zunächst stand Jugoslawien, dessen Kupfermetallerzeugung, verkörpert in der Produktion des Bergbaues Bor in Serbien, vor dem Kriege 40.000 Jahrestonnen erreichte. Die Größenordnungen der nutzbaren Cu-Inhalte der Lagerstätten von Bor sind einigermaßen bekannt und begrenzt, hier hat vor allem der Einbezug auch Cu-ärmerer Kiese eine Erweiterung gebracht. Doch sind die Vorräte bei angespannter Förderung in 1—2 Jahrzehnten ausgeschöpft, falls nicht zusätzliche Erschließungen gelingen.

Deutschland vermochte aus dem Mineralschatze des eigenen Bodens in Friedenszeit etwa 25.000 t Kupfermetall jährlich herauszuholen, über 20.000 t stammten aus dem Kupferschieferhorizont, ein kleinerer Teil aus dem Rammelsberger Kieslager und aus anderen Vorkommen. Schon in den Friedensjahren vor 1939 hatte Deutschland Bemühungen eingesetzt, seine Kupfererzreserven zu erweitern, der gegenwärtigen Produktion die Stetigkeit zu erhalten, die Erzförderung nach Möglichkeit zu steigern.

Der Erschließung von Kupfererzreserven auf deutschem Boden sind lagerstättengeologische Grenzen gesetzt. Die Hauptkupferquelle liegt jetzt als auch in Zukunft im Horizont des Mansfelder Kupferschiefers. Auch über Mansfeld hinaus hat er Verbreitung, dort haben auch mit Erfolg neue Erschließungen begonnen.

Der Ausschnitt an Kupfererzgewinnung, welcher aus den Lagerstätten in der Grauwackenzone der Ostalpen stammt, die Produktion von Österreich beinhaltend, ist gering, doch nach längerer Pause wieder im Wachsen. Von alter und mittelalterlicher bis in die neue Zeit herauf ist auf den Kupferlagerstätten insbesondere Salzburgs und Tirols Bergbau umgegangen. Der prähistorische Bergbau auf den Mitterberger Gängen im Salzburgerischen hatte in der Zeit 1200—700 v. Chr. (H. Quiring) einer ganzen Kulturepoche

sein Merkmal aufgedrückt und mit dem Rohstoff Kupfer ein blühendes Metallgewerbe ins Leben gerufen.

Die Steigerung des Kupferbedarfes setzt mit der ruckhaften Entwicklung der Technik, in Sonderheit der Elektrotechnik, in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ein und bringt Anforderungen an Umfang der Cu-Lagerstätten, denen die alpinen Vorkommen weder nach ihrer Menge noch nach ihrer Wirtschaftlichkeit gewachsen waren. Wohl hatte Mitterberg noch eine vorübergehende Blüte in den ersten beiden Jahrzehnten dieses Jahrhunderts erlebt, doch blieb ihm Nachhaltigkeit versagt. Die übrigen Vorkommen sanken zu Kleinbetrieben herab. Auch für die Zukunft können geologische Voraussicht und Erfahrung vorläufig nur beschränkte Hoffnungen auf die Cu-Erzzone der Alpen setzen. Das gleiche gilt für das geologisch ähnlich gebaute Cu-Revier in den Karpathen der Slowakei, wo nach H. Quiring ebenfalls ausgedehnter prähistorischer Bergbau, sogar älter wie der alpine, umgegangen ist. Der Faden der Cu-Erzeugung riß dort durch alle Jahrhunderte hindurch nicht ab, die ansteigende Produktion erreicht zur Zeit bereits wieder einige 1000 Jahrestonnen.

Die Kupfermetallproduktion von Norwegen wird für 1936 mit 22.000 t bezeichnet, jene von Schweden nach Angabe von Berg und Friedensburg 20.000 t im Jahre 1939, zum guten Teil dank der Produktion Bolidens mit 18% Cu im Hauwerk. Geophysik, angesetzt auf Höffigkeitszonen unter Moränenboden verborgen, kann in den nordischen Ländern noch weitere Erfolge bringen, ähnlich wie Boliden.

Anschließend reiht sich die Produktionsgröße von Finnland ein, mit 12.000 t Kupfermetall im Jahre 1929, hauptsächlich aus der noch Jahrzehnte reichenden (Lit. 30) Lagerstätte Outokumpu stammend.

Die Produktion der übrigen Länder Europas ist geringfügig, das europäische Rußland bis zum Ural praktisch kupferleer.

Die lagerstättengeologische Abkunft der europäischen Kupferproduktion ist mannigfaltig. Die spanischen Erzvorkommen sind mit älterem Vulkanismus verknüpft, Bor in Serbien als nächstgrößerer Cu-Lieferant ist der typische Vertreter der Lagerstätten des Andesitvulkanismus, der Cu-Schieferhorizont der deutschen Zechsteinformation wird heute fast allgemein als unter besonderen Absatzbedingungen entstandenes und nachträglich verändertes marines Sediment betrachtet, die nordischen Vorkommen sind zumeist Metallisationen im Gefolge älterer, zum Teil metamorpher, saurer und basischer Plutone. Die in mannigfacher Gestalt auftretenden Cu-Vererzungen der Alpen und der slowakischen Karpathen werden heute ebenfalls als Teilerscheinung der Erzbildungsperiode der Andesitzeit aufgefaßt.

Wird die zusätzliche Lagerstättenhöffigkeit für Kupfermetall des europäischen Bodens nochmals kurz überblickt, wäre etwa folgendes zusammenzufassen:

Die Beziehungen zwischen Magmatismus und Lagerstättenbildung, mittelbar auch zwischen Gebirgsbildung und Lagerstättenbildung,

sind heute Ausgangspunkt für die Mehrzahl aller in großen Rahmen gestellten montangeologischen Beurteilungen.

Die Lagerstätten des älteren und des jüngeren Magmatismus sind, soweit ihre Ausbisse zur Entdeckung führen konnten, wohl ziemlich erschöpfend bekannt, zumindest der engere Hoffnungsbereich eines Erzrevieres ist meist gut abgrenzbar. Die bunte Färbung der Cu-Oxydationserze hat ja seit je die Entdeckung der Cu-Lagerstätten und die Hinführung der primitiven Völker auf ein Erschmelzen von Metall erleichtert.

Neuentdeckungen von Kupferlagerstätten, bezw. neuen Kupferrevieren des älteren Magmatismus aus der rein geologischen Durchforschung heraus werden heute nur mehr spärlich fließen, denn dort sind die ursprünglichen Faktoren der Lagerstättenbildung durch Tektonik und Metamorphose meist verwischt, so daß Schlüsse aus der Oberflächenbeschaffenheit der Gesteine auf in der Tiefe zu vermutende Lagerstätten nur selten und zu unsicher zu ziehen sein werden. Der Geophysik bleibt allerdings auch hier noch ein Raum.

Anders steht es mit der Erwartung von Lagerstätten, in Sonderheit auch von Kupferlagerstätten, aus der kretazisch-tertiären Vulkanepoche und Metallisation, in deren Bereichen magmatische, tektonische, in der Regel auch räumliche Elemente, die zur subvulkanischen Lagerstättenbildung geführt haben oder führen konnten, auch die Beziehung der Erzbildungsvorgänge zu Nebengestein, Veränderung desselben usw. noch klar ersichtlich sind. Hier kann die geologische Beobachtung noch zu Deutungen und Schlüssen kommen, wo keine oder nur geringe oberflächliche Erzanzeichen etwaige Lagerstätten in der Tiefe verraten, zumindest können für die Durchführung von geophysikalischen Untersuchungen die erzhöflichen Räume enger abgegrenzt werden.

Während der letztvergangenen Jahrzehnte war in den vulkanischen Lagerstättenprovinzen des Balkan- und Karpathenraumes eine umfangreiche und meist gründliche Schurfinitiative tätig, die nicht nur immer Bergbaureste der Alten sondern neben Erzspuren auch allgemeine geologische Erfahrungen und Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen zum Ausgang ihrer Arbeiten machte. Die Erschließung einer Reihe bedeutender Vorkommen von Cu, Pb-, Zn- und anderer Erze ist ihr zu verdanken.

Auch der Bergbau der Alten hatte die Abhängigkeit der Sulfidlagerstätten — neben Kupfer lag ihnen vor allem an Gold und Silber — von den Porphyrgesteinen erkannt. Prähistorischer, alter und mittelalterlicher Bergbau ist ja weit über die Vulkanzonen von Karpathen und Balkan verbreitet. Kaum ein Gangausbiß, der hier nicht von den Alten zumindest oberflächlich angeschürft worden wäre. Bewundernswertes haben in diesem Belange die sächsischen Bergleute im Mittelalter am Balkan geleistet.

Die Bedeutung der Eisernen-Hut-Zone war den Alten gut bekannt, fanden sie doch gerade in der Oxydationszone beträchtliche Au-Anreicherungen.

Der neuzeitliche Bergbau hat ja wohl in den meisten Fällen von solchen Arbeiten der Alten seinen Ausgang genommen. Gesteigerter

Einsatz und Vervollkommnung der bergbaulichen Betriebsmittel haben dem neuzeitlichen Bergbau nicht nur neue Teufen erschlossen, sondern er ist auch darangegangen, allgemeine, ja weltweit zusammengetragene geologische und geophysikalische Erfahrungen sich zunutze zu machen und damit ganz bedeutende Untersuchungsarbeiten in solcher Art erkannte Hoffungsgebiete — sei es auch unter beträchtlichem Wagnis — hinein zu tragen. Propylitonen, mit oder ohne Erzindikationen, Eiserne Hut-Bildungen, deren verfeinerte Typenunterscheidung herangezogen wird, erzverdächtige Verkiezelungszonen und Störungsbereiche, auch raumgeologische Besonderheiten, Kontakträume usw. werden, nach Möglichkeit geophysikalisch überprüft, zum Ausgangspunkt großzügiger bergbaulicher Untersuchungsprojekte gemacht, die stollenmäßig, schachtmäßig und tiefbohrtechnisch gelöst werden.

Der Erfolg des Bergbaues Bor vor etwa 50 Jahren, wo unter dem erzleeren „quartz carié“, einer von Cu-Metall ausgelaugten verkiezelten Hutzone, der reiche Kupfererzkörper des Čuka Dulkan gefunden wurde, hatte den Schurfarbeiten am Balkan einen mächtigen Auftrieb gegeben. Eiserne Hutbildungen, quartz-carié-Massen, Propylitonen wurden in großer Zahl bergmännisch neu untersucht, weit über den Umfang etwaiger vorhandener Arbeiten der Alten hinaus, bedeutende Km-leistungen an Querschlägen und Strecken, an Schächten und Bohrlöchern wurden vorgebracht. Vielen Fehlergebnissen steht eine Reihe günstiger Erfolge gegenüber: schon vor Jahren glückte der französischen Werksleitung in Bor der Nachweis weiterer Kupfererzkörper in Nachbarschaft des Čuka Dulkan in derselben Propylitzone. Hier einzureihen sind ferner die Erschließung der bedeutenden Pb-Zn-Lagerstätte Stari Trg von Trepca Mines, der Pb-Gänge von Zletovo, der Cu-Lagerstätten in Propylitonen Albulariens und andere.

Die Möglichkeiten der ernsthaften, weil geologisch begründbaren, wenn auch wagnisreichen Untersuchungsarbeiten in gewissen Abschnitten der Propylitonen des Balkans und Karpathenraumes sind auch heute noch lange nicht erschöpft, eine Reihe von Schurfproblemen harren noch ihrer Lösung. Dudice gehört hierzu.

2. Die geologischen und lagerstättenkundlichen Bedingnisse des Kupferschurfgebietes Dudice.

Die ONO—WSW verlaufende Kammlinie des Dudicegebirges, Bestandteil des Kozufgebirges (griechisch Moglenagebirge), bis über 2000m SH ansteigend, trennt den serbisch-mazedonischen Raum westlich des Vardartales vom griechisch-mazedonischen. Auf der Nordseite des Dudicemassivs (griechisch Pinovo), also im jugoslawisch-mazedonischen Raum, liegen die Kupfervorkommen. Die Kammlinie gab im ersten Weltkrieg auch die Front der Mittelmächte ab, Wege-, Straßen- und Seilbahnbau wurden zu ihr hochgeführt.

Auch wehrgeologische Tätigkeit hat dieses Gebiet während des ersten Weltkrieges gestreift, doch sind Nachrichten über Kupfererzfunde meines Wissens nicht übermittelt worden. Nur das Auftreten

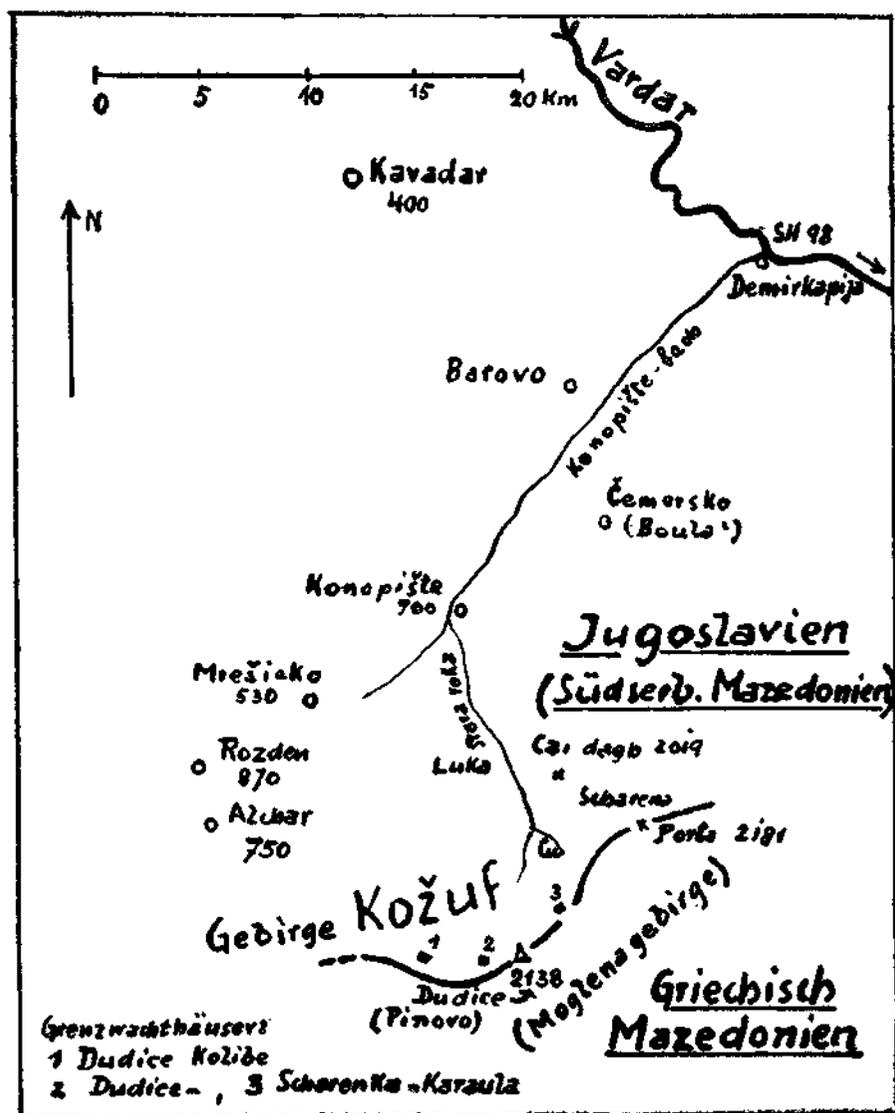


Abb. 1.

Allgemeine Lagenskizze des Dudicegebietes.

Cu = Kupferschürfe in der Energi-führenden Propylitbucht des Mirčevica potok-Tales.

von gediegen Schwefel war damals bekannt, von bulgarischer Seite ging darauf ein kleiner Gewinnungsbetrieb um.

F. K o s s m a t, der verdienstvolle Erforscher der zentralen Balkanhalbinsel, hat während des ersten Weltkrieges zwar das Gebiet von Dudice nicht selbst bereist, sah aber bereits ihm gebrachte Schwefelstufen dieser Herkunft. Er berichtet hiervon in seinem Buche (Lit. 16), in dem auch, aus allgemeiner Beziehung heraus, die Kalkmassen des 2138 m hohen Dudicegipfels für Kreide, Rudistenkalkfazies, gehalten werden (S. 98), allerdings ohne Angabe, ob tatsächlich Rudistenfunde gemacht worden seien.

K. O s s w a l d hat 1938 in seinem Werke zur geologischen Geschichte Nordmazedoniens (Lit. 28), seine geologische Kartenaufnahme 1/300.000 erläuternd, zu den geologischen Verhältnissen von Dudice Stellung genommen. Von K o s s m a t wird hierbei noch die Auffassung übernommen, daß der Dudicegipfel von einem Kreidekalkmassiv eingenommen wäre, doch scheint das engere Dudicegebiet von O s s w a l d nicht begangen worden zu sein. Die Schieferserie unter den Dudice-Kalken, Phyllite und Grünschiefer, stellt O s s w a l d bereits zu seiner Phyllitserie D, entsprechend der paläozoischen Velesserie von K o s s m a t.

Die Kupferfunde von Dudice wurden erstmalig 1931 in einem bergmännisch gefaßten Aufsatz von P e t u n n i k o w (Lit. 19) mitgeteilt; neben Enargitfunden und anderen Kupfererzvorkommen werden auch Bleierzfunde erwähnt.

Bereisungen der Bergingenieure T u r i n a und M e m p e l 1936 (Lit. 32) und U n t e r h ö s s l 1938 und 1940 (Lit. 33) haben in erster Linie den Kupfererzfunden gegolten, die von den damaligen Eigentümern der Schurfrechte in kleinem Maße stollenmäßig beschürft wurden. U n t e r h ö s s l hat die erste systematische Probenahme des Enargitganges im Stollenaufschluß 6 durchgeführt und einen Durchschnittsgehalt von über 3% Cu festgestellt, bei im Mittel 24 cm Gangbreite und 30 m erschlossener Strechlänge.

Ich selbst hatte Gelegenheit im Oktober 1940 (Lit. 35) eingehender eine geologische Untersuchung auf Dudice durchzuführen und das engere und weitere Bergbaugbiet in einer mehrtägigen geologischen Kartierungsarbeit, die seither durch wiederholte Besuche ergänzt wurde, etwas genauer kennenzulernen.

Die gesteinsmäßige Zusammensetzung des Dudicegebietes wird gebildet von Schiefen und marmorisierten Kalken mit nachfolgenden Durchbrüchen jungtertiärer vulkanischer Gesteine, begleitet von einem mächtigen Tuffmantel.

Bei den Schiefen handelt es sich um mehr und minder phyllitische Schiefer, zum Teil feinsandig. Stellenweise ist hochphyllitische Metamorphose vorhanden, bis zu richtigen seidenglänzenden Phylliten und Glanzschiefern, zum Teil Serizitphylliten und Quarzphylliten. Eingeschaltet in die Schieferserie treten Grünschiefer, auch kalkig, und Chloritphyllit auf. Auch dunkle, mäßig kristalline Kalke sind den Schiefen zwischengelagert. Vereinzelt sind dunkle, kohlenstoffreiche blättrige Schiefer, u. a. im Quellgebiet der Stara reka.

Die Schieferserie liegt im allgemeinen unter den Kalkmassen, auf tektonischem Wege wurden Schiefer auch in die Kalkmasse eingezwängt.

Die Kalke sind kristallin, von fast dicht scheinend feinkristallin bis zum mittelkörnigen Marmor, meist mehr massig als wie undeutlich oder zumindest nur abschnittsweise gebankt. In der Farbe hell, weißlich, klüftig bis leicht druckschiefrig, mitunter striemig. Häufig leicht bituminöser Geruch beim Anschlagen. Neigung zu Höhlenbildung entlang Schichtfugen, besonders in der Klamm des Stara

devonen Riffkalkmassen der steirischen Grauwackenzone, wie an anderer Stelle ausgeführt wird. Orthocerenverdächtige Querschnitte fanden sich im rötlichen Kalk auf der Nordseite des Ljuboten, bei Strpce. Bestimmbare Orthoceren hat F. Heritsch aus weiter südlich gelegenen metamorphen Kalken des Crni Vrh beschrieben und fand hierfür altpaläozoisches Alter gesichert.

Der Dudicekalk ist etwa mit dem Schedenkalk vergleichbar, ebenso wie ich für die Dolomitmarmore von Alchar westlich Dudice, von Kosmat für Trias gehalten, analog Scheden und Ljuboten nicht Triasalter, sondern Einordnung in die paläozoischen Kalkserien für zutreffender ansehe. Auch Osswald verweist dicht- bis feinkristalline Kalke aus der Umgebung des Dudicestockes ins Paläozoikum.

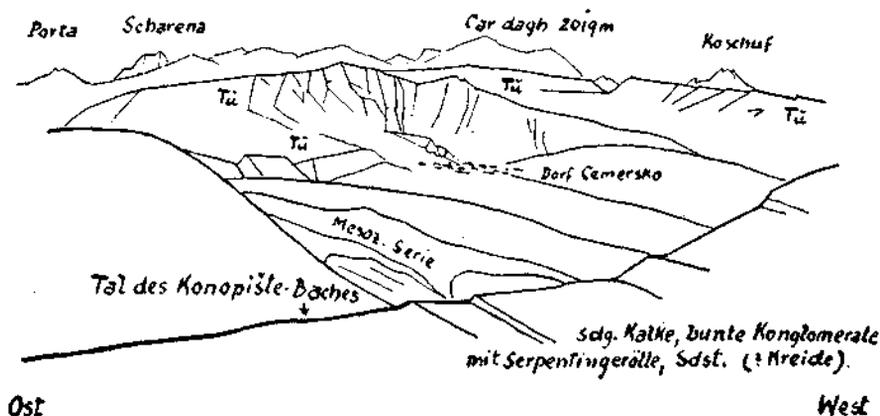


Abb. 3.

Ansicht der Vulkanberge Car dagh und Scharena im Dudicehauptkamm mit im Norden vorgelagertem Tuff-Fächer.

Gesehen vom Sattel West-Barovo an der alten Kriegsstraße Demirkapija—Konopište—Mrešieko.

Durch diesen Kalk- und Schieferkomplex des Dudicebereiches, von Gebirgsbewegungen, insbesondere wohl nachgosaubischen, bereits stark gestört, dringen im Jungtertiär gewaltige Massen vulkanischer Ergußgesteine hoch: vorwiegend Hornblendeandesit, Hornblende-Biotitandesit, Biotitandesit, weniger dazitisches Gestein, reichlich Grünstein-artige einsprenglingsfreie Andesite, im Hauptkamm östlich des Dudicegipfels Hornblende-Biotitandesite mit großen idiomorphen glasigen Feldspatzwilligen Sanidin, Trachytandesite und Trachyte.

F. Tučan (Lit. 11) hat den Sanidineinsprenglingen des Trachyts der Scharena zunächst Dudice eine Untersuchung gewidmet und dreifachen Habitus festgestellt: verlängert in der Richtung der 001-Achse, in der Richtung der 100-Achse und tafelige Zwillinge nach der Fläche 010. BaO-Nachweis in Sanidin gelingt. Tučan führt die wechselvolle Ausbildung der Jung-eruptiva des Dudicebereiches auf verschiedene Assimilation von Kalk und Tonschiefer der Nachbarschaft zurück.

M. Tajder (Lit. 29) hat aus einem Abschnitt des Kozufgebirges Ost Dudice petrografische Untersuchungen durchgeführt und fand unter den Vulkaniten Übergänge zwischen Dellesiten und Latiten; das Gestein der Scharena wird als Trachyt bezeichnet.

Das vulkanische Aufbruchsgebirge um Dudice verrät eine axiale Erstreckung in SW—NO-Richtung. Osswald (Lit. 28) bezeichnet den Südostrand des Eruptivfeldes auf der griechischen Abdachung als Störungsrand. Es ist eine heute noch aktive Störung (Erdbeben von Valandovo 1931), die Eruptivdurchbrüche seien um diese, zum anderen Teil um eine im Innern des Gebirges verlaufende NO-Störung gruppiert. Das Eruptivfeld des Kozuf-Moglenagebirges stellt sich quer dem von NW her andringenden Cerna-ast der dinarischen Vardarzone entgegen, denselben in einen nördlichen und davon verschieden gebauten südlichen Abschnitt teilend, so daß Osswald aus diesen Verhältnissen auf eine schon während der Aufschuppung sich herausbildende Störung schließt.

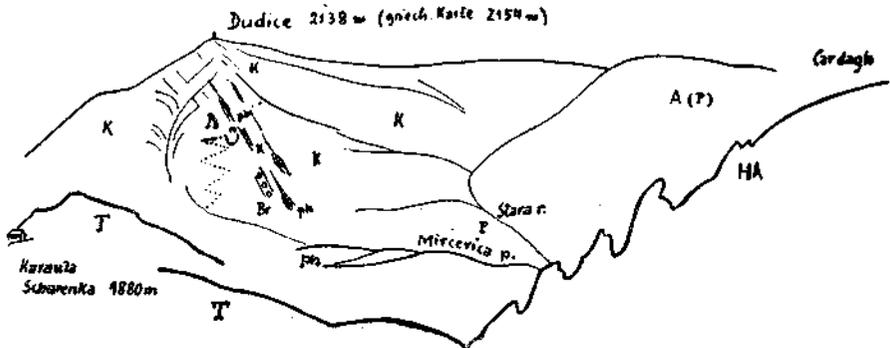


Abb. 4.

Ansicht des Dudicegipfels 2138 m, gesehen von Scharenka gegen SSW.

Pb = Schurfpunkt 10 des Textes; K = mäßig kristalliner Kalk; ph = Phyllit-Grünseiferserie; A = Andesit; HA = Hornblendeandesit; P = Propylit; T = Trachyt; Br = Breccienspalten.

Die jungen Eruptivgesteinsmassen sind in einzelnen umgrenzten Abschnitten propylitisiert, insonderheit im Gebiet der Vererzungen. Es sind Typen des verquarzten, verkiesten, kaolinisierten Andesits, bezw. Propylits entwickelt. Auch eine löcherige, quarzreiche Abart von Propylit besteht, mit ausgelaugten Hornblende- oder Kieskristallen, dem quartz carié von Bor vergleichbar (Mühlsteinbrüche W vom Berghaus u. a. a. O.).

Das Vorkommen von „Bänderpropylit“, durch Quarzbänder in regelmäßigem Abstand erzeugte Streifung, die an die Schichtung eines Tuffes gemahnt, sowie der Vergleich dieser Propylitabart mit dem quarzgebänderten Dazitpropylit von Mačkatica wird später noch im einzelnen geschildert.

Eine etwas stärker betonte Marmorisierung der an sich mäßig kristallinen Kalke an Andesitkontakten ist mitunter beobachtbar; sonstige Kontakterscheinungen fehlen. Erst die hydrothermalen Folgevorgänge erweisen sich an den Kontakten oft verstärkt.

Längs Kontakt Andesit zu Kalk zwischen den Tälern der Mirčevica potok und Stara reka erfolgte fast gangartig eine breite hydrothermale Verquarzung.

Innerhalb des Propylitgesteins, seiner O—W-verlaufenden steilen Klüftung folgend, treten ebenfalls gangartige Verquarzungszonen auf, häufig nachfolgender Vererzung dienstbar.

Die vulkanischen Blocktuff- und Feintuff-Massen im engeren Bereich von Dudice sind geschichtet und bestehen aus einem Wechsel von in sich massigen, groben Blocktufflagen mit Lagen von an Mächtigkeit überwiegenden feineren Tuffmassen, in denen mitunter noch vereinzelt gröbere Brocken oder auch noch recht große Blöcke liegen.

Die Blockbildungen werden in der Hauptsache von frischem Hornblendeandesit bestritten, die Blöcke sind eckig bis mäßig gerundet, ihre Größe schwankt von Faustgröße bis zu mehreren m³, grob ist zu mindergrob wirr gesellt, Abrollung, Sortierung oder Einschlichtung durch Schwemmbewegung ist nicht zu erkennen. Oft liegen die Blöcke ersichtlich ohne ihre stabilste Lage erreicht zu haben in Kristalltuff eingebettet, doch ist etwaige Einschlagwirkung nicht beobachtbar.

Derselbe gesteinsmäßig verfestigte Kristalltuff, welcher die Einbettungsmasse der groben Blocklagen bildet, setzt auch die im groben geschichteten, für sich mehr massigen Feintufflagen zusammen. Diese sind sandig mürb, leichter verwitterbar, Sedimentmaterial ist nicht beigemengt, die mineralischen Komponenten sind anscheinend die gleichen wie die des festen Blockandesits, unter Zurücktreten der dunklen Gemengteile. Petrografische Detailuntersuchungen stehen noch aus. Im Unterlauf der Stara reka hebt sich eine durch veränderten Feldspat weißliche Tufflage als weit ausstreichender Horizont heraus (Abb. 10 [Foto]). Fehlen auch eindringliche Anzeichen besonderer Umschwemmungs- oder Verschwemmungsvorgänge bei der Tuffablagerung wie Kreuzschichtung, rasch auskeilende Blocklagen usw., so sind vereinzelt doch schwache Diskordanzen der groben Blocktuffmassen gegenüber unterlagernden feineren Kristalltufflagen erkenntlich.

Beimengung von Sedimentmaterial in den Kristalltuff- und Blocktuffmassen konnte, wenigstens in den Zonen, welche den Vulkan-schlöten benachbart sind, nicht beobachtet werden.

Die nach Norden vom Dudicekamm absteigenden Täler entblößen in prachtvollen Wandfluchten die ungestört gelagerten, 5—6° nach Nord abfallenden Blocktuffmassen. Auf mehrere km Länge verfolgbar, streichen die einzelnen Grobblocklagen innerhalb der mehr sandig auswitternden feinen Kristalltuffe ungestört und gleichmäßig durch. Der kräftig wirkende Abtrag ruft an den Talwandungen schöne hohe Erdpyramidengebilde hervor, einzelne Blöcke, aus ihrem Verband herausgeschält, bleiben auf einem Stiel von rascher angreifbarem Kristalltuff sitzen.

Hoch am Gebirgskamm beginnend, ja zum Teil bis zur Kammhöhe 1900 m SH. reichend, strahlen die Tuffmassen ungestört als gewaltiger Fächer nach Norden in das Tertiärbecken bis nahe an Kavadar

hinaus, mehrere hundert Meter mächtig, an seinen Hochflächen und Verebnungen auch morphologisch gut erkenntlich. Es ist hier die Landschaft Morichovo. Im Tale der Stara reka, auch im Gebiet um Mreschitzko und Alchar zeigt sich, daß die Tuffmassen ein bereits kräftig zertaltes Relief ausfüllen, bei Mreschitzko und Roßden im Westen von Dudice ist auch Verzahnung der Tuffmassen mit fossilführender, limnischer, jungtertiärer Beckenfüllung zu beobachten. Ähnliches ist in Richtung Kavadar zu beobachten, von O s s w a l d bereits berichtet. O. W e l t e r (Lit. 9) findet in höheren Tufflagen des Außenrandes Einschaltung von Kalkbänken und Braunkohlenflözen.

Das Phänomen dieser Blocktuffmassen, wie überhaupt noch viele Einzelheiten der vulkanologischen Geschichte des Dudicegebietes bedarf noch gründlicher Untersuchungen, die in diesem Rahmen nicht geleistet werden konnten.

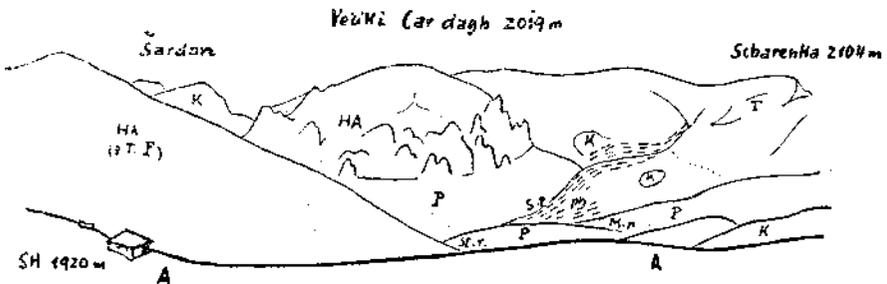


Abb. 5.

Blick über die Dudice Karaula nach NO gegen die Propylitische Bucht des Mirčevica Potok und Vel. Car dagh 2019 m.

ph = Phyllit-Grünschiefererle; K = Kristalline Kalk; HA = Hornblendeandesit; P = Propylit-Andesit; A = Andesit; T = Trachyt; St. r. = Stara reka; S. p. = Schareni potok; M. p. = Mirčevica potok.

Die Blocktuffe sind zu den chaotischen Breccientuffen zu rechnen, die Rittmann (Vulkane und ihre Tätigkeit, Lit. 24) als Ablagerungsgebilde von Glutwolken entstanden sieht, während einer Höhepunktphase des vulkanischen Ausbruchs. In Dudice, wo die geschichteten Blocktuffe fast nur auf den Nordabfall des Gebirges beschränkt hleihen, wären also durch Windrichtung aus Süden die Glutwolken nach Norden abgelenkt worden. Immer sind solche Blockbildungen ein Gradmesser der Explosivität des vulkanischen Geschehens. Nach Rittmann ist der Explosivitätsgrad

$$E = 100 \times \frac{\text{Geförderte Lockerstoffe}}{\text{Gesamtförderung}}$$

Gerade die ägäische Vulkanzone sei vorwiegend explosiv mit $E = 84\%$.

Tektonisch. Der Kalkzug des Dudicegipfels, mehrere hundert m mächtig, fällt mittelsteil nach Nordwest ein; streichende Störungen mit eingedrungenen Schieferkeiten spalten ihm auf. Die durch Andesit vom Dudicekalk getrennte Kalkplatte des Stara-reka-Tales verrät mehr flachwelligen Bau. Die Schiefer der Unterlage sind naturgemäß stärker gestört, stark wechselnde Streich- und Fallrichtungen ver-



Abb. 7.

Hornblende-Biotit-Andesit des Car dagh. Hartes, frisches Gestein ragt als Felsmauer schlotartig aus etwas älterem propylitischem, darum leichter verwitterbarem Andesit heraus. Sicht gegen NO.

(Photo Dr. Kautsch.)



Abb. 8.

Das Tal des Mirčevica potok im Bereich der Enargitaufschlüsse (Sicht gegen Süden), im zerklüfteten Propylit eingeschnitten.

(Photo Dr. Kautsch.)



Abb. 9.

Die Werksanlagen Dudice beim Unterbaustollen SH 1405 m, im Winter 1942/43. Das Schneehaupt im Hintergrund, der Dudicegipfel. Blickrichtung gegen Süden.

(Photo Dr. Kautzsch.)

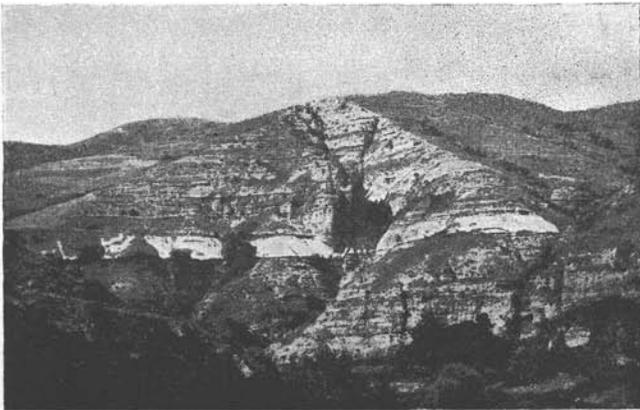


Abb. 10.

Flach nordfallender Tuffmantel des Dudicevulkans im Tal der Stara reka bei Konopište. Schichtige, feinsandige Kristalltuffe, wechsellagernd mit groben chaotischen Breccientuffen; helle Lage aus stärker gebleichtem Material.

(Photo Dr. Kautzsch.)

ursachend. Nach den geologischen Verhältnissen zwischen Demirkapija und Konopište zu schließen, ist das Hauptmaß dieser Störungen von der nachgosauisch wirksamen Gebirgsbildungsphase (Iaramisch) herrührend.

Gewaltige Berstungsrisse mit mächtigen, kaum verheilten Trümmerbreccien innerhalb der Kalkdecke (Dudice Nordhang, Starareka-Tal) sind jüngeren Alters, den miozänen Eruptivdurchbrüchen zuzuschreiben.

Auch jüngere nach andesitische, bezw. auch noch postmineralische Störungen sind innerhalb des Andesitmassivs zu beobachten. Eine für den erzführenden Raum bedeutsame Störung im Scheitel einer lokalen Auffaltung setzt im Mirčevical aus den Schiefen in die Cu-vererzte Propylitzone über.

Auffallend ist die bereits hervorgehobene ungestörte Ablagerung der Blocktuffmassen. Die hauptsächlichsten Gebirgsbildungsbewegungen müssen demnach kurz nach Abschluß der Propylitisierungs- und Vererzungsphase des Andesitvulkanismus, noch vor der Blocktuffausschüttung zum Stillstand gekommen sein.

In der Folge wird durch lebhaften Abtrag das schon vorvulkanisch gebildete Gebirgsrelief wieder hergestellt und vertieft, vermutlich unterstützt durch Fortschreiten der Senkungsvorgänge im anstoßenden Tertiärbecken. Damit erhielt die Landschaft das Gepräge eines bis in Hochregion erhobenen oder besser während Senkungs- und Ausräumungsvorgängen randlich zurückgebliebenen, in jugendlicher Zerschneidung befindlichen vulkanischen Durchbruchgebirges. Vorvulkanisch bestand bereits ein tief zerschnittenes Relief, über das sich die Tuffmassen, viele hundert m mächtig, mitunter steilwandige Täler füllend, in fast ungestörter Lagerung ausbreiteten (Abb. 2). Der Kern des Gebirges ist aus seinem Aschenmantel bereits herausgeschält und der vulkanische Leib tief herab erniedrigt. Mächtige Stöcke von frischem, unversehrtem Andesit inmitten mehr oder weniger veränderter, zum Teil propylitisierter Zonen dieses Gesteins dürften die jüngste Füllung der Vulkanschote, den Blocktuffauswurf abschließend, darstellen. Der Gebirgsstock des Veliki Car dagh, welcher mit rundlichem Umriß und ringmauerartigen Felsabbrüchen aus seiner Umgebung herausragt (Abb. 3, Foto Abb. 7), wäre für einen solchen Vulkanstiel zu halten. Die frischen Hornblendeandesite der groben Blocktuffmassen sind identisch mit dem Gestein solcher Stiele.

Das miozäne Alter des Andesitvulkanismus im Raume von Dudice ist vor allem aus dem Verband der ungestörten, geschichteten Blocktuffe mit den vermutlich miozänen Süßwasserschichten im Raume Alchar—Roßden, am Ostrand des Tertiärbeckens von Kavadar abzuleiten; das Miozän (zum Teil Pliozän?) daselbst überlagert fast ungestört stärker gefaltetes Oligozän.

Es wäre eine fesselnde und dankenswerte Aufgabe, das engere und weitere Vulkangebiet von Dudice mit seinen eindringlichen vulkanologischen Phänomenen im einzelnen zu erforschen und damit das Gesamtbild seiner Entstehung und seiner Wirkung auf den geologischen Bau der benachbarten Tertiärbecken genauer zu erfassen.

Die Vererzung.

Nach Art der Vererzung können 3 Vorkommengruppen unterschieden werden, die räumlich als auch genetisch etwas verschiedene geologische Beziehungen aufweisen.

a) Die arsenig-schwefeligen Kupfererzorkommen, Enargit neben Covellin und Pyrit, in der von Störungen durchsetzten, einspringenden Propylitbucht im Bereich des Mirčevica-Baches.

b) Die Ausscheidung von Solfatarenschwefel, fallweise in Nachbarschaft zu Pyrit, hauptsächlich in einer an die Enargitvererzung im Südwesten anschließenden Zone. Stara reka einerseits, Dudice Nordhang andererseits. An letzteren Stellen, nach älteren Berichten auch im Stara-potok-Tal, in Verbindung mit Bleiglanz. Die Vorkommen sind entweder an Störungen gebunden, die Kalk durchsetzen und Schiefer, im oberen Stara-potok-Tal schwärzliche Schiefer, eingeschleppt haben, oder finden sich innerhalb Propylit in Kontaktnähe zu Kalk.

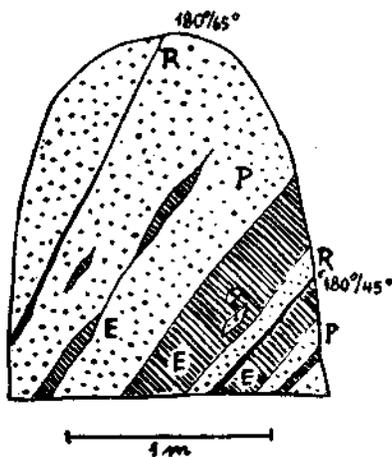


Abb. 6.

Feldort m 45 des Stollens 6 in der Propylitbucht des Mirčevica potok-Tales.

E = Quarz-Pyrit-Enargit-Gang und Nebentrümmer; P = Mäßig propylitisiertem Hornblende-andesit; R = Schwärzlich belegte Rutschflächen, 180°/45°, bzw. 180°/65° fallend.

c) Imprägnationen und Schwärme kleiner Gängchen von Kupferkies und Pyrit, oder Cu-haltigen Pyrit allein, mit reichlich Quarz als Gangart, in mäßig propylitisiertem, mehr Grünsteinartig verändertem Andesit: Dudice Karaula, Schareni potok.

Die einzelnen Aufschlüsse sollen im folgenden zuerst mit Stand Ende 1940, also noch vor Aufnahme des deutscherseits geführten Schurfbetriebes, kurz geschildert werden, um im Verein mit den schon damals erkannten allgemeinen geologischen Bedingungen ersehen zu lassen, was die großzügigere Untersuchung dieser Vorkommen rätlich erscheinen ließ. Anschließend, nach Erörterung der Erzhöflichkeit, werden die seither zusätzlich erschürften Aufschlüsse kurz gekennzeichnet. Hierzu geologischer Detailplan.

Im Tale des Mirčevica potok.

Stollen 6, westliche Talseite, SH 1540 m, im Herbst 1940 in Vortrieb und lieferte damals den beachtlichsten Aufschluß. Aus einer dünnen Pyritschnur im Propylit hat sich bei stollenmäßigem Verfolgen ein ziemlich regelmäßiger Gang entwickelt, nach 160° unter 50° fallend, mit anhaltender (Feldortstand 35 m ab Mundloch), in der Mächtigkeit allerdings schwankender Erzführung von Enargit, Pyrit, Covellin, und als Zersetzungserz Buntkupfer. Die Mächtigkeit der Vorkommen, abgesehen von einer örtlichen Ausweitung bei Stollenmeter 14 auf 50–60 cm, schwankten zwischen 12 und 20 cm, bei guter First- und Sohlfortsetzung. Auch das Feldort stand in gut verzerrter Ausbildung, die weiterhin anhielt. Nebengestein hochgradig propylitisierter Andesit, in Gangnähe von einzelnen Rutschflächen durchzogen, während die Gangspalte selbst keine nachträglichen Bewegungsmerkmale aufwies. Erznähte und Gangschmitzen auch außerhalb der Gangfüllung.

In der Gangfüllung Pyrit in Vormacht, teils in derben unregelmäßigen Körnern und Kornaggregaten, teils in Kristallen von oktaedrischer Tracht, drusenbildend. Pyrit und Enargit verwachsen oder aber Enargit — doch etwas jünger — korrodiert Pyrit. Enargit in Kristallen und in derb kristallinen Aggregaten, häufig auch drusenbildend. Wenig Gangart Quarz, in jüngster Phase als Drusenüberzüge.

Eine Probung des Ganges, durchgeführt von Dipl.-Ing. Unterhössl, Sept. 1940, über 25 m Streichlänge, die Proben jeweils 5 m umfassend, ergab 3–5% Cu bei 10–18 g Ag/t, ohne Goldgehalte.

Eine eigene Probenahme quer über 15 cm reine Mächtigkeit im Feldort m 35 ergab ebenfalls über 3% Cu.

Stollen 7, westliche Talseite, SH 1550 m, ca 150 m talaufwärts von 6 (Pkt. 7 der Karte), ein größeres Pyritnest im kaolinisierten Propylit, zur Zeit keine Kupferspuren.

Stollen 8, östliche Talseite, oberhalb St. 7, SH 1555 m, knapp am Schieferkontakt zu Propylit. Dunkler phyllitischer Tonschiefer, stark verquarzt, streifige, der Schichtung folgende Kristallimprägation oder metasomatische derbe Streifenvererzung von Pyrit und Enargit, etwa metermächtig, im Streichen kurz anhaltend, dann der Beobachtung entzogen. Kurzer Stollen verquert bereits in tauben Schiefer hinein.

Stollen 9a und 9b, letzterer westliche Talseite, SH 1580 m, mit einigen größeren reichen Nestern von Enargit bei wenig Pyrit, einige dem im Durchmesser, entlang undeutlicher Gangspätchen im quarzreichen Propylit. Turina und Mempel (Lit. 32) haben für eine Stufenprobe dieses Vorkommens angegeben: 20·38% Cu bei 7·59% As und 0·25 g Au/t.

Die 6 m tiefere Unterfuhung, Stollen 9a, auf der östlichen Bachseite, 22 m lang, hat bisher nur Propylit durchörtert, bei m 20 erscheint nach Unterhössl „eine 40 cm breite, verquarzte, südöstlich streichende Zone mit Pyrit, welcher 0·33% Cu probiert“.

Im Tale der Stara reka.

Stollen 4, SH 1550 m, setzt in Propylit an, mit Richtung auf Kalkkontakt. Der marmorisierte Kalk reicht als breite zerrüttete Zunge in den Propylit hinein, steil einfallend, von groben Trümmerbreccien längs Störungen begleitet. An einer solchen Störung dringt auch andesitische Breccie hoch. Die Strecke durchörtert Propylit mit Pyritnestern. Vereinzelt halten solche Nester, nach Beobachtung Unterhössl, auch Spuren von Enargit; Pyritproben hielten 0·3% Cu. Bei m 80 wird, zur Zeit infolge Verbrauch nicht befahrbar, der Kalkkontakt erreicht, an demselben angeblich leigg zersetzter Propylit mit Muegeln von gediegen Schwefel, Reste davon auf der Halde. Es seien 4 t Reinschwefel seinerzeit ausgebeutet worden. Bei m 42 ab Mundloch im Propylit eine Störung, nach $190^\circ/85^\circ$ fallend, kurz verfolgt: Rutschharnische, Gangbreccien mit Kalkschollen und Leitensalband, sowie Pyritimprägationen bemerkenswert. Diese Störung kann für Ausrichtungsarbeiten im Nachbarraum bedeutsam sein.

Stollen 5, SH 1565 m, innerhalb des vorerwähnten Kalkvorsprungs. Überliefert als bulgarische Arbeit im ersten Weltkrieg. Stollen entlang Störung im Kalk, nur wenige m zugänglich. Aus Schachtl, — 12 m tief, erfolgte

angeblich Förderung von gediegen Schwefel, wovon Reste auf der Halde. Der tiefer gelegene Stollen 4 ist anscheinend noch nicht unter 5 vorgekommen.

Die Schürfe 2, 3 ca. SH 1650 m (außerhalb der geologischen Detailkarte), talaufwärts von 4 und 5. Es war 1940 nur ein Stollen teilweise befahrbar. Zimmerung und starke Verschmandung behinderten genaue Einsicht. Stollen verläuft entlang Kontakt propylitisierter Andesit zu dunklen, teilweise leutig zersetzten Schiefen. Bei m 25 ab Mundloch eine Störungszone, Kluftzerreibsel mit Mugeln von gediegen Schwefel. Ein Schachtl, angeblich —10 m, wassererfüllt, soll noch gediegen Schwefel vor Ort anstehen haben. Der Schwefel, dicht derb, ist zu kleinem Teil von gelber, überwiegend von schwärzlichgrauer Farbe, bei Beibehalt fettigen Glanzes.

Nach Petunnikow (Lit. 19) wurden im Slara-reka-Tal auch PbS-Funde gemacht, ähnlich den Vorkommen unterm Dudicegipfel.

Nordhang Dudicegipfel (Abb. 3).

Das Vorkommen 10, ca. SH 1880 m (außerhalb der geologischen Detailkarte, siehe 2. geol. Karte und Ansicht Abb. 4), ist mitten im Kalkmassiv abseits des Propylitkontaktes gelegen. Obertags zeigen sich zwei mächtige Störungsklüfte mit Trümmerbreccien und eingekeilten dunklen Schiefen. Andesitgestein unter den Gangtrümmern wurde von Turina und Mempel erwähnt. Der Stollen, ca. 60 m lang, mit einigen seitlichen Abzweigungen, ist sehr stark verschmachtet, anscheinend wurde eine limonitische Störungskluft, NW-fallend, verfolgt und in dieser gediegen Schwefel und Bleiglanz gefunden. Auf der Halde Reste von hellgelbem Schwefel in leutigem Tonschiefer und feinkörniger, bleischweifartiger Bleiglanz mit grafitischem Letten verschmiert. — Nach Petunnikow kam reichlich Anglesit vor, Proben von Bleiglanzstufen nach Turina-Mempel ergaben 47% Pb, Ag-frei, solche von Petunnikow über 58% Pb, 12 g/t Ag, 0-12% Sb und Spuren von Zn, Bi und As. Die sogenannte „schwarze Erde“ Petunnikows ist wohl zersetzter Schiefer gewesen; angeblich wurden 20 t PbS ausgebeutet.

Erzvorkommen, beiderseits des Sattels der Dudice Karaula (außerhalb der geologischen Detailkarte). Das westlich gelegene Vorkommen in SH 1900 m im Dudicka potok, dem Oberlauf der Suva reka: Nebengestein dichtgrüner einsprenglingsfreier Andesit, z. T. auch veränderter, ursprünglich wohl etwas tufiger Andesit. Ein Gang, in einzelne gewundene Trümmer aufgelöst, von Paralleltrümmchen begleitet, bestehend aus Quarz, Pyrit und Kupferkies mit Oxydationserzen. Kiesige Imprägnationen des Nebengesteins in Nachbarschaft zum Gang. Jüngere Störungen 250°/30° und 60°/80° fallend, quer durch setzend. Mächtigkeiten, summarisch, bis zu 0-5 m. Streichlängen wenig anhaltend.

Die Vorkommen östlich und nordöstlich der Dudice Karaula beschränken sich auf Cu-Karbonatausblühungen im veränderten Andesit, aus der Verwitterung kleiner Quarzgängchen herrührend, die Cu-hältigen Pyrit neben wenig Kupferkies enthalten.

Scharenipotok.

Etwa 200 m oberhalb des Zusammenflusses mit dem Mirčevicabach: reichliche Pyritimprägnationen im hochverquarzten Propylit am Schieferkontakt. Keine Cu-Spuren, nicht aufgeschürft.

Erzhöflichkeit.

Zur Frage der Erzhöflichkeit des Dudicegebirges wurde, noch vor Beginn des großzügigen Schurfbetriebes 1941, unter folgenden Gesichtspunkten (Lit. 35) Stellung genommen:

„Irgendeine größere aufgeschlossene und bauwürdige Lagerstätte besteht zur Zeit nicht, weder hinsichtlich Kupfer, Blei noch Schwefel. Sichtbares und wahrscheinliches Erzvermögen ist also keines zu errechnen.“

Für Überlegungen in Richtung auf großzügige bergmännische Untersuchungsarbeiten kommt, geologisch begründet, nur die **H ö f f i g k e i t** hinsichtlich Kupfererzlagerstätten in Frage; Edelmetallgehalt ist nicht oder nicht in einem wirtschaftlich entscheidenden Ausmaß vorhanden.“

„Der zurzeit (Oktober 1940) im Stollen 6—Mirčevical auf 35 m Streichlänge ausgeschlossene Kupfererzgang mit 15—20 cm Mächtigkeit und 3—5% Cu birgt selbstverständlich keinen bauwürdigen Lagerstättenkörper. Dieses Vorkommen ist vorläufig ebenso nur als Indikation zu werten wie die übrigen, mehr nesterartigen Funde von schwefelarsenigem Kupfererz.

Auch das Auftreten von gediegen Schwefel, z. T. von Bleiglanz begleitet, führt zu keinen geschlossenen Lagerstätten, sondern beschränkt sich auf Mangelzonen in Kontaktbereichen.

Die erwähnten Kupferkiesimprägnationen und -gängchen im Andesit sind ziemlich flüchtiger Art.

Diese Befunde, für sich allein gesehen, würden allerdings das Schurfgebiet nicht gerade hoffnungsvoll beurteilen lassen.“

Als Ergebnis der geologischen Kartierung sowie auf Grund vergleichender lagerstättenkundlicher Momente war jedoch schon 1940 folgendes herauszustellen:

a) Der Raum, in welchem die arsenschwefeligen Kupfererze, bzw. Enargitvorkommen im Mirčevical auftreten, ist gebildet von einer tief in die Schiefer-Kalk-Serie einschneidenden Bucht von ziemlich hochpropylitisierem Andesit. In diesen Raum greifen überdies randlich und auch schräg durchsetzend Störungen ein. In Sonderheit ist die Antiklinalstörung ober dem Aufschlußpunkt 9 als auch jene Störung bemerkenswert, die am Südrand mit der Trümmerzone in Kalk und dem Quarzgang in Verbindung steht. Es herrscht also in dieser Propylitbucht auch eine beachtliche, wahrscheinlich auch tiefgreifende Auflockerung, geeignet, einen Sammelweg und Ausscheidungsplatz für metallhaltige nachvulkanische Lösungen abzugeben. Tatsächlich erreicht die propylitische Umwandlung in diesem Raum einen Höhepunkt, die Enargitvorkommen sind in der Hauptsache auf diesen Raum beschränkt. Bekanntlich sind nach weltweiter Erfahrung solche magmatischen Ausbuchtungen, Einstülpungen, meist nachfolgend von Störungen durchsetzt, aus den oben erwähnten Gründen bevorzugter Bildungsplatz von Erzlagerstätten.

b) Das arsenschwefelige Kupfererz Enargit (Cu_3AsS_4 , 48% Cu, 13% As) gehört im allgemeinen zu solchen Erzparagenesen, die zwar selten, dann aber lagerstättenbildend auftreten.

Im nächsten Abschnitt dieses Aufsatzes wird der Vergleich Dudice zu übrigen bekannten Enargit-führenden Kupferlagerstätten gezogen, insbesondere zu solchen des europäischen Südostraumes, die zumeist in ähnlicher magmatischer Abhängigkeit stehen wie Dudice.

c) Was im Dudicegebiet durch Erosion heute bloßgelegt ist, zeigt noch oberflächennahen Vulkanismus an; sowohl Verbindung mit der Tuffdecke, Erkennbarkeit alter Schlote, als auch das Auftreten von Solfatarenschwefel bezeugen dies.

Bor in Serbien wäre im Vergleich dazu tiefer abgetragen, der Kranz von Solfatarenschwefel fehlt, der gediegen Schwefel, der dort

in der Eisernen Hut-Zone vorkommt, ist anderen Ursprungs. Es ist daher für Dudice eine gewisse Hoffnung berechtigt, daß die sporadischen Enargitvorkommen im Bereich der Propylitbucht des Mirčevica polok als oberflächennahe Anzeichen einer stärkeren Bewegung Cu-hältiger Lösungen in der Tiefe gelten können und gehäufte Ausfällung von Kupfererzen in etwas größerer Tiefe zu erwarten wäre, die eigentliche Enargit-, bezw. Kupfererzzone läge erst tiefer.

Ergänzend ist noch vorzubringen, daß das reichliche Vorhandensein von Kalk-, bezw. Marmor Massen innerhalb der engsten Umrahmung der „Propylitbucht“, ja mitunter unmittelbar am Eruptivkontakt selbst, besondere Beachtung verdient. Die Gegenwart eines für Verdrängungsvorgänge günstigen Aufnahmegesteins erhöht die Schurfaussichten. Daß die aufsteigenden Metallösungen in der Tat eine kräftige Umsatzwirkung besaßen, ist durch den Enargit-vererzten Schiefertyp am Eruptivkontakt des Stollens 4 augenscheinlich.

Die seit Ende 1941, bezw. 1942 als neuzeitlich eingerichteter Schurfbau geführten Aufschlußarbeiten, von Beginn an auf eine großzügige Grundlage gestellt, galten der Untersuchung der erzhöflichen Propylitbucht in Gesamtheit. Diese Arbeiten sind von diesem Ziele noch ziemlich weit entfernt, sie wurden im Herbst 1943 kriegsbedingt eingestellt. Darum ist aus der Tatsache, daß bisher noch keine bauwürdige Lagerstätte angetroffen wurde, noch kein Schluß für die Zukunft zu ziehen. Die Zahl der kleinen Enargitaufschlüsse hat sich aber seither in beachtlicher Weise vermehrt. Diese zusätzlich aufgefundenen Enargitvorkommen liegen fast durchwegs in der Propylitbucht, deren bevorzugte Stellung während Passage der Cu-Lösungen bestätigt erscheint.

Im einzelnen sind die Neuaufschlüsse wie folgt zu kennzeichnen.

Hauptstollen SH 1405 m. Bei m 290 eine flach fallende Erzklüft im Propylit, bis dem stark, absätzig, mit Pyrit, Enargit und Covellin gefüllt. — Bei m 342 eine quer durchsetzende, verquarzte Zone mit derber Pyritvererzung, sowie nesterartig auch Enargit und etwas Covellin.

Stollen 6 in SH 1517 m. Das Auslängen im Gangstreichen vom Schieferkontakt weg in Richtung nach West hat bei sehr absätziger Enargitführung fast 100 m erreicht; der letzte Abschnitt war stärker gestört, vor Ort besteht der Gang nach Mitteilung von Dr. Kautzsch nur mehr aus einer dünnen Erzschnur von 2–3 cm Mächtigkeit.

Stollen 6a in SH 1505 m. Dieser Stollen war August 1942 neu angesetzt wegen ungünstiger Mundlochlage von Stollen 6; er geht verquerend in Richtung auf Gang des Stollens 6 und über diesen hinaus in Richtung auf die Innenecke der Propylitbucht.

Die ersten 60 m dieses Querschlags durchfahren pseudoschichtigen Propylit, der an 2 Stellen klüftgebunden Enargitnester aufwies. Die Pseudoschichtung erweist sich als eine, nach parallelen Nähten vordringende Quarzbänderung des verquarzten, pyritischen Propylits, rein lösungsmechanisch zustande gekommen, ohne eine in dieser Richtung vorhergehende Klüftung. Die an Tuffschichtung erinnernde Bänderung liegt — schon primär — ziemlich flach geneigt. Entspricht diese Pseudoschichtung rhythmischen, mit Kieselabsatz verbundenen Vordringen von Kieselthermen am Ende des

Propylitisierungsaktes, wobei die Bänderung gleichsam die Fortschrittsmarken hydrothermalen Grundwasserstände anzeigen würde? Mitunter umschließen diese dünnen, schichtartig parallelen Quarzbänder unter Ausweichen oder Abbiegen noch eckige Reste frischeren Andesits. Auch eine nicht verquarzte, doch pyritisierte Scholle des benachbarten Schiefers ist in diesem eigenartigen Bänderpropylit eingeschlossen.

Der im Stollen 6 aufgefahrene Gang (Nr. 1) wurde im Stollen 6a, also 12 m tiefer, bei m 85 angefahren, im Bereiche intensiverer jüngerer Störungen, die das Streichen und Verfläachen des Ganges unregelmäßig gestalten. Die Streichauffahrung wurde nach Ost, in Richtung Schieferkontakt durchgeführt, der nach 100 m Streichlänge noch nicht erreicht ist. Die Erzführung des Ganges hielt bis m 35 Streichlänge an, doch in unregelmäßiger, absätziger Ausbildung, nur örtlich mit reicheren Enargitnestern. Bei m 32 fiel der Gang in Richtung 140° unter 70° ein, er schiebt jedoch aufgelöst in 3 Erzschnüre von 5–15 cm Stärke ein, begleitet von mit schwarzem Letten erfüllten, gleichfallenden Klüften.

Der querschlägige Stollen 6a verschneidet bei m 98 einen zweiten Gang (Nr. 2), der nach Ost ausgerichtet wurde. Es zeigt sich ein dünner Quarzpyritgang mit Enargit, 180°/70° fallend, tektonisch etwas regelmäßiger als Gang Nr. 1. Der Schieferkontakt wurde auch hier noch nicht erreicht, vor Ort stellt sich ein sandiger Propylit ein; der weitere Vortrieb müßte nach 20 m unter die metasomatische Schiefervererzung des Stollens 4 kommen.

Querschlag 6a verquert bei m 128 ab Mundloch eine weitere Erzkluft, unter 80° nach 10–20° fallend; zu reichlich Pyrit finden sich derbkristalline Nester von Enargit in Dezimeterstärke. Das Feldort des Querschlages derzeit bei m 194 in Propylit.

Außer den Stollenaufschlüssen innerhalb des engeren Bereiches der Propylitbucht wurde noch an 3 Stellen, auf der geologischen Karte vermerkt, kleinere Enargitfunde gemacht und etwas aufgeschürft.

Ein weiterer beachtlicher Enargitaufschluß, bereits am Außenrand der Propylitbucht gelegen, am nordseitigen Ufer des Schareni potok, wurde mittels eines kurzen Stollens erzielt. Ein stark verquarzter Propylit, etwas an quartz carié gemahnend, ist ohne ausgesprochene Gangkluft von Enargit vererzt; zum Teil bildet Enargit Drusen und Kristallrasen, fast feinstrahlige filzig bis dünnsäulig und bis cm-Länge; daneben auch Imprägnationen von Enargit gemeinsam mit gediegen Schwefel. Ausnahmsweise ist auch Umsetzung in karbonatisches Kupfererz, Malachit, zu beobachten.

Allgemeines zur Frage der Vererzung.

Der bisherige Schurfbetrieb hat bisher jedenfalls den Nachweis einer Verdichtung aller dieser kleinen — noch unbauwürdigen — Enargit-Covellin-Vorkommen innerhalb der Propylitbucht erbracht.

Die verbesserte geologische Aufnahme zeigte ferner, daß in Dudice eine Verquarzung als Grundlage der auf sie aufgepropften Kupfervererzung in ähnlicher Weise besteht wie in Bor, wo dies schon frühzeitig Lazarevič (Lit. 6) aufgefallen ist und sich auch heute der Beobachtung aufdrängt (Lit. 34). Die Detailaufnahme Dudice hat mehrere solche W—O-gerichtete, mit der Richtung der Hauptklüftung annähernd übereinstimmende Verquarzungsstreifen quer durch die Propylitbucht kartiert, die Enargitvorkommen sind diesen Verquarzungszonen zugeordnet.

Die Paragenese der bisher angetroffenen Kupfervererzungen innerhalb der Propylitbucht beschränkt sich auf Enargit und Covellin, beide als primäre Erzminerale, neben primärem Pyrit, der sich in der Regel als kupferfrei erweist. Fahlerz in Spuren.

Covellin tritt meist in gut kristallisierten sechseckigen Täfelchen auf, zum Teil mit Enargit verwachsen. Drusenstruktur ist für die Kupferminerale vorherrschend. Insbesondere Enargit ist vorwiegend in Drusenform entwickelt, mit meist dicksäuligen Kristallen, aber auch mehr dünnsäulige bis strahlig filzige, sowie derbkristalline Aggregate von Enargit kommen vor.

In Drusenräumen erweist sich älterer Pyrit häufig korrodiert, von Enargit angelöst, während Enargit und Covellin frische scharfe Kristallkanten zeigen. Vereinzelt ist Enargit von etwas jüngerem Pyrit angelöst. Buntkupfererz vereinzelt und wohl sekundär. Über Enargit und Covellin wird noch fallweise eine jüngere Quarzgeneration mit steilen Pyramiden angetroffen.

Auf Drusenstufen des Stollens 6a, auch auf solchen des Hauptstollens, werden spärlich als jüngstes Erzmineral dünnste, metallisch glänzende Nadelchen beobachtet — eine Untersuchung (Sb-Glanz? Bi-Glanz?) ist zurzeit mangels ausreichendem Materials nicht möglich.

Durchschnittsproben über den Gang des Stollens 6 haben Spuren von Sb und regelmäßig kleine Zn-Mengen ergeben; beispielsweise ergab die Analyse über 45 cm Gangmächtigkeit bei Stollenmeter 45: 3.25 Cu, 1.0 As, 0.2% Zn, Spur Sb, 18 g/t Ag, 0.5 g/t Au. Der Reicherzanteil desselben Ganges bei m 45, $\frac{1}{3}$ der Gangmächtigkeit von 0.7 m betragend, hielt: 6.8% Cu, 1.8% As, 0.2% Zn, Spuren von Sb, 40 g/t Ag und 1.1 g/t Au.

Der Zn-Gehalt der Analysen scheint dem Fahlerz zu entstammen, im Anschliff war kein Zinkmineral zu entdecken. Sb wäre vielleicht auf Beimischung von Famatinit zurückzuführen. Auch der Enargit von Bor ist Sb-hältig, bis zu 1.4% Sb.

Für den Pyrit ist bemerkenswert, daß seine oktaedrische Ausbildung auf den Enargitgängen des Stollens 6 und 6a im 100 m tieferen Hauptstollen auf diesen Gängen vorgelagerten Erzfunden einer Kristalltracht weicht, wo neben Oktaeder das Pentagondodekaeder vorherrschend ist.

Weder Kupferkies noch Kupferglanz sind makroskopisch Bestandteile der Enargitparagenese; auch in den wenigen Anschliffen wurden sie nicht festgestellt.

Über meine Bitte hat Prof. Friedrich, Leoben, einige Anschliffe von ihm noch aus Mazedonien zugesendetem Dudice-Erz angefertigt und untersucht, er konnte ebenfalls nur Enargit und Covellin, beide primär, neben Pyrit bestätigen. Der Pyrit, der in Hohlräumen schöne oktaedrische Kristalle bildet, erscheint u. d. M. vielfach von Quarz, aber auch von Enargit angelöst. Auch kommen im Enargit zahlreiche Verdrängungsreste des Pyrits vor; Enargit enthält auch oft sechseckige Querschnitte aus Quarz, so daß beide entweder gleichzeitig, oder der Enargit noch später sich ausscheiden. Der Enargit enthält in seinen größeren Nestern nicht selten sehr feine, nur bei starker Vergrößerung sichtbare Einschlüsse; ein

Teil derselben ist sicher Covellin, daneben möglicherweise ein zweites bläuliches Mineral mit starken Innenreflexen (Silbermineral, Rotgiltierz?). Covellin ist sicher primär. Ganz selten, nur bei langem Beobachten sichtbar werdend, trifft man kleine Fahlerz-Splitterchen, die den obigen Körperchen ähnlich, aber weniger blau sind und, soweit bei starker Vergrößerung feststellbar, isotrop sind.

Die Kupferparagenese im Propylit von Dudice ist bemerkenswert einförmig und unterscheidet sich dadurch von anderen Kupferergängen mit Enargitführung. Zweifellos hatten die aufsteigenden Lösungen Schwefel in Überschuß, so daß die schwefelreichsten Sulfide gebildet wurden, — kein Kupferglanz, wohl aber Covellin —, auch kein Magnetkies, sondern nur Pyrit. In Verbindung mit Arsen, das in seinen Mengen aufs knappste bemessen war — andere Arsenminerale als Enargit sind nicht zugegen — gelingt eine weitere reichschwefelige Kupferverbindung, der Enargit. Der Überschuß an Schwefel ist schließlich im Absatz von gediegen Schwefel dargetan, ohne daß deshalb immer reduzierende Medien, wie die kohlenstoffreichen, dunklen Schiefer an manchen Kontaktstellen, oder der Bitumengehalt der Kalke in Nähe sein mußten. Das Weglösen des Pyrits durch Enargit zeigt den Höhepunkt der chemischen Wirksamkeit des Thermalnachscheses an.

Die übrige Kupfervererzung auf Dudice, außerhalb der Propylit-zonen, führt keinen Enargit, sondern Kupferkies neben Pyrit und Quarz; ihr Nebengestein ist frischerer oder Grünstein-artig veränderter Andesit. Diese Erzbildung entspricht kühleren Temperaturbedingungen.

Die Absatzfolge der Dudicevererzung innerhalb der Propylitbucht ist entsprechend der Armut an Mineralarten auch einfach zu übersehen. Propylitisierung, kaolinische vorherrschend, und serizitische, und fast durchwegs schwach pyritische gehen der Vererzung voraus. Die verbreitet vorhandene Klüftung in Westost-Richtung ist als tektonisches Ergebnis ungefähr gleichzeitig mit der hydrothermalen Durchflutung bei der Propylitisierung entstanden. Die nachfolgende Kieselförderung benützt solche vorhandene, besonders stark ausgeprägte Kluftablösungen als Aufstiegswege und schafft spaltenlange, gangartig streichende Verquarzungszonen, von denen aus sich Kieselsäure noch diffus ins Nachbargestein ausbreitet. Fortsetzen der Kluftbildung reißt gerade in den spaltenholden Quarz-zonen neue, allerdings sehr absätzliche Klüfte auf, die mit metallischen Schwefelverbindungen, Pyrit in Vormacht und ältest, neben Enargit und Covellin, gefüllt werden. Fahlerz in Spuren. Enargit und Covellin sind ungefähr gleichaltrig und übergreifen eine meist wenig ältere Gangpyritphase; zum Abschluß erscheint noch jüngster Quarz und schwache, ausklingende Tektonik im Sinne der älteren Klüftung.

Enargit ist schwer umsetzbar, also verwitterungsbeständig; trotz CO_2 -Gehalt der Wässer bilden sich keine bunten Kupferkarbonate; diesem Umstand dürfte das Cu-Vorkommen seine späte Entdeckung verdanken.

Auch die Andeutung einer zonaren Gliederung der metallischen Exhalationen und der damit verbundenen

Lagerstättenbildung, räumlich und wohl auch zeitlich, in Beziehung zu den Zentren der vulkanischen Äußerungen im Dudice-gebiet drängt sich einem weiter ausgreifenden Überblick auf.

Die Enargit führende Propylitbucht des Mirčevica potok, von dem jüngeren Vulkanschlot des Čar dagh durchbrochen, kann in der Tat als zentrurnächste, tiefst entblöbte Mineralisationsstätte betrachtet werden.

Weiter entfernt davon, im oberen, von kühlem vadosem Wasser durchströmten Kalkmantel des Dudicevulkanits, kommt aus den abgekühlten Thermien Bleiglanz, wenn auch noch zu keiner Lagerstätte anwachsend, zum Absatz. Ebenso gehört die sporadische Kupferkiesvererzung des Grünstein-Andesits zur nächst äußeren Zone.

In noch weiterem Abstand, doch noch im Bereiche des Tuffmantels des Dudicevulkans gelegen, befinden sich die bekannten Realgar- und Antimonit-Vorkommen von Alchar, West von Dudice. Diese Vererzungen setzen in marmorisierten Kalkzonen, dem Dudicekalk vergleichbar, auf; auch hier treten noch bedeutende Wirkungen einstiger Kieselthermen in Erscheinung, an einer Stelle Nord Alchar wird zerrütteter, kristalliner Kalk zu Bimsstein-ähnlichen porösen Kieselmassen umgewandelt, ein kleiner Tonerdegehalt derselben ist für die chemische Zusammensetzung der Lösungen bezeichnend.

Für den Antimonit-Realgar-Gürtel als Zone relativ kühleren Absatzes der vulkanischen Dudicevererzung ist Pyrit wenig kennzeichnend, Kupfererze sind ganz zurückgeblieben. Hingegen sind von Alchar die seltenen Thalliumminerale Lorandit ($TlAs_2S_2$) und Vrbait ($TlAs_2Sb_2S_2$), auf Realgar in Kristallen aufgewachsen, bekannt geworden.

F. Tučan (Lit. 11) hat als Fundort der Thalliumminerale jenes Realgarvorkommen am Westende des Lagerstättenzuges von Alchar bezeichnet, das knapp in der Talsohle, am Nordufer des Erzbaches seinerzeit stollenmäßig beschürft wurde.

Von innen nach außen folgt also im Bereich des Dudicevulkanismus auf die Enargit- und Covellin-Bildung der Absatz von Bleiglanz und weiter jener von Realgar und Antimonit; Arsensulfide und gediegen Schwefel gehen durch alle Zonen, auch aus diesem Grunde ist anzunehmen, daß die Zonen selbst sehr nahe aneinandergerückt waren.

3. Vergleiche zu anderen Enargit-führenden Kupferlagerstätten, insbesondere des Balkans.

Die erste und naheliegendste Beziehung war der Vergleich von Dudice mit der ebenfalls und in reichlicher Menge Enargit führenden Kupferlagerstätte von Bor, als der bedeutendsten Kupferansammlung des Andesitvulkanismus am Balkan.

Bei meiner erstmaligen geologischen Bearbeitung von Dudice, im Herbst 1940, stand mir die eigene geologische Erfahrung an der Lagerstätte von Bor in Ostserbien noch nicht zur Verfügung. Erst im Frühjahr 1941 hatte ich die Gelegenheit, gemeinsam mit Professor Člar die Lagerungsverhältnisse von Bor etwas eingehender zu stu-

dieren, auf den gemeinsamen Bericht hierüber (Ciar und Hieβleitner, Lil. 34) wird in folgenden Ausführungen Bezug genommen.

Nachdem in Dudice bisher noch keine größeren Lagerstätten aufgefunden worden sind, kann es sich selbstverständlich nur darum handeln, die dort vorhandenen Anzeichen für mögliche Kupferlagerstätten den allgemeinen geologischen Bedingungen der Bor-Vorkommen gegenüberzustellen. Dasselbe gilt auch für den weiter ausgreifenden regionalen Vergleich mit den übrigen europäischen und außereuropäischen Enargitvorkommen.

Einige Parallelen zu Bor wurden bereits gesreift. Da wie dort bilden Propylitizonen im Andesit die unmittelbare Grundlage der erzhöflichen Zone. Während die Lagerstätten von Bor innerhalb einer schon beträchtlich abgetragenen vulkanischen Rumpflandschaft erscheinen, wahrscheinlich überhaupt subvulkanischer Natur sind, bieten sich die heute zugänglichen Anzeichen von Kupfer in der Propylitzone von Dudice noch durchwegs in oberflächennahen Teilen des mäßiger abgetragenen vulkanischen Gebirges dar.

Das frische, unversehrte vulkanische Gestein in beiden Erzgebieten ist ein Hornblende-Biotit-Andesit, im Handstück sich einander durchaus gleichend. Große Kristalleinsprenglinge, vor allem der Hornblende, treten hervor. Der Brockenandesit vom Čuka Dulkan bei Bor, der zwei Erstarrungsphasen in sich vereinigt, fehlt im Bereich von Dudice. Kraternahe Typen der Blocktuffe von Dudice gemahnen an Brockenandesit; es ist wahrscheinlich, daß die Blocktuffe durch Gasexplosion zum Auswurf gebrachte Brockenandesite darstellen, wobei die zuletzt aufgestiegene noch flüssige Lavamasse, welche die schon halberstarrten Andesitblöcke umhüllt, als Aschenregen zerspreut wurde.

Die Propylitisierung ist in Bor wohl im allgemeinen stärker ausgeprägt als in Dudice, wo es vielfach nur zur Bildung einer Art Halbpropylit kommt, ähnlich wie Schollen solchen wenig mineralisierten, weißlich gebleichten Halbpropylits mit noch gut kenntlicher Porphyrstruktur (minerais blanc) als nicht aufgesogene Reste des Nebengesteins in den Kiesmassen Bors schwimmen.

In Bor ist die kaolinische Propylitisierung vorherrschend. In Dudice findet die Propylitisierung vielfach schon mit einer nur schwachen Kaolinisierung, Silifizierung und Pyritisierung ihren Abschluß. Der Grünstein-Andesit „roche verte“ von Bor ist mit den Grünstein-artigen, oft einsprenglingsfreien, veränderten Andesitarten der weiteren Umgebung von Dudice vergleichbar; Kupfererzführung wird hier nur mehr als unbedeutende Mineralisation aufgefunden.

Die Kupfervererzung von Bor als Ergebnis einer mehrphasigen Mineralisation ist wechselnd reichhaltig an primären Kupfermineralarten; Dudice hingegen betont einförmig und gleichartig. In Bor spielt Pyrit von Quarz begleitet als Haupterz die überragende Rolle, gewaltige Kiesmassen unter Verdrängung des propylitisierten Muttergesteins sind angehäuft, welche die in der Hauptsache nachfolgende Kupfervererzung auffingen; derb oder zu derbem Netzgäader

zusammengedrängt, ist der Pyrit zu richtigen Kiesstöcken angewachsen. Am Čuka Dulkan kann der Pyrit auch brecciöse Strukturen zeigen. Intensität der Pyritisierung geht nicht Hand in Hand mit den Cu-Gehalten. Die Kupfervererzung ist nicht gleichmäßig in den Pyritmassen verteilt, sondern bevorzugt gewisse Abschnitte des horizontalen Erzflächenquerschnittes, ist überdies in den oberen Teufen wohl schon primär reicher.

Die primäre Erzparagenese von Bor umfaßt hauptsächlich Pyrit, Kupferkies, Kupferglanz, Covellin, Buntkupfer und Enargit in wechselnden Verhältnissen. Durchaus nicht überall sind alle Mineralarten gleichzeitig anwesend. Nach der Tiefe treten Covellin, aber auch Kupferglanz und Enargit zurück, Kupferkiesanteil tritt vor, auch Buntkupfer. Gold- und Silbergehalte sind beachtlich, besonders in den oberen Teufen, ersichtlich höher mit steigenden Quarzgehalten und scheinen mit einer besonderen Quarzphase einen Höhepunkt zu erreichen.

In den Haupterzkörpern von Bor, Čuka Dulkan und Tilva Mica und auch im Tilva Ronton ist eine gewisse Selbständigkeit der Hauptkupferphasen gegenüber der wenig älteren Pyrit-Quarz-Phase unverkennbar; in den tiefsten Horizonten, wo die „Wurzeln“ der Vererzung als Ganggeäde mit hauptsächlich Kupferkies erschlossen sind, fehlt bezeichnenderweise durchgreifende Verquarzung und massive Pyritisierung.

Neigung zu Drusenbildung ist in Bor fallweise vorhanden, besonders dort, wo Enargit zugegen ist, der gern in Form kurzer Gängchen nesterartig oder in Knollen auftritt. Besonders ausgeprägt ist drusige Beschaffenheit der Enargitvererzung in den randlichen Nebenerzkörpern der Hauptlagerstätten von Bor, vor allem in der gangartigen Lagerstätte des Tilva Ronton. Hier ist Enargit zum Teil in Form von Drusengängchen entwickelt, aber auch in Knollen und als Imprägnationsnetzwerk. Daneben sind etwas Kupferkies, Kupferglanz und Covellin vertreten, Gangart ist Quarz und lokal ein wohl etwas jüngerer, derbkristalliner Gips.

D. Jovanovič (Lit. 3) hebt von Bor den Gegensatz von grobkörnigem Enargit und jenem Enargit hervor, der in prismatischen Kriställchen auf Drusen in Pyrit auftritt. M. Lazarevič (Lit. 6) betrachtet letzteren als sekundär. In Dudice sind grobkristallin-spätige, auch stengelig-strahlige sowie und vorwiegend drusige Beschaffenheit des Enargits vertreten, doch bestehen hier keine genetischen Verschiedenheiten.

Am Südrand von Bor, schon mehrere Kilometer von der Hauptlagerstättengruppe entfernt, doch im selben Propylitzug, befindet sich das Enargit führende Kupfervorkommen von Slatina, wo ebenfalls Enargit in vorherrschend drusiger Beschaffenheit, mit Baryt als Gangart aufsteht. — Weitere Außenseiter der Bor-Lagerstätten liegen in der nördlichen Fortsetzung der Propylitzone: der kleine Kiesstock des Kirisidschi Potok führt drusigen Enargit, ebenso die Ganglagerstätte Mali Krivelj, letztere eine annähernd meridionale Spalte, die Kupfervererzt, aber nur in ihrem südlichen, Bor sich nähernden Abschnitt, darunter auch Enargit enthält.

Gerade die Nebenlagerstätten von Bor, insbesondere das Gangvorkommen des Tilva Ronton, haben, stärker als die Haupterzkörper, vergleichbare Beziehungen zu den Vererzungserscheinungen von Dudice. Allen diesen Enargitvorkommen gemeinsam, die Haupterzkörper von Bor eingeschlossen, ist das Hervortreten einer besonderen Enargitphase und die Neigung des Enargits zu drusiger Beschaffenheit bei Auftreten in Form von Gängen und Knollen. Die Gangart ist hierbei in erster Linie Quarz — in Dudice ausschließlich Quarz — bei einzelnen Vorkommen tritt noch Baryt oder Gips hinzu; Karbonate fehlen überall. Die Enargitphase hat keine nennenswerten Edelmetallmengen hochgebracht, das gilt auch für Dudice.

Ob in Dudice die Bedingungen für das Zustandekommen großer massiver Kupfererzkörper in der Tiefe nach Art der Bor-Lagerstätten bestehen? Die heutige Oberfläche hat kaum noch die eigentliche subvulkanische Zone angeschnitten. Die Art der Verquarzungszonen, gangartige; wenig breite Verquarzungstreifen der allgemeinen Kluftrichtung folgend, läßt eher wahrscheinlich erscheinen, daß in ihnen etwaige Kupferreicherz-Zonen — für die sporadische Enargitführung gilt dies bereits — gangartig einbrechen würden und bei geschlossener und mächtiger Ausbildungsweise selbstverständlich auch zu bauwürdigen Erzkörpern anwachsen können, ähnlich wie der Tilva Ronton in Bor. Zum Unterschied von Bor, wo die Kiesmassen isoliert in Propylit stecken, tritt in Dudice die Kupfervererzung vereinzelt auch an den Schieferkontakt heran, den Schiefer metasomatisch durchtränkend; es bildet sich hierbei ein verquarztes Pyrit-Enargit-Bändererz heraus. Ist dieser Vorgang zwar erst in kleinstem Umfange erwiesen, bei kurzem Streichen und kaum meterstarker Mächtigkeit, deutet er doch die Möglichkeit größerer Ausdehnung in der Tiefe an. Vermutlich wird auch in diesem Falle der Umfang vorhergehender Verquarzung maßgebend sein.

Im Kontaktbereich des Dudice-Propylits zu Kalk und Marmor ist bisher noch keine Vererzung zum Vorschein gekommen. Jedenfalls wäre hier die Möglichkeit gegeben, etwa schon ohne vorbereitende Wirkung einer Verquarzung, metasomatische Stockvererzungen aufkommen zu lassen.

Das eine ist für Dudice sicher aussagbar: die heutigen Enargitaufschlüsse, verhältnismäßig dicht gestreut, doch nur kleinste Erzmengen fassend, sind vorerst Zeugnis einer mehr extensiven als intensiven Vererzung innerhalb der Propylitbucht; sie liegen in der äußersten Haut eines magmatisch, propylitisch, als auch tektonisch präparierten Abschnittes oberflächennaher Vulkanitmassen. Damit ist im Vergleich zu Bor noch kein Rückschluß für etwa ähnliches Verhalten des Erzabsatzes in der Tiefe gestattet. Die Enargitphase hebt sich allgemein, auch in Bor, von den anderen Cu-Vererzungsfolgen zeitlich und in der Art der Ausbildung etwas ab; auch für Dudice ist zutreffend, daß sie einer etwas leichter beweglichen Hochförderung von Cu-Erzlösungen entspricht, von Gas getragen, zu Drusen und Kristallimprägnationen neigend, und so leichter in das

Dach etwaiger, unter Massenmetasomatose entstandener, subvulkanischer Kieskörper der Tiefe vorzudringen vermochte.

In Bor kann das Verhalten in das Dach der Hauptlagerstätten ausstrahlender Cu-Aufstiege nicht beobachtet werden, das Dach ist weitgehend abgetragen, nur randlich sind solche Beobachtungen möglich, hierzu gehört der Tilva Ronton. Der Kieskörper des Čuka Dulkan mündete nach oben mittels Eiserner Hut-Bildung in eine alte Landoberfläche; von dem in Entwicklung befindlichen Tagbau auf Tilva Mica, dessen Erzkörper nicht zu Tage austreicht, sind eher Beobachtungen zu erwarten.

Die Arsenmenge hat in Dudice wie in Bor nur für den Aufbau von Enargit gereicht, bezw. die Bildungsbedingungen waren nur für Enargit gegeben. Andere Arsenminerale bestehen nicht, auch nicht außerhalb der Enargitphase. Immerhin sind die Enargit führenden Gänge um Bor auch mit Erzen der anderen Cu-Phasen vermischt, Dudice ist bisher eine einförmige Enargitvererzung geblieben. Die Enargitphase ist, in Dudice wie in Bor, von keinen nennenswerten Edelmetallmengen begleitet.

Die mit Propylit verknüpfte Kontaktlagerstätte von M a i d a n P e k, nördlich Bor, führt bemerkenswerterweise keinen Enargit, ungeachtet der Gegenwart von Cu-hältigem Schwefelkies und Arsenkies; beachtlich sind Auftreten von Magnetit und Zinkblende (S c h n e i d e r h ö h n Lit. 14).

Das sporadische Vorkommen von PbS in einem Kieskörper von Bor ist mit dem PbS-Vorkommen am Dudicegipfel in Vergleich zu setzen.

Die Bedeutung der Tektonik, sowohl der vor- als nachmineralischen, ist für Bor noch nicht im einzelnen klar gestellt, Beiträge zur Lösung dieser Frage hat H e y s e (Lit. 21) geliefert, neue Feststellungen sind durch die Detailarbeit von E. C l a r zu erwarten. Wie weit die Propylitbucht von Dudice ausschließlich der Tektonik oder, wahrscheinlicher, mit ihr vereint auch magmatischer Ausweitung ihre Entstehung verdankt, steht ebenfalls noch nicht fest; jedenfalls ist auch hier, wie in Bor, eine nicht unwesentliche nachmineralische Tektonik vorhanden, die aber vor Ablagerung der ungestörten Blocktuffmassen ihr Ende erreicht haben muß.

Im Alter sind Bor-Andesit, das heißt seine jüngste Phase, und Dudice-Andesit wohl nur wenig verschieden. Der ältere Andesit in Bor durchbricht Kreide und seine losen Auswurfmassen verzahnen sich noch mit Kreidesedimenten; ein jüngerer Andesit, bereits von L a z a r e v i ć (Lit. 6) erkannt, durchsetzt die älteren Andesite und trägt flach aufgelagert Kohlenmiozän. Der Außenrand des Tuffmantels vom Dudicevulkan streicht in flach gelagerte Süßwasserschichten des vermutlichen Miozäns ein.

Abschließend soll noch die Beziehung „quartz carié“ von Bor zu ähnlichen, wenn auch räumlich stark zurücktretenden Erscheinungen um Dudice kurz gestreift werden. Bekanntlich war der Kieskörper des Čuka Dulkan in Bor nach der Tagoberfläche zu durch eine 30—40 m mächtige Haube von löcheriger, von Brauneisen und etwas Gold erfüllter verquarzter Gesteinsmasse abgeschlossen,

so daß die Kupfererzmasse darunter lange verborgen blieb. Die französischen Geologen in Bor haben diese von ihnen als „quartz carié“ genannte Cu-freie Gesteinshaube als Eiserne Hut-Zone der Kupferlagerstätte aufgefaßt und die löcherige Beschaffenheit von der Auslaugung der zu Limonit veränderten Eisen- und Kupfersulfide abgeleitet. Die selektive metasomatische Verdrängung vor allem der Hornblende durch Sulfide war ihnen von den intakten Lagerstättenteilen bekannt. Der ebenfalls zutage ausgehende arme Kieskörper des Tilva Rosch in Bor hat ebenfalls ein quartz-carié-Dach, das, goldreich, in seinem Edelmetallgehalt auch verwertet wurde. Die Bildungsfrage des quartz carié bedarf noch weiterer Untersuchungen; die Bedeutung desselben als entlaugte Kupferlagerstätte wäre in der Tat geeignet, die im allgemeinen erzhöfliche Propylitzone auf Zonen des quartz carié für die Untersuchungsarbeiten einzuengen. Von diesem Leitgedanken wurde auch in der Ara des französischen Schurfbetriebes in und um Bor, aber auch im übrigen Serbien, reichlich Gebrauch gemacht. Eine klar in Erscheinung tretende Wiederholung des Falles von Čuka Dulkan wurde aber nirgends festgestellt. Eine Reihe von quartz-carié-Massen besaßen keine Kupferlagerstätte unter sich, andererseits ist die Eiserne Hut-Zone solcher Kiesmassen durchaus nicht immer als quartz carié ausgebildet. Beispielsweise zeigt der Gang Tilva Ronton im Ausbiß wohl eine höhere Verquarzung, doch ohne Ausbildung von quartz carié.

Auch in Dudice sind mir schon beim ersten Besuch solche löcherige verquarzte Propylitmassen aufgefallen, die nachfolgende Detailkartierung hat sie besonders verzeichnet. Die löcherige Beschaffenheit rührt zum Teil nur von unvollständiger Durchquarzung her. Aber auch echter quartz carié im Sinne der Bor'schen Auffassung, mit Hohlraumabdrücken der Hornblende, kommt vor, sowohl innerhalb der Propylitbucht, in beachtlichem Umfange aber außerhalb vor ihrer Mündung gelegen, am westlichen Steilhang der Stara reka; Mühlsteinbrüche sind darauf angelegt, Cu-Spuren finden sich nicht.

Über Bor hinaus richtet sich die vergleichende Prüfung auf die übrige Enargit führende Kupfervererzung des balkanisch-karpatischen Andesitvulkanismus.

Bor zunächst sind auf Enargitführung hin die Kupferlagerstätten Bulgariens zu betrachten, in ziemlich beschränkter Zahl vorhanden. Nur im Erzbezirk von Panagjurische, und zwar im Bereich Ludajana, sind die vollen Mineralparagenesen von Bor wiederzufinden. Georgieff (Lit. 25) hat 1937 eine Schilderung davon gegeben; beachtenswerte Einzelheiten hat F. Unterhössl (Lit. 36) 1941 in einem Bericht niedergelegt.

Nach Georgieff wiesen die Gangvorkommen um Panagjurische keine Enargitführung auf, eine solche tritt dort nur auf den metasomatischen Verdrängungskörpern und Hohlraumausfüllungen im propylitisierten Andesit in Erscheinung.

Die Gänge enthalten im allgemeinen Cu-hältigen Pyrit und Kupferkies, der Pyrit hat einen Cu-Gehalt um 0.4% und keine Edelmetalle.

Anders die Verdrängungskörper im propylitisierten Andesit, die eine komplexe Mineralführung aufweisen. Die Paragenese der Erz-Zone von Petelowa setzt sich (Georgieff) beispielsweise zusammen aus: Pyrit und Kupferkies, Luzonit, Enargit, Kupferglanz, Tennantit, Bornit, Fahlerze, Bleiglanz und Zinkblende, auch gediegen Schwefel. Als Gangart ist neben Quarz und Baryt auch Gips erwähnt. Mithin ist eine Erzgesellschaft beisammen, die jener von Bor und Umgebung gleichkommt.

Das Nebengestein des Erzbezirkes von Ludajana ist ebenfalls ein Hornblendeandesit, auch Tuffbildungen sind reichlich vertreten, in ihnen fallweise mineralogische Vorkommen von gediegen Cu und Zeolithen. Die Andesite erlitten in bedeutendem Ausmaße eine pyritische Propylitisierung. Georgieff betont überdies eine mit Bleichung verbundene, epidotisierende Propylitbildung; Kaolinisierung ist auf die Nähe der Erzlagstätten beschränkt.

Von besonderem Interesse sind die Feststellungen von Georgieff, betreffend die Verkieselungserscheinungen; es werden von ihm 3 Verkieselungsarten unterschieden: Eine, bei welcher die Kieselsäure durch Verwitterung der Silikate entstanden und als Chaledon ausgeschieden ist, der so auch in nicht propylitisiertem Gestein auftreten kann. Eine zweite Art der Verkieselung entspringt der hydrothermalen Zersetzung der Silikate im propylitisierten und kaolinisierten Gestein, wobei Kieselsäure die Grundmasse des Gesteins durchtränkt; die vorher kaolinisierten Feldspate sind unverkieselt geblieben, bei der Verwitterung ergibt sich ein poröses Gestein, wobei die Hohlräume die ausgelaugten Feldspate und ausgelaugten limonitisierten Pyrite bedeuten. Dieser Verkieselungsvorgang geschah in Begleitung von Erzabscheidung, aber auch ohne diese. (Hier liegt wohl ähnliches wie die quartz carié-Bildung in Bor vor, ohne daß, wie dort, eine zwangsläufige Beziehung zur Vererzung glaubhaft gemacht wird.) Eine dritte Art der Verkieselung sieht Georgieff im primär hydrothermalen Kieselabsatz; diese Kieselsäure kam mit Erzlösungen oder auch selbständig aus der Tiefe und schied sich meist in dünnen Aderchen oder kleinen Nestern aus.

Der Enargit-Anteil tritt in der Hauwerksszusammensetzung des Ludajanaerzes allerdings stark zurück; beispielsweise halten Erzsendungen der Grube Krassen dieses Revieres bei 10.1% Cu nur 1.7% As, der Edelmetallgehalt hierbei betrug 6.7 g Au/t und 50 g Ag/t. Vorherrschende Erze sind Pyrit, Kupferkies und Covellin.

Bemerkenswerte geologische Einzelheiten der beiden wichtigsten Gruben des Ludajanabezirkes teilt F. Unterhössl in einem ungedruckten Bericht (Lit. 36) 1941 mit.

Die metasomatischen Verdrängungskörper der Grube Radka stehen nach Unterhössl in enger Beziehung zu einem hellgrauen, zuweilen geschichteten Gestein, dem sogenannten roche schistifiée der französischen Betriebsführung. Dieses Gestein macht einen beschränkten Abschnitt aus innerhalb einer ausgedehnten 2.5×1.5 km fassenden Propylitzone, die Erzführung erscheint an den Kontakten oder inmitten des roche schistifiée, mit meist scharfer Begrenzung zu diesem, unscharf gegenüber dem angrenzenden quarzigen Propylit. Die Kupfererzkörper ragen mitunter in etwas ältere Cu-freie Pyritmassen hinein.

Der „roche schistifiée“ scheint mit dem von Dudice beschriebenen „Bänderpropylit“ vergleichbar zu sein, der bei flüchtiger Betrachtung völlig den Eindruck eines geschichteten Tuffes erweckt; auch dort sind hoffnungsvolle Kupfererzanzeichen in Nähe.

Die Erzkörper der Grube Krassen, Südost Panagjurische, sind nach F. Unterhössl aufgereiht am Südabschnitt einer O—W-gerichteten,

3 km langen und 400 m breiten Zone von Andesitpropylit; aus dieser Zone heben sich stark verquarzte Teile und auch Züge von unzersetztem Andesit riffartig heraus. Die Erzlinzen — dem Berichte F. Unterhössl's folgend — schießen, für sich isoliert, in ein und derselben Einfallzone steil in die Tiefe, roche verte im Hangend, einen Breccienandesit im Liegend. Die Erzführung kann auch zur Gänze im Breccienandesit eingeschlossen sein. Weiter im Hangend stellt sich Quarzpropylit ein. Lettenklüfte, zum Teil auch Rutschharnische, grenzen die Erzkörper scharf ab. Die tiefste Schachtsohle — 140 m — hat bisher nur erzfreie Breccie durchfahren. Unterhössl hebt die massige — in diesem Falle also nicht drusige — Beschaffenheit des Erzes hervor, das Pyrit, Kupferkies, Kupferglanz, Enargit und Covellin umfaßt, und Fördererze mit 11% Cu, 6–7 g Au/t und 50 g Ag/t liefert.

Auch für den Ludajanabezirk scheint bemerkenswert: wo lagerstättenmäßige Verdichtung von Kupfererz vorhanden ist, meist eine Mehrzahl von Mineralarten umfassend, ist auch Enargit vertreten; von den zahlreichen sporadischen Kupfererzfinden wird kein Enargit gemeldet.

W. E. Petrascheck (Lit. 31) hat in seiner jüngst erschienenen Arbeit über die Metallogenese des Balkans auf die mögliche Altersverschiedenheit zwischen der Vererzungsperiode von Bor und Panagjurishte aufmerksam gemacht. Panagjurishte erschiene von dem senonen Andesitvulkanismus abhängig, Bor wäre es von dem mittel-tertiären. Vielleicht liegt aber doch m. E. Alterseinheit der Erzbildung vor, wie ja auch in Bor älterer und jüngerer Vulkanismus zusammentreten. Für beide Lagerstättengebiete ist übrigens nach-mineralische tektonische Beanspruchung bezeichnend.

Die übrigen Kupfervorkommen in Bulgarien stehen — soweit mir bekannt — ohne Enargitführung da. H. Boecher (Lit. 37) hat eine große Zahl der bergmännisch bearbeiteten Propylitizonen Bulgariens untersucht, Enargit wurde nicht vermerkt. Die mit gutem Erfolg arbeitende kleine staatliche Kupfergrube Kara Tepe bei Burgas am Schwarzen Meer — ein Gang im Andesit — führt Kupferkies als Haupterz, keinen Enargit.

Ungeachtet der großen Dichte jungvulkanischer sulfidischer Erzlagerstätten im Innenraum des Karpathenbogens ist dort Enargit als Glied einer Erzmineralgesellschaft selten. Bekannt hierfür ist die Kupfer-Gold-Lagerstätte Resck im Matragebirge Ungarns, einen zweiten ungarischen Fundort meldet die Erzlagerstättenkunde von Stelzner-Bergeat: Pará. A. Helke hat 1938 (Lit. 27) eine umfassende Darstellung der auf Andesitvulkanismus zurückzuführenden Gold-Silber-Lagerstätten des Innenkarpathenraumes gegeben. Diese Vorkommen, groß an Zahl, führen fast stets Kupferminerale in ihren Paragenesen, Kupferkies, Fahlerz, Bournonit, auch Arsen-sulfide, Enargit fehlt mit der einzigen Ausnahme von Resck, wo — lagerstättenbildend — Enargit und Luzonit in Erscheinung treten.

In der Grube von Matrabanya bei Resck ist nach Helke und Vitalis (cit. Helke) die bauwürdige Lagerstättenmasse in Form von Stöcken vorhanden, die in einer kaolinisierten Andesitbreccie liegen. Kupfererz ist fast ausschließlich durch Enargit und Luzonit vertreten, der beachtliche Edelmetallgehalt scheint sowohl an Pyrit als auch an Enargit gebunden zu sein. Vulkanische Bombentuffe fehlen dem Eruptivgebiet nicht. Besonders in vergleichender Hinsicht gewinnen die Angaben von Helke

Bedeutung: die Erzkörper kommen zustande, indem zum Teil die Eruptivbreccie durch im einzelnen geringmächtige Enargit-Luzonitgänge durchadert wird, zu anderem Teil ist Enargit-Luzonit in erbsen- bis eigroßen Aggregaten entwickelt, die, gleichsam das Bindemittel bildend, zwischen den festgepackten Bruchstücken der Breccie eingeklemmt liegen oder, wo tuftiges Bindemittel vorhanden ist, von diesem umschlossen werden.

Sind schon in der Gesamtschau der karpathisch-balkanischen Enargitvorkommen gewisse gemeinsame Eigentümlichkeiten zu erkennen, so sollen abschließend, wenn auch die außereuropäischen Enargitvorkommen, vor allem jene der andinen Metallprovinz kurz in die Betrachtungen einbezogen worden sind, diese auch dort vielfach bezeichnenden, gemeinsamen Kennzeichen nochmals herausgestellt werden.

Wird der Blick von den subvulkanischen Enargit führenden Cu-Vorkommen des Balkan- und Karpathenraumes abgewendet, bleiben wenig europäische Enargitvorkommen übrig, die, auch nur der mineralogischen Bedeutung halber, in den Mineralogien und Lagerstättenkunden erwähnt werden.

Stelzner-Bergeat (Lit. 2) führt von der barytischen Kupferkies-Fahlerzlagerstätte Brixlegg in Nordtirol, im paläozoischen Schwazer Dolomit gelegen, als seltenen Fund Enargit neben Antimonit an. Die Lagerstätte Brixlegg ist Ergebnis von Absatz bereits minder temperierter Thermen. Es liegt anscheinend Bildung von Enargit vor aus der tiefsten Temperaturstufe seines, große Tiefenspannen umfassenden Bildungsbereiches. Aus der voran gezeigten Verbreitung der Enargitvorkommen innerhalb des tertiären Andesitvulkanismus wäre etwa der Enargit von Brixlegg als ein weiterer Wegweiser zu betrachten für den Zusammenhang der ostalpinen Cu-Vorkommen mit der gleichen vulkanischen Epoche; W. Petrascheck (Lit. 13) hat 1929 die Einheit der ostalpinen Metallisation und deren Beziehung zum miozänen Andesitvulkanismus dargetan; ich hatte seinerzeit die Beteiligung von sulfidisch-arsenidischen Ni-Co an dem Aufbau der ostalpinen Cu-Lagerstätten als Blutzeugen für eine gleiche, einheitliche postalpidische Mineralisation aufgerufen (Hiebleitner, Z. f. pr. Geol. 1931).

Ebenfalls in der Lagerstättenkunde von Stelzner-Bergeat ausgegeben ist das Vorkommen von Enargit als Seltenheit auf den barytischen Kupfer-Bleierzgängen von Schapbach im Kinzigtale des badischen Schwarzwalds. Die Mineralparagenese ist bunt: Bi-Silberglanz, Co-Bi-Fahlerz, sonstige Bi- und Pb-Mineralien mit Gangarten Flußspat, Schwerspat und Quarz.

Es war naheliegend, auch außerhalb der eigentlichen Kupferlagerstätten, unter den sporadischen Vorkommen von Cu-Mineralien nach Angaben von Enargitfunden Ausschau zu halten. Enargit wird nirgends verzeichnet. Bezeichnenderweise fehlt Enargit auch den im allgemeinen schon recht kühlen, auch mit Magmatismus nicht unmitttelbar in Zusammenhang stehenden Paragenesen der alpinen Mineralkluftlagerstätten. In dem Buche „Die Minerale der Schweizer Alpen“, 1940, führen Niggli, Königsberger, Parker

ein erschöpfendes Inventar der Schweizer Vorkommen dieser Art an; Enargit ist hierunter nicht bekannt, obwohl beispielsweise im Binnental Arsenfahlerz (Binnit) neben Realgar und anderen Arsen- und Kupfermineralien vertreten sind.

Die europäischen Enargit führenden Cu-Erzvorkommen der kretazisch-tertiären Vulkanitepoche werden an Zahl und Umfang, an Kupferinhalt und regionaler Verbreitung durch die nord- und südamerikanischen Lagerstätten der gleichen Epoche weit überragt. Diesen gewaltigen Metallanhäufungen steht freilich auch ein ungeheures weiträumiges Ausmaß von vulkanischer Tätigkeit gegenüber, an das der Vulkanismus der jungen Metallprovinzen Europas nicht heranreicht. Die bekanntesten Kupferreviere Amerikas mit den bedeutendsten Förderziffern der Welt sind auf diese Vorkommen aufgebaut. Neben Gangvorkommen wie Butte sind es vor allem die Imprägnationslagerstätten der Porphyre, die „porphyry ores“, welche in großer Zahl und in ihren wichtigsten Vertretern auch Enargit zu ihren Cu-Erzparagenesen zählen. Die Erzbringer und Erzträger gerade der porphyry ores sind vielfach schon Vulkanite halb plutonischen Charakters oder sogar echte Tiefengesteine. Hier folge ich den Angaben, soweit für den Vergleich vonnöten, hauptsächlich der Bücher von Schneiderhöhn, Erzlagerstätten, und Brüggén (Lit. 23).

Butte in Arizona, dieses schier unerschöpfliche Kupferrevier der USA, umfaßt in der „inneren Zone“ des ausgedehnten Lagerstättenbezirkes eine ähnliche Paragenese wie Bor in Serbien: vorherrschend sind Kupferglanz, Enargit, Bornit, Covellin, Kupferkies und etwas Fahlerz, neben Schwefelkies. Die Edelmetallhalte sind niedrig, doch noch nutzbringend. Gangart ist Quarz. Neben den Gängen verschiedenen Alters als Haupterzträger bestehen auch Imprägnationslagerstätten, alle innerhalb eines Massivs von spätkretazischem Quarzmonzonit aufsetzend, der von jüngeren Vulkaniten durchbrochen ist. Chloritische und serizitische Propylitisierung sind verbreitet. In den Gängen, die bereits Teufen von 1100 m überschreiten, werden Enargit nebst Schwefelkies nach der Tiefe vorherrschend, Enargit fehlt aber auch den oberen Teufen nicht und bekundet damit eine beträchtliche Teufenbeständigkeit. Drusige Struktur oder nesterartige Anhäufung des Enargits — auf den balkanischen Vorkommen fast die Regel — wird nicht erwähnt.

In der kühleren „Außenzone“ des Butte-Revieres verschwindet Enargit, zu Kupferkies gesellen sich Pb- und Zn-Sulfide, zu Quarz tritt spätige Gangart.

Bingham in Utah vertritt neben dem Typ des porphyry ore, am Kontakt zu Kalk angeordnet, auch den Typ einer Verdrängungslagerstätte von Cu-reichem Schwefelkies (nebst Enargit) in Kalk. Erzträger im Porphyryerz ist ein Monzonitporphyr. Bemerkenswert ist, nach Schneiderhöhn, die sekundäre Biolit- und Orthoklas-Neubildung bei der Propylitisierung — also eine Art Kalimetasomatose, eine Gesteinsumwandlung, die in dieser Richtung auch von anderen Propylitvorkommen bekannt geworden ist (adularisierter Dazitpropylit der Goldlagerstätte Redjang Lebong auf Sumatra). [E. Clar hat kürzlich Orthoklas-Neubildung in ausgedehntem Maße im Dazitpropylit des Molybdänglanzvorkommens Mačkatica in Mazedonien nachgewiesen.] Bingham ist bekannt durch die gewaltige Tageserzeugung von 40.000 bis 60.000 t Hauwerk mit 0,9% Cu im Tagbau.

In Tintic in Utah, Südwest von Bingham, ist eine ähnliche zonare Verteilung des Erzabsatzes bei ähnlicher Paragenese vorhanden wie in Butte. Im Kern der Erzhochförderung liegen die reichen Cu-Erze mit wenig PbS und ZnS, weiter nach außen folgt der Ag-reiche Gürtel der Pb-Zn-Lager-

stätten. In Zusammenhang mit jungen Porphyrdurchbrüchen bildeten sich in Kalken Verdrängungserzkörper, in Verkiesselungszonen eingehüllt.

In der andinen Lagerstättenprovinz Südamerikas sind eine Reihe bedeutender Kupferlagerstätten, verknüpft mit der jungen Porphyritformation, durch Enargitführung gekennzeichnet.

In Peru sind am bekanntesten hiervon Cerro de Pasco und Morococha.

Cerro de Pasco ist vornehmlich eine Imprägnationslagerstätte mit reichlich Enargit und Fahlerz im Bereich eines Durchbruchschlotes von tuffigen und brecciösen Vulkaniten, nach der Tiefe gewinnt Kupferkies Vorhand.

In Morococha (Stelzner Lit. 2) setzen Gangspalten mit Schwefelkies, Ag-armen Enargit und Kupferkies in mächtigen Propylitmassen auf. Zur Paragenese mancher dieser Gänge tritt Wolframit und Arsenfahlerz (Tennantit), auch Magnetit (Lit. 30). Neben den Gängen bestehen auch Imprägnations- und Verdrängungslagerstätten ins Nebengestein hinein.

Von den Cu-Lagerstätten Chile's verdanken wir I. Brüggen (Lit. 23) eine übersichtliche und kritische Schilderung. Kennzeichnend für viele der Enargit führenden Vorkommen ist reichlicher Anteil an brecciösen oder brockigen Vulkaniten, sowie reichliche Turmalinisierung im Vererzungsbereich. Meist Dazit, jüngere und ältere, einschließlich einer granodioritischen Pluton-Zwischenphase, sind zugleich Erzbringer und Muttergestein.

In Las Condes und Rio Blanco-Gebiet ist der jüngere Dazit tuffähnlich, löcherig, einschlußreich, jünger als die Vererzung, lose Auswurfmassen fehlen. Die Vererzung ist an eine Turmalin-verhellte Eruptivbreccie zwischen Granodiorit und älterem Dazit gebunden, bei fallweiser starker Verkiesselung.

Auch in Teniente gehen Erz und turmalinisierte Dazitbreccien zusammen, der eigentliche Eruptivschlot wird durch ein mehr basisches Vulkangestein, Dioritporphyrit (Andesitporphyrit?) gebildet. Turmalin- und Erzbildung übergreifen sich. Auch die serizitische Propylitisierung ist von Turmalin-Neubildung begleitet. Die Erzparagenese umfaßt sozusagen Innen- und Außenzone zugleich: Pyrit, Kupferkies, Kupferglanz und Bornit, Buntkupfer, ZnS, PbS, MoS₃, Antimonglanz und Enargit, bei Quarz als Gangart. Nach Brüggen liegt, im Gegensatz zu Lindgren's Auffassung, keine komplizierte Phasenfolge der Vererzung vor, auch bestehe kein Tuffkrater, sondern die dem Schlot aufgesetzte Tuffscheibe sei ein Rest der älteren Tuff-Formation.

Die ausgedehnte Erzzone von Chuquicamata folgt der verkiesselten und serizitisierten Rütterzone in einem Granodiorit. Primär sind nach Brüggen nur Pyrit, Kupferkies und der verhältnismäßig wenig häufige Enargit.

Aus dem andinen Anteil Argentiniens wäre noch die Cu-Lagerstätte der Sierra Famatina anzuführen als Heimstätte des dem Enargit isomorphen Famatinits Cu₃SbS₄, neben Covellin, Schwefelkies und dem Enargit dimorphen Luzonit.

Unter den Lagerstätten der jungen Faltenbögen und Vulkanreihen des westpazifischen Raumes ist das Cu-Vorkommen Macayan auf der Insel Luzon (Philippinen) durch Beteiligung von Enargit und Luzonit bekannt.

Neben diesen beiden Cu-Erzen (Lit. 5) wird von dort noch genannt: Fahlerz, Kupferkies, Kupferindig, Pyrit; Gangart Quarz, Sanidintrachyt ist das

vulkanische Muttergestein. Nach Rittman (Lit. 24) weist gerade der Vulkanismus der Philippinen besonders hohen Anteil (80%) an lockeren Auswurfmassen auf, Eruptivbreccien im Lagerstättenbereich werden in den Literaturangaben nicht ausgewiesen.

Über die zahlreichen jungvulkanischen Cu-Au-Lagerstätten des japanischen Inselgürtels stehen mir augenblicklich keine genaueren Angaben zur Verfügung, Enargit wird nicht erwähnt. Dasselbe gilt für die junge, mit sonstigen Kupfererz-Mineralen versehene Goldganggruppe Ostindiens.

Außerhalb der Reihe jungvulkanischer Kupferlagerstätten mit Enargitführung steht Tsumeb im ehemaligen Deutsch-Südwestafrika. Dieses einzigartige Vorkommen ist eine schlauchartige Verdrängungslagerstätte im dolomitischen Kalk der paläozoischen Otavifformation (Krusch).

Nach Schneiderhöhn (Lit. 10) sind die vorhandenen Eruptiva nicht als eigentliche Erzbringer anzusprechen, wohl aber hat der Lagerstättenabsatz eine günstige tektonische Vorbildung angetroffen. Bemerkenswert auch hier eine weit ins Nebengestein reichende Verkieselung. Die Erze des Hauptkörpers sind mittel- bis grobkörnig, derb, ohne Drusenräume, ohne Gangart: Kupferglanz, Fahlerz, Enargit, seltener Kupferindig und Schwefelkies, reichlich Bleiglanz und Zinkblende, von Bedeutung der Vanadiumgehalt.

Aus der vorangestellten knappen Kennzeichnung der Enargit führenden Kupferlagerstätten, weltweit und mit dem Versuche betrachtet, gewisse gemeinsame Eigentümlichkeiten hervorzukehren, hebt sich auch die schon lange geläufige Tatsache heraus, daß Enargit vornehmlich auf Lagerstätten der jungvulkanischen Andesit-Dazit-Epoche vertreten ist. Diese hat schon Beck in seiner Lagerstättenkunde 1909 veranlaßt, eine eigene Enargitformation aufzustellen.

Enargit ist bevorzugt ein Kupfer-Erzmineral des kretazisch-tertiären Orogen-Vulkanismus.

Eine Reihe gemeinsamer Kennzeichen in petrografischer, geologischer und lagerstättenkundlicher Hinsicht auf diesen Enargit führenden Lagerstätten der jungen subvulkanischen Erzabfolge sollen abschließend unter allgemeinen Gesichtspunkten kurz zusammengefaßt werden.

Enargit ist tatsächlich ein Lagerstättenmineral — sporadische und rein mineralogische Vorkommen abseits von Lagerstätten sind wohl sehr selten oder fehlen ganz. Enargitbildung ist also zumeist dort gegenwärtig, wo in der Tiefe ausgiebigere Herde von Restlösungen und Restdämpfen mit den entsprechenden Metall- und Schwefelgehalten für Lagerstättenbildung zur Verfügung stehen. In der Regel ist Enargit Glied einer gemischten Sulfidgesellschaft, hebt sich aber innerhalb dieser mancherorts als besondere, nur mit Pyrit und Covellin, auch etwas Fahlerz, zusammenretende Mineralphase heraus. Vereinzelt, und hierzu gehört Dudice, ist diese Phase, vorläufig, allein herrschend.

Ein gemeinsamer Zug wohl fast aller Cu-Erzvorkommen mit Enargit ist die relative Edelmetallarmut — nicht der Gesamtlagerstätte, sondern der Enargitphase.

Die Tiefenspannen, innerhalb welcher Enargit auf einer und derselben Lagerstätte zur Bildung kommen kann, sind groß; sie umfassen beispielsweise in Butte mehr als 1000 m, von der gegenwärtigen Oberfläche ab gerechnet. Dabei bleibt aber Enargit stets eine Mineralbildung heißer, meist mesothermalen Absatzbedingungen und reicht bis in die nachmagmatischen Äußerungen halbplutonischer Gesteine hinab. Im Tag-Oberflächenbereich der Vulkanformationen, unter den Absätzen zu Tage austretender Solfataren und Fumarolen, ist Enargit meines Wissens nicht bekannt. Als Sublimationsprodukt auf Hohlräumen der Vesuvlaven wird Tenorit (CuO) und Covellin, nicht aber Enargit angeführt, obwohl zur Solfatarentätigkeit im allgemeinen auch Absätze von Arsensulfid und gediegen Schwefel in Kristallen gehören. Die Verknüpfung des Enargits mit der Abscheidung von der beim Solfatarenschwefel ist dahin auszulegen, daß die Oxydationszone der Solfatarengase von der Oberfläche ab beträchtlich weit in die Tiefe reichen kann.

Zur Frage der deszendente Enargitbildung, Enargit als Zementationserz in der sekundären Anreicherungszone der Kupfererzlagerstätten, fehlen mir eigene Beobachtungen. Lazarevič (Lit. 6) glaubte eine solche Unterscheidung in Bor treffen zu können.

Die begleitende Gangart der Enargitvererzungen ist in der Regel Quarz. Dieser Umstand veranlaßt Whitehead (cit. Schneiderhöhn, Erzlagerstätten, S. 401) anzunehmen, daß die Bildungsbedingungen für Enargit nur dort zutreffen, wo saure, kieselreiche Lösungen Cu und As hochgebracht haben, hingegen mehr basische Lösungen, den Absatz von Kalkspat, Schwerspat und Eisenpat begünstigend, wie beispielsweise in Chanarcillo (Chile), mitgeführtes Cu und As in Form von Kupferkies und Arsenkies abscheiden. Nicht überall ist jedoch die Gangart der Enargitvorkommen auf Quarz beschränkt, doch wäre in diesen selteneren Fällen, wo zugleich auch eine komplexe Sulfidgesellschaft besteht, jeweils zu beachten, ob nicht die spätige Gangart einer späteren nach-enargitischen Lösungsfolge entspricht.

Eine weit verbreitete Eigentümlichkeit der Enargitvererzungen ist der ihnen anhaftende Drusencharakter, auch die nester- und knollenartige Ausbildung. Dabei zeigt sich vielfach, beispielsweise in Dudice, gegenseitiges Anlösen von Pyrit, Enargit und Quarz, wohl unter Mitwirkung von Gasen und Dämpfen, den Drusen damit, oft schon dem bloßen Auge erkennbar, ein zerfressenes Aussehen verleihend.

Allgemeine Erscheinung, an der ja alle Sulfidlagerstätten führende Vulkanitmassen teilhaben, ist die ausgedehnte Veränderung, die Propylitisierung des vulkanischen Erzmuttergesteins. Allerdings: die Propylitisierung hat in der Regel gegenüber der in ihr beschränkt auftretenden Metallogenese eine regionale Verbreitung, und: es gibt viele und ausgedehnte Propylitzonen ohne Erz, umgekehrt setzt wohl kaum je eine jungvulkanische Sulfidlagerstätte im frischen, unveränderten Vulkanit auf. Als Besonderheit einer propylitischen Umwandlung, der Enargitvererzung vorausgehend, ist die Ausbildung von pseudoschichtigem Bänderpropylit zu nennen; sie wurde

von Dudice mitgeteilt, dürfte auch auf den Enargitvorkommen des Bezirkes Panagjurische in Bulgarien vorkommen, und ist nach Beschreibungen von Lagerstätten der andinen Porphyritformation auch in Amerika zu vermuten.

Der Typus von Bänderpropylit ist nicht nur auf Enargitvorkommen beschränkt, sondern auch anderen Vererzungen auf Propylitgrundlage eigen. Beispielsweise ist ein von parallelen MoS_2 -führenden Quarzgängen in fast regelmäßigen Abständen eng durchbänderter Dazitpropylit, in bedeutendem Ausmaße lagerstättenbildend, das Erzgestein der Molybdänlagerstätte Mačkatica in Mazedonien.

Mehr noch als der Bänderpropylit ist das Auftreten von magmatischen Eruptivbreccien verbreitet, ganz allgemein im Bereich subvulkanisch gebildeter Erzlagerstätten, aber schon fast regelmäßig im Verband Enargit führender Kupferlagerstätten dieser Reihe. Die intern, innerhalb der Vulkanschlünde gebildeten Eruptivbreccien sind Ausdruck der Wiederbelebung einer schon erkaltenden, im Übergang zu fest befindlichen Vulkanitmasse durch heißeren, dünnflüssigeren Magmenbrei aus größerer Tiefe. Aus dieser neuerlichen Magmenzufuhr, beziehungsweise aus deren tiefer gelegenen Herden und dort aufgespeicherten metallischen Restlösungen und Dämpfen schöpft die Enargitvererzung. Solcher Art Eruptivbreccien oder Eruptivkonglomerate, ein zweiphasiges, magmatisches Geschehen verkörpernd, sind die Andesitbreccien von Resck, die „brèche“ der Grube Krassen in Panagjurische; auch der Brockenandesit des Čuka Dulkan von Bor dürfte hierher gehören, obwohl seine Beziehung zur Borvererzung noch nicht klargestellt erscheint. In großer Zahl werden die mit der Vererzung eng verbundenen Andesit- und Dazitbreccien von den Erforschern der andinen Lagerstätten immer wieder hervorgehoben. — In Dudice ist eine Andeutung von brecciöser Andesitbildung im Bänderpropylit des Stollens 6a kenntlich. Möglicherweise verdanken die Blocktuffmassen von Dudice der explosiven Ausschleuderung von in Bildung begriffenen Eruptivbreccien ihre Entstehung.

Eine weitere, wichtige Gemeinsamkeit, die freilich auch den meisten der anderen subvulkanischen Lagerstätten zukommt, doch bei den Enargit führenden Cu-Lagerstätten stets besonders betont erscheint, sind die ausgedehnten Verkieselungen im Lagerstättenbereich, mitunter weit ins Nebengestein hinein reichend. Für Dudice wie für Bor hat sich gezeigt, wie gerade die Verkieselungszonen, pyritisiert, der nachfolgenden Cu-Vererzung wegweisend und absatzbedingend dienen.

W. E. Petraschek (Lit. 31) hat im Hinblick auf die umfangreichen Verkieselungen als Begleiter der jungvulkanischen Erzbringung des Balkans und der Karpathen, da und dort verbunden mit Manganausscheidungen, einen genetischen Anklang gefunden zu den sonst anders gearteten und älteren Sulfidlagerstätten des Rio Tintogebietes.

Mit der Kennzeichnung dieser allgemein verbreiteten Eigentümlichkeiten der Enargitvererzung sind zugleich auch die „Faktoren der geologischen Lager-

stättenfunktion“ (Hiebleitner, Metall und Erz, 1937) dieser Vorkommen herausgestellt worden.

Auch die allgemeine paragenetische und Zonen-Stellung der Enargit führenden Cu-Vererzung innerhalb der kretazisch-tertiären Metallogenese, die Beziehungen zu den stofflich anders gearteten Lagerstätten des gleichen Zyklus sind weltweit ähnlich. Gleich wie bei den großen Cu-Lagerstätten Südamerikas bestehen auch von den jungen Cu-Vererzungen des Balkan- und Karpathenraumes strukturelle und stoffliche Beziehungen sowie Übergänge zu Lagerstätten mit vorwiegend Bi oder Mo, Sb, As, Pb, Zn, Hg, Au, Ag, auch W-Paragenesen.

Bereits für den engeren Bereich Dudice wurde die Andeutung einer Zonengliederung befunden, mit Bleiglanz, Sb- und As-sulfiden im äußeren Gürtel, Enargit auf den tiefsten und höher temperierten Zonenkern beschränkt.

Eine Übersicht über die zonare Anordnung der metallogenetischen Einheiten im großen hat kürzlich W. E. Petrascheck (Lit. 31) für die Südkarpathen und einen Ausschnitt des Balkans in einer Karte dargestellt und erläutert.

Für den gesamt mazedonischen Raum — außerhalb der oben erwähnten Karte — wären im Hinblick auf Dudice noch einige vorläufige Bemerkungen zu knüpfen. — Auch in Mazedonien besteht neben dem effusiven Vulkanismus der Kreide-Tertiärzeit auch ein plutonischer derselben Epoche: Granite, Syenite, meist etwas älter wie die Vulkanite, zum Teil mit Übergängen zu diesen. Die zugehörigen Metallogenesen beider weisen in Mazedonien ein ähnlich buntes Bild auf wie in den übrigen Balkaniden und Karpathen. Es kann für später vorbehalten bleiben, auch hier die Zonenbeziehungen eingehender und kartenmäßig darzustellen.

Bemerkenswert ist, daß die Andesite von Dudice nicht mehr dem mächtigen Andesitgürtel angehören, der in ausgedehnten Massen entlang einer tektonischen Hauptfuge im Bogen von Ostserbien über Pirot, Sofia nach Panagjurishte einstreicht und die Cu-haltigen Sulfidmassen von Bor, Majdan Pek und Ludajana enthält. Dudice nimmt überhaupt eine gewisse Ausnahmestellung ein, in Anbetracht der zur dinarischen Streichrichtung querverlaufenden vulkanischen Achse, die einer der miozänen Beckenbildung vorangehenden Aufspaltung in ONO—WSW-Richtung folgt.

Die bunte stoffliche Zusammensetzung weisen die Erze der Stari Trg-Grube von Trepca Mines am Rande des Kossovo Polje auf, die in einem stockartigen Erzschlauch zusammentreten, der schräg entlang eines Kalk-Schiefer-Kontaktes zu Porphyry, von Explosivbreccie begleitet, in große Tiefen absteigt: neben Blei- und Zinksulfid in Vormacht gehen Kupferkies und Arsenkies einher — Enargit fehlt, Gangart sind Quarz und Karbonspätele, auch Manganspat, — der Bi-Anteil an der mittleren Erzzusammensetzung ist nutzbringend hoch, Au- und Ag-Gehalte sind beachtlich, Sb-Mineraie nicht selten. Magnetkies bezeichnenderweise neben Schwefelkies in großer Verbreitung. MoS₂-Vorkommen sind aus der Nachbarschaft bekannt. In Stari Trg ist praktisch fast die vollständige metallische Stoffparagenese dieser Erzbildungsperiode versammelt.

Bedeutend einförmiger, dem Bildungsbereich mit niedrigerer Temperatur entsprechend, ist die stoffliche Zusammensetzung der Gänge im Andesit von Zletovo. Die Erzminerale sind auf wenige Arten zusammengedrängt: PbS-Gänge mit wenig ZnS, wenig Cu- und Fe-sulfid, der Edelmetallgehalt beschränkt sich auf Ag im PbS. Bi, As und Sb sind ganz zurückgedrängt oder verschwunden.

Die Sb-Vorkommen von Bujanowce, als Gänge im Granit aufsetzend sind reine Quarz-Antimonit-Paragenesen, nur vereinzelt oder benachbart in getrennten Vorkommen tauchen sulfidische Arsenerze auf. Dem gleichen Granitmassiv nachbarlich angeschlossen, doch im brecciösen und verkieselten Serpentin am Rande zu Andesit auftretend, liegt die gangartige Realgar-Lagerstätte Antoinette bei Lojane nächst Kumanovo, mit gering eingestreutem Antimonit-Anteil.

Der Granit von Lojane-Bujanowce und seine untergeordnete Syenitfazies ist, zwar bei Oberflächenverwitterung zu grusigem Zerfall neigend, im allgemeinen mechanisch unversehrt und schließt sich, unter Übergangstypen, an die jungen, oft Granit ähnlichen Dazite von Vladički Han an, die bei Mačkatica in einem propylitisierten Ausschnitt eine MoS₂-Vererzung nach sich ziehen; ein kleiner Reicherz-MoS₂-Gang innerhalb des von Quarz-MoS₂-Gängchen durchzogenen und mit MoS₂ imprägnierten, die Hauptlagerstätte ausmachenden Dazit-Propylit hat einen über Spuren hinausgehenden Bi-Gehalt ergeben. Die Propylitisierung in Mačkatica ist nach E. Clar serizitisch.

Schon jenseits der bulgarisch-mazedonischen Grenze, in Griechisch-Mazedonien am Westufer des Vardar bei Axiopolis durchschneiden MoS₂-Gänge Granit, der ebenfalls tektonisch nicht versehrt ist und zu den jungen Plutonen gerechnet wird. Im gleichen Raum östlich des Vardar bei Lahana besteht, Granit benachbart oder noch in diesen hineinreichend, ein lagerartiges Gangvorkommen von Antimonit in kristallinen Schiefen, mit fast manganfreiem Wolframit verknüpft, der die Salbänder einnimmt.

Ganz allgemein dürften die jungen, heute an die Tagoberfläche reichenden Plutone Mazedoniens nicht unmittelbar mehr mit den Metallogenese in Beziehung stehen, sondern wirken eher als günstige spaltenbildende Absatzgesteine für die Metallabwanderungen der in regionaler Verbreitung lebendig gewordenen, große Tiefenareale füllenden, jungen Andesit-Dazitmagmen. Es ist bezeichnend, daß betonte Turmalinbildung, Turmalinisierung auf den mazedonischen Erzlagerstätten nicht bekannt ist.

Das Vererzungsbild der kretazisch-tertiären Metallogene im mazedonischen Raum, in einer Auswahl von Beispielen vor Augen gestellt, gestaltet sich anscheinend räumlich etwas bunter und ungeordneter als die Vorkommenreihen des eigentlichen Karpathen-Balkan-Bogens, wo eine besonders scharf ausgeprägte jüngere Tektonik die älteren Strukturen unterdrückt und sich die Magmenbahn ausschließlich selbst vorzeichnet. Doch ist der geologische Einzelbau im mazedonischen Raum noch ungleichmäßig gründlich untersucht, die Ergebnisse als Mosaikstücke vorerst oft nur lückenhaft aneinanderreihbar,

so daß auch hier im Fortschreiten der Erkenntnis verfeinerte Zusammenhänge in der kretazisch-tertiären Metallogenese aufdeckbar sein werden.

Anhang: Über die Schuraufgaben am Enargitvorkommen von Dudice.

In Dudice konnte es sich nicht darum handeln, eine Unterfahrung im üblichen Sinne unter ein bekanntes oder an einem bestimmten Orte bereits näher vermutetes Vorkommen durchzuführen. Für irgend eine großzügige Unterfahrung war und ist noch keines der bisher erschürften Vorkommen geeignet. Gar nur mit einigen 100 m Stollenlängen bei 20–30 m Bauhöhen sind überhaupt keine Aussichten gegeben, nennenswerte Erzmengen zu erschließen.

Ob etwa die kleine Unterfahrung des Ganges Stollen 6a durch Stollen 6 auch den Gang noch entsprechend verschneide, wurde von Haus aus keine Bedeutung beigelegt, sondern der Stollen 6a galt in erster Linie als Zwischenuntersuchung des innersten Raumzwickels der Propylitbucht und der ihr anschließenden Kontakte.

Ein künftiger Bergbaubetrieb könnte zudem bei der schwierigen Transportlage im Gebirge, weitab einer Bahnlinie, mit einem Kleinvorkommen, wie es ein wenig mächtiger absätziger Gang wäre, nichts anfangen, sondern fordert zumindest ein mittelgroßes Vorkommen.

Die geologischen Gründe wurden eingehend erörtert, warum die Propylitbucht des Mirčevica potok in Gesamtheit als Hoffnungsraum anzusprechen ist. Es muß daher auch eine raummäßige Untersuchung platzgreifen, die zumindest in 150–200 m Teufe unter der heutigen Tagesoberfläche Einsicht bringt; entsprechend der Teufenerfahrungen an anderen Enargitvererzungen muß sogar noch ein weiteres Hinabsteigen in den Tiefenraum mittelst Bohrungen angestrebt werden.

Nun ist die Geländegestaltung so, daß nur Teile dieser Teufen mit Stollen günstig erreichbar sind; denn das Gefälle des Haupttales der Stara reka unterhalb Kote 1400 geht mit einem Knick ins Flachere über und schneidet überdies bald talaus in eine klauenartige Schlucht ein. Die im Gelände günstigste tiefste Stelle für einen Stollenansatz war ungefähr bei Kote 1400 zu finden, etwas unterhalb der Vereinigung der Bachläufe des Schareni und Mirčevica potok, knapp vor dem Zulauf der Stara reka.

Dieser Stollenansatzpunkt wurde auch für die Durchführung eines Hauptquerschlages gewählt, der gleichsam als Rückgrat einer von ihm ausgehenden, in die Breite und Tiefe wirkenden Untersuchung der erzhöflichen Propylitbucht dienen soll. Dieser Hauptquerschlag, in Südrichtung gegen den Gebirgskamm getrieben, würde ungefähr nach 800 m die Südspitze der Propylitbucht erreichen. Vom Querschlag selbst ist wohl nur das Verschneiden der meist erzführenden Verquarzungstreifen im Propylit oder sonstiger Gangzonen zu erwarten; vom Querschlag aus hat ein System von Untersuchungsstrecken, etwa schon entlang eines erschlossenen Gangstreifens, die Propylitbucht in anderer Richtung zu verqueren und bis an die Kontakte vorzustoßen, in erzverdächtigen Abschnitten über die Kontakte hinaus in die Schiefer und Kalke hineinanzuschlagen.

Da das steilhangige Gebirgsfeld die Auswertung geophysikalischer Meßergebnisse der Tagoberfläche schwierig und unsicher macht, kann unter Umständen versucht werden, das im Hauptstollenniveau entwickelte Streckennetz später zu verbesserten geophysikalischen Messungen heranzuziehen.

Insgesondere aber hätten die in Strecken und Aufbrüchen erzielten geologischen Daten, die Lagerstättenmäßigen, petrografischen und tektonischen Aufschlüsse, sofern nicht überhaupt schon eine Lagerstätte gefunden ist, dazu zu dienen, vom Hauptstollenniveau aus planmäßig Bohrungen nach der Teufe abzustoßen. Diesen Bohraufgaben könnten bereits einige obertags angelegte Bohrungen vorausgehen.

Soweit sich heute überblicken läßt, wird zur Bewältigung der hier gestellten Schuraufgaben ein Aufwand von mindest 3000 m Strecken einschließlich Aufbrüche, sowie mindestens 1000 m Tiefbohrungen erforderlich sein.

An sich sind diese Aufschlußleistungen keine ungewöhnlichen. An zahlreichen erzverdächtigen Propylitrevieren des Balkans wurde ein ähnlicher oder noch größerer Umfang an bergmännischen Versuchsarbeiten, oft genug vergeblich, geleistet, um den Entscheid über den praktischen Wert geologisch begründeter Hoffnungszonen herbeizuführen.

In Gesamtheit geht es bei Dudice um ein zweifellos mit Aussichten begabtes, aber auch kostspieliges und riskantes Bergbau-Schurfprojekt. Es könnte immerhin geschehen, daß trotz der Feststellung einer Reihe günstiger geologischer Momente auch in der Tiefe nur eine verzelte, wenn auch im kleinen reiche, doch an Menge ungenügende Cu-Vererzung vorhanden sei; auch die Möglichkeit ist nicht auszuschließen, daß es eben nicht gelingt, die Indikationen für eine etwa doch vorhandene größere Cu-Ansammlung in der Tiefe so zu verdichten, um auch an sie bergmännisch heranzukommen.

Die Zahl der fürsprechenden geologischen Faktoren, darunter auch die Vergleiche mit den geologischen Bedingungen anderer, schon in Ausbeutung stehender Enargitvererzungen, im Verein mit der Tatsache, daß der mitteleuropäische Wirtschaftsraum nur über wenig Kupfererz-Hoffungsgebiete — von der Kupferschieferreserve abgesehen — verfügt, haben dazu geführt, daß sich 1940, also noch vor Ausbruch des deutsch-jugoslawischen Krieges, deutsches Interesse entschloß, die Risiken der Untersuchungsarbeiten auf sich zu nehmen und einen mit großzügigen Mitteln aufgezogenen Kupferschurfbau ins Leben zu rufen.

Der große Hauptquerschlag, welcher die Propylitbuchter erschließen sollte, wurde erst 1942 angeschlagen und war bis zum Zeitpunkt der Einstellung, Oktober 1943, ein gewaltiges tragisches Ereignis unmittelbar zum Anlaß habend, erst bis m 455 vorgekommen. Dr. F. Kautzsch, Betriebsführer des Kupferschurfbaues, hat über den damals erreichten Fortgang der Arbeiten einen bergmännischen Bericht verfaßt, dem auszugsweise folgende Angaben entnommen sind: „Der Hauptquerschlag wurde im Profil 18×20 m aufgeföhren. Ausweichen bei m 128—138 und 400—420. Bei m 415 begonnener Wetterhochbruch. Ab m 200 war das durchföhrene Propylitgebirge nicht mehr standfest, so daß der Stollen ausgebaut werden mußte. Bei m 176 wurde ein 50 cm mächtiger Pyritgang gequert. Im Hauptquerschlag als auch in den höheren Stollen wurden die Vortriebe zu einem Zeitpunkt unterbrochen, in dem die Arbeiten vor entscheidenden Aufschlüssen standen. Enargitspuren im Hauptquerschlag wurden zu verschiedenen Malen angetroffen.“ Letztere fanden bereits unter Punkt 2 dieser Arbeit eine Kennzeichnung.

Entsprechende Größe der Lagerstättensubstanz vorausgesetzt, würden die allgemeinen Bedingungen für die Entwicklung eines auch nur mittelgroßen Bergbaues in Dudice, zusammenfassend übersehen, trotz mancher Ungunst der Lage zu meistern sein. Die Höhenlage in Gebirge würde in weitgehendem Maße Stollenbau ermöglichen. Waldreichtum der unmittelbaren Umgebung sichert die Versorgung mit Grubenholz und kann teilweise auch der Kraftnutzung dienen. Die Transportfrage für die Verbindung mit dem Tal könnte mittels Seilbahn gelöst werden: entweder von der Grube bis unmittelbar nach Konopište, oder günstiger, weil kürzer, etwa nur bis zur Örtlichkeit Luka im Tale der Stara reka, wo eine günstige Talweitung für die Errichtung einer größeren Werksanlage, Flotation usw. vorhanden wäre und die weitere Verbindung nach Konopište durch einen Straßenbau unter günstigen Terrainbedingungen erreicht würde. Die Örtlichkeit Luka liegt auch vorteilhaft für die Errichtung einer Wasserkraftanlage unter Zumnutzemachen des wasserreichen und gefällskräftigen Stara reka-Baches, wobei sich als möglich ergeben könnte, einem zu bauenden Wasserstollen zugleich auch die Rolle als Förderstollen zuzuweisen. Die Straßenverbindung Konopište bis zur Normalbahnstation Demir Kapija (Skoplje—Saloniki) besteht als alte, ausbesserungsbedürftige Kriegsstraße (33 km) des Jahres 1918. Ein Kleinbahnprojekt Demir Kapija—Konopište—Mreschtschko (ca. 60 km) stand in Erwägung; die Verwirklichung würde nicht nur den Verkehrsanschluß eines bisher entlegenen, waldreichen Gebietes herbeiföhren, sondern auch der bergbaulichen Entwicklung einer Reihe von hoffnungsvollen Erzschorfgebieten (Dudice, Alchar, Rošden) förderlich sein.

Hinweis auf Schrifttum.

1. 1904 Antoula J., Les gisements de cuivre dans les environs de Bor et Krivelj. Revue des Mines et de l'industrie minière, Belgrad.
2. 1905/06 Stelzner-Bergeat, Die Erzlagerstätten, Leipzig.
3. 1907 Jovanović D., Or et cuivre en Serbie meridionale, Paris.
4. 1908 Cornu F. und Lazarevič M., Zur Paragenesis der Cu-Erze von Bor, Z. f. pr. G. 1908.
5. 1909 Beck R., Lehre von den Erzlagerstätten.
6. 1912 Lazarevič M., Die Enargit- und Covellinlagerstätten von Čuka Dulkan bei Bor in Ostserbien, Z. f. pr. G. 1912.
7. 1912 Lazarevič M., Propylitisierung, Kaolinisierung u. Verkieselung und ihre Beziehung zu den Lagerstätten der propylitischen jüngeren Gold-Silbergruppe, Z. f. pr. G. XX, H. 8.
8. 1914 Beyschlag-Krusch-Vogt, Die Lagerstätten der nutzbaren Minerale u. Gesteine.
9. 1919 Welter O., Über die Ergebnisse einer geologischen Kartierung im mittleren Makedonien zwischen Ochrida und der Dudica. Sitzungsbericht d. naturhistor. Vereins d. Rheinlandes und Westfalens, Bonn.
10. 1920 Schneiderhöhn F., Die Erzlagerstätten des Otavi-Berglandes, Metall u. Erz, S. 293—302.
11. 1926 Tučan F., Iswetschai o procavanja južne Srbije na terenu. Bulletin de la société scientifique de Skoplje, S. 475.
12. 1928 Georgalas G. K., Studie über einige Erzvorkommen im griechischen Teil des Morichovo-Moglena-Gebirges, Athen.
13. 1928 Petrascheck W., Metallogenetische Zonen in den Ostalpen, Comptes rendues, XIV. Internationaler Geologen-Kongreß Madrid.
14. 1928 Schneiderhöhn F., Die jungeruptive Lagerstättenprovinz in Serbien, Siebenbürgen, Ungarn und dem Banat. Cbl. f. Mineralogie A; S. 404—406, Stuttgart.
15. 1929 Berg G., Geochemie der mineralischen Rohstoffe.
16. 1929 Kossmat F., Zur Geologie der zentralen Balkanhalbinsel.
17. 1931 Bürg G., Charakteristik der grünsteinartigen Andesitfazies, ihre Ursachen und ihre Beziehungen zur Kaolinisierung und Verkieselung. Z. f. pr. G. 39, S. 161.
18. 1931 Marič L., Petrografske biljeske iz okoline Mrezicko, Alšara i Rozdena u Jugo Srbiji. Glasnik Skopskog nauc. društva, IX.
19. 1931 Petunnikow G., Über ein Blei- und Kupfervorkommen in Süd-makedonien, Mont. Rundschau 23, S. 113.
20. 1933 Ahlfeld F., Die Realgarformation, Z. f. pr. G., Bd. 41.
21. 1933 Hevse W., Die Kupferlagerstätte von Bor in Abhängigkeit von der Tektonik Ostserbiens, Z. D. Geolog. Ges., Bd. 85, S. 449.
22. 1933 Szekl J. und Romwalter A., Die Strukturformel des Enargits. Mittlg. d. Berg- u. Hüttenm. Abt. kgl. ung. Palatin Josef Univ. Sopron 5, Heft I, S. 52—60.
23. 1934 Brüggem J., Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles, Heidelberger Akad. d. Wiss.
24. 1936 Rittmann A., Vulkane und ihre Tätigkeit, Stuttgart.
25. 1937 Georgieff K. A., Der Erzbezirk von Panagjurische in Bulgarien. Festband Leobener Bergmannstag.
26. 1937 Mempel G., Die Kupferlagerstätte von Bor in Jugoslawien. Metall u. Erz, Bd. 34.
27. 1938 Helke A., Die jungvulkanischen Gold-Silber-Erzlagerstätten des Karpathenbogens. Archiv f. Lagerstättenforsch. Preuß. Geolog. Landesanstalt.

28. 1938 Osswald K., Geologische Geschichte von Griechisch-Nordmakedonien, mit 2 geolog. Karten usw., Athen.
29. 1940 Tajder M., Kozuf. Petrografie und Petrogenesis der Effusivgesteine vom Kozuf. Bulletin du service géologique du royaume de Yougoslavie.
30. 1941 Berg G. und Friedensburg F., Das Kupfer. Die metallischen Rohstoffe, ihre Lagerungsverhältnisse und ihre wirtschaftliche Bedeutung.
31. 1942 Petrascheck W. E., Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogene in den Balkaniden und Südkarpathen. Fortschr. d. Geolog. und Paläontologie, Berlin.

Als Berichte im Archiv der geologischen Landesanstalten teils Wien teils Berlin befinden sich:

32. 1938 Turina und Mempel, Bericht über das Erzgebiet Dudice.
33. 1938/40 Unterhössl F., Bericht über Dudice.
34. 1941 Ciar E. und Hiessleitner G., Geologischer Bericht über Bor, März 1941.
35. 1941 Hiessleitner G., Bericht über das Kupfervorkommen (nebst Bleiglanz und gediegen Schwefel) von Dudice, Süd Kavadar. Belgrad, Oktober 1940.
36. 1941 Unterhössl F., Bericht über Ludajana (Bulgarien).
37. 1942 Boecher H., Bericht über die Kupfervorkommen in Bulgarien.

Geologische Übersichtskarten.

38. 1930/31 Petkovitch K., Geologiska Karta Kraljevine Jugoslavije 1:1.000.000, Belgrad.
39. 1936 Boncheff St., Geologische Karte der östlichen zentralen Balkanhalbinsel 1:800.000, Sofia.
40. 1938 Osswald K. (= Nr. 28), Geologische Karten Nordmakedoniens 1:300.000. Athen.

Nachtrag.

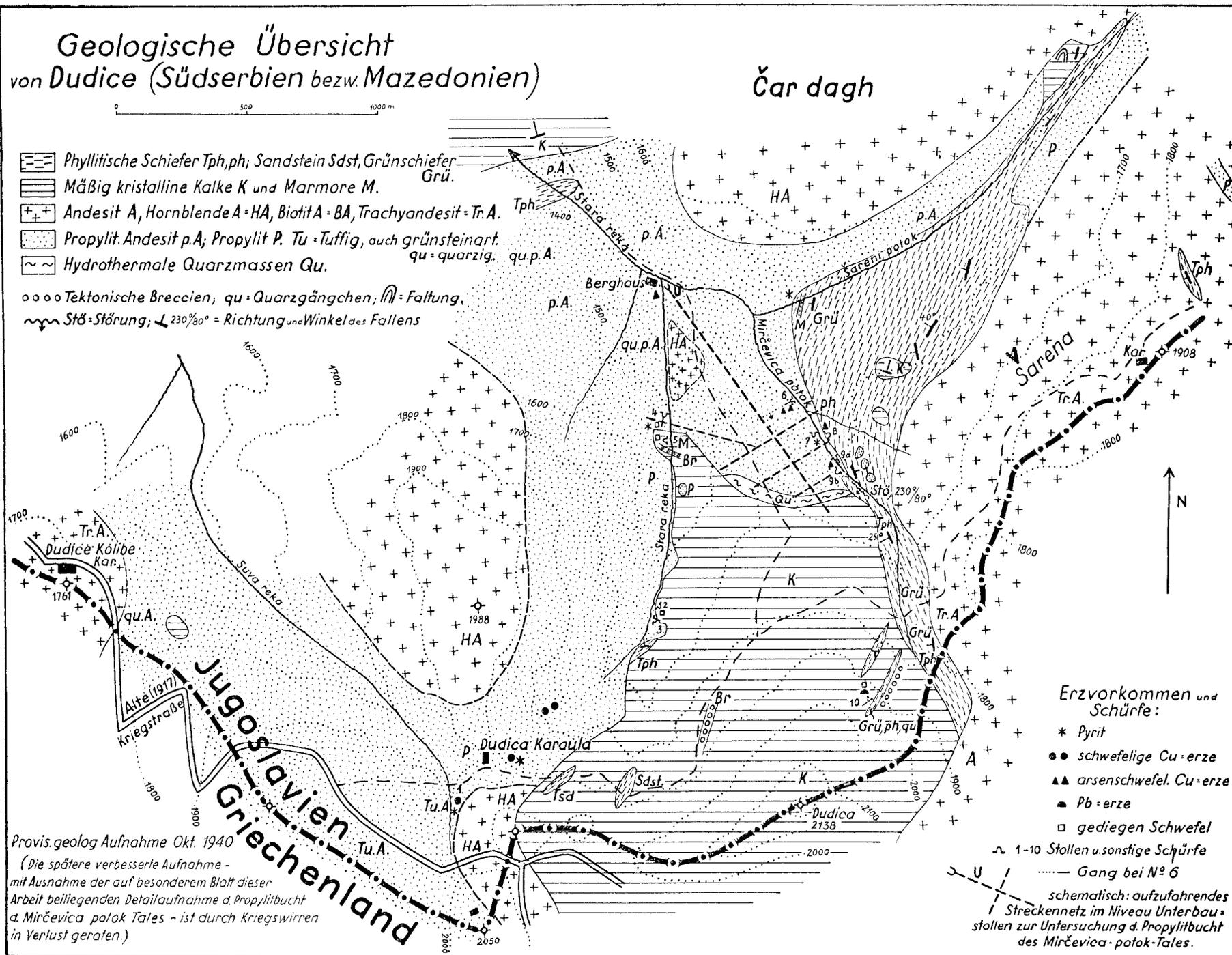
41. 1890 Foullon H. D. v., Über Antimonit und Schwefel von Alchar und Roždan in Mazedonien. — Überdies Arbeiten von Hoffmann über Alchar, Ö. Z. f. B. u. H., 1892.
42. 1908 Stevanovič S., Covellin u. Enargit von Bor in Serbien, Z. f. Kr.

Geologische Übersicht von Dudice (Südserbien bzw. Mazedonien)

0 500 1000 m

- Phyllitische Schiefer Tph, ph; Sandstein Sdst, Grünschiefer Grü.
- Mäßig kristalline Kalke K und Marmore M.
- Andesit A, Hornblende A = HA, Biotit A = BA, Trachyandesit = Tr.A.
- Propylit. Andesit p.A; Propylit P. Tu = Tuffig, auch grünsteinart. qu = quarzig. qu.p.A.
- Hydrothermale Quarzmassen Qu.

o o o o Tektonische Breccien; qu = Quarzgängchen; = Faltung.
 = Stör-Störung; = Richtung und Winkel des Fallens



Erzvorkommen und Schürfe:

- * Pyrit
- schwefelige Cu-erze
- ▲ arsenchwefel. Cu-erze
- Pb-erze
- gediegen Schwefel

1-10 Stellen u. sonstige Schürfe

— Gang bei N° 6

schematisch: aufzufahrendes Streckennetz im Niveau Unterbau-stellen zur Untersuchung d. Propylitbucht des Mirčevica-potok-Tales.

Provis. geolog. Aufnahme Okt. 1940

(Die spätere verbesserte Aufnahme mit Ausnahme der auf besonderem Blatt dieser Arbeit beiliegenden Detailaufnahme d. Propylitbucht d. Mirčevica potok Tales - ist durch Kriegswirren in Verlust geraten.)

Kupferschurfbau Dudice

Geologischer Detailplan der Enargit führenden Propylitbucht des Mircevica-potok-Tales

von G. Hiessleitner



Geologische Zeichengebung

- ph. phyllitische Tonschiefer
- chl-ph Chloritphyllite, Chloritschiefer
- qu ph quarzreiche Phyllite, Quarzphyllite
- KM. Kalkmarmore
- K. massiv kristalline Kalke
- HA Hornblende - Andesit
- BA Biotitandesit
- HBA Hornblende - Biotit - Andesit
- (k)P teilweise kaolinis. Propylit (Propylit bis Halbpropylit)
- PP Hochpropylit (weich tellig) BdP Bänderpropylit
- qu P verquarzier Propylit, kP kaoliniger Propylit
- py P stark pyritischer Propylit
- quc dem quartz carie ähnlicher Propylit (z.T. nur ausgelagter löcheriger Propylit)
- D Dazit
- Glazialschutt
- Hangschutt und Terrassenschotter
- Konglomerierter Terrassenschotter
- Mylonitzonen (im Kalkmarmor)

Vererzung

- E▲ Enargitfunde, lose
- E▲ Enargitvererzung anstehend
- E▲▲ Enargitgang
- Cu.. Kupferkies, Cu Karbonatische Kupfer-Zersetzungserze
- xPy reine Pyritvererzung (d. d. J. reiche Impragnation)
- Bleiglanz
- Schwefel gediegen, S
- Cu-sp Kupferspuren
- Qu Quarzgang

Sonstige Zeichen

- Klüftung im Propylit
- Mylonitzonen
- Störung, Streichrichtung u. Einfall * a Falllinie, z. B. 70°
- Störung Wellenlinie - Richtung d. Rutschschollen und deren Winkel (z. B. 65°) zur Falllinie
- Lokale Faltung
- z allgemeine zerfällt, l tellig zersetzt
- kl Klüftig, qu Verquarzung schlechthin, quarzreich
- r rostig limonitisch, w weich
- Schichtenfallzeichen \leftrightarrow horizontal

quartz carie der Mühlsteinbrücke

