

Zur Geologie von Ostmazedonien.

Von

A. Wurm.

Mit 1 Kartenskizze (Taf. I) und 7 Textfiguren.

Einleitung.

Meine Beobachtungen erstrecken sich auf die Gebirge und Senkungsgebiete am unteren Lauf der Struma in Südbulgarien und Griechisch-Mazedonien. Es soll und kann hier kein zusammenhängendes Bild des geologischen Aufbaus und der Geschichte Ostmazedoniens gegeben werden, es können hier nur die Hauptzüge der stratigraphischen und tektonischen Entwicklung skizziert werden. Die Untersuchungen stützen sich auf Beobachtungen, die ich während meiner kriegsgeologischen Tätigkeit in Mazedonien machen konnte.

Herr Professor OPPENHEIM, Berlin, hatte die Freundlichkeit, die von mir im Mündungsgebiet der Struma gesammelten marinen Tertiärfaunen einer Bestimmung zu unterziehen und zugleich die Altersstellung der betreffenden Schichten festzulegen. Ich benütze die Gelegenheit, um ihm dafür meinen besten Dank zu sagen. Auch Herrn Geheimrat KOSSMAT sei für eine Durchsicht dieser Arbeit bestens gedankt.

Ostmazedonien gehört der alten Rhodopemasse an, die ihre Hauptverbreitung in Thracien hat, aber auch nach Norden nach Nordserbien und nach Westen nach Mittelmazedonien übergreift. Der reichgegliederte stratigraphische Aufbau Westmazedoniens, der eine fast lückenlose Rekonstruktion der tektonischen Entwicklung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart ermöglicht, fehlt hier in Ostmazedonien ganz und gar. Alte Gebirgshorste umrahmen junge Beckengebiete. In diesen liegen meist tertiäre Ablagerungen, die z. T. noch ganze Becken füllen, z. T. nur als mehr oder weniger breite Bänder an den Flanken der Ge-

birge erhalten geblieben sind. Die geologischen Bausteine, die uns über die im einzelnen ziemlich komplizierte Entwicklungsgeschichte Aufschluß geben können, sind altes Gebirge und junge Beckenfüllung. Zwischen beiden klappt eine gewaltige Lücke, zeitlich dem ganzen Mesozoicum und wohl auch dem größten Teil des Paläozoicums entsprechend; Ablagerungen aus dieser Zeit fehlen und damit auch jede geologische Überlieferung. Aus dem hier skizzierten geologischen Aufbau ergibt sich auch die stoffliche Anordnung der nachfolgenden Ausführungen.

I. Das alte Grundgebirge.

A. Die Gebirgshorste.

1. Ogražden Planina¹.
2. Belasica Planina.
3. Pirin.
4. Čengel Planina.
5. Šarlija Planina.
6. Smijnica Planina.

B. Das Gesamtbild des alten Gebirges.

1. Alter und Ursprung der Schiefer und Marmore.
2. Ältere (paläozoische?) Gebirgsbildung.
3. Der Granitbatholith.
4. Metamorphose der Schieferhülle.
5. Die Serpentindurchbrüche.

II. Die Talfurche der Struma.

1. Neogene Meeresablagerungen.
2. Neogene Süßwasserablagerungen.

III. Die jüngeren tektonischen Bewegungen und morphologischen Veränderungen.

I. Das alte Grundgebirge.

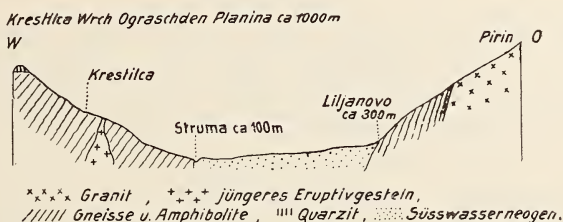
A. Die Gebirgshorste.

1. Ogražden Planina.

In den Winkel zwischen dem O—W verlaufenden Strumicatal und dem NS ziehenden Strumatal schiebt sich ein mächtiger wenig gegliederter Gebirgsblock ein: die

¹ Die Schreibweise der Ortsnamen schließt sich der auf der österreichischen Karte 1 : 200000 an. Abweichungen darin auf der beigegebenen Karte und auf einzelnen Profilen konnten leider nicht mehr verbessert werden.

Ogražden Planina im Süden, daran anschließend die Maleš Planina im Norden. Schon die morphologische Analyse des Gebirges läßt auf eine recht gleichförmige Struktur schließen. In der Tat besteht die Ogražden Planina wenigstens in ihrem östlichen Teil nur aus Gneisen, denen Zonen von Amphiboliten und Granatamphibolgesteinen zwischengeschaltet sind. An mehreren Stellen durchbricht die Gneise ein graues in verwittertem Zustand rötliches Eruptivgestein¹. Ein paar schärfer individualisierte Gipfformen heben sich aus dem massigen Aufbau des Gebirges heraus. Hier ist der Gneis durch thermale Vorgänge in löcherige graue, durch Eisenflecken rot und gelb gefärbte Quarzite umgewandelt, deren mächtige übereinander getürmte Blöcke den Gipfel des Krestilca Vrch bilden (vgl. Profil 1).



Profil 1. Profil durch das Strumatal. 1:400 000.
5 × überhöht und gebrochen.

Tektonisch ist der Aufbau des Gebirges denkbar einfach. Die Gneise streichen überall, wo ich Beobachtungen anstellen konnte, NW und fallen steil nach NO ein.

An der Südseite des Gebirges tritt bei Novoselo in einzelnen durch Blockverwitterung ausgezeichneten Kuppen auch riesenporphyrisch ausgebildeter Granit zutage.

2. Belasica Planina.

Im Süden der Ogražden Planina steigt durch das tiefe Tal der Strumica getrennt ein mauerartiger Gebirgswall mit jäh abfallenden Nord- und Südflanken auf, die Belasica Planina. Aus der langgezogenen Kammlinie schwingen sich einzelne Gipfel über 2000 m empor. So verschieden sich die beiden

¹ Unter dem Mikroskop erkennt man Einsprenglinge eines basischen Plagioklas und von Biotit, die in einer schwer auflösbaren Grundmasse liegen.

Gebirge morphologisch gegenüberstehen, so bildet doch im geologischen Aufbau die Belasica Planina die natürliche Fortsetzung der Ogražden Planina nach Süden. Auch hier die gleiche Eintönigkeit der Zusammensetzung. Gneise wechselagern mit Amphiboliten und Glimmerschiefern. Pegmatite setzen häufig in den Schiefern auf. Auch kleinere Granitstöcke scheinen den Schiefermantel zu durchbrechen. Im tiefen Einschnitt des Rupelpasses habe ich in Bachschottern Rollstücke von Serpentin beobachtet; Serpentinstöcke verzeichnet CVIJIČ's¹ Karte auch im mittleren Teil des Gebirges. NO- und NW-Streichen scheinen vorherrschend zu sein. Der ostwestliche Verlauf des Kammes steht also in gar keiner Beziehung zur inneren Struktur des Gebirges.

3. Der Pirin.

Ich habe nur an einer Stelle Gelegenheit gehabt, einen Einblick in den geologischen Bau dieses Hochgebirges zu gewinnen, bei Svetivrač im tiefen Tal der Bistrica. Der Kern des Gebirges besteht hier aus Granit, den am Westabfall ein mächtiger Mantel von Gneisen und grobschuppigen bis feinnadeligen Amphiboliten umhüllt (vgl. Profil 1). Die bedeutende Höhe, zu der der Granit im Innern des Gebirges emporsteigt, kennzeichnet den Pirin als eine großartige Aufwölbungszone innerhalb der geologischen Tiefengebiete im Süden und Osten.

4. Čengel Planina.

Die Belasica Planina setzt sich östlich des Rupel derbend in orographischem Sinne in der Kette der Čengel Planina fort. Die ersten Angaben über dieses Gebirge verdanken wir VIQUESNEL², CVIJIČ hat es nicht betreten und sein Schüler JANKOVIČ ist nur an den östlichen Ausläufern vorbeigezogen. Der niedrige Westkamm des Gebirges besteht vorherrschend aus Gneisen, Amphiboliten und Glimmerschiefern. Im Rupelpaß unweit des Dorfes Rupel ist in diese Zone ein kleiner

¹ Grundlinien der Geographie und Geologie von Mazedonien und Albanien. PETERM. Mitt. Ergänz. 34, 1908.

² Voyage dans la Turquie d'Europe; Description physique et géologique de la Thrace.

Serpentinstock eingekeilt; es ist dies das östlichste Serpentin-vorkommen, das mir bekannt geworden ist. Weiter im Osten hebt sich das Gebirge zu bedeutenderen Höhen empor, im Ali Butuš bis zu 2187 m und hier tauchen die Schiefer mählich unter einem mächtigen Mantel von hochkristallinen Marmoren unter. Dem Kalkgebirge sind meist noch schmale Bänder von Schiefeln zwischengeschaltet, die die Feuchtigkeit besser halten und sich als grüne Vegetationsstreifen auf den kahlen Kalkhängen abzeichnen. Dadurch erhalten die Flanken des Gebirges oft eine tigerfellartige Streifung. Das Streichen ist hier im Osten recht schwankend, aber doch vorherrschend NO bei meist steilem Einfallen nach N. Es scheint sich hier also aus der nordsüdlichen Streichrichtung des Piringebirges (nach JANKOVIČ¹) eine Umbeugung in die NO-Richtung zu vollziehen. Am Nordrand des Gebirges bei Lehovo kommt der Granit in einer größeren Entblößung zutage und steigt am Gebirgsrand selbst ziemlich hoch hinauf. Seine unverkennbaren wollsackartigen Verwitterungsformen grenzen ihn schon morphologisch scharf gegen das Karstgebiet der Marmore ab.

5. Šarlijagebirge.

Südlich der Čengel Planina erhebt sich, durch das Valoviškabecken geschieden, ein vielkuppiges Bergland: das Šarlijagebirge. In seinen zentralen Teilen besteht es ganz aus Granit, einer gewaltigen Aufwölbung entsprechend, die halbkreisförmig im Norden, Osten und Süden von mächtigen Marmor-massiven umschlossen wird. Der Granit ist meist hornblendeführend, häufig grobporphyrisch entwickelt und wird von zahlreichen Aplitgängen durchschwärmt. Der Quarzgehalt ist vielfach so gering, daß das Gestein mehr syenitischen Charakter annimmt. Augitführende Hornblendesyenite treten als fazielle Differenzierungen bei Brodi auf. Im Norden taucht der Granitbatholith unter den steilaufstrebenden Marmorwänden des Ali Butuš-Massivs unter. Die Kontaktgrenze läuft um den ganzen Südsockel des Ali Butuš herum und bildet hier die natürliche Grenze zweier Gebirge, der Čengel Planina im Norden, der Šarlija Planina im Süden. Diese Kontaktgrenze

¹ Grundlinien. p. 192.

ist auch dadurch noch von Interesse, daß sich an sie nicht unbedeutende Erzvorkommen knüpfen, die Zinkerzlagertstätten von Karaköj. Es handelt sich um eine metasomatisch-kontakt-metamorphe Lagerstätte. Die oxydischen und sulfidischen Erze sind mehr in der Kontaktzone zu beobachten (Magnetit, Zinkblende, Pyrit), weiter davon entfernt im Kalk herrscht Galmei vor. Nordöstlich von Seres an der Straße nach Nevrokop tritt der Granit in Kontakt mit dem von der Smijnica herüberstreichenden Marmor und hat hier den Kalk zu einer 30 cm dicken Lage von Granat-Epidotfels umgewandelt. In der Ostumrahmung des Šarlijagebirges gegen das Becken von Seres zu ist der Granitkern manchmal durch einen dünnen Mantel von Schiefnern, hauptsächlich Gneisen und Amphiboliten verhüllt.

6. Smijnica Planina.

Der Granit des Šarlijagebirges taucht südlich unter dem Marmor massiv der Smijnica Planina unter, das durch die breite Öffnung der Angistasenke von dem südlichsten Eckpfeiler des Beckens von Seres: dem Prnar Dag, dem Goldgebirge der Alten getrennt wird. Im Gegensatz zu der Aufbruchzone des Šarlijagebirges stellen die Smijnica Planina und die sich ihr südlich und östlich anschließenden Marmorgebirge der Prnar Dag und der Boz Dag alte geologische Muldengebiete dar. Nur am nordwestlichen Rande der Smijnica Planina in der Gegend des landschaftlich berühmten Klosters Svet Ivan und in der tiefen Klamm der Brodska Reka kommt der Granit nochmal zutage. Hier lassen sich auch dieselben durch Granatepidotfels ausgezeichneten Kontaktzonen beobachten wie am Rande des Šarlijagebirges.

Die eigentliche Smijnica Planina wird durch zwei Senken oder Pässe in drei Einzelmassive gegliedert, was allerdings auf der österreichischen Karte 1:200000 gar nicht zum Ausdruck kommt. Diese Gliederung ist sehr wahrscheinlich in der inneren geologischen Struktur des Gebirges bedingt. Die Schichten streichen vorherrschend NO und fallen mit 10—30° nach Süden ein. Die Senken streichen ebenso und folgen leichter verwitterbaren Schieferbändern, die den Kalken eingeschaltet sind.

B. Das Gesamtbild des alten Gebirges.

1. Alter und Ursprung der Schiefer und Marmore.

Über das Alter der in Ostmazedonien zu so mächtiger Entwicklung gelangenden hochmetamorphen Schiefer und Marmore fehlen jegliche Anhaltspunkte. Fossilien habe ich in ihnen nirgends beobachtet. Bei der hohen Kristallinität dieser Gesteine ist auch wenig Aussicht vorhanden, jemals welche zu finden. Aus petrographischen und stratigraphischen Analogieschlüssen ist KOSSMAT¹ geneigt, ihre Ablagerung in vorpaläozoische, vielleicht algonkische Zeit zu verlegen.

Alle diese Gesteine gehören der hochmetamorphen Schieferhülle an, welche die großen granitischen Intrusionsmassen mantelförmig umhüllt. Für den sedimentären Ursprung des ganzen Komplexes spricht ebenso der in der Vertikalgliederung rasch wechselnde petrographische Habitus, die gut erhaltene Schichtung und die an vielen Stellen beobachtete Wechselagerung und innige Verzahnung der kristallinen Schiefer mit Marmoren. Der ganze Komplex dieser alten Gesteine dürfte mariner Entstehung sein. Wichtig ist, daß östlich der Struma diese metamorphe Schieferregion im Gegensatz zu den westmazedonischen Massiven nicht als Ummantelung einer Kerngneisregion auftritt, sondern von granitischen Intrusionsmassen durchdrungen wird, die hier unmittelbar in breiten Kontakt mit den zu großer Mächtigkeit anschwellenden Marmor Massen treten.

2. Ältere (paläozoische?) Gebirgsbildung.

Über die älteren tektonischen Bewegungen in den ostmazedonischen Gebirgen lassen sich keine bestimmten Anhaltspunkte gewinnen, da mesozoische und vielleicht auch paläozoische Ablagerungen fehlen. Immerhin kann man sagen, daß solche älteren Störungen sicher vorhanden sind und daß sie zeitlich wahrscheinlich der varistischen Gebirgsbildung in Mitteleuropa entsprechen. Die innere Struktur der Gebirge ist wohl hauptsächlich auf Rechnung dieser älteren Bewegungen zu setzen, während die heutige orographische Begrenzung und Gliederung der Gebirge wohl ausschließlich als ein Produkt

¹ Mitteilungen über den geologischen Bau von Mittelmazedonien. Ber. d. Math.-Phys. Kl. d. Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig. 70. 1918.

der jüngeren tertiären Bewegungen anzusehen ist. Im Gegensatz nun zu dem komplizierten Aufbau der mittel- und westmazedonischen Gebirge, hauptsächlich der Vardarzone, ist der tektonische Bau der ostmazedonischen Gebirge einfacher. Steilgestellte Schichtpakete werden durch ein ziemlich einheitliches Streichen beherrscht. Nirgends habe ich Anzeichen von starken Verfaltungen oder Schuppenstrukturen beobachtet. Die hochmetamorphe Ausbildung und der dadurch bedingte Mangel einer stratigraphischen Gliederung erlauben zwar nur einen sehr beschränkten Einblick und lassen es nicht ausgeschlossen erscheinen, daß unter diesem anscheinend einfachen geologischen Aufbau doch kompliziertere Strukturen verborgen liegen.

3. Der Granitbatholith.

Der Granit hat die Schiefer und Marmore in weiter Ausdehnung durchbrochen. Eine genauere Altersfixierung läßt sich in dem von mir untersuchten Gebiete nicht gewinnen. Nur aus Analogie mit varistischen Massiven Mitteleuropas mag man sein Empordringen ins Carbon verlegen. Es scheint sich um eine gewaltige Intrusionsmasse zu handeln, die von der Rila im Norden bis zum Ägäischen Meere sich hinzieht. Im Pirin erscheint sie in einer großen Aufbruchzone, aber auch weiter südlich kommt sie in mehr oder weniger breiten Entblößungen in den Randgebirgen des Beckens von Seres, in der Čengel Planina, in der Šarlija, der Smijnica und am Prnar Dag zutage; sie bildet auch das Küstengebirge von Kavalla. Petrographisch ist das Gestein trotz lokaler Besonderheiten ziemlich gleichheitlich entwickelt. Es enthält neben reichlich Orthoklas bzw. Mikroklin meist zonar aufgebaute Plagioklase, deren Mischungsverhältnis sich vom Oligoklas-Andesin bis zum Andesin erstreckt.

In der Ganggefolgschaft des Granites treten Pegmatite und Aplite auf, welche hauptsächlich die Schiefer durchschwärmen, in den Marmoren sich aber nur in unmittelbarer Nähe des Kontaktes finden. Gerade am Nordwestrand der Smijnica, wo der Marmormantel in breiter Fläche dem Granit aufliegt, fällt diese Seltenheit von Eruptivgängen besonders auf. Man gelangt unwillkürlich zu der Vorstellung, daß das

empordringende Magma sich mit der aufgeblättern und teilweise wohl auch resorbierten Schieferhülle viel inniger verflocht als mit den Marmorkomplexen. Es ist das ein weiterer Beitrag zu der schon mehrfach geäußerten Anschauung, daß die Natur des Nebengesteins eine sehr wesentliche Rolle für die Ausbreitung und die Formentwicklung von Intrusionsmassen spielt¹.

4. Metamorphose der Schieferhülle.

Noch eine Fragestellung besonderer Art muß uns hier beschäftigen, die Metamorphose der Schiefer. Man könnte daran denken, sie zeitlich und ursächlich mit dem Empordringen des Granites in Verbindung zu bringen. Eine Gegenüberstellung der geringfügigen Kontaktzone des Granites und der viele Hunderte von Metern durchgehenden gleichmäßigen Metamorphose der Marmore und Schiefer schließt wohl jeden Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen aus. Die Metamorphose der Schiefer und Marmore ist älter als das Empordringen des Granits. Zu der hohen Kristallinität dieser Gesteine stehen ihre anscheinend ruhige Lagerung und die ausgezeichnet erhaltene Schichtung in merkwürdigem Gegensatz. Die Metamorphose muß in einer Tiefenlage erlangt worden sein, in der eine gleichmäßige regionale Umkristallisierung erfolgte².

Kataklastische Strukturen sind auf junge Bruchzonen beschränkt. Am Westrande des Šarlijagebirges und am Nordwestrand der Smijnica Planina treten zonenweise Granitgneise von kataklastischem Habitus auf. Diese Gesteine zeigen auch im mikroskopischen Bilde deutliche Mörtelstrukturen.

5. Serpentinurchbrüche.

Im Vardargebiet und in Westmazedonien fallen in das höhere Mesozoicum, in den Jura Ausbrüche von grünen Gesteinen, hauptsächlich von Diabasen und Serpentin. Letztere ziehen sich über

¹ Vgl. auch die Arbeit von Cloos, Granite des Tafellandes und ihre Raumbildung. (Geologische Beobachtungen in Südafrika. IV.) Dies. Jahrb. 1918. Beil.-Bd. XLII, p. 438.

² Vgl. dazu die inzwischen erschienene Arbeit ERDMANNSDÖRFFER'S: Über metamorphe Gesteine in Mazedonien. Sitzungsber. Preuß. Akad. d. Wiss. Berlin. 32. 1920. p. 576—583.

die Belasica bis in den Rupelpaß herüber. Da mesozoische Ablagerungen in Ostmazedonien und in Thracien nicht vorhanden sind, so fehlt hier jede Handhabe für die Altersbestimmung dieser Gesteine. Jedenfalls wird man aber diese östlichen Vorkommen analogiehalber auch ins Mesozoicum stellen dürfen.

II. Die Strumafurche.

1. Neogene Meeresablagerungen.

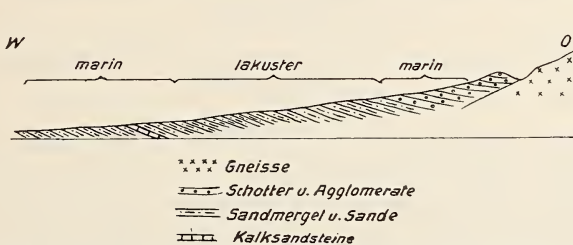
Das oligocäne Meer ist als ein breiter Golf zwischen das westmazedonische Massiv und das Rhodopegebirge bis nördlich von Üsküb vorgedrungen. Ostmazedonien war von ihm anscheinend nicht überflutet. CVIJIČ¹ erwähnt zwar von der Strumamündung bei Neohori weiße und graue Korallenkalke und Kalkkonglomerate, die er geneigt ist, den paläogenen Schichten Thraciens gleichzustellen. Konglomeratische Korallenkalke sind zwar für den unteren Teil der mittelmazedonischen Oligocänablagerungen charakteristisch, immerhin bedarf dieses Vorkommen, da es bis jetzt vereinzelt geblieben ist, noch der Nachprüfung.

Dagegen sind schon von CVIJIČ im unteren Strumagebiet im Becken von Seres marine Tertiärschichten aufgefunden worden, die er auf Grund der allerdings schlecht erhaltenen Fossilien als wahrscheinlich sarmatisch bezeichnet. Ich habe das Vorkommen von marinen Schichten in viel größerer Ausdehnung feststellen können und auch ein ziemlich reichhaltiges, z. T. gut erhaltenes Fossilmaterial gesammelt. Die Bestimmung dieser Fossilien, die Herr Prof. OPPENHEIM in Berlin durchführte, hat nun das interessante Resultat ergeben, daß hier wahrscheinlich vier altersverschiedene Horizonte vorliegen, welche der sarmatischen, einer fast rein marinen pontischen (mäotischen) Stufe, einer pontischen Süßwasserstufe und endlich dem Pliocän (Plaisancien?) angehören. Die sarmatischen Schichten sind bei Seres und namentlich nordwestlich von Seres im Damna-dere sehr fossilreich entwickelt und durch *Maetra podolica* und zahlreiche Cardien gekennzeichnet. Darüber legen sich im Damna-dere mächtige Süßwasserbildungen, welche Kalk-

¹ Grundlinien p. 343.

bänke mit einer kleinen Süßwasserfauna einschließen. Nach der Beurteilung durch Prof. OPPENHEIM dürfte dieser pontisches Alter zukommen. Diese fluviatile und lakustre Serie wird von neuem von marinen pliocänen Austernkiesen überlagert (vgl. Profil 2). Am westlichen Beckenrand, am Beşik Dag, hat CVIJIČ bei Jezova Ablagerungen mit marinen Fossilien nachgewiesen, die vermutlich sarmatisches Alter besitzen.

Das sarmatische Meer bildete im Becken von Seres nur eine schmale Bucht, der Fuß der Belasica ist vermutlich nicht von seinen Wellen gespült worden. In diese Meeresbucht sind von den umliegenden Gebirgen mächtige Schuttmassen hineingebaut worden. Dieser Vorstellung entspricht

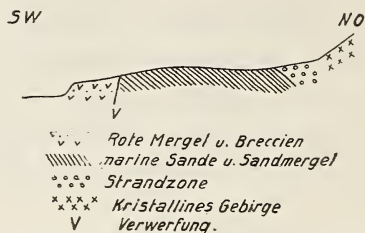


Profil 2. Profil durch die Tertiärablagerungen des Damna Dere bei Melnikič vom Gebirgsrand bis zur Beckenebene. 1 : 50 000.
2 × überhöht, 3 × gebrochen.

der petrographische Charakter dieser Ablagerungen, die aus einem Wechsel von Sanden, Sandmergeln, Schottern, Kalksandsteinen bestehen. Dieses sarmatische Meer reichte wohl nach Osten bis an die Dardanellen und den Bosphorus, wo seit langem sarmatische Ablagerungen bekannt sind, und fand nach Westen seine Fortsetzung über Chalkidike nach Thessalien und Albanien.

Besonderes Interesse verdient nun die Feststellung marinen Pliocäns, das in der Bucht von Seres, namentlich zwischen Nuska und Hurovišta, sehr fossilreich entwickelt ist. Hier habe ich in den tiefen Schluchten, welche das Tertiärvorland durchschneiden, eine gut erhaltene sehr individuenreiche Fauna gesammelt. Meterdicke Bänke bestehen fast nur aus Schalen von *Cerithium* und *Cardium*. Es handelt sich auch hier nur um eine schmale Meeresbucht, die Küste fiel mit dem heutigen Gebirgsrande zusammen. Sehr klar läßt sich das zwischen

Nuska und Hurovišta beobachten, wo das Pliocän mit einer typischen Strandablagerung (Kalkgerölle mit Bohrmuschel-löchern) dem kristallinen Gebirge auflagert (vgl. Profil 3). Der Nachweis so junger neogener Meeresablagerungen verlangt eine wesentliche Berichtigung der durch NEUMAYR vertretenen Anschauungen über die Landzusammenhänge der



Profil 3. Profil durch den Gebirgsrand nördlich Hurovišta.
L. ca. 100 000 überhöht.

nördlichen Ägäis. Zum mindesten wird der große pliocäne Kontinent NEUMAYR'S wenigstens in seiner nördlichen Ausdehnung erheblich eingeschränkt. Es begegnet allerdings großen Schwierigkeiten, die Zusammenhänge dieses pliocänen Meeres zu rekonstruieren¹.

2. Neogene Süßwasserablagerungen.

Die Süßwasserablagerungen, die sich im Damnadere nordwestlich Seres zwischen sarmatische Schichten und marines Pliocän einschalten, erreichen namentlich in der Umgegend von Demirhisar große Verbreitung. Marine Schichten scheinen hier zu fehlen, die sarmatischen und mätischen Schichten wie das marine Pliocän scheinen hier durch Süßwasserbildungen vertreten zu sein. Es erfüllten damals das Becken große Seen- und Flußniederungen, die auch tief ins Valoviškatal eindrangten. Durch die Senke des Rupel derbend standen sie in Verbindung mit dem großen Seebecken, das von der Kresnaschlucht im Norden bis zur Belasica und Čengel Planina

¹ Die Stratigraphie des Tertiärs und die paläontologischen Ergebnisse sollen in einer gemeinsamen Arbeit mit Prof. OPPENHEIM genauere Besprechung finden, vgl. auch OPPENHEIM: Über Neogen am Golfe von Orfano im südöstlichen Mazedonien. Centralbl. f. Min. etc. 1920. p. 9.

im Süden das heutige Strumatal bedeckte. Alle diese Binnenseen füllten sich langsam mit den vom Gebirge herabgeführten Schuttmassen. Das petrographische Bild dieser Ablagerungen ist außerordentlich wechselnd. Von mächtigen ungeschichteten Blockmassen, die hauptsächlich dem Gebirgsrand anlagern, lassen sich alle Übergänge zu Schottern, Breccien, Sanden, Sandmergeln und Tonen beobachten. Meist nicht abbauwürdige Lignitflöze finden sich an verschiedenen Stellen diesen Schuttmassen zwischengeschaltet. Diese fluviatilen Ablagerungen sind sehr arm an fossilen Einschlüssen. Kunde von einem reichen Wirbeltierfund bekam ich nur aus dem Beckengebiet nördlich des Rupelpasses bei Kruidovo am Fuß des Pirin. Hier scheinen ein ganzes Skelett von einem Pferd, ferner Knochenreste eines Proboscidiens aufgedeckt worden zu sein. Der wertvolle Fund wurde leider verschleudert; in meinen Besitz kamen nur ein paar Backenzähne von *Hipparion gracile*. Man geht demnach wohl nicht fehl, wenn man die Füllung der Becken Ostmazedoniens mit diesen kontinentalen Schuttmassen in das Unterpliocän verlegt. Reiche Säugetierfunde in den Neogenablagerungen des mittleren Vardartales mit einer ausgesprochenen Pikermifauna¹ scheinen diese Deutung zu bestätigen.

Einen nicht unbedeutenden Anteil an der Zuschüttung dieser neogenen Becken nehmen Kalkbreccien, die im Landschaftsbilde außerordentlich auffällig hervortreten. Wie Fremdkörper tauchen diese klotzigen Kalkklippen mitten aus dem Sand- und Schottergebiet empor. Sie sind, wie sich an vielen Stellen einwandfrei beobachten läßt, den Sand- und Schottermassen zwischengeschaltet. СВИЛЧ² hat diese Kalkklippen in der Tertiärbucht bei Seres gesehen und kommt zu dem eigenartigen Ergebnis, daß es sich hier um Überschiebungsmassen alter kristalliner Marmore über die tertiären Ablagerungen handelt. Die nähere Untersuchung zeigt aber deutlich den klastischen Charakter dieser Kalkmassen. Es sind Breccien, in denen allerdings noch da und dort bis hausgroße kompakt

¹ Vgl. KOSSMAT, Mittelmazedonien, l. c. p. 282 und MAX SCHLOSSER, Die Hipparionfauna von Veles in Mittelmazedonien. Abh. d. bayr. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Kl. XXIX. 4. 1921.

² Grundlinien, l. c. p. 338 u. 339.

gebliebene Blöcke liegen. Dadurch erweisen sie sich als fossile Zeugen gewaltiger Bergstürze, die sich vom Gebirgsrande loslösten und manchmal einen Weg von mehreren Kilometern zurücklegten. Damit stimmt auch gut überein, daß diese Kalkbreccien meist linsenartig zwischen den Sand- und Schottermassen anschwellen, um ebenso rasch wieder auszukeilen. An vielen Stellen ist das Material dieser Bergstürze durch nachträgliche Abschwemmung weiter aufbereitet worden. Es entstammt fast ausnahmslos den Marmor-massiven der Randgebirge. Seltener findet man abgestürzte Schieferschollen im Sandtertiär eingebettet. Der heutige Aufbau der Randgebirge ergibt keinen Anhaltspunkt, daß hier günstige Bedingungen für Bergstürze durch Orographie und Lagerungsverhältnisse gegeben waren. Allerdings muß man sich andererseits sagen, daß eben diese Schutthalden und Bergstürze einem längst vorübergegangenen Stadium der Erosionsgeschichte dieser Beckenränder angehören. Ich denke aber auch an die Mitwirkung heftiger Erdbeben, die solche Bergstürze zur Auslösung bringen konnten. So wurde gelegentlich des mazedonischen Bebens im Jahre 1904 das Strumatal an mehreren Stellen mit Blöcken verschüttet, die von den Abhängen herabgestürzt waren. In der Kresnaschlucht erreichten sie bis 100 cbm Größe.

An einzelnen Stellen, so nördlich Demirhisar, auf der Savjakhöhe und nordöstlich Ajana gewinnen Kalktuffablagerungen eine ziemliche Verbreitung. Sie bilden meistens das Hangende des Sandtertiärs. In der Rupelschlucht lagern sie auch direkt dem kristallinen Gebirge auf. Sie erstrecken sich über weite Flächen und erinnern ganz an die Kalktuffplatten, wie wir sie in heißen Klimaten in Kleinasien oder Nordafrika antreffen. Die Bedingungen ihrer Ablagerung müssen ganz ähnliche gewesen sein.

Am Fuß der Smijnica Planina auf der Tertiärplatte rings um den Prnar Dag gelangen rote sandige Lehme und Geröllpackungen mit roten Lehmen als Zwischenmittel zu mächtiger Entwicklung. Die ganze höher liegende Platte von Sarmusakli besteht aus diesen Ablagerungen. Weiter südlich bei Ziljahovo und auf der anderen Seite der Angista bei Radulevo verhüllen sie am Gebirgsfuß wie ein Mantel das helle marine Sand-

tertiär, das nur in tiefen Schluchten oder am äußeren Rande der Tertiärplatte zutage kommt. Diese sog. roten Ablagerungen, wie ich sie kurz nennen will, sind naturgemäß an den Fuß der Kalkgebirge gebunden; beziehen sie doch ihr Material aus der Verwitterung und Abtragung der Marmore. Es sind ihrer Entstehung nach umgelagerte Terra rossa-Bildungen. Diese roten Lehme ruhen am Fuß der Smijnica Planina den marinen Pliocänschichten auf, sie bilden also das Hangende der ganzen Tertiärserie und dürften wohl selbst noch dem oberen Pliocän angehören.

III. Die jüngeren tektonischen Bewegungen und morphologischen Veränderungen.

Bei den jüngeren Veränderungen des Rhodopemassives haben faltende Kräfte jedenfalls eine geringere Wirksamkeit erlangt; an der tektonischen Umgestaltung, die in einer Aufteilung und Zerstückelung der einheitlichen Blockmasse bestand, haben Brüche und flache Verbiegungen den Hauptanteil gehabt.

In Mittelmazedonien erfolgten sowohl vor Ablagerung der oberen Kreide als auch im Endabschnitt der Kreide starke Faltungen, deren Wirkungen wir bisher wenigstens für Ostmazedonien nicht feststellen können.

Von den Fragmenten alter Rumpfflächen, welche uns in Ostmazedonien erhalten sind, reichen die ältesten wohl in das Paläogen zurück. Reste davon sind noch am Nordkamm der Smijnica Planina in großer Höhe in ca. 1400 m erhalten. Noch besser treten sie auf der Ogražden Planina in die Erscheinung, deren massiger Aufbau ein welliges Gipfelplateau mit Höhen von 13—1500 m trägt. Diese Rumpffläche ist identisch mit der oligocänen von *CVIJIČ* und *OESTREICH*¹.

Der heutige Verlauf der ostmazedonischen Gebirge und Senkungsgebiete, ihre orographische Umgrenzung, kurzum der Gegensatz zwischen Beckengebieten und Gebirge sind in der Hauptsache das Werk postoligocäner Bewegungen. Und diese Tektonik ist es, die uns hier in erster Linie beschäftigen soll.

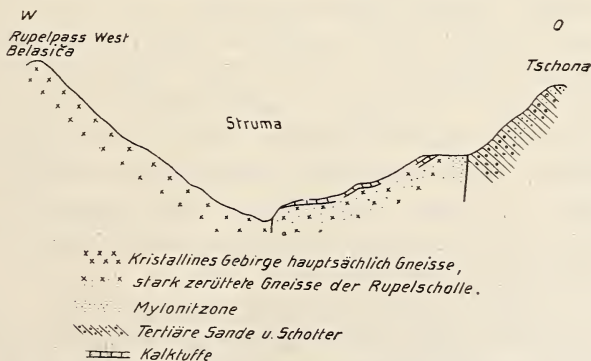
¹ Vgl. *OESTREICH*, Die Oberfläche Mazedoniens. (Geogr. Zeitschr. 1910. 16. 569 u. 570.)

Das Massiv der Rhodope, das in seinen zentralen Teilen in Thracien eine ziemlich einheitliche Gebirgsmasse darstellt, löst sich im Bereich der ägäischen Randzone in einzelne Gebirgshorste und weitausgedehnte Beckengebiete auf. Die großen Bewegungen, welche die Zerstückelung herbeiführten, haben sich auf Strukturlinien vollzogen, die in zwei aufeinander senkrechten Richtungen verlaufen, in der N—S- bzw. NNW—SSO-Richtung und in der O—W-Richtung.

Der N—S-Richtung gehört die große tektonische Furche der Struma an. Aus der Enge von Boboševo tritt die Struma in diese große Längstalung ein, die sich aber noch weiter nach Norden in dem Tal des Džermen, eines Nebenflusses der Struma bis nach Dupnica verfolgen läßt. Hier im Norden sind es die beiden Längsbecken von Dupnica und Džumaja, die durch eine kurze Erosionsschlucht bei der Station Rila voneinander getrennt sind. Südlich Džumaja schließt sich das Becken wieder zu einem Erosionstal, das sich weiter südlich zu dem durch seine heißen Quellen berühmten Becken von Simitli erweitert. Es folgt das landschaftlich reizvolle Kresnadefilé, in dem die Struma ein mächtiges Granitmassiv durchbricht. Bei Krivalivada öffnet sich die enge Schlucht zu einem neuen Längsbecken, das sich südlich bis an die griechische Grenze erstreckt und im Westen von dem kuppelförmigen Massiv der Ogražden Planina, im Osten vom über 2500 m hoch aufragenden Piringebirge eingefast wird. Dieses Längsbecken ist zugleich eine ausgezeichnete Thermenlinie, die am Westrand des Piringebirges entlang läuft. Die heißen Quellen von Gradesnica, Svetivrač, Livunovo, Marekostonovo liegen auf dieser Linie. An der griechischen Grenze verengert sich das Becken von neuem zu einem etwa 10 km langen Durchbruchtal, dem Rupel derbend. An den Rupelpaß schließt sich nach Süden das Becken von Seres an. Aber auch dieses ist nicht nach dem Meer zu geöffnet, sondern von ihm durch einen schmalen Gebirgswall geschieden, den die Struma in einem kurzen Engpaß bei Neohori durchbricht.

Die Becken sind das auffallendste morphologische Merkmal der Balkanhalbinsel. Rosenkranzartig liegen sie meist aneinander aufgereiht, durch schmale tiefe Erosionsschluchten voneinander getrennt. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser

Anordnung ist die eben geschilderte Strumalinie. Äußerlich betrachtet scheint nun diese gewaltige Bruchzone durch die in sie eingeschalteten Erosionsstrecken unterbrochen. Wenn man aber diese Erosionsschluchten genauer untersucht, so erkennt man bald, daß die tektonischen Kräfte, welche die Längsbecken schufen, auch die dazwischen eingeschalteten Gebirgsblöcke nicht unbeeinflußt ließen. In der Kresnaschlucht z. B. lassen sich im Granit an den prachtvollen Aufschlüssen längs der neugebauten Bahnlinie die außerordentlich starke Zerklüftung des Gesteins und ausgedehnte Mylonitisierungen beobachten. Noch deutlicher tritt diese Erscheinung in Rupel derbend zutage. Dem, der die Rupelschlucht in schneller Fahrt passiert, mag sie als der Typus eines reinen Durchbruchstailes erscheinen. Genaue Beobachtung läßt aber schon morphologisch einen deutlich asymmetrischen Bau erkennen. Während die westlichen Talwände in steilem Anstieg zum Kamm der Belasica emporleiten, ist die östliche Talseite durch eine etwa 1 km breite und 200—300 m hohe Terrasse gestuft. Die Staffel besteht hauptsächlich aus Gneisen und Hornblendeschiefern. Sie sind von unzähligen Verwerfungen durchzogen, gequetscht und gequält und manchmal in eine mylonitische Masse umgewandelt, in der die Erosion wie im weichen Sandtertiär tiefe Schluchten eingerissen hat (vgl. Profil 4).



Profil 4. Profil durch den Rupelpaß. 1 : 500 000. 2 × überhöht.

Im Gegensatz zu Westmazedonien ist Ostmazedonien nicht nur durch N—S bzw. NNW—SSO, sondern auch durch

O—W verlaufende Beckenreihen reich gegliedert. Solche Becken sind im Norden das Tal der Strumica, mehr im Süden die Senke, die vom Dojransee über Dova-Tepe nach dem Becken von Seres führt und sich ostwärts ins Valoviškatal fortsetzt. Durch eine Quertalung, welcher die Angista folgt, ist das Becken von Drama nach dem Becken von Seres geöffnet und dieser Talung parallel zieht im Süden des Prnar Dag die Senke von Mustenja, durch den Rücken des Simvolon vom Meere getrennt. Weiter im Westen ist es die große Seenfurche von Langaza und Beşik Gölü, welche die Halbinsel Chalkidike vom Festland scheidet. So werden hier in Ostmazedonien durch diese fast rechtwinkelig aufeinander stehenden Talfurchen parallelepipedisch entwickelte Gebirgsblöcke herausgeschnitten, wie z. B. der Kruša Balkan und der Beşik Dag, die im Westen von der Vardarfurche, im Osten von der Strumafurche, im Norden von der Dojran-Porojsenke und im Süden von der Langaza-Beşik Gölü-Seenfurche begrenzt sind.

Wir müssen nunmehr auf das Problem der Beckenbildung näher eingehen. Wenn man den Versuch einer Klassifizierung der Beckengebiete unternimmt, so kann man nach dem Grad ihrer tektonischen und morphologischen Ausgestaltung drei Typen unterscheiden: 1. Die tertiären Schuttmassen füllen noch in ganzer Breite die Hohlform aus. Als Beispiel führe ich das Valoviškabecken an. 2. Die tertiären Aufschüttungen sind auf eine randliche Zone beschränkt; hier sind sie als mehr oder weniger breites hügeliges Band dem eigentlichen Gebirgsrand vorgelagert, die zentralen Teile des Beckens füllt eine meist versumpfte alluviale Ebene oder ein See. Dieser Typus ist am verbreitetsten unter den Beckengebieten Mazedoniens. Das Becken von Seres ist ein Beispiel für diesen Fall. 3. Tertiäre Ablagerungen fehlen ganz. Die vom Dojransee nach dem Becken von Seres herüberziehende Senke gehört letzterem Typus an.

Es ist ohne weiteres klar, daß Hohlformen von solcher Länge und Breite nicht allein durch die Erosion des fließenden Wassers gebildet sein können. Das formgebende Moment der Beckenbildung ist tektonischen Ursprungs. Es ist allerdings kein einmaliger Prozeß gewesen, sondern eine lange Aufeinanderfolge einzelner Entwicklungsphasen. Die erste

Anlage der Becken reicht im mittleren Mazedonien (Vardar-gebiet) bis in das Alttertiär, sicher in das Unterligocän zurück. Für eine genaue zeitliche Festlegung dieser Vorgänge fehlen aber in Ostmazedonien jegliche Anhaltspunkte. Auch über den Mechanismus dieser ältesten Bewegungen sind wir wenig unterrichtet. Handelt es sich dabei um echte Bruchbildung oder spielen Verbiegungen dabei eine gewisse Rolle, wie sie WALTHER PENCK¹ für die Senken Kleinasiens annimmt und als Großfalten bezeichnet?

Zur Miocänzeit bildete sich nicht nur im Mündungsgebiet der Struma, sondern überhaupt in der ostmazedonischen Küstenregion ein Senkungsfeld aus, in welches das Meer einbrach. Es hinterließ sehr fossilreiche Ablagerungen, die der sarmatischen und mäotischen Stufe angehören. Nach einer Festlandsperiode erfolgte, wie die reichen Funde von Hurovišta ergeben haben, eine erneute Überflutung durch das pliocäne Meer.

Die pontisch-thrazische Zeit (Unterpliocän) ist auf dem ganzen Balkan charakterisiert durch eine gewaltige Auffüllung der Becken, deren Ursachen KOSSMAT² in einer durch randliche Aufwölbung bedingten Abriegelung des ostmediterranen Gebietes sucht. Die gewaltigen Bergsturzmassen, die den Beckenfüllungen im unteren Strumatale eingelagert sind, lassen zu dieser Zeit ein ziemlich scharfes Relief der Bergumrandung vermuten, das auf noch nicht ausgeglichene Störungen wahrscheinlich postligocänen Alters zurückzuführen ist.

Die mächtigen Beckenfüllungen, die diesem Abschnitt der morphologischen Entwicklung angehören und noch in spätere Abschnitte der Pliocänzeit hereinreichen mögen, sind nun nicht in ihrer ursprünglichen Lagerung erhalten, sondern fast überall von nachträglichen Störungen betroffen. Namentlich an den Gebirgsrändern bieten diese Störungen außerordentliches Interesse, das ihre kurze regionale Behandlung rechtfertigt. Den Südrand der Čengel Planina begleitet ein breites Tertiärband. Ein eigenartiger Bewegungsmechanismus hat sich an der Grenze von Tertiär und kristallinem Gebirge abgespielt. Diese Grenze trägt den Charakter einer Störung,

¹ Die tektonischen Grundzüge Westkleinasiens. Stuttgart 1918.

² Mittelmazedonien a. a. O. p. 284.

die nach dem Becken hin einfällt. Verfolgt man sie vom Ausgang des Rupel derbend nach Osten, so beobachtet man plattige, wenig mächtige (4—5 m) Schollen von Quarziten, die zwischen die tertiären Sande und Schotter und die kristallinen Schiefer eingeklemmt sind. Diese Schuppen liegen meist einer mehrere Meter mächtigen Zone von völlig mylonitisierten Gneisen auf. Diese Schuppen ragen, da sie auf beiden Seiten zwischen weichen Gesteinen, dem Sandtertiär und den Myloniten eingebettet liegen, als weithin verfolgbare Kämme über das Gelände empor. Bei näherer petrographischer Untersuchung zeigen fast alle diese eingeklemmten Schollen Breccienstruktur. Die feine Äderung und Streifung erinnert ganz an pseudomorph umgewandelte Breccienkalke. In der Tat habe ich auch Stellen beobachtet, an denen die Verkieselung noch nicht vollständig ihren Abschluß gefunden hatte und noch Marmorresiduen und Marmorbänder im Quarzit steckten bezw. der Quarzit an noch nicht umgewandelte Marmorschichten grenzte. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß diese Quarzitschuppen abgeschorene Marmorplatten sind. Sie wurden in die Störung eingeklemmt, zu Reibungsbreccien zerdrückt und später durch aufsteigende kieselsäureführende Thermalwässer in Quarzite umgewandelt. Es erscheint nun auf den ersten Blick merkwürdig, daß nur Kalkschollen in die Störung eingeklemmt sind, obwohl die dahinter liegende westliche Čengel Planina hauptsächlich aus Gneisen besteht. Einmal aber bieten Marmorschollen schon infolge ihrer größeren Konsistenz den zerreibenden und zerstörenden Kräften besseren Widerstand und konnten, wenn auch stark zerdrückt, ihren Zusammenhalt wahren. Dann fehlen Schieferschollen in der Tat nicht, sie sind nur infolge ihrer größeren Weichheit vollständig zerrieben. Die auffallend mächtigen Mylonitzonen, welche die Störung begleiten, sind hauptsächlich als das Produkt solcher mitgeführten und völlig zermahlener Schieferfetzen anzusehen.

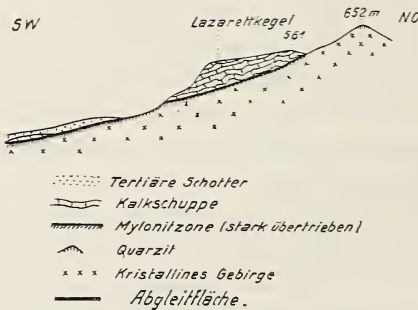
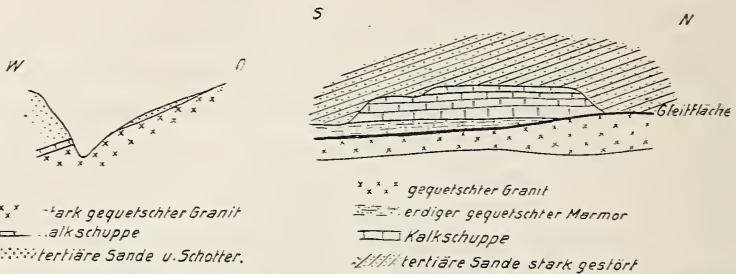
Noch etwas verdient an dem Mechanismus dieser Störung besondere Beachtung. Das Tertiär war ursprünglich dem kristallinen Gebirge an einer wohl nicht allzusteilten Böschung angelagert. Die Störung fällt weiter östlich z. B. hinter dem Tschona ziemlich flach nach dem Becken ein. Da liegt die

Vermutung nahe, daß die tertiären Ablagerungen ihre tektonische Bewegung auf der Auflagerungsfläche des Tertärs auf dem kristallinen Gebirge als der Fläche leichtester Ablösung vollführten. So ist es verständlich, daß die gewaltige Reibung des darüber gleitenden Tertiärs Schollen von der Unterlage namentlich bei flacher Lagerung ablöste und mit fortschleifte. Diese Auffassung wird durch die im Šarlijagebirge gesammelten Beobachtungen bestätigt.

Der westliche Rand des Šarlijagebirges bietet ein eigenartiges tektonisches Bild. Der Gebirgsrand hat folgenden Verlauf. Aus dem Valoviškabecken bei Elesnica zieht er zunächst in südwestlicher Richtung, biegt dann scharf nach ONO ein, springt im spitzen Winkel am Fuß der Smijnica Planina nach Süden um und erreicht bei Ajana das Becken von Seres. Im einzelnen ist diese Linie noch unregelmäßiger als dies auf der Karte (vgl. diese) zum Ausdruck kommt. Der einspringende Winkel umfaßt die tertiäre Bucht von Seres. Die Linie stellt zugleich die Grenze Tertiär gegen kristallines Gebirge dar. Wenn man aus dem Verlauf geologischer Linien Schlüsse auf den geologischen Bau ziehen darf, so gibt das Kartenbild in keiner Weise einen Anhaltspunkt für einen tektonischen Charakter dieser Linie. Und dennoch begleiten Mylonitisierungszonen von einer oft überraschenden Mächtigkeit diese Linie fast auf ihrer ganzen Erstreckung vom Valoviškabecken bis nach Ajana. Harnischflächen von prachtvoller Ausbildung sind an einzelnen Stellen in einer Ausdehnung von über 5000 qm bloßgelegt. Und diese Flächen liegen meist sehr flach geneigt, oft nur 25—30° nach dem Becken zu einfallend. Sie sind nicht poliert, aber sonst in der vollkommensten Weise abgeschliffen. Bei ihrem Anblick hat man zunächst weniger den Eindruck eines Harnisches als den eines Gletscherschliffes. Und in der Tat ist der mechanische Vorgang, der sich hier abgespielt hat, dem eines Gletscherschliffes sehr ähnlich. Auf der ganzen Linie sind die tertiären Schotter und Sande z. T. wohl auf ihrer Anlagerungsfläche geschleift worden und haben dabei ebenso wie am Südrand der Čengel Planina Kalkschollen vom kristallinen Untergrund abgeschoren und mitgerissen. Diese Kalkschollen wurden eingeklemmt und über sie hinweg sind die tertiären

Schotter und Sande gegliedert und haben dabei ähnlich wie die Grundmoräne den Boden des Gletschers, die Oberfläche der Kalkschollen abgeschliffen (vgl. Profil 5 u. 6). Im Gegensatz zum Südrand der Čengel Planina sind aber die Kalke hier nicht in Quarzite umgewandelt.

Klar und deutlich ist der Einblick in diese Verhältnisse am Bujok-Dere bei Tschesmeli am sog. Lazarettkegel (vgl.



Profil 7). Der Lazarettkegel ist eine in sich zerrüttete, zerquetschte, stark brecciöse Kalkscholle. Sie ist von ihrer Unterlage abgerissen und beim Darüberweggleiten der tertiären Schuttmassen mitgeführt worden. Der Kontakt dieser Scholle mit der aus kristallinen Schiefen bestehenden Unterlage fällt flach nach dem Becken hin ab und ist in der rechten Flanke des Bujok-Dere prächtig aufgeschlossen. Die Unterlage gleicht auf den ersten Blick feinkörnigen tertiären Sedimenten, die durch graugrüne und rote Farbenbänder ge-

schichtet erscheinen. Die Mächtigkeit dieser Zone übersteigt manchmal 5 m. Nach unten gehen diese Pseudotertiärschichten, größere Brocken aufnehmend, in kristalline Schiefer über. Dadurch klärt sich der wahre Ursprung dieser Zone auf. Es sind Mylonite, zerriebene mitgeführte Fetzen und Schollen kristalliner Schiefer. Diese Zone tritt am Bujok-Dere auch morphologisch sehr auffällig hervor. Das ganze mylonitische Terrain ist hier in eine Erdpyramidenlandschaft zerschnitten. Das Gestein ist ausgelaugt und gebleicht und die Pfeiler und Kämme leuchten in der Sonne blendend weiß. Weiter unterhalb in der Schlucht des Bujok-Dere sieht man die Auflagerung des Tertiärs auf einer eingeklemmten Kalkscholle. Diese ist hier nur wenige Meter mächtig, gequält und zerrüttet. Die Oberfläche der Scholle, auf der das Tertiär ruht, ist eine deutliche Schlißfläche. Gleiche Erscheinungen lassen sich in mehr oder minder deutlichen Aufschlüssen auf der ganzen Linie vom Valoviškabecken bis Ajana verfolgen. Manchmal ist die eingeklemmte Kalkscholle nur 20—30 cm dick; trotzdem ist die Schlißfläche, auf der gewöhnlich das Mosaik der brecciösen Struktur hervortritt, prachtvoll entwickelt. Manchmal fehlt auch die Kalkscholle, das Tertiär liegt unmittelbar auf Mylonit.

Bedeutungsvoll scheint mir die Tatsache, daß sich die mylonitischen Zonen gegen den inneren Winkel der Tertiärbucht von Fraštani mehr und mehr abschwächen. Im innersten Winkel selbst, an der Karaule Kapakli, scheint das Tertiär normal dem kristallinen Gebirge anzulagern.

Die Deutung des tektonischen Vorgangs, der dieser eigenartigen Störungsform zugrunde liegt, stößt auf gewisse Schwierigkeiten. Ich glaube, daß es sich um Absenkungserscheinungen handelt, die mit Einbrüchen der zentralen Teile des Beckens im Zusammenhang stehen. Durch diese tiefen Einbrüche der Beckenmitte gerieten auch die tertiären Sand- und Schottermassen der Randzone in Bewegung und sind auf ihrer kristallinen Unterlage, dem Beckenrahmen abgeglitten.

Ich möchte hier aber auch eine von KOSSMAT ausgesprochene Vermutung erwähnen, wonach es sich um Scherungsbewegungen handeln könne. Denkt man sich die sehr mächtige

Beckenfüllung durch flache Muldenbiegung ihres Untergrundes und Rahmens eingengt, so werden die Tertiärschichten randlich, wo sie durch eine sanft ansteigende Fläche gegen den Beckenrahmen begrenzt sind, dem seitlichen Druck ausweichen und über ihre Unterlage hinweggleiten. Dadurch werden eine ganze Reihe von Erscheinungen gut erklärt, so die Mylonitisierungen, die flache Gleitbahn, der unregelmäßige Verlauf der Störung, die den Konturen der Sedimentfüllung des Beckens folgt. Auch die Tatsache, daß das Tertiär in geschützten Winkeln (in der Bucht von Fraštani) seine normale Lagerung beibehält, stimmt gut damit überein. Auffallend ist nur das Fehlen von Faltungs- oder Stauchungserscheinungen innerhalb der tertiären Schuttmassen. Die oben angenommene muldenartige Verbiegung des Beckenrahmens und die dadurch bedingte Einengung der Beckenfüllung müßte sich in solchen Stauchungserscheinungen äußern. Statt dessen macht man häufig die Beobachtung, daß sich die tertiären Schuttmassen in horizontaler Lagerung an die Störungsfläche des Gebirgsrandes anlegen (bei Džumaja Machlé).

Die obengenannten Bewegungen haben auch innerhalb der Tertiärablagerungen starke Lagerungsstörungen hervorgerufen. Die Schichten ändern, wie man es z. B. in der Tertiärbucht von Seres beobachten kann, auf kurze Erstreckung Streichen und Fallen und sind von zahlreichen Verwerfungen zerschnitten, die sich gegen den Gebirgsrand hin häufen. Im allgemeinen kann man sagen, daß das tektonische Bild der nördlich der Belasica gelegenen Beckenfüllungen ein viel ruhigeres ist als das der südlichen, welche der ägäischen Randzone mehr genähert sind. Zeitlich gehört diese große Störungsperiode wohl noch in das Pliocän. Gewisse Anzeichen sprechen dafür, daß sie vielleicht in zwei Bewegungsphasen, eine ältere und eine jüngere zerfällt.

Wenn man nämlich die Lagerung des Sandtertiärs um den Šarlijarand, vor allem in der Bucht von Seres und des marinen Pliocäns am Smijnicafuß mit der Lagerung der Platte von Sarmusakli vergleicht, die aus jüngeren roten Ablagerungen besteht, oder mit dem Vorhügelland um den Tachinosee, so erkennt man sofort, daß die tektonischen Bewegungen in den älteren Ablagerungen viel stärker waren

als in den jüngeren. In den älteren Bildungen sind die Schichten durchweg beträchtlich gestört, Verwerfungen zahlreich, die roten Ablagerungen dagegen liegen meist horizontal, nur da, wo sie an den Gebirgsrand herantreten, wird ihre Lagerung unruhig. Diese Sedimente sind anscheinend von der älteren Bewegungsphase nicht mehr erfaßt worden. Nach dem Gesagten mag es merkwürdig erscheinen, daß es mir nicht gelungen ist, eine Diskordanz zwischen dem hellen Sandtertiär und den jüngeren roten Ablagerungen zu beobachten¹. Auch die roten Ablagerungen sind aber von tektonischen Bewegungen nicht ganz unberührt geblieben. Dicht am Beckenrand sind die Schichten stark gegen das Gebirge aufgerichtet, geschleppt, an einer anderen Stelle schneiden diese roten Ablagerungen an einer Verwerfung gegen marines Tertiär ab (vgl. Profil 3 p. 32).

Diesen beiden Störungsperioden gehören wohl auch die tektonischen Bewegungen an, die sich am Nord- und Südrand der Belasica Planina vollzogen haben. Wie eine gewaltige Mauer zieht in O—W-Richtung der vielgipfelige Kamm der Belasica Planina. Bei einer mittleren Höhe von etwa 1800 m und einer Länge von etwa 60 km ist seine Breitenausdehnung nur etwa 10 km. Die übergroße Steilheit der Nordseite gegen das Talbecken der Strumica spricht für einen Bruchrand. Ein direkter Nachweis kann nicht geführt werden, da junge diluviale Schuttmassen den Rand verhüllen. Aber daß am Nordrand der Belasica eine Spalte entlang zieht, dafür spricht auch die heiße Quelle von Banjsko etwas östlich von Strumica. Nur am östlichen Ausgang des Beckens von Petrič bei Širbanovo sind Tertiärablagerungen vorhanden, die denen des östlichen Strumaufers entsprechen; im mittleren Teil der Strumicafurche, der Enge von Ključ erfüllen den Talgrund jüngere horizontal liegende ferretisierte Gerölle. Es wäre nun immer noch die Möglichkeit gegeben, daß die Neogenablagerungen unter einem Mantel von diesen jüngeren Bildungen verhüllt wären. Aber gerade in der Enge von Ključ liegen diese jüngeren Schuttmassen unmittelbar dem kristallinen Untergrund auf. Auch

¹ Weiter südlich im westlichen Vorland des Prnar Dag ist eine solche Diskordanz von Prof. ERDMANNSDÖRFFER beobachtet worden.

ist es nicht wahrscheinlich, daß durch spätere Erosion etwa doch vorhandene neogene Ablagerungen völlig entfernt worden sind. Sie müßten sich doch noch da und dort wenigstens in Spuren nachweisen lassen. Dieses Fehlen von Neogenablagerungen legt deshalb die Vermutung nahe, daß die tiefe Strumicatalung, wie auch OESTREICH und JANKOVIČ andeuten, zu dieser Zeit noch nicht in dieser Ausbildungsform bestanden hat und erst in der allerjüngsten Tertiärzeit vielleicht erst im Beginn des Diluviums angelegt worden ist.

Ob der Bruch am nördlichen Belasicafuß die Struma überquert und sich am Nordfuß der Čengel Planina fortsetzt, darüber stehen nur zu wenig Beobachtungen zur Verfügung. Dem Nordfuß der Čengel Planina sind gewaltige Schuttmassen vorgelagert, am Gebirgsrand selbst wohl diluvialen Alters, die jeden Einblick in die Randtektonik verwehren. Aber die Thermen bei dem Dorf Čengelovo, wo ganz gewaltige Wassermassen gerade am Fuß des Gebirges hervorbrechen, machen auch hier das Vorhandensein von Spalten wahrscheinlich.

Am Südrand der Belasica, die in jähren Abstürzen nach dem Becken von Poroj abfällt, fehlen tertiäre Randverkleidungen. Nur gewaltige diluviale Schuttkegel bauen sich wie am Nordrand aus den Gebirgsschluchten in das Becken hinein. Dieses Fehlen eines Tertiärfußes muß hier um so mehr auffallen, als auf der andern Seite der Struma an der Čengel Planina sich sofort die Kalkuffterrassen von Banja herausheben und weiter östlich in die Beckenfüllung des Valoviškatales übergehen. Der Südrand der Belasica und die Senke von Poroj scheinen also ebenso wie die Strumicatalung relativ jungen tektonischen Bewegungen ihren Ursprung zu verdanken. Daß der Südrand der Belasica wirklich eine tektonische Linie ist, das lassen schon sein geradliniger Verlauf von Dova Tepe bis zur Rupelschlucht, seine namentlich im unteren Teil übersteilen Hänge vermuten. Wenn wir diese Linie über die Struma nach Osten verfolgen, so trifft sie auf eine Störung, an welcher die Kalkuffterrassen von Banja an den Sand und Schottermassen des Tschona abgesunken sind. Hier auf diesen Terrassen treten auch mehrere, z. T. sehr heiße Schwefelquellen aus.

Das jüngere Alter teilen die Strumicatalung und die Senke von Poroj mit vielen andern Beckengebieten Mazedoniens, so z. B. mit dem Dojransee, dem Becken von Gjevgjeli und Hudova—Valandovo, in denen ebenfalls Neogenablagerungen fehlen. Wir haben also zwei Hauptphasen der Beckenbildung in Mazedonien zu unterscheiden, eine ältere vom Paläogen ins Neogen reichende, und eine jüngere, die wahrscheinlich an die Grenze von Tertiär und Diluvium zu verlegen ist¹. Zum älteren Typus gehört entschieden das mit Neogen erfüllte Becken von Seres. Hier konnten wir feststellen, daß der tertiäre Meeresstrand sicher mit dem Beckenrand zusammenfiel (vgl. p. 31 u. 32). Strukturlinien des Beckens selbst waren maßgebend für die Raumerfüllung der tertiären Schuttmassen. Das Wort OESTREICH's, die meisten Becken seien jünger als ihre Beckenerfüllung², bedarf demnach einer Beschränkung.

In der letzten Bewegungsperiode senkte sich das Innere der Beckengebiete immer mehr zur Tiefe, randlich blieben meist noch zerrüttete Tertiärstaffeln erhalten, die sich als breite Schleppe um den Fuß der Gebirge herumziehen.

In diese Hauptstörungsperiode fällt wohl auch das Aufsteigen der zahlreichen Thermen und der kieselsäurehaltigen Lösungen. Letztere gaben nicht nur bei ihrem Zusammenreffen mit Marmoren, sondern auch mit Gneisen und tertiären Schuttmassen zu weitgehenden Umwandlungen Veranlassung, deren Endprodukte pseudomorphe Quarzite sind. Solche Quarzite sind namentlich an den Rändern der Gebirge außerordentlich verbreitet und treten meist morphologisch sehr stark in die Erscheinung. Wir treffen sie in der Ogražden Planina, in der Čengel Planina und im Šarlijagebirge, wo sie aus Gneisen oder aus Kalken entstanden sind, manchmal auch aus tertiären Konglomeraten ihren Ursprung herleiten. Weit aus das großartigste Beispiel einer solchen Thermaltätigkeit ist das Tertiärgebirge, das die Struma bei

¹ Nach CVIJIČ, Die tektonischen Vorgänge in der Rhodopemasse. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. Wien 1901, 90, p. 428, sollen diese jüngeren Becken hauptsächlich der südlichen ägäischen Randzone eigen sein.

² Vgl. OESTREICH, Die Oberfläche Mazedoniens. Geogr. Zeitschr. 1910. 16. p. 569.

Livunovo durchbricht. Das Gebirge, das sich wie eine Vulkanrinne aus der Strumaniederung heraushebt, besteht ganz aus tertiären Schuttmassen, die durch die Wirkung kieselensäureführender Thermalquellen in Quarzite, quarzitische Breccien und Konglomerate umgewandelt wurden. Der harte quarzitische Infiltrationsklotz ist durch die Erosion als Härtling aus den umgebenden weichen Tertiärschichten herausgeschält und antezedent von der Struma durchschnitten worden.

Die tektonisch zerstückelten Tertiärablagerungen wurden gegen das Beckeninnere abgetragen, z. T. in wellige Hügellandschaften, z. T. in fast ebene leicht abfallende Terrassenflächen übergeführt. Die Formen dieses Erosionszyklus sind noch heute an vielen Stellen ziemlich unversehrt erhalten. Die so entstandene Abtragungsfäche steht in gar keiner Beziehung zu der inneren Struktur der Tertiärablagerungen. Wenn man im Becken von Seres bei Melnikič oder im nördlichen Strumabecken bei Svetivrač über die weiten ebenen Flächen hinwegsieht, so beobachtet man vielfach, daß die geneigten Schichten unter verschiedenen großen Winkeln glatt abgeschnitten werden. Auch setzen diese Flächen über Verwerfungen ohne jeden erkennbaren morphologischen Knick hinweg, sind also jünger als diese Störungen. Das Relief, das zu dieser Phase der morphologischen Entwicklung gehört, spannt sich über die gestörten Beckenfüllungen hinweg und ist jedenfalls jungpliocänen Alters. In seiner regionalen Verbreitung greift es weit über Ostmazedonien hinaus.

In einer seiner neueren Arbeiten über L'ancien lac Egéen¹ kommt Cvijič zu einer ganz andern Darstellung der jüngeren tektonischen und morphologischen Entwicklung Mazedoniens als wie sie hier kurz skizziert wurde. Zu pontischer Zeit gehörte Mazedonien nach Cvijič einem großen Senkungsfeld an, das ein zusammenhängender Süßwassersee erfüllte. Durch Absenkung der Wasseroberfläche bildeten sich dann die levantinischen Teilbecken heraus. Die Seen schrumpften, die Abflüsse der Seen schnitten sich tiefer ein, zuletzt in die eigenen Beckenfüllungen. Den einzelnen Schrumpfungsf-

¹ Annales de Geographie. 1911. XX. p. 233—259.

phasen entsprechen bestimmte Terrassensysteme. Die beiden obersten Seewasserstände sollen durch durchlaufende Uferterrassen gekennzeichnet sein, die sich in allen mazedonischen Beckenumrahmungen gleichmäßig in einer Höhe von 740—800 m bzw. 670—680 m hinziehen. Ganz abgesehen davon, daß es sehr schwer fallen dürfte, diese Terrassensysteme überall nachzuweisen, schließt diese Theorie die Vorstellung mit ein, daß seit Ausbildung dieser Terrassen im Pliocän bis zur Jetztzeit die Beckengebiete von keinerlei ungleichen Störungen betroffen wurden. Das Gegenteil ist aber der Fall. Schon OESTREICH¹ hat mit Recht an dieser Auffassung Kritik geübt².

Das über die randlichen Tertiärablagerungen ausgebreitete levantinische³ Relief geht nun meist nicht allmählich in die quartären Aufschüttungsebenen der zentralen Beckenteile über, sondern spannt sich hoch über diese hinweg und bricht an einem deutlichen Steilrand über der Beckenebene ab. Sehr scharf ist dieser Steilrand bei Seres ausgeprägt, wo er über 100 m Höhe erreicht. Die jungpliocänen Abtragungsf lächen befinden sich also nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage, sondern erscheinen gegenüber der jetzigen Erosionsbasis, den Beckenzentren, gehoben. Diese Heraushebung der Gebirgshorste gegenüber den Beckenebenen belebte die Erosion von neuem. In die wellige tertiäre Vorhügellandschaft, in die fast ebenen Terrassenflächen wurden tiefe, schmale Schluchten eingerissen. Zerstörend fraß sich der neue Erosionszyklus immer mehr in die alten Formen ein und hat manchmal aus ihnen eine abenteuerliche, oft schwer zugängliche Badlandlandschaft herausmodelliert. In dem Becken von Melnik zieht sich vom Westabfall des Piringebirges eine breite Tertiärschleppe herab, in deren flache Hänge ein wirres System tiefer enger Schluchten eingerissen ist. Wenn man von Livunovo den Blick nach Osten in die Gegend von Melnik richtet, gewahrt man eine wildzersägte Badlandlandschaft, ein Chaos von haarscharfen K ä m m e n , S p i t z e n , P f e i l e r n , deren

¹ Die Seen Mazedoniens. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. 1916. p. 111.

² Ich hoffe in einer späteren Arbeit speziell auf die morphologische Entwicklung Ostmazedoniens noch zurückzukommen.

³ Levantin gebrauche ich nicht im Sinne DÉPERÉT'S (Bull. soc. géol. France. 3 série. 21. 1893. p. 170) und setze levantinisch = oberpliocän.

Silhouetten namentlich in der Abenddämmerung dem Auge ein Hochgebirge mit alpinen Formen vortäuschen. Diese Hebung, welche wohl der Wende von Pliocän und Pleistocän angehört, ist nicht auf Ostmazedonien beschränkt, sondern prägt sich im Landschaftsbilde ganz Mazedoniens immer in der gleichen Weise aus¹.

Die letztgenannte Hebung hatte wohl auch die Abzapfung der zur Pliocänzeit noch unregelmäßig über das Land zerstreuten Seenplatten zur Folge und ihre Einordnung in tektonisch vorgezeichnete Abflurinnen: es entstand die Struma. KOSSMAT hält es für wahrscheinlich, daß früher in pontischer Zeit die Vardarfurche längs des Strumicatalles mit der Strumafurche in Verbindung stand und daß erst in einem späteren Stadium der Vardar nach dem Golf von Saloniki abgezogen wurde. In der Tat begleiten den Nordabfall der Belasica Planina nach dem Strumicatal hin über den Dörfern Skriti und Gabrinovo in ziemlich großer Höhe (500—700 m?) unverkennbare Terrassen, die wohl als Talböden eines solchen alten Laufes angesehen werden können. Auch beim Abstieg vom Kungure konnte ich in etwa 720 m Höhe ähnliche Terrassenreste feststellen. Vielleicht entsprechen auch einige hochliegende Terrassen im Becken von Seres am Smijnica-hang zeitlich diesem alten Vardar—Strumalauf.

Von den großen ägäischen Senkungsvorgängen, die ins Diluvium fallen, blieb auch die ostmazedonische Randzone nicht unberührt. Das untere Strumatal liegt nur wenige Meter über dem heutigen Meeresspiegel (Tachinosee 8 m) und ist wohl tief mit jungen Alluvionen verschüttet, zeigt also den Charakter eines ertrunkenen Tales. Durch eine solche jugendliche Absenkung unter das Grundwasserniveau entstand wohl auch der Tachinosee, der durch die weniger tief versunkene Barre von Neohori gestaut wurde.

Auf eine merkwürdige Komplikation der jüngsten Be-

¹ Die jetzige Höhenlage der Tertiärablagerungen erlaubt gewisse Schlußfolgerungen auf das gesamte Ausmaß der neogenen Hebung im ostmazedonischen Beckengebiet. Am östlichen Beckenrand von Seres oberhalb Hurovišta habe ich marine Tertiärschichten etwa bei 300 m Höhe angetroffen. Um diesen Betrag hat sich hier das Land zum mindesten seit dem Rückzug des pliocänen Meeres gehoben.

wegungen in der mazedonischen Randzone schien eine Beobachtung von Cvijič über marines Diluvium im unteren Struma-becken hinzuweisen. Cvijič nimmt an, daß das diluviale Meer im Becken von Seres eingedrungen sei¹. Er stützt diese Behauptung auf Beobachtungen, die er in der Gegend von Tolos und Zdravik am Westfuß des Prnar Dag gemacht hat. Von dort führt er aus gelben Sanden etwa in Höhe von 40 m über dem heutigen Meeresniveau Schalenreste von *Cardium*, *Murex*, *Turritella* an, die er der rezenten ägäischen Fauna zugehörig betrachtet. Ich habe ebenfalls in der jungen Beckenfüllung von Tolos in etwa 30—40 m Höhe *Cardium*-Schalen gefunden. Es handelt sich hier aber um umgelagerte Tertiärfossilien, die aus den weiter östlich anstehenden pliocänen Tertiärschichten zwischen Nuska und Hurovišta ausgespült und in der Beckenebene neu zur Ablagerung gekommen sind. Das geht schon daraus hervor, daß sich bei Tolos zusammen mit *Cardium* manchmal auch Cerithienschalen finden, die unzweifelhaft aus den tertiären Bildungen stammen. Der Erhaltungszustand der Schalen, die z. T. noch Farbenstreifen tragen, ist allerdings verblüffend gut. Aber in den enorm reichen Lumachellenbänken des Tertiärs zwischen Hurovišta und Nuska ist der Erhaltungszustand gerade dieser Cardien und Cerithien genau der gleiche. Das von Cvijič erwähnte Vorkommen von marinem Diluvium im Mündungsgebiet der Struma bedarf demnach zum mindesten einer nochmaligen genauen Nachprüfung.

Als letzte Äußerung der jugendlichen, immer noch nicht zur Ruhe gekommenen Bewegungen müssen Erdbeben genannt werden, von denen Ostmazedonien häufig heimgesucht wird. Die Strumafurche war die Hauptschütterlinie des Erdbebens vom Jahre 1904. Im Balkankrieg im Jahre 1913 verspürten die bulgarischen Truppen, die am Ausgang der Rupelschlucht lagerten, heftige Erdstöße und ich selbst erlebte im Juli 1917 in Sarmusakli ein schwaches Beben, das allerdings nur wenige Sekunden dauerte.

Unter den morphologischen Veränderungen der Diluvialzeit spielen bei der regionalen Verbreitung von Marmoren

¹ Grundlinien, I. c. p. 343 und p. 346.

Verkarstungserscheinungen eine große Rolle. Am Fuß der Karstgebirge entspringen mächtige Karstquellen (Ajana bei Seres, Čengelovo am Nordrande der Čengel Planina). In die Flanken des Gebirges sind prachtvoll ausgebildete Dolinen eingesenkt (Smijnica Planina, Ali Butuš). Echte Glazialformen habe ich in den 1800—2000 m hohen Randgebirgen des Beckens von Seres nicht beobachtet. Darum fehlt diesen Gebirgen auch der alpine Charakter, sie tragen trotz ihrer Höhe mehr Mittelgebirgsformen. Im Gegensatz zu diesen läßt der bis 3000 m hohe Pirin schon von der Ferne den reicher gegliederten glazialen Formenschatz erkennen (Kare).

Im Laufe des Alluviums wurden die Beckenzentren durch die vom Beckenrand abgespülten Schuttmassen mehr und mehr ausgefüllt. Der Tachinosee, dem die Struma andauernd Sinkstoffe zuführte, schrumpfte allmählich zu seiner heutigen Ausdehnung zusammen. Noch jetzt schreitet dieser Verlandungsprozeß fort und wird schließlich zu einer völligen Trockenlegung dieser Wasseransammlung führen, die schon heute in großen Strecken mehr Sumpf- als Seecharakter zeigt.

In vielen der jungen ostmazedonischen Beckenfüllungen liegt noch ein ungehobener Schatz von ungeheurem wirtschaftlichem Wert begraben: artesisches Wasser, das an jeder Stelle erbohrt werden kann und von selbst mehrere Meter über die Tagesoberfläche emporsteigt. Wenn jetzt im Sommer unter dem Einfluß der anhaltenden Trockenheit die Ebene sich in eine dürre Steppe verwandelt, so ließen sich durch systematische Ausnützung dieser Bewässerungsmöglichkeit mit Leichtigkeit zweimalige Ernten erzielen und reiches Kulturland könnte den Sommer über nutzbar gemacht werden.



A. Wurm: Zur Geologie von Ostmazedonien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [1922](#)

Autor(en)/Author(s): Wurm A.

Artikel/Article: [Zur Geologie von Ostmazedonien. 21-52](#)