

Über jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen.

Von Dr. Artur Winkler.

„Mit einer Übersichtskarte (Tafel XII).“

Vor zwei Jahren habe ich die Ergebnisse meiner steirischen Tertiärstudien in einer größeren Arbeit¹⁾ dargelegt. Die Resultate, welche seither teils durch Begehungen, teils durch gedankliche Verarbeitung von Beobachtungsmaterial und Literatur gewonnen wurden, sollen im folgenden mitgeteilt werden. Sie werden das seinerzeit entworfene Bild begründen, weiter ausbauen und in einzelnen Punkten verbessern. Die Behandlung des Stoffes kann diesem Zweck entsprechend weder chronologisch noch räumlich auf Vollständigkeit Anspruch erheben. Vielmehr sollen nur einige markante Erscheinungen besprochen, gedeutet und dem früher entworfenen geologischen Bild eingeordnet werden.

1. Die Radelkonglomerate.

Unter der Bezeichnung „Radelkonglomerate“ wurden von F. Rolle²⁾ grobklastische Sedimente zusammengefaßt, die am Poßruckgebirge in Mittelsteiermark, nördlich der Drau älteren Phylliten und Kalken auflagern. Über Alter und Entstehung dieser Bildungen wurden bisher wesentlich abweichende Meinungen geäußert. Es scheint mir deshalb angebracht, die Ergebnisse einer zweitägigen Exkursion in das Radelgebiet darzulegen, welche im Zusammenhalt mit den genaueren, schon in den vergangenen Jahren durchgeführten Begehungen im benachbarten Raume für die Deutung dieser Bildungen eine Erklärung zu bieten scheinen.

F. Rolle³⁾ hielt diese durch grobklastische Ausbildung gekennzeichneten Sedimente, welche eine Seehöhe von über 1000 m erreichen, zuerst für Bildungen der känozoischen Ära, später jedoch⁴⁾ wegen ihrer großen orographischen Höhenlage

¹⁾ A. Winkler, Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Das Miozän von Mittelsteiermark. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Heft 3.

²⁾ F. Rolle, Die tertiären und diluvialen Ablagerungen etc. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1856.

³⁾ F. Rolle, Bericht des geognostisch-montanistischen Vereines für Steiermark 1856.

⁴⁾ F. Rolle, Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1856.

und wegen ihres räumlichen Zusammentretens mit Verrucano-Sedimenten für Ablagerungen des Perms (Trias).

V. Hilber⁵⁾ studierte in den Siebzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts den Nordabhang des Radelgebirges und kam zur Ansicht, daß es sich bei den fraglichen Bildungen nicht um Konglomerate, sondern um oft mit großen Blöcken gespickte Lehm Massen glazialer Herkunft handle. Der Ursprung der zahllosen im Gebiete des Radelberges verstreuten Blöcke von Eklogit, Turmalingneis, Glimmerschiefer usw. sei in der Koralpe zu suchen. Ein an 700 m mächtiger Gletscher habe von dort die Block- und Lehm Massen herabgetragen und teils auf den von Phylliten gebildeten Gehängen des Radelzuges, teils nordöstlich davon über den Tertiärschichten des Miozängebietes von Arnfels, Groß-Glein, Leutschach und Gamlitz abgelagert.

J. Dreg er⁶⁾ erwähnt gelegentlich der geologischen Aufnahme des Spezialkartenblattes Unterdrauburg ebenfalls jene „Konglomerate“. Ihm ist der Nachweis zu danken, daß die Blöcke tatsächlich, wie Rolfe annahm, aus Konglomeraten entstammen, die vielleicht mit dem Grundkonglomerat der Eibiswalder Schichten zu identifizieren wären.

In den „Alpen im Eiszeitalter“ von Penck und Brückner⁷⁾ werden auch die blockführenden Sedimente des Radels erwähnt und ihre glaziale Natur bestritten. Es wird die Ansicht geltend gemacht, daß Gebirgsbewegungen die Erosion gesteigert und jene gewaltigen Blockmassen geliefert hätten. V. Hilber bespricht im Jahre 1913⁸⁾ neuerlich die blockführenden Schichten des Radelberges. Während er für das Gebiet zwischen Saggau und Sulm die Annahme der Abstammung der großen Blöcke aus Konglomeraten akzeptiert, meint er hingegen in den blockführenden Bildungen des Radels Gehängeschutt zu erblicken. Die Ansicht von der glazialen Entstehung der Massen wird somit aufgegeben. Hilber meint,

⁵⁾ V. Hilber, Die Wanderblöcke der alten Koralpengletscher auf der steirischen Seite. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1879, S. 558—564.

⁶⁾ J. Dreg er, Vorläufiger Bericht über die geologische Untersuchung des Poßruck. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1901; J. Dreg er, Vorlage des Blattes Marburg. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1903.

⁷⁾ A. Penck und Brückner, Alpen im Eiszeitalter, S. 1138.

⁸⁾ V. Hilber, Die rätselhaften Blöcke in Mittelsteiermark. Mitteil. des naturwissenschaftl. Vereines für Steiermark, Bd. XLIX (Jahrg. 1912).

daß das Blockmaterial nicht von der Koralpe abzuleiten sei, sondern aus unmittelbarer Nähe, aus einem von diesen Schuttbildungen bedeckten archaischen Gebirgszug herbeigeführt sein müsse.

Um dieselbe Zeit erwähnt J. Sölich⁹⁾ in einem Vortrag am Naturforschertag in Wien die fraglichen Bildungen und kommt zur Ansicht, daß die Blöcke des Radelgebirges von der Koralpe stammen, in die vielleicht untermiozänen Radelkonglomerate bei ihrer Entstehung eingefügt worden seien und schließlich in einer nachfolgenden Zeit durch Zerstörung dieser Sedimente in die marinen Schichten Mittelsteiermarks (zwischen Saggau und Sulm) eingebettet wurden.^{9a)}

Wieder einer anderen Meinung gab ich in einer gleichzeitig mit den beiden letztgenannten Äußerungen abgefaßten Studie über „das Miozän von Mittelsteiermark“¹⁰⁾ Ausdruck. Es wurde dort hervorgehoben, daß die Radelkonglomerate vielleicht als die Fortsetzung jenes marinen, ebenfalls zahlreiche große Blöcke führenden Konglomeratzuges zwischen Saggau und Sulmtal anzusehen seien. Die mächtige Konglomeratdecke am Remschnigzuge wurde als eine Verbindung zwischen dem Konglomeratgebiet des Radels und dem letztgenannten aufgefaßt. Die Konglomerate des Saggau-Sulmgebietes wurden in das mittlere Miozän (speziell in die Grunderstufe) eingereiht. Bei Annahme der Gleichaltrigkeit zwischen diesen und den Radelkonglomeraten gilt diese Altersdeutung auch für letztere. Gegen die Herleitung der kristallinen Blöcke aus einem an der Stelle vorhandenen, verborgenen, hypothetischen Grund-

⁹⁾ J. Sölich, Verhandlungen der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, Wien 1913.

^{9a)} Gleichzeitig mit Erhalt der zweiten Korrektur dieser Arbeit erhielt ich von Herrn Dr. J. Sölich den Bericht über seinen Vortrag »Blockbildungen am Saume des steirischen Randgebirges« freundlichst übersandt. Sölich gelangt hier bezüglich der Entstehung der Radelkonglomerate zur selben Ansicht, wie sie im folgenden dargelegt werden soll und wie ich sie gleichzeitig mit Sölich schon in einem Vortrag am Wiener Naturforschertag u. a. a. O. zum Ausdruck gebracht habe. Nur in der Altersdeutung der Radelschichten besteht ein Unterschied. J. Sölich hält die Konglomerate für gleichaltrig mit dem Grundkonglomerat der Eibiswalder Schichten, während ich im folgenden Gründe anführen werde, die für eine Äquivalenz mit der zweiten Mediterranstufe zu sprechen scheinen.

¹⁰⁾ A. Winkler, Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, S. 555.

gebirge wird Stellung genommen. Die tiefe Zerschlitung des blöckeführenden Konglomeratgebirges durch Gräben, welche nirgends einen altkristallinen Untergrund erkennen lassen und das Hervortreten vorwiegend paläozoisch-mesozoischer Gesteine in der Umrahmung desselben widerlegen diese Auffassung. Die Blöcke werden, ebenso wie der Großteil der Konglomeratbestandteile überhaupt, von der Koralpe abgeleitet und ihrer Entstehung nach mit einer starken, in diesem Gebirgszug eintretenden Hebung in Zusammenhang gebracht. Bezüglich des Näheren sei auf die genannte Publikation verwiesen.

Der Radelberg (Spezialkartenblatt Unterdrauburg Z 19, K XII der österreichischen Spezialkarte) bildet einen zirka O—W streichenden Höhenrücken, welcher sich zwischen den aus phyllitischen Gesteinen aufgebauten SO-Abfall der Koralpe und zwischen das aus Phylliten, Altkristallin und transgredierendem Mesozoikum bestehende Poßruckgebirge einschaltet. Er erreicht am Kapunerkogel (K 1049) seine größte Höhe.

Die Radelschichten stellen, zwischen Koralpe und Poßruck eingeschaltet, eine Verbindung zwischen dem mittelsteirischen Tertiärgebiet, welches mit dem Kohlenbecken von Eibiswald an das Radelgebirge herantritt, und dem am Nordabfall des Bachergebirges gelegenen Miozänstufen von Reifnigfaal (südlich der Drau) dar.

Meine Begehungen am Radelberg ergaben, daß entgegen der von Hilber geäußerten Ansicht durchwegs Konglomerate und Schotter mit Sanden wechselnd vorhanden sind, die den jungtertiären Ablagerungen Mittelsteiermarks zu parallelisieren sind. Es mag genügen, einige wichtige Aufschlüsse zur Erhärtung des Angegebenen anzufügen.

Bei Mahrenberg im Drautal bilden, wie schon Dreger¹¹⁾ erwähnt, Kalke und Dolomiten einige steilwandige, felsige Kuppen. Es sind dies der Schloßberg (K 573) und der Perkolitzen (K 598). Man wird diese Gesteine wegen ihres an mesozoische Gesteine erinnernden Habitus und wegen ihrer Vergesellschaftung mit roten und grünen Schieferen vom Werfener Typus¹²⁾ wohl der Trias zurechnen dürfen, die ja auch im

¹¹⁾ J. Dreger, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1906.

¹²⁾ Letztere sah ich insbesondere beim Bauernhof Pauly (NO des Perkolitzen) aufgeschlossen.

benachbarten Poßbrückgebirge bekannt ist. Oberhalb des Bauernhauses Pauly lagert den dort hervortretenden Phylliten bereits die jungtertiäre Schichtfolge auf, welche nunmehr in einer Mächtigkeit von über 400 m den Nordabfall des Radelberges bis zur Kammhöhe aufbaut. Nachstehendes Profil zeigt die Schichtfolge unmittelbar oberhalb des Bauernhauses Pauly.

Hangendes: Grobe Schotter und Konglomerate mit großen Blöcken, Sand;

1 m Schotter mit Gerölle von Kindeskopfgroße und mit Phyllitschollen;

1 m Sand, mit Schotter wechselnd;

2 m Konglomerate aus kristallinen Gesteinen mit spärlichen Kalken;

10 m Sande mit Sandsteinlagen, sandigen Lehmen, Konglomeratlage;

4 m sandig-glimmerige Lehme mit Blattresten;

1 m festes Konglomerat mit faustgroßen Geröllen;

3 m glimmerreicher lehmiger Sand, Schotter.

Liegendes: Paläozoische Phyllite.

Das Streichen ließ sich annähernd NO mit Fallen NW 15 bis 20° feststellen. Großes Blockwerk, bestehend aus Gneisen, Glimmerschiefern, Quarzen, Granitglimmerschiefern, Granitgneisen, grünen Gesteinen und Quarziten, insbesondere aber Turmalingneisen, läßt sich nicht nur herausgewittert aus den Schottermassen und Konglomeraten an den Abhängen dieser Tertjärrücken und von den Bächen verfrachtet in den Gräben gegen Mahrenberg auffinden, sondern auch in zahlreichen grobgebankten Lagen in den Konglomeraten selbst nachweisen.

Sande, Konglomerate und Schotter¹³⁾ wechseln mannigfaltig, doch herrschen letztere unbedingt vor. Gegen das Hangende scheint das Material gröber zu werden. Bei den Gehöften Burgkarl und Skarz sind über tischgroße Blöcke von Gneis und Glimmerschiefer zu sehen.^{13a)}

Im Aufstieg von Skarz gegen K 1005 sah ich folgendes Profil:

¹³⁾ Das Zurücktreten der Konglomerate erklärt sich jedenfalls aus der großen Kalkarmut der Gesteine, welche die Geröllkomponenten bilden.

^{13a)} Westlich von hier bei der Walchmühle beobachtete Dr. J. Sölich Geröllschichten, an welchen er die fluviatile Entstehung der Radelschichten feststellen konnte.

Hangendes: 2 m großes Blockwerk aus kristallinen Gesteinen, in Schotter übergehend;

1 m eisenschüssiger, glimmeriger Sand;

5 m Schotter mit blöckeführenden Lagen (Gneise, Quarzglimmer-Felse usw.);

2 m geschichtete Schotter.

Das Streichen der Ablagerung ist ein nordöstliches, das Fallen, soweit es an der Lage der größeren Blöcke kennbar ist, gegen NW 40 bis 50° gerichtet.

Auf dem Kammrücken des Radelgebirges sind besonders prächtige Eklogitfelsblöcke zu sehen, die schon Hilber¹⁴⁾ erwähnte. Der Abstieg am Radelberg vom Kapunerkogel gegen den Radelpaß (K 670) entblößt ebenfalls an mehreren Stellen die gleichartige, aus grobem Schutt und spärlichen sandig-tonigen Zwischenlagen gebildete Schichtfolge. Westlich des Radelpasses sieht man im Anstieg auf den Rücken gegen St. Lorenzen wieder die vorwiegend schotterig-konglomeratische Schichtfolge ca. 30° NW fallend entblößt.

Am Ostabfall der Kuppe mit dem Kreuz südlich von St. Anton endigen die jungen Sedimente. Die Phyllite, welche den Südfall des Koralmzuges bilden, treten an ihre Stelle. Die Grenze zwischen den phyllitischen Gesteinen und dem Tertiär scheint einer Störungslinie zu entsprechen. Die Phyllite zeigen sich mit Annäherung an diese gestört und zerrüttet. Eine steil fallende Partie eines schwarzen, schmierigen Schiefers, wohl der Lettenschmiere eines Verwerfers entsprechend, ist diesen knapp an der Grenzfläche eingelagert.

Die Radelschichten stellen im großen und ganzen eine gewaltige, aus nur wenig sortiertem und grobgebanktem Schuttmaterial bestehende Anhäufung kristalliner Gesteine dar. Die Schichtung tritt nur in den spärlichen tonigen sowie in den sandig konglomeratischen Partien deutlicher hervor, ist aber auch an der mehr oder weniger gleichmäßigen Orientierung der großen Blöcke in den Schotterschichten kennbar. Die Gerölle sind, wenn sie geringere Größe erreichen, meist wohlgerundet. Auch größere Blöcke zeigen häufig eine deutliche Abrollung, wie sie nur durch einen längeren Transport entstanden sein kann. Andererseits finden sich wieder Blöcke zumeist härterer

¹⁴⁾ Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1879, S. 560.

Gesteine, welche analog den Schuttmassen unserer alpinen Wildbäche nur mehr oder minder deutliche Kantenrundung erkennen lassen. Geröllkomponenten mit ganz eckigen Kanten waren jedoch nur unter den dem unmittelbaren Untergrund entstammenden Blöcken erkennbar.

Was den petrographischen Charakter der Gesteine anbelangt, so stimmt dieser mit Korallengesteinen überein. Hilber¹⁵⁾ hat sie denn auch seinerzeit (als Gletscherschutt) von diesem Höhenzuge abgeleitet. Nur einzelne Phyllite sowie spärliche Kalke, welche letztere nur in den basalen Schichten angetroffen wurden und der Trias von Mahrenberg entnommen wurden, können als autochthone Bestandteile gelten. Die neuere Auffassung Prof. V. Hilbers, wonach die Blocksedimente des Radelberges den an Ort und Stelle entstandenen Gehängeschutt eines hochkristallinen Gebirges darstellen sollen, läßt sich somit nicht aufrecht erhalten. Die Herkunft des Materials der Blockschichten von der Koralpe ist zweifellos. Ihre Ablagerung kann sich nur bei bedeutendem Gefälle und bei einer sehr intensiven, jedenfalls durch tektonische Bewegungen eingeleiteten Abtragung der Koralpe vollzogen haben, wie ich schon im Jahre 1913¹⁶⁾ ausgeführt habe.

Ich wende mich zu der Altersfrage der Radelkonglomerate. Fossilien sind, abgesehen von einem von mir aufgefundenen Blattrest, bisher nicht bekannt. Daher läßt sich auf paläontologischer Grundlage keine Aussage machen.

Während am Südabfall des Radelzuges die Radelschichten unmittelbar den alten Phylliten (bzw. der Trias von Mahrenberg) auflagern, treten am Nordabhang gegen Eibiswald in den tief einschneidenden Gräben „die Eibiswalder Süßwasserschichten“ jedenfalls im Liegenden der Schotter hervor. Ein Unterteufen der bis über 1000 m Seehöhe ansteigenden, mehrere hundert Meter mächtigen Schotterschichten unter das Eibiswalder Süßwassersediment ist meines Wissens nirgends beobachtet worden. Vielmehr spricht der Aufbau der Kammhöhe und des oberen Teiles der Rücken durch Radelkonglomerat und das Auftreten der Eibiswalder Schichten im tieferen Teile der Gehänge und an der Talsohle dafür, daß letztere ein höheres Alter als die Radelkonglomerate besitzen. Zudem zeigt die meist schwach geneigte Lagerung und das vollständige Fehlen

¹⁵⁾ Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1879.

¹⁶⁾ l. c. und wie J. Sölich übereinstimmend darlegt.

von Anzeichen intensiver mechanischer Beanspruchung der Radelkonglomerate, daß an eine Überstürzung der Schichtfolge nicht gut zu denken ist.

Da die Eibiswalder Schichten vermutungsweise dem höheren Untermiozän zugezählt wurden, hätten demnach die Radelkonglomerate als mittelmiozäne Bildungen zu gelten.

Die Radelkonglomerate finden zweifelsohne eine Fortsetzung in jenen Konglomeratpartien, die östlich des Radelberges auf der Kammhöhe des Poßruck (am Pokerschniggkogel), ebenfalls Korallenblöcke führend, und bei Oberkappel bekannt sind¹⁷⁾ und die wiederum zu jenen Konglomeraten und Sandsteinen hinüberleiten, die sich am Remschniggkamm¹⁸⁾ (Nordrand des Poßruck) bis Leutschach verfolgen lassen. Diese Schichten sind schließlich, wie ich seinerzeit ausführte, die unmittelbare Fortsetzung des Konglomeratgebietes, welches sich zwischen Saggau und Sulmfluß ausbreitet und durch marine Fossilien gekennzeichnet ist. Diese Konglomerate habe ich damals in die „Gründer Stufe“, also in das Mittelmiozän, eingereiht.

Die Radelschichten haben nach ihrer Ablagerung noch Störungen erlitten, welche sich in der häufig kennbaren Neigung der Sedimente, die man wohl nicht allein auf primäre Ursachen zurückführen kann, kundgeben.

Es läßt sich vermuten, daß bei der im Jungmiozän nachweisbaren Störungsphase, welche den Südrand von Mittelsteiermark ergriffen hat, der Schichtkomplex der Radelkonglomerate zwischen dem starren Massiv der Koralle und des Poßruck eine geringe Zusammenpressung und eine dadurch bedingte Schrägstellung der Schichten erfahren hat.

Die mit grobklastischem Tertiärsediment ausgefüllte Furche zwischen Poßruck und Koralle läßt vermuten, daß sie einer schon zur Zeit der Sedimentbildung stattfindenden Senkung (bzw. Hebung der angrenzenden Gebirgsteile) ihre Entstehung verdankt, somit eine Grabensenkung darstellt. Das Auftreten der vermutlich triadischen Kalke von Mahrenberg in der Senke im Liegenden des Miozäns bei der bedeutenden Höhenlage permisch-triadischer Absätze östlich¹⁹⁾ und west-

¹⁷⁾ F. Rolle l. c.

¹⁸⁾ A. Winkler l. c. S. 553.

¹⁹⁾ Trias von Oberkappel und Heiligengeist etc.

lich davon und die schon früher beschriebene Störung der Phyllite an der Grenze gegen das Miozän sprechen zugunsten dieser Annahme.

2. Einige berichtigende Angaben über die Konglomerate des Saggau-Sulmgebietes.

Die Konglomerate des Saggau-Sulmgebietes, deren mariner Charakter durch zahlreiche Fossilfunde nachgewiesen ist, habe ich in der schon vorhin erwähnten Studie über das steirische Miozän der Grunder Stufe gezählt.²⁰⁾ Als Beweis dafür konnte die Wechsellagerung der Konglomerate mit den nach Hilbers und Hörnes' Angaben eine Grunder Fauna beherbergenden, fossilreichen Schichten am Labitschberg bei Gamlitz, der Übergang der Konglomeratschichten in die Grunder Schichten im Gebiete westlich des Sausal und schließlich die an einzelnen Punkten erkennbare Lagerung der Konglomeratschichten über den tiefermiozänen Foraminiferenmergel-Süßwasserschichten und unter Leithakalken angeführt werden.

Die Abtrennung der Grunder Schichten von den als jünger gedachten Schichten der zweiten Mediterranstufe beruhte auf der bisher allgemein gültigen Auffassung, daß dem Horizont von Grund als basalem Glied der zweiten Mediterranstufe eine faunistische und stratigraphische Selbständigkeit zukomme, wie sie für Steiermark insbesondere durch Hörnes²¹⁾ vertreten wurde.

Indessen sind mir bei den weiteren Begehungen und bei neuerlicher Überlegung Bedenken entstanden, ob eine derart scharfe Sonderung dieses Horizonts von den Leithakalken der zweiten Mediterranstufe möglich erscheine. Dr. Hermann Vettters²²⁾ Untersuchungen ist, wie mir scheint, der Nachweis gelungen, daß die Grunder Schichten des Wiener Beckens, also jene an der klassischen Stätte, nicht eine selbständige Stufe, sondern nur eine Fazies gleichaltriger Leithakalkbildungen der zweiten Mediterranstufe darstellen. In Steier-

²⁰⁾ l. c. S. 545 ff.

²¹⁾ R. Hörnes, Bau und Bild der Ebenen. Wien 1903.

²²⁾ Dr. H. Vettters, Mitteilungen aus dem tertiären Hügellande unter dem Manhartsberge. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1914, S. 65 ff.; Dr. H. Vettters, Über das Auftreten der Grunder Schichten am Ostfuß der Leiserberge. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1910, S. 140.

mark hat auch Prof. V. Hilber²³⁾ auf die enge Verknüpfung von Leithakalk mit Konglomerat in der Gegend von Gamlitz hingewiesen.

Ich habe bereits in der älteren Arbeit hervorgehoben,²⁴⁾ daß die Leithakalke (zweite Mediterranstufe) am Platschberg ohne Zwischenlagerung von „Grunder“ Konglomerat den älteren „Foraminiferenmergel“-Schichten auflagern. Ähnliches läßt sich auch anderwärts (z. B. bei Ewitsch) beobachten. Es zeigt sich ferner eine gewisse Beziehung zwischen der Verbreitung der Leithakalke und jener der Konglomeratmassen. Die Konglomerate erreichen ihre größte Ausbreitung im südwestlichen Teile der mittelsteirischen Miozänbucht, in den mächtigen Radelkonglomeraten, Remschnigkonglomeraten und in den marinen Konglomeraten des Saggau-Sulmgebietes. Mit Annäherung an die Murlinie Leibnitz—Spielfeld—St. Egidy nehmen die Konglomerate an Mächtigkeit ab, während Leithakalkbildungen zuerst in geringerer, dann in bedeutenderer Mächtigkeit sich einstellen. Aus diesem Grunde glaube ich der Vermutung Ausdruck geben zu können, daß die Leithakalke der zweiten Mediterranstufe und die mit Grunder Sediment verknüpften Konglomeratbildungen sowie die Grunder Schichten des Sausalgebirges nur die lokale Differenzierung einer einheitlichen Miozänstufe darstellen. Doch bleibt trotz dieser Definition die Auffassung bestehen, daß in dem östlich (also meerwärts) gelegenen Gebiet die Leithakalke zumeist von einer Konglomeratplatte unterlagert sind. In der südwestlichen Region (Saggau—Radel) hingegen wird man in den Konglomeraten nicht nur eine Vertretung der groben Basalschichten des Ostens, sondern auch der Leithakalkstufe Mittelsteiermarks erblicken müssen.

Da angegeben wurde, daß die Radelkonglomerate vermutlich mit den mittelsteirischen Konglomeratschichten gleichalterig sind, müssen wir auch in den Radelkonglomeraten Bildungen der zweiten Mediterranstufe (also des Mittelmiozäns) erkennen.

Das Schema der tektonischen Vorgänge im Jungtertiär von Mittelsteiermark erfährt nunmehr eine wesentliche Verein-

²³⁾ Dr. V. Hilber, Die Miozänschichten von Gamlitz. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1878.

²⁴⁾ l. c. S. 546.

fachung. Da die konglomeratischen „Grunder Schichten“ (früherer Auffassung) — im südwestlichen Teile von Südsteiermark gelagert — zu bedeutenden Seehöhen hinaufreichen und starke Störungen aufweisen, die Leithakalkschichten dagegen — weiter ostwärts hinausgerückt — geringere Störungen erkennen lassen und nur bis zu niederen Seehöhen hinaufreichen, so erschien es mir seinerzeit in Übereinstimmung mit einer ähnlichen Auffassung Sturs wahrscheinlich,²⁵⁾ daß sich zwischen die Ablagerung beider Komplexe eine tektonische Phase einschalte, welche die Hebung und Störung der Grunder Schichten zur Folge hätte. Bei Annahme der Gleichaltrigkeit von Grunder Schichten und Leithakalk wird man hingegen die Entstehung dieser deutlich nachweisbaren Störungen frühestens in die Zeit nach Ablagerung der zweiten Mediterranstufe, also in das Obermiozän, verlegen müssen. In der steilen Aufrichtung der Schichten im südwestlichen Teile der Bucht bei der flachen Lagerung im Nordosten wird man eine räumliche tektonische Differenzierung erkennen müssen. Weitere Bemerkungen hierüber sollen im nachfolgenden gegeben werden.

3. Übersicht über die Verbreitung des mittelmiozänen Konglomerathorizontes in Mittelsteiermark.

Die Konglomerate des Saggau-Sulmgebietes endigen gegen Westen plötzlich an der Saggaulinie.²⁶⁾ Westwärts bis an den Fuß der Korralpe wird das Hügelland von den altmiozänen Süßwasserschichten aufgebaut. In der mehrfach erwähnten Studie habe ich auseinandergesetzt, daß die gegenwärtige Westgrenze der Konglomeratschichten einem Erosionsrand entspricht. Dabei ist die Erhaltung des Konglomeratgebietes durch das südostwärts gerichtete Absinken dieser Schichten bedingt. Die Gesteine der Konglomerate stammen zum größten Teile aus dem Korralpengebiet. Die breite Zuführungsstraße, welche in einer mindestens mehrere 100 m mächtigen Konglomerataufschüttung bestanden haben mußte, ist heute auf eine Erstreckung von zirka 20 km fast völlig abgetragen. Nur im Süden sind über dem Grundgebirge des Poßruck-(Remschnig-)kammes isolierte Konglomeratreste erhalten geblieben, welche sich bis zu

²⁵⁾ l. c. S. 558.

²⁶⁾ l. c. S. 555.

der mit Konglomeraten und Schotter erfüllten Grabensenkung am Radelberg verfolgen lassen. Da die Konglomerate hier eine große Höhenlage besitzen (zirka 600 bis 1000 m), das nordwärts gelegene Gebiet jedoch bereits unter 450 m abgetragen ist, so fehlt dort gegenwärtig vom Saggautal bis zur Koralpe die Konglomeratbedeckung. Ihr einstiges Vorhandensein ist aber zweifellos. Denken wir uns diesen Raum ebenfalls mit einer Konglomeratdecke ausgefüllt und fügen wir zu den Radl-Remschnigkonglomeraten das Konglomeratgebiet des Saggau-Sulmtales die mit sandig-tegeligen Schichten wechselnden Schotter und Konglomerate westlich des Sausals (Bucht von St. Florian) und nördlich davon bis an die Kainach (Hilbers oberer Schotter und Sand) und schließlich die mit Leithakalk verbundenen Konglomerate von Leibnitz, Ehrenhausen und St. Egidii im Osten hinzu, so erhalten wir das Bild einer gewaltigen, in der mittelmiozänen Mediterranstufe eingetretenen, grobklastischen Sedimentaufschüttung, welche ihren Ausgang von der Koralpe genommen haben muß. Es ist ein ausgedehntes Delta, dessen Schottermassen, aus einem eng begrenzten Gebiete stammend, über ein weites Areal ausgebreitet wurden. Hierbei hatten die Wassermassen die Kraft, stellenweise hausgroße, zumeist aber tischgroße Blöcke mit sich zu führen.

Diesem interessanten Bilde der Faziesverteilung im mittelmiozänen Meer fügt sich auch die Verbreitung des organischen Anteils am Sediment ein. In den wohl schon am Festland oder in unmittelbarer Küstennähe unter ausschließlich fluvialem Einfluß gebildeten Radelkonglomeraten finden sich spärliche Pflanzenreste, als einzige Vertreter organischen Lebens; in dem weiter ostwärts gelegenen Saggau-Sulmgebiet sind bereits Bänke von grobschaligen Austern und Turtellen in den Schuttmassen eingebettet, noch weiter draußen, am Fuße des Sausals, breiten sich Korallenriffe und in der der Mur nahe gelegenen Tertiärzone (Ehrenhausen—Spielfeld) Konglomerate mit mächtigen Leithakalkdecken in isopischem Verbands aus.

Über die Verbreitung der Nulliporenkalke habe ich mich in der „Miozänstudie“ bereits folgendermaßen geäußert:²⁷⁾

„Im südlichen und zentralen Teile des Sausalgebirges erscheint der Riffbau durch verhältnismäßig wenig mächtige

²⁷⁾ l. c. S. 564—565.

Riffe ausgezeichnet, die meist durch andere fazielle Ausbildungen zerstückelt sind. Gegen Norden hin nimmt die Riffbildung im Gebiete von Dexenberg an Ausdehnung zu, um schließlich am Buchkogel und Wildoner Schloßberg die größte Mächtigkeit und Verbreitung zu erlangen.“

So wie der schuttbeladene Streifen mit der Entfernung von dem von der Koralle gebildeten Küstenrand sich allmählich verliert, so nehmen dorthin organogene Gesteine am Aufbau der gleichaltrigen Sedimente in größerem Ausmaße Anteil.

4. Die Herkunftsregion der mittelmiozänen Konglomeratmassen.

Daß die Gerölle in den Konglomeraten des Saggau-Sulmgebietes, sowie jene der Remschnig-Radelschichten der Hauptsache nach von der Koralle abzuleiten sind, habe ich für die erstgenannten bereits im Jahre 1913,²⁸⁾ für letztere zu Beginn dieser Arbeit auseinandergesetzt. Naturgemäß findet man jedoch gelegentlich auch Gesteinsgemengteile, welche zweifellos einen näheren Ursprung haben. So hat Professor V. Hilber²⁹⁾ mit Recht die Crinoiden führenden Kalkblöcke, welche bei Radigä (bei Großlein) auftreten, von dem dem Sausalgebirge südlich vorgelagerten Burgstallkogel abgeleitet. Daß die mesozoischen und eozänen Gerölle³⁰⁾ am Remschnig den Gesteinen des Poßruckzuges entstammen, ist einleuchtend. Ebenso wird man den von V. Hilber erwähnten Fund eines Nerineenkalkes³¹⁾ in den Konglomeraten von Großlein von den Kreidegesteinen des Poßruck ableiten dürfen. Am Rande des Sausals schließlich sind häufig in den Konglomeraten Anhäufungen von Schiefertrümmern kennbar, welche auf eine nicht unbedeutende Materialzufuhr von diesem Höhenrücken hinweisen.

Weitaus der überwiegende Teil der Konglomeratbestandteile ist jedoch hochkristalliner Natur (und allein) abzuleiten von den Gesteinen der zirka 30 km entfernten Koralle. Es wäre

²⁸⁾ l. c. S. 539.

²⁹⁾ Mitteil. des Naturwissenschaftl. Vereines für Steiermark 1913, S. 83.

³⁰⁾ R. Jäger, Über ein Eozängergölle in den Miozänschichten etc. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913.

³¹⁾ V. Hilber, Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1879, S. 545.

interessant, nachzuforschen, ob sich in dieser Herkunftsregion noch Reste miozäner Ablagerungen erhalten haben.

Es war mir leider noch nicht möglich, das Gebiet der südlichen Koralpe zu begehen. Jedoch geben Hilbers³²⁾ und Rolles Durchquerungen einige Anhaltspunkte.

Rolle hat auf seiner Manuskriptkarte einen Streifen tertiärer Konglomerate bei St. Oswald auf der Koralpe verzeichnet, der auch auf Sturs geologischer Karte der Steiermark angegeben erscheint. Hilber³³⁾ hält zwar dieselben für „blockführende Lehmschichten erratischen Ursprungs“ ebenso wie die Radeln und die Blockschichten des Saggau-Sulmgebietes.

Da jedoch bei den letztgenannten durchwegs, entsprechend Rolles älterer Auffassung, der Konglomeratcharakter festgestellt werden konnte, so dürften auch bei St. Oswald (K. 748) schotterige (konglomeratische) Schichten vorliegen. Nach V. Hilbers³⁴⁾ interessanten Angaben trifft man an den Gehängen, welche in nordwestlicher Richtung flach gegen den Kamm der Koralpe ansteigen, größere und kleinere Blöcke von Turmalingneisen, welche in diesem Teil der Koralpe nicht anstehend sind. (Ortschaft Krumbach 1000 m Seehöhe und Südseite des Ochsenwaldes ca. 1200 m Seehöhe.)

Prof. V. Hilber vermerkt hierzu: „Die Blöcke sind durch irgend eine Kraft an die Stelle bewegt worden, an welcher sie sich jetzt befinden.“ Am Ostabfall der Koralpe erwähnt Hilber Blockanhäufungen von Schwanberg. Am äußersten Südostabfall dieses Gebirges hat F. Rolle an der „Krumbacher Straße“ westlich von Eibiswald ein Konglomerat, welches große Blöcke von Eklogit führt, wahrgenommen. Es ist nur wenige Kilometer vom Hauptverbreitungsgebiet der Radelkonglomerate entfernt.

Diese am Südostabhang der Koralpe verbreiteten Schuttanhäufungen (Rolles Konglomerate von St. Oswald und Eibiswald, Hilbers Blockschichten) sind nach ihrer räumlichen Verknüpfung mit den Radelkonglomeraten und nach dem ähnlichen Auftreten vermutlich jenem Deltaschuttkegel zuzuzählen, welcher im Mittelmiozän (zweite Mediterranstufe) einen großen, südwestlichen Teil von Mittelsteier-

³²⁾ l. c. S. 553—558.

³³⁾ l. c.

³⁴⁾ l. c. S. 557—558.

mark mit einer zusammenhängenden Schotter- und Konglomeratdecke überzogen hat.

Die über 700 m hoch gelegenen Schotterreste von St. Oswald und die ca. 1200 m vermutlich auf alten Niveauflächen gelagerten Turmalingneisblöcke am Ochsenwald zeigen an, daß auch an der südöstlichen Abdachung der Koralpe im Mittelmiozän wohl durch bedeutende Wildbäche Anhäufung von Schuttmassen erfolgen konnte. Die Zone der intensivsten Erosion dürfte daher noch weiter nordwestwärts in der zentralen Koralpe (Kleinalpe K. 1763, Korralpe K. 2144), nahe dem Abbruch derselben gegen das Lavantal gelegen gewesen sein. Wenn man die grobklastische Beschaffenheit der Korallengesteine führenden Konglomerate in Mittelsteiermark in Betracht zieht und die große Mächtigkeit dieser Ablagerungen erwägt, so erscheint es zweifellos, daß die Korralpe zur Zeit der zweiten Mediterranstufe eine sehr bedeutende Abtragung erfahren haben muß.

Die Bewegung von Schottern, die stellenweise aus weit über kopfgroßen Komponenten zusammengesetzt sind, an der Küste des Miozänmeeres läßt sich nur durch Auftreten eines in entstehender Bewegung befindlichen Schuttstromes an dem mehr oder minder steil abfallenden Strand erklären. In der Tat weist die gerade in diesen grobklastischen Bildungen nur andeutungsweise erkennbare Schichtung auf die angegebene Bildungsweise dieses Austernbänke enthaltenden Schuttmaterials hin.

5. Die Verbreitung des mittelmiozänen Konglomerathorizonts am Ostrand der Alpen.

Der Nachweis einer großen Konglomerat- und Schotteraufschüttung im Miozängebiet der südwestlichen Mittelsteiermark regt die Frage an, ob sich ähnliche Beobachtungen anderwärts am Ostabfall der Zentralalpen machen lassen.

In dem Kohlenbecken von Köflach sind nach der Mitteilung von Dr. W. Petraschek über dem produktiven, tieferen Miozän Schotter gelagert, welche noch von Störungen betroffen wurden und deshalb wahrscheinlich noch dem Miozän zuzuzählen sind.³⁵⁾ Am Nordostsporn der Zentralalpen treten, wie schon Hofmann berichtet, in Verbindung mit

³⁵⁾ W. Petraschek, Montanistische Rundschau 1913, Nr. 8, S. 354.

kohleführendem Miozän, große Blöcke führende Schotter-
schichten hervor (Umgebung von Pinkafeld³⁶). In welchem
Verhältnis letztere zu den in der Nähe auftretenden marinen
Mediterranschichten stehen, ist nicht bekannt.

Es fällt ferner die Tatsache auf, daß in den zuletzt von
K. Östreich³⁷) genauer untersuchten miozänen Ablage-
rungen des Mur- und Mürztales, welche durch ihre Kohle-
führung (Leoben, Parschlug, Knittelfeld, Obdach, Turnau usw.)
ausgezeichnet sind, fast allerorts eine tiefere, produktive,
tonige Etage und eine hängende Konglomerat-
stufe unterschieden werden konnte. Zumeist werden die
kohleführenden Ablagerungen des Mur- und Mürztales als
Äquivalente der Eibiswalder und Wieser Koh-
lenbildungen aufgefaßt, welche letztere das unmittelbare
Liegende des mittelsteirischen Konglomerathorizonts darstellen.

Es läßt sich daher vermuten, daß auch im Bereiche des
oberen Mur- und Mürztales auf eine Periode geringerer Erosion,
welche in der Bildung ausgedehnter Sumpfniederungen in den
Zentralalpen ihren Ausdruck findet, eine Zeit sehr gesteigerter
Abtragung folgte, welche jene grobklastischen Sedimente
lieferte.

Ganz analog erscheinen, wenn man (Tellers³⁸) wohl-
begründeter Auffassung folgt, die Verhältnisse in Mittelkärnten.
Im Raume nördlich des Karawankenwalles ist eine ausgedehnte
Decke mächtiger, grober Konglomerate, der Sattnitzkon-
glomerate, von Villach im Westen bis in das Windisch-
grazer Becken im Osten auf eine Erstreckung von ca. 100 km
ausgebreitet. Während ältere Forscher (Höfer,³⁹) Vacek⁴⁰)
hier Äquivalente der pontischen Stufe vermutet hatten, lassen
Tellers neuere Angaben auch hiefür ein miozänes Alter er-
kennen. Die Konglomerate lagern über lignitführenden Tonen.⁴¹)

³⁶) K. Hofmann, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1877.

³⁷) K. Östreich, Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. Jahrb. der
k. k. Geol. Reichsanstalt 1899, S. 165 ff.

³⁸) F. Teller, Erläuterungen der geologischen Karte der Karnischen
und Julischen Alpen. Wien 1896, S. 202—209.

³⁹) H. Höfer, Die hohlen Gerölle etc. Tschermaks Min. und
petrogr. Mittell. Wien 1880.

⁴⁰) M. Vacek, Über einige Pachydermenreste aus den Ligniten von
Kentschach in Kärnten. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1887, S. 155.

⁴¹) J. Dreger, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt.

Teller äußert sich folgendermaßen: „Die tiefsten Glieder der tertiären Beckenfüllung sind die lignitführenden Ablagerungen von Keutschach im Süden des Wörthersees, welche für uns deshalb von besonderem Interesse sind, weil sie Reste der sogenannten ersten, miozänen Landsäugetierfauna geliefert haben, und zwar: *Mastodon tapiroides*, *Rhinoceros sansaniensis* und eine kleine Tapirart. Wir werden aber wohl nicht fehlgehen, wenn wir auch die lignitführenden Ablagerungen des östlichen Kärntens als Äquivalent dieser älteren Abteilung unseres Miozäns, die man in Steiermark als die Schichten von Eibiswald bezeichnet hat, betrachten: die bisher aus diesen Ablagerungen bekannten Mollusken und Pflanzenreste sind jedenfalls nur geeignet, diese Anschauung zu unterstützen.“

Nach F. Teller gehören die das unmittelbare Hangende dieser kohleführenden Ablagerungen bildenden Konglomerate ebenfalls dem Miozän an (obermiozäne Konglomeratbildung). Wegen des von Teller angeführten stratigraphischen Verbandes der „Sattnitzkonglomerate“ mit den dem tieferen Niveau angehörenden „kohleführenden Tonen“, ebenso wegen der starken Störungen, welche die Konglomerate am Karawankenrand erfahren haben (Faltungen!), und wegen des Fehlens pontischer Absätze anderwärts in den Zentralalpen gebe ich der Ansicht Ausdruck, daß auch diese grobklastischen Bildungen als fluviale Äquivalente der zweiten Mediterranstufe zu betrachten sind. Es ergibt sich daher, daß die Konglomeratdecke Zentralkärntens dieselbe stratigraphische Lage einnimmt wie der über den gleichalterigen Süßwasserschichten (bzw. Marinschichten) gelagerte mittelsteirische Konglomerathorizont.

Im Lavanttal lagern über und in Verbindung mit fossilführenden, marinen Miozänschichten Konglomerate, welche bis über faustgroße Gerölle enthalten.⁴²⁾ Doch hier bedarf die genauere Stufengliederung der Miozänabsätze noch einer Klärung.

Die mittelmiozäne Aufschüttung grobklastischer Massen an der Ostabdachung der Zentralalpen findet ihr Analogon auch in der südlich gelegenen Zone der „Savefalten“, in der

⁴²⁾ H. Höfer, Das Miozän bei Mühldorf in Kärnten. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1892, S. 320.

Region jugendlicher Sedimentation und Störung, welche sich südlich der Drau in Untersteiermark und Krain bis an die Save ausdehnt.⁴³⁾ Tellers⁴⁴⁾ und Dregers⁴⁵⁾ Untersuchungen zufolge bildet das Liegende der miozänen Schichtfolge ein mächtiger Komplex von „marinen Mergeln und mürben mergeligen Sandsteinen“, stellenweise, wie am Poßruck in Mittelsteier, in Flyschfazies ausgebildet. Es sind also vorwiegend feine oder mittelkörnige Sedimente. Ihnen erscheint im Bereiche der ganzen Zone eine Konglomerat- und Leithakalkdecke aufgelagert. Nur stellenweise, wie in der Tüfferer Bucht, schalten sich zwischen diese Schichten auch Mergel (Tüfferer Mergel) in größerem Ausmaße ein. F. Teller hat im Bereiche der Spezialkartenblätter Pragerhof—Windisch-Feistritz und Praßberg a. d. Sann diese grobklastischen Bildungen der tiefen zweiten Mediterranstufe als „unteren konglomeratischen Leithakalkhorizont“ bezeichnet.

So wie zum Beispiel bei St. Egidii in den Windisch-Büheln in Mittelsteiermark über mehrere 100 m mächtigen „basalen marinen Mergeln“ und „Foraminiferenmergeln“ Konglomeratbänke und über diesen Nulliporenkalke gelagert sind, so treffen wir auch in Untersteiermark „über den marinen Mergeln und mürben mergeligen Sandsteinen“, sowie den Tuffsandsteinen Tellers eine Konglomeratbedeckung, die ihrerseits von Leithakalk überlagert wird.

Als Resultat der vorangehenden Darlegungen ergibt sich die Erkenntnis einer äußerst interessanten Erscheinung in der Geschichte des Miozäns am Ostrande der Alpen. Sowohl an der Ostabdachung der Zentralalpen als auch im Bereich der „Drau—Save-Falten“ sehen wir auf eine Periode ruhiger Sedimentation, die zur Bildung der marinen Mergel und Sandsteine Untersteiermarks, der „basalen marinen Mergel“ und Foraminiferenmergel Mittelsteiermarks, der kohleführenden

⁴³⁾ A. Winkler, Versuch einer tektonischen Analyse des mittelsteirischen Tertiärgebietes und dessen Beziehungen zu den benachbarten Neogenbecken. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Nr. 13.

⁴⁴⁾ F. Teller, Erläuterungen zur geologischen Karte der Karnischen und Julischen Alpen. Wien 1896, S. 177—189; F. Teller, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Pragerhof—Wind.-Feistritz, Wien 1905.

⁴⁵⁾ J. Dregger, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Pettau—Vinica.

Ablagerungen von Eibiswald, Wies, Köflach und jener am Nordrand der Grazer Bucht, der kohlereichen Sedimente des Mur- und Mürzgebietes und schließlich der limnischen Tone von Liescha und Keutschach usw. in Zentralkärnten geführt hat, eine Epoche gesteigerter Erosion folgen, die im Gebiete der Zentralalpen sich in reichlicher Blockschuttanhäufung kundgibt. Sie hat zur Entstehung der Radel- und Remschnig-Konglomerate, der Schotterschichten auf der Koralpe, der blockführenden Konglomerate des Saggau—Sulmgebietes, der Konglomerate von Ehrenhausen, St. Egidi und des Sausal, der hängenden Konglomerate von Köflach usw., der Hangendkonglomerate des Mur- und Mürzgebietes, der großen Decke der zentralkärntnerischen Sattnitzkonglomerate und schließlich der untersteirischen mediterranen Konglomerate und Leithakalkdecken geführt.

Im Bereich der südwestlichen Mittelsteiermark kann man die Mächtigkeit der blockführenden Konglomerate durchschnittlich auf mindestens 300 m veranschlagen. Die Herkunftsregion der Gerölle liegt, wie erwähnt, größtenteils in der Koralpe. Wenn man von jenem Material absieht, das als Sand und Schlamm weiter in das Mediterranmeer hinausgetragen wurde, und nur die Verbreitung der grobklastischen Ablagerungen in Betracht zieht, und mit diesen ihr Ursprungsgebiet, das ist die Region der südlichen Koralpe und Poßruck vergleicht, so kommt man zum Schluß, daß Herkunfts- und Akkumulationsgebiet der groben Schotter in der südwestlichen Mittelsteiermark beiläufig im Verhältnis 3:1 stehen.⁴⁶⁾ Wenn man eine überall gleichmäßige Abtragung der südwestlichen Koralpe zur zweiten Mediterranstufe voraussetzen würde, so müßte man eine Erniedrigung derselben um 100 m⁴⁷⁾ annehmen. Da aber die Blockschutt führenden Ablagerungen jedenfalls nicht einer flächenhaften Erosion ihre Entstehung verdanken, sondern von Wildbächen aufgeschüttet wurden, die sich in ein in Hebung begriffenes Gebirge rasch eingeschnitten haben, so muß die Erosion Kerben in das Relief der in Bildung befind-

⁴⁶⁾ Es wird hiebei angenommen, daß mindestens ebensoviel Sediment weiter in das Meer hinausgetragen wurde, als durch Zufuhr von den angrenzenden Gebirgen (Poßruck, Sausal) den Konglomeraten im Saggau-Sulmgebiete einverleibt wurde.

⁴⁷⁾ Wegen der 300 m mächtigen Sedimentdecke im angrenzenden Gebiet.

lichen Koralpe eingeritzt haben, die den Betrag von 100 m überstiegen haben.

Mit anderen Worten: Die Koralpe muß sich in ihrem südwestlichen Teile bedeutend mehr als um 100 m emporgewölbt haben, um so gewaltige Schutt- und Konglomeratmassen dem marinen Mediterranmeer zuführen zu können.

Die Voraussetzung eines Aufsteigens der Koralpe an ihrem Westrand um ca. 200—300 m zur Mediterranzeit kann vermutlich nicht als übertriebene Schätzung aufgefaßt werden.

Es läßt sich ferner, wie ich glaube, die eigentümliche Rolle, welche der Nord—Süd verlaufende Rücken der Koralpe im Relief der Ostalpen spielt, nun besser verstehen. Schon mehrfach habe ich darauf hingewiesen, daß das orographische Bild der Koralpe einer gegen West allmählich ansteigenden Platte entspricht, welche mit einem Steilabfall gegen das Lavanttal abbricht.

Im Jahre 1913 schrieb ich hierüber (l. c.): „Der Rücken der südlichen Koralpe mit seinem steilen Westabbruch, der dem Lavanttaler Verwurf parallel läuft und seine flache Ostabdachung und das allmähliche Ansteigen der Miozänabsätze an letzterer (von 500 m im Osten bis nahe an 1000 m im Westen) lassen vermuten, daß dieser Gebirgszug als eine an ihrem Westrande sich stärker hebende Platte anzusehen ist. In der Tat wird sie nach dieser Richtung von der bedeutungsvollen Dislokation des Lavanttaler Verwurfs vom tief versenkten Kärntner Miozänbecken scharf abgeschnitten.“⁴⁸⁾

Die mediterrane Hebung der Koralpe an einer NNW streichenden Begrenzungslinie kann wohl als die Fortsetzung älterer, gleichgerichteter Bewegungen aufgefaßt werden. Es erklärt sich hiedurch nicht nur das Auftreten der altkristallinen Gesteine, gleichsam wie an einem Horst, sondern auch das Fehlen von Resten jüngerer Schichtüberdeckung (Phylliten, Perm, Trias, Kreide, Eozän), welche, sofern sie überhaupt zur Ablagerung kamen, rasch der Abtragung unterliegen mußten. Dennoch muß diese jugendliche Überdeckung im Mittelmiozän ganz oder zum größten Teile an der südlichen Koralpe bereits abgetragen gewesen sein, da die dem Meere zugeführten Schottermassen

⁴⁸⁾ Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Nr. 13.

sich der Hauptsache nach aus altkristallinen Felsarten zusammensetzen.

Erst in dem südwärts an die Koralpe angrenzenden Raum des Draudurchbruches, am Poßruckgebirge und an den Nordabhängen des Bachers trifft man über vorherrschenden älteren Phylliten (bei Zurücktreten des Altkristallins) Verrucanoabsätze (Perm von Lavamünd und von St. Oswald, St. Anna, bei Unterauburg, St. Johann ob Drautsch, St. Anton am Bacher usw.),⁴⁹⁾ Triasbildungen (Trias von Mahrenberg und Wuchern, Trias von Heiligengeist und Heiligenkreuz am Poßruck),⁵⁰⁾ Kreide (Kreide des Jesenkoberges, am Mravlaksattel und bei St. Anton am Bacher) und Eozän (Eozängerölle im miozänen Konglomerat von Leutschach) an.⁵¹⁾

Es sind dies dem älteren Gebirge aufgelagerte, in dieses eingesenkte oder eingefaltete Reste einer einst jedenfalls bedeutend mehr ausgedehnten transgredierenden Schichtbedeckung, welche in dem angrenzenden stärkeren Hebungsgebiete der südlichen Koralpe abgetragen, an der südlich anschließenden in geringerem Ausmaße gehobenen, hauptsächlich von Phylliten aufgebauten Drauzone (zwischen Bacher und Koralpe) in meist hochgelegenen isolierten Schollen noch zutage treten. Die in letzterem Gebiete abgelagerten miozänen Konglomerate haben denn auch noch eine stärkere Beimischung permisch-mesozoischer Geröllkomponenten.

Die Isoliertheit der mittelkärntnerischen Trias-, Kreide- und Eozänsedimente findet in derselben Erscheinung ihre Begründung.

Die Verbindung, welche das pannonische Marinbecken mit dem innerkärntnerischen Trias-, Kreide-, Eozänmeer und zum Teil auch noch mit dem Lavanttaler Miozänmeer verknüpfte, ist im Tertiär durch die aufsteigende Zone der südlichen Koralpe samt deren südlichen Phyllitvorlage allmählich aufgehoben worden.

⁴⁹⁾ J. Dreger, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1905, S. 64.

⁵⁰⁾ F. v. Benesch, Die mesozoischen Inseln am Poßruck. Mitteil. der Geol. Gesellschaft. Wien 1914.

⁵¹⁾ R. Jäger, Foraminiferen aus den miozänen Ablagerungen der Windischen Büheln in Steiermark. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1914.

Dadurch wurde im höheren Miozän das isolierte zentral-kärntnerische Becken einerseits, das mittelsteirisch-pannonische Becken anderseits geschaffen, welche, ebenso wie ihre gehobene Verbindungsstrecke, im heutigen orographischen Bilde noch sehr markant hervortreten. Gegenwärtig wird die trennende Schwelle in einem typischen Durchbruchstal vom Drauß durchströmt, welcher, (wie Krebs⁵²⁾) treffend in seinem Werke: *Länderkunde der österreichischen Alpen*, hervorhebt, „aus einer Region der Senkung und Akkumulation (Mittelkärnten) kommend, ein Gebiet der Hebung (Phyllitzug zwischen Koralpe und Bacher) durchbricht“.

6. Über Anzeichen eines sarmatischen Deltas in Mittelsteiermark.

In meiner Arbeit über „das Eruptivgebiet von Gleichenberg“⁵³⁾ habe ich eine Gliederung der sarmatischen Schichtfolge dieser Gegend durchgeführt. Daß diese auch in den benachbarten Teilen Mittelsteiermarks Gültigkeit besitzt, habe ich in der schon mehrfach erwähnten „Studie über Verbreitung und Tektonik des Miozäns von Mittelsteiermark“ dargelegt.

Wie ich hervorhob, entsprechen die mittelsarmatischen Schichten, die nun genauer betrachtet werden sollen, „einem Seichterwerden des Meeres, einer Beckenfüllung jener tieferen Bucht, in der die Sedimente der untersarmatischen Abteilung zum Absatz kamen“. Die Diagonalschichtung, welche für die mittelsarmatischen Bildungen sehr typisch ist, das Auftreten grobklastischer Bildungen, die Schilffreste beherbergenden Lagen und die Diskordanzen in der Schichtfolge wurden als Anzeichen lebhafter, wohl auch durch fluviatile Strömungen bedingter Wasserbewegung in einem seichten Becken aufgefaßt.

Das Auftreten grober Sedimente im südlichen Gleichenberger Eruptivgebiet erscheint um so auffallender, als diese der ungarischen Grenze benachbarte Region bereits 30 km von der einstigen Strandlinie des sarmatischen Meerbeckens entfernt ist.

⁵²⁾ N. Krebs, *Länderkunde der österreichischen Alpen*.

⁵³⁾ Das Eruptivgebiet von Gleichenberg. *Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt* 1913, H. 3, S. 441—449.

Die mittelsarmatischen Schichten verbreiten sich, wie ich seinerzeit darlegte, nördlich der Mur, westlich über St. Peter am Ottersbach gegen Wildon. Die Begehungen des vergangenen Jahres, welche ich zum Teil gemeinsam mit Herrn Bergrat Dr. Julius D r e g e r⁵⁴⁾ durchzuführen Gelegenheit hatte, haben mich die Existenz einiger interessanter Erscheinungen kennen gelehrt.

Vom südlichen Gleichenberger Eruptivgebiet (Gegend von Klösch und Hochstraden) ziehen sich die sandig-konglomeratisch-schotterigen mittelsarmatischen Bildungen über Straden, wo sie in mehreren Schottergruben gut aufgeschlossen sind, in das Gnastal. Hier ist bei Trössing eine große Schottergrube geöffnet.

Die mächtigen Schotter sind im Hangenden von diagonal geschichteten Sanden überdeckt und führen Holzreste. Die Gerölle bestehen der Hauptsache nach aus nuß- bis faustgroßen Komponenten, jedoch kommen auch bedeutend größere Geschiebe darin zahlreich vor.

Man würde diese grobklastischen Schichten wohl fürs erste für fluviatile Bildungen halten, wenn nicht das Vorhandensein von Austernschalen und Cardienabdrücken auf primärer Lagerstätte die marine Natur bekunden würde.

Unter den Geröllen befinden sich zahlreiche Hornsteine, Hornsteinkalke, Kalke, Verrucanogesteine, Grödner Sandsteine und rote Porphyre, grüne Gesteine, Turmalingneise und andere Gneise usw. Im übrigen herrschen Quarze vor. Die Vergesellschaftung der Gesteine weist auf eine Herkunft aus dem Einzugsgebiet der Drau, aus dem Gebiete des Poßruck und der Koralpe oder noch weiter aus Kärnten hin.

Der Anblick der mächtigen Schotterbänke, welche übrigens in ihren Liegenden, ebenso wie in dem Gleichenberger Gebiet Schilfreste führende Mergel hervortreten lassen, führt zur Ansicht, daß hier die Reste eines mächtigen Deltakegels eines größeren Flusses sichtbar sind.

Diese mittelsarmatische Schotter- und Sandzone habe ich nordwärts bis in die Gegend von Gnas, wo sie unter oberarmatischen Bildungen hinabtaucht, und westwärts bis Sankt Peter am Ottersbach verfolgt.

⁵⁴⁾ Vergleiche auch Dr. J. D r e g e r, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1914, Nr. 1, S. 16. Mitteilung im Jahresbericht des Direktors.

Größere Schottergruben in dem südlichen Gnastal entblößen eine Schichtfolge, welche sich durch Zunahme des groben Materials und durch das Hervortreten von kopfgroßen Geröllen auszeichnet. Bei St. Peter am Ottersbach schließlich ist dasselbe Sediment in Schottergruben erschlossen, überlagert von Blattreste führenden Sandsteinen mit der analogen Geröllführung wie bei Trössing. Bei dem Mangel an marinen Schalterresten und bei dem Auftreten pflanzenreicher Schichten möchte ich diese Schotter bereits für fluviatile Bildungen ansehen. Eine weitere Verfolgung des Schotterzuges wurde nicht durchgeführt.

Ich glaube aber, aus den hier in Kürze wiedergegebenen Beobachtungen den Schluß ableiten zu können, daß die mittelsarmatischen Schichten Mittelsteiermarks sich im Raume von der ungarischen Grenze bis in die Gegend von St. Peter am Ottersbach und Mureck als Bildungen eines konglomeratisch-schotterigen Deltakegels erwiesen haben.

Im Osten treten (an der ungarischen Grenze) die schotterigen Schichten den Sanden und Mergeln gegenüber zurück. Marine Fossilien sind bekannt, die Diagonalschichtung und die Diskordanzen lassen jedoch auch hier den Einfluß starker Wasserbewegung erkennen. Westlich davon, in der Gegend von Gnas und Straden, werden die Schottermassen mächtiger und die Geröllkomponenten größer. Aber auch hier herrschen noch marine Versteinerungen. Gegen St. Peter schließlich scheinen die mittelsarmatischen Sedimente in fluviatile, grobklastische Bildungen überzugehen.

Die Gerölle weisen im Untermiozän auf die Herkunft der Schottermassen aus dem mittelsteirisch-kärntnerischen Grenzgebiete hin.

Wenn wir die im Kapitel 3 und 6 mitgeteilten Beobachtungen zusammenfassen, so gelangen wir zum Schlusse, daß sich im Jungtertiär zweimal von der Ostflanke der Zentralalpen gewaltige Schuttströme gegen das steirisch-pannonische Becken hinaus ergossen haben.

Das erste Mal im Mittelmiozän zur zweiten Mediterraneanstufe, das zweite Mal zur mittelsarmatischen Stufe. Der Deltakegel der letzteren Epoche erscheint gegenüber dem ersteren, wie überhaupt die sarmatischen Absätze,

bedeutend nach Osten gerückt. Beide Schuttbildungen sind im westlichen Teile aus fluviatilen, im östlichen hingegen aus marinen Sedimenten zusammengesetzt.

7. Die miozänen Störungen in Mittelsteiermark.

Wie ich zu Beginn dieser Arbeit und in der „Studie über Verbreitung und Tektonik des Miozäns von Mittelsteiermark“⁵⁵⁾ genauer ausgeführt habe, waren die mediterranen Schichten in dem Raume südlich der Sulm und des Sausal noch stärkeren Störungen ausgesetzt, welche, wenn sie auch nicht als Faltungen zu bezeichnen sind, doch bei der allgemeinen Schrägstellung der Sedimente auf die Mitwirkung tangentialer Druckkräfte schließen lassen (Faltenbrüche!). Schon auf S. 265 habe ich dargelegt, daß durch die Aufgabe des Grunder Horizonts als eigener Stufe die Störungsphase, welche ich seinerzeit an die Grenze zwischen diese und die zweite Mediterranstufe gelegt habe, keine Berechtigung mehr besitzt. Die Störungsphase des Konglomeratkomplexes am Radel und im Schöttergebiete zwischen Saggau und Sulm, welche letztere ich 1913 eingehend schilderte,⁵⁶⁾ sowie jene im Leithakalkgebiete St. Egidii—Ehrenhausen sind daher frühestens in die nachmediterrane (sarmatische) Zeit zu verlegen.

Derselben Störungsphase fallen vermutlich auch die am Westrande der Koralpe kennbaren Störungen (auch Faltungen) der miozänen Sedimente des Lavanttales⁵⁷⁾ und jene der Konglomeratschichten des Mur- und Mürzgebietes zu.⁵⁸⁾ Bei Annahme eines miozänen Alters für die Sattnitzkonglomerate wäre auch die Aufrichtung derselben am Karawankenrande hierher einzureihen.

Die Frage nach dem genaueren Zeitpunkt dieser postmediterranen Störungen läßt sich bei dem Fehlen jüngerer Absätze in dem südwestlichen Teil Mittelsteiermarks schwer beantworten. Sarmatische Sedimente treten erst weiter ostwärts, jenseits der Mur, bis an die ungarische Grenze hervor.

⁵⁵⁾ Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913.

⁵⁶⁾ l. c. S. 558—561.

⁵⁷⁾ H. Höfer, l. c. S. 313.

⁵⁸⁾ K. Östreich, l. c.

A. Winkler, Jahrb. 1913, S. 538—544.

Im allgemeinen sind die sarmatischen Schichten dieses Gebietes flach gelagert.⁵⁹⁾

Eine Anzahl von jungen pontischen oder postpontischen Bruchlinien habe ich bereits in früheren Arbeiten hervorgehoben.⁶⁰⁾

Erst im letzten Sommer gelang es mir, auch das Vorhandensein einer auf tangentielle Kräfte zurückführbaren Störung zu erkennen. In der Gegend südlich von Trössing im Gnastale ist am Augenweidkogel auf eine Strecke von zirka 600 Schritte eine veritable Antiklinale von tiefsarmatischen Schichten aufgeschlossen.

Das Streichen derselben ist beiläufig meridional. (F: W 40°, O 55° usw.) Die Zusammenpressung der Sedimente ist, nach der steilen Aufrichtung derselben zu urteilen, nicht unbedeutend.

Es haben sich demnach auch im südöstlichen Teile des mittelsteirischen Miozängebietes, ebenso wie im Südwesten an einem Punkte nachmediterrane, tangentielle Störungen nachweisen lassen, die hier sogar noch Schichten der tieferen sarmatischen Stufe ergriffen haben. Ob auch noch die mittelsarmatischen und obersarmatischen Sedimente an dieser Störung Anteil nehmen, konnte ich bisher nicht konstatieren.^{60a)}

Wenn man noch die benachbarte untersteirische Zone behufs Feststellung des Alters der Faltung heranzieht, so findet man, daß in der nächstgelegenen Region von Pöltschach die sarmatischen Sedimente mitgefaltet sind, während die pontischen Bildungen über sie hinwegtransgredieren.⁶¹⁾ Wie ich anderen Ortes ausführte,⁶²⁾ halte ich die sarmatischen Schichten von Pöltschach der tieferen Abteilung dieser Stufe zugehörig. Die Faltungen dieser Zone sind daher posttiefsarmatisch und vorpontisch. Nach Analogie mit den Faltungen in Untersteiermark glaube ich auch die Störungen der Medi-

⁵⁹⁾ Ebenso wie die Leithakalke nördlich des Sausals.

⁶⁰⁾ Das Eruptivgebiet von Gleichenberg. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, S. 484—487.

^{60 a)} Es ist daher auch ein pontisches Alter dieser Störung nicht ausgeschlossen.

⁶¹⁾ D. Stur, Geologie der Steiermark. Graz 1871.

F. Teller, Erläuterungen der geologischen Karte Pragerhof—Windisch-Feistritz. Wien 1905.

⁶²⁾ Untersuchungen zur Geologie etc. S. 602.

terranschichten am Ostrande der Zentralalpen in die Zeit nach Ablagerung der tieferen sarmatischen Schichten und vor Entstehung der pontischen Bildungen setzen zu können.

Außer genannter „tangentialer“ Störungsphase sind im Mittel- und Obermiozän wie im Pliozän von Mittelsteiermark mehrere andere tektonische Bewegungsphasen kennbar. Die genauere Begründung für die Existenz derselben habe ich seinerzeit gegeben.⁶³⁾ Die „mediterranen“ Hebungen wurden übrigens auch in dieser Arbeit eingehender begründet.

Nachfolgend ist die Zusammenstellung derselben verzeichnet:

1. Zweite Mediterranstufe: Hebung der Kor-
alpe und Senkung in dem nordostwärts gelegenen Miozän-
gebiet. Mediterranes Schotterdelta.

2. Vor- oder tiefsarmatisch: Muldenbildung in
östlicher Mittelsteiermark.

3. Vorobersarmatisch (Mittelsarmatisch):
Hebung im zentralen und südwestlichen (?) Teil von Mittel-
steiermark und Senkungen im Nordosten. „Mittelsarmatisches
Delta“.

3a). Bruchbildung und Steilstellung des
Miozäns im südwestlichen Teile von Mittelsteiermark. Falte
von Gnas in Oststeiermark? Faltungen und Brüche in Kärnten
und im Mur—Mürzgebiet.

4. Pontisch: Ausbildung der pontischen Sediment-
mulde im Nordosten von Mittelsteiermark.

5. Postpontische Brüche und Basalterup-
tionen.

Während die mit 1. bezeichnete Bewegungsphase jenen
ausgedehnten mediterranen Deltaschuttkegel her-
vorrief, so scheint mit der unter 3. bezeichneten Hebung-
phase die Entstehung des mittelsarmatischen Delta-
kegels verknüpft zu sein.

Die angegebene Verteilung der Bewegungsphasen in
Mittelsteiermark unterscheidet sich von jener, die ich im Jahre
1913 gegeben habe, durch das Verschmelzen der zwischen

⁶³⁾ l. c. S. 617.

Grunder Stufe und zweiter Mediterranstufe vermuteten Bewegungsphase mit der unter 3a) (3) bezeichneten Störungs-epoche.

8. Der tektonische Charakter der Bewegungen im mittelsteirischen Miozän und Pliozän.

Der tektonische Charakter der Bewegungsphase 3a) und 5) (vielleicht auch 1) scheint von jenem der übrigen seinem Wesen nach verschieden zu sein. Während erstere Bewegungen deutlich kennbare Brüche, Schrägstellungen und so gar Faltungen der Sedimente erkennen lassen, so führten die übrigen Störungen zur Entstehung ziemlich flach abfallender Absenkungsflächen, welche zwischen der gehobenen Scholle einerseits und der gesenkten Zone anderseits vermitteln. Letztere treten erst bei Betrachtung eines größeren Gebietes deutlicher hervor.

Diese Absenkungsflächen habe ich in der „Miozänstudie“ in wohl nicht ganz zutreffender Weise als Flexuren bezeichnet, von welchen sie sich zwar nicht dem Wesen nach, so doch durch den geringeren Neigungsgrad unterscheiden. :

Das regelmäßige Absinken der sarmatischen (Seichtwassersedimente unter die pontischen Bildungen Oststeiermarks entlang einer bogenförmig verlaufenden, geneigten Fläche und das ähnlich geartete (Hinabtauchen der tiefermiozänen Foraminiferenmergelschichte in den Windischen Büheln unter auflagernde Konglomerate und Leithakalke lassen diesen Bewegungstypus deutlich erkennen.⁶⁴⁾

Vielleicht wird es einmal möglich sein, eine genauere Scheidung zwischen jenen Bewegungsvorgängen durchzuführen, welche sich in weitreichenden Schollenbewegungen (Hebungen und Senkungen) zu erkennen geben, die durch längere Zeiträume andauern, und jenen, die sich in Faltungen und rupturellen Störungen ausprägen. Doch soll keineswegs behauptet sein, daß zwischen diesen beiden Bewegungstypen nicht Übergänge bestehen können und daß sich gleichzeitig mit Entstehung der Falten und Faltenbrüche nicht auch Hebungen und Senkungen angrenzender Schollen vollzogen haben.

⁶⁴⁾ Siehe Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt, Heft 3, S. 560 und S. 615.

9. Die Beziehungen der am Nordsaum der Zentralalpen gelagerten Miozänsedimente zu den Verebnungsflächen der nördlichen Kalkalpen.

Neuere Literatur:

K. Östreich: Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1900.

H. Höfer: Exkursion nach Leoben. Führer zum Internationalen Geologenkongreß Wien 1903.

F. X. Schaffer: Der norische Strom. Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1908.

H. Mohr: Eolithe in der Nordoststeiermark. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1912.

G. Göttinger: Über Alter und Entstehung der Oberflächenformen in den nordöstlichen Kalkalpen. Mitteil. der k. k. Geographischen Gesellschaft Wien 1913.

Stiny und Gaulhofer: Die Parschluger Senke. Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1912.

G. Geyer: Über den geologischen Bau der Warscheneckgruppe im Toten Gebirge. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913.

A. Winkler: Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913.

H. Mohr: Geologie der Wechselbahn. Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. LXXXII. Bd.

L. Kober: Über Bau und Entstehung der Ostalpen. Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1912.

R. Folgner: Über die Werfener Schichten am Reiting. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Nr. 18.

F. X. Schaffer: Die Wasserstandsschwankungen im Wiener Becken zur Neogenzeit. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Nr. 15.

Idem: Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1914. Diskussionsbemerking. Heft 1 und 2.

G. Göttinger: Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1914. Diskussionsbemerking.

F. F. Hahn: Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen. Mitteil. der Geol. Gesellschaft VI. Bd., 1913.

H. Bock: Mitteil. der Deutschen und Österreichischen Alpenvereines 1913.

G. Göttinger: Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. Suppl.-Heft zur Intern. Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 1912.

Die nachfolgenden Zeilen stellen den Versuch dar, eine Verbindung zwischen den Resultaten der geologischen Untersuchung des zentralapinen Miozäns und den bekanntlich so bedeutsamen geomorphologischen Studien G. Göttingers

in den nördlichen Kalkalpen herzustellen. Es wird sich im Laufe der Darstellung ergeben, daß für die meisten der in Frage kommenden Erscheinungen, soweit sie die Kalkalpen betreffen, in Götzingers grundlegenden Arbeiten bereits eine befriedigende Lösung enthalten ist.

Nur in der Frage nach dem Ausmaße der jüngeren Störungen, die die kalkalpine Landschaft nach ihrer Entstehung führungen über die Kalkalpen auf ein Referat von G. Götzingers Auffassung und jener, die in dieser Arbeit niedergelegt ist, erkennen lassen. Im übrigen werden sich meine Ausführungen über die Kalkalpen auf ein Referat von G. Götzingers Studien beschränken, wobei die Analogie mit zentralalpiner Sedimentation und Tektonik näher ins Auge gefaßt werden soll.

Die angeführte Literatur, welche mit Ausnahme der ihrer Zeit vorausseilenden Arbeit K. Oestreichs den letzten zehn Jahren angehört, hat sehr interessante und für die tertiäre Geschichte der nördlichen Kalkalpen sowie der angrenzenden Zentralzone weittragende Resultate gezeitigt.

Im wesentlichen sind diese Forschungen von drei Gesichtspunkten ausgegangen.

Erstens waren es geomorphologische Untersuchungen, wobei insbesondere G. Götzingers und K. Östreichs Arbeiten zu erwähnen sind.

Dr. G. Götzinger hat im Anschlusse an die alten Forschungen v. Mojsisovics⁶⁵⁾ die Frage nach der Herkunft der Augensteingerölle auf den nordalpinen Kalkhochplateaus einer wohl endgültigen Lösung zugeführt.

Er wies nach, daß dieselbe als Reste einer einst weiter verbreiteten Schotterdecke auf tertiären Verebnungsflächen gelagert sind. Es ergab sich ferner die wichtige Erkenntnis, daß in einer Epoche des mittleren Tertiärs (Untermiozän) in den nördlichen Kalkalpen eine Hügellandschaft⁶⁶⁾ sich entwickelte, auf welcher sich von Süden gegen Norden ein zentralalpines Schottermaterial führendes, weitverzweigtes

⁶⁵⁾ v. Mojsisovics, Erläuterungen zur geologischen Karte etc., Blatt Hallstatt—Ischl 1905.

⁶⁶⁾ Genauer eine Kuppenlandschaft mit weit verbreiteten zwischenliegenden Verebnungsflächen. Zur Ausbildung einer Peneplaine (Rumpflandschaft) ist es nicht gekommen. G. Götzinger l. c.

Flußsystem bewegte. Die Größe der Gerölle nimmt gegen N ab. Mit der Annahme einer Zeitepoche, in welcher die nördlichen Kalkalpen durch Mittelgebirgscharakter ausgezeichnet waren, berühren sich Götzingers Ergebnisse mit den von K. Östreich im angrenzenden zentralalpinen Gebiet gewonnenen Anschauungen.

Letzterer hatte bereits im Jahre 1900 für das Mur- und Mürzgebiet die Auffassung geäußert, daß zur Zeit der Ablagerung des Untermiozäns nicht der heutige Hochgebirgscharakter, sondern Mittelgebirgsverhältnisse bestanden.

K. Östreich gelangte, wie schon früher erwähnt wurde, zur wichtigen Erkenntnis einer Zweiteilung der miozänen Schichtfolge. „Die Zeit der Ablagerung der später konglomerierten Flußschotter entspricht einer Erosionsperiode im Gebirge, einer Zeit wasserreicher Flüsse, die auf eine Zeit folgte, in der das Fehlen solcher Flüsse die Bildung großer, reiner Seen ermöglichte.“

Die starken Störungen dieser untermiozänen, schlammigen Süßwasserbildungen, die große Schuttförderung in den hangenden „obermiozänen“ Konglomeratbildungen und schließlich die hydrographischen Verhältnisse im Miozän führten K. Östreich zur Auffassung, daß „... jene große Höhendifferenz (zwischen den Kämmen des Mur—Mürzgebietes und den mit Tertiärsediment ausgekleideten Becken) erst nachträglich eintrat, als die Ablagerung der tonigen Schichten bereits stattgefunden hatte, und zwar in einer absoluten Höhe, die von der Kammhöhe der überragenden Gebirge weniger differierte. Mit anderen Worten, Bildungen wie die Kalkmauer des Reiting mögen erst in der Tertiärzeit, und zwar nach Beginn der uns erhaltenen Tertiärablagerungen durch Brüche bloßgelegt worden sein. Das Hochgebirge, also der relative Unterschied zwischen Talbodenhöhe und Kammhöhe bestand noch nicht zur Zeit des Absatzes der Gebilde der tieferen Stufe.“

Eine zweite Gruppe von Untersuchungen beruht hauptsächlich auf stratigraphisch-tektonischer Grundlage.

Mein Freund R. Folgner konnte am Fuße des Reiting ebenfalls eine tiefere, aus rotem Ton bestehende Abteilung des Miozäns und eine höhere Konglomeratstufe, entsprechend dem

Miozän von Leoben, nachweisen. Ähnliche Ablagerungen vermutet R. Folger auch im Gebiete des Grazer Paläozoikums am Hochlantsch in Sedimenten, die H. Mohr und F. Heritsch⁶⁷⁾ der Oberkreide zugezählt hatten.

Gaulhofer und Stiny haben mit kurzen Worten das Tertiär von Parschlug besprochen und das Auftreten von Staffelbrüchen in derselben hervorgehoben.

Prof. H. Höfer hat die bekannte Versenkung und Aufrichtung des Leobener Tertiärs (inklusive der Konglomeratschichten) auf Grund der bergmännischen Aufschlüsse in einem interessanten Profil zur Darstellung gebracht.

In meiner „Miozänstudie“ versuchte ich die Auffassung, daß sich nach Ablagerung der tiefermiozänen am Nordrand der Zentralalpen noch intensive Hebungen geltend gemacht haben, zu begründen. (S. 543 bis 544.) Ferner faßte ich die kohleführenden Süßwassertone dieses Raumes als Äquivalente der mittelsteirisch-marinen Foraminiferenmergelgruppe, sowie der Eibiswald-Wieserschichten auf. Diese Auffassung steht der bisherigen gegenüber, nach welcher diese Sedimente dem Grunder Horizont zuzuzählen wären.

Wichtigen Aufschluß über die Ausbildung des Tertiärs am Nordostsporn der Zentralalpen haben Mohrs Untersuchungen gebracht, welcher nachweisen konnte, daß diese Sedimente am Ostabfall des Wechsels eine größere Ausdehnung, als bisher angenommen wurde, besitzen und noch starken Störungen ausgesetzt waren. Die Absätze erreichen auch hier nahe dem Rande des pannonischen Beckens noch fast 1000 m Seehöhe. Die Bestandteile der Konglomerate erreichen oft bedeutende Größe und sind ausschließlich autochthoner Herkunft. (Fehlen der Kalke!)

An diese Sedimente des zentralalpinen Nordostsporns knüpft die Studie Dr. F. X. Schaffers an. Er möchte die von Mohr in seiner Geologie der Wechselbahn (später) beschriebenen Schuttmassen, sowie nördlich und nordöstlich davon gelegene als Deltakegel eines großen zentralalpinen Stromes (Norischen Stromes) ansehen, welcher vom Murtal über das Mürtal den Nordostsporn erreicht hätte. Die große

⁶⁷⁾ F. Heritsch, Beiträge zur geologischen Kenntnis der Steiermark. Die Konglomerate von Gams bei Frohnleiten. Mitteil. des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 1914, Bd. L, S. 49.

Höhenlage der Konglomerate im Wechselgebiete führt ihn zur Auffassung eines 1000 m hochgelegenen Seespiegels im inneralpinen Wieserbecken.

Regierungsrat G. Geyer erörterte gelegentlich der Darstellung der „Warscheneckgruppe“ in Obersteiermark die in der Tiefe des Ennstales gelegenen Miozänsedimente, welche eine große Ähnlichkeit mit den Augensteingeröllagen auf den Dachsteinplateaus besitzen. Er vermutet, daß jugendliche Störungen den großen Niveauunterschied zwischen ihnen hervorgerufen haben. (Zirka 2000 m hoch gelegene Augensteinfelder und 1700 m hoch gelegenes Miozän am Stoderzinken; tief gelegene Miozänsedimente im Ennstal.)

L. Kober vermutet aus Gründen allgemeiner Natur, daß sich rasch jugendliche Aufwölbungen in größeren Teilen der Zentralalpen (insbesondere den Tauern) vollzogen haben.

Den bekannten, bedeutsamen Studien des leider so früh verschiedenen F. F. Hahn verdankt man den klaren Nachweis einer jugendlichen, O—W gerichteten Bewegung im Bereiche der nördlichen Kalkalpen, welche dieser Forscher in eingehender Weise im Berchtesgadener Gebiete und im Salzkammergute nachzuweisen vermochte.

Schon in der älteren Arbeit über die „Geologie des oberen Saalachgebietes“ konnte F. F. Hahn nachweisen, daß im Berchtesgadener Gebiete „die Quersaltung des ausgehenden Alttertiärs ihnen (den Hochflächen und Kämmen, wie dem Göll, Watzmann usw.) zu solch auffälliger Höhe verholfen und sie zu Herrschern über das Deckenland gemacht habe, eine Stellung, die allen Verebnungstendenzen zum Trotz nachwirkt bis zum heutigen Tage“. Somit ist auf Grund genauer Lokalforschung der Beweis erbracht, daß nach dem Eintritte der alpinen Quersaltung keinerlei Verebnungsflächen im Berchtesgadener Gebiete bestanden haben können.

In den Grundzügen des Baues der nördlichen Kalkalpen (Mitt. d. Geol. Ges. Wien 1913, S. 487) legte er dar, daß die alpine Querbewegung jünger als die Ausbildung der Peneplaine sein müsse.

Das Alter der Quersaltung in den nördlichen Kalkalpen ist nach Hahn jünger als das Eozän und jünger als die vermutlich oberoligozäne Flyschfaltung. „Wir glaubten aber doch ein vormiocänes Alter für wahrscheinlich halten zu müssen.“

(Hahn, l. c., S. 487.) Das vormiozäne Alter wird jedoch nur mit Vorbehalt geäußert, da das Vorhandensein von geringen Andeutungen der Querfaltung in der miozänen Molasse zur Vorsicht mahnt. Mit der Annahme einer prämiozänen Entstehung der O—W-Bewegung würde übrigens Hahns eigene Auffassung über die mutmaßliche Beteiligung des Miozäns am Stoderzinken in Obersteiermark nicht ganz harmonieren.

Hahn führt hierüber folgendes aus (S. 487): „Wir könnten versuchen, eingedenk der vielerorts unverkennbar nordsüdlichen Komponente, den Querstau jenen Bewegungen anzureihen, die wir längs des ‚tirolischen‘ Südrandes, besonders aber zwischen Hochkönig und Dachstein, an nordwärts einschießende Flächen geknüpft fanden. Und wir wiesen auf die Möglichkeit eines Zusammenhanges (dieser Bewegungen am ‚tirolischen‘ Südrand) mit jungen und jüngsten Bewegungen am Stoderzinken.“

Wenn daher in der Tat die Faltungen der jungen Sedimente am Stoderzinken dem alpinen Querstau anzufügen sind, so müßte letzterer erst nach Ablagerung dieser untermiozänen Schichten eingetreten sein.

Einer dritten Forschungsrichtung entstammen die Resultate der Höhlenuntersuchungen, welche insbesondere von Ingenieur Bock und seinen Mitarbeitern durchgeführt wurden. Sie ergaben die Ausbreitung eines weitverzweigten Höhlensystems im Salzkammergut, dessen Entstehung jünger ist als die Zeit der Verebnungsflächen und Augensteinschotter, in dessen Gerinnen aber ebenfalls noch Quarzschotterschichten gelagert sind.

Im angrenzenden zentralalpinen Gebiete (Murtal) steht die zentralalpine Gerölle führende, nordwärts gerichtete Entwässerung im Gegensatz zu der jüngeren, höhermiozänen, gegen das heutige Längstal der Mur gerichteten Schuttbewegung. (Folgn er.)

Es soll auf Grund der im vorhergehenden geschilderten Forschungsergebnisse der Versuch unternommen werden, diese Erscheinungen einem einheitlichen Bilde einzuordnen.

Bei der lückenhaften Kenntnis vieler Gebiete und bei der Unsicherheit, die manchen Parallelisierungen anhaftet, kann dieser Versuch nur im allgemeinen andeuten, in welcher Rich-

tung die Lösung dieses vielgestaltigen Problems zu suchen ist.

Es handelt sich, meiner Ansicht nach, um folgende vier Fragen:

1. Nach dem Alter der kalkalpinen Verebnungsflächen und Augensteinfelder.

2. Nach dem Problem des norischen Stromes und der Konglomerate am Nordostsporn der Zentralalpen.

3. Nach der orographischen Höhenlage der Verebnungsflächen zur Zeit ihrer Entstehung und ihren Beziehungen zu den miozänen Ablagerungen am Ostrande der Zentralalpen.

4. Nach den Störungen, welche sowohl die kalkalpinen Verebnungen, als auch die angrenzenden zentralalpiner Miozänsedimente erfahren haben. Nach den Beziehungen dieser Bewegungen zur alpinen Querfaltung Hahns.

Ad 1. Dr. G. Götzing er setzt die Entstehung der kalkalpinen Verebnungsfläche in das Untermiozän. Die Verhältnisse im Murtal zeigen, daß diese in der Tat unbedingt älter sein müssen, als die „obermiozänen“ Konglomeratbildungen der Mur-Mürzregion, welche von Bächen aufgeschüttet wurden, welche die entgegengesetzte Entwässerungsrichtung, wie die Augensteine führenden Verebnungsflächen erkennen lassen.

Da ich die Konglomerate des Murtales für Äquivalente der zweiten Mediterranstufe (Mittelmiozän) halte, so steht mit dieser Annahme Götzingers Auffassung über die Entstehung der Einebnungsflächen im Untermiozän im Einklang.

Es besteht aber wohl die Möglichkeit, daß die Ausbildung der Hügellandschaft noch in die Oligozänzeit hinabreicht, wie Götzing er hervorhebt, da die Ausbildung der Denudationsflächen einen langen Zeitraum beansprucht.

Die Angabe K. Östreichs, daß das Mur-Mürzgebiet im Untermiozän noch Mittelgebirgscharakter besaß, stimmt mit der Annahme gleichalteriger Hügellandschaft in den nördlichen Kalkalpen überein.

Wie G. Götzing er darlegt, erfordert die Ausbildung der (untermiozänen) flachen Kuppenlandschaft einen langen

Zeitraum ruhiger, durch keinerlei tektonische Bewegungen gestörten Entwicklung. Die geringe Korngröße des Schottermaterials der Augensteinfelder weist auf ein Flußsystem mit geringem Gefälle und unbedeutender Tiefenerosion hin. Hierin zeigt sich neuerlich eine Übereinstimmung mit den Verhältnissen zentralalpiner, untermiozäner Sedimentation, für die ebenfalls das Vorhandensein eines durch tektonische Ruhe bedingten Flußsystems von geringer Erosionskraft angenommen wurde. Das Auftreten ausgedehnter Sümpfe und Lagunen am Rande der östlichen Zentralalpen und die vorwiegend schlammig-sandige Sedimentation stehen damit im Zusammenhang.

Ad 2. Die hangenden mittelmiozänen Konglomerate des Mur- und Mürzgebietes wurden nach K. Östreich durch eine durch Gebirgsbewegungen bedingte mächtige Schutzzufuhr eingeleitet. Diese Störungen bedingten erst den Hochgebirgscharakter in diesem zentralalpinen Längstal.

H. Mohrs Angaben über die miozänen Sedimente am Nordostsporn der Zentralalpen lassen vermuten, daß sich auch dort ähnliche Vorgänge in gleicher oder nahe liegender Zeit abgespielt haben. Die mächtigen Schuttmassen, welche, wie er ausführte, von Torrentos abgelagert wurden und ausschließlich aus der Nähe stammen, die grobes und größtes Material enthalten, sind wohl am besten durch das Auftreten plötzlicher Niveauverschiebungen und dadurch bedingte, lebhaftere Erosionstätigkeit zu erklären.

Es besteht jedoch insofern eine Unstimmigkeit, als H. Mohr diese Ablagerungen für Sedimente des Untermiozäns und nicht für jene des Mittelmiozäns hält.

Als Beweis gelten ihm hiefür:

1. Die starken Störungen dieser Schichten und ihre große Höhenlage;
2. die Unabhängigkeit in der Verbreitung von den Sedimenten der zweiten Mediterranstufe;
3. das nahe Herantreten der Absätze an den Rand des inneralpinen Beckens bei Entwässerung in entgegengesetzter Richtung gegen das pannonische Becken.

Das Wiener Becken kann daher zur Zeit der Schotter-sedimentierung noch nicht bestanden haben. Da die Bildung desselben unmittelbar vor Beginn der zweiten Mediterran-

stufe eingetreten ist, sind die Konglomerate älter als die letztere (also untermiozän).

Diesen triftigen, von Mohr vorgebrachten Beweisen läßt sich ein ebenso bedeutsamer Gegengrund gegenüberstellen. Denn, wie schon ausgeführt wurde, charakterisiert, soweit es bisher bekannt ist, die grobklastische Sedimentation am Ostrand der Alpen die Zeit des Mittelmiozäns. Insbesondere haben wir den Sedimenten am Nordostsporn vergleichbare Schuttmassen im Radelgebiet und im Mur-Mürztal im Hangenden des Untermiozäns oder auch unmittelbar über älteres Gebirge übergreifend angetroffen. Da die Ablagerungen am Nordostsporn als die östliche Fortsetzung jener im Mur-Mürzgebiet anzusehen sind und da auch im angrenzenden Teil des inneralpinen Wiener Beckens in der Zeit des zweiten Mediterrans eine grobklastische Sedimentation eingeleitet wurde (Deltakegel im Schwarzatal und Leithakonglomerat), so verdient die Möglichkeit eines mittelmiozänen Alters für die von H. Mohr beschriebenen Konglomeratbildungen in Betracht gezogen zu werden. Was Mohrs Einwand bezüglich der Störungen der Schichten anbelangt, so ist darauf hinzuweisen, daß im Bereiche des Zentralalpenrandes auch anderswärts die mittelmiozänen Konglomeratbildungen noch intensiven Störungen, selbst Faltungen ausgesetzt waren. Ich erinnere nur an das von Prof. H. v. Höfer beschriebene Profil des Leobener Tertiärs und an K. Östreichs Angaben über Störungen der „obermiozänen“ Konglomeratschichten; dann an die zahlreichen Verwerfungen und Steilstellungen, welche die mittelmiozänen Konglomerate des Saggau-Sulmgebietes und am Radel und Remschnig in Mittelsteiermark erfahren haben und so weiter. Es kann daher, wie mir scheint, das Vorhandensein von Störungen allein nicht für das höher miozäne Alter dieser Konglomerate am Nordostsporn maßgebend sein.

Der zweite Einwand bezieht sich darauf, daß die Konglomerate eine von den Bildungen der zweiten Mediterranstufe unabhängige Verbreitung besitzen. Es ist aber wohl begreiflich, daß die fluviatilen Konglomerate des Wechselgebietes keine übereinstimmende Verbreitung mit den Marinschichten der zweiten Mediterranstufe haben. Übrigens sind solche im Pinkfelder Becken nicht allzu weit entfernt von den Konglomeratbildungen bekannt.

Der dritte Einwand erscheint, wenn man der Deutung der Schotterschichten die heutigen orographischen Verhältnisse zugrunde legt, am schwersten zu widerlegen. In der Tat, wäre es, wie Mohr hervorhebt, undenkbar, daß auf der Höhe des Kirchberg-Aspanger Gebietes Sedimente 900 m hoch von Flüssen, zur Zeit, als das Wiener Becken schon bestand, abgelagert worden wären, die, wie die Absätze erkennen lassen, gegen Süden und Südosten in das pannonische Becken ausmündeten.

Dies gilt aber nur ins solange, als man an der Annahme festhält, daß das Gebiet des Nordostsporns, welcher die Miozänsedimente trägt, keine nachträglichen Niveauveränderungen (Hebungen) erfahren habe. Eine solche Annahme kann aber um so weniger gemacht werden, als die Konglomerate dieses Gebietes noch sehr intensiven Störungen und Aufrichtungen ausgesetzt waren.

Zudem scheinen solche Bewegungen aus folgenden Gründen nötig zu sein:

Die Basis der miozänen „Sannersdorfer“ Konglomerate liegt nach Mohrs Karte bei Aspang rund 700—800 m. In etwa 800 m Höhe beginnt etwas südlich beim Spitzer Riegel der zusammenhängende Streifen Miozäns, der bis in das Pinkafelder Becken hinausführt. Soweit Mohrs Karte reicht, schneidet die Pinka bis auf 450 m Höhe in die Konglomeratserie ein, welche ostwärts, nach älteren Aufnahmen zu urteilen, mit ihrer Basis noch tiefer hinabreicht.

Die Auflagerungsfläche der Konglomerate oder das Flußtal im Sinne Mohrs sinkt daher auf einer Erstreckung von 10 km um ca. 400 m ab.

Es erscheint mir unmöglich, daß ein Fluß oder Bach mit einem so starken Gefälle imstande gewesen wäre, eine mehrere Hundert Meter mächtige Sedimentfolge abzulagern. Vielmehr wäre dann eine sehr intensive Erosion vorauszusetzen. Es ist daher wahrscheinlich, daß man es hier nicht mit dem Absatz eines eigentlichen Flußlaufes, sondern mit Sedimenten eines oder mehrerer Becken, welche auch mit der pannonischen Ebene in Zusammenhang gestanden sein dürften, zu tun hat. Diese Senken wurden von den angrenzenden gehobenen Bergen durch kleine Flüsse und Wildbäche mit grobem Sediment zugeschüttet.

Mit dieser Auffassung steht nicht nur die von Mohr hervorgehobene geringe Rundung der Gerölle, sondern auch die Autochthonie der Gerölle und das Auftreten von eingeschwemmten Baumstämmen in Übereinstimmung.

Die Annahme, daß die Konglomerate im Wechselgebiet, in einem oder mehreren zusammenhängenden Becken entstanden sind, welche naturgemäß eine annähernd gleiche Höhenlage besessen haben dürften, führt bei der gegenwärtigen großen Niveauverschiedenheit der einzelnen Teile zur Auffassung nachträglicher Verschiebungen.

Denken wir uns die Beckenablagerungen und ihre ältere Unterlage am Nordostsporn gleichzeitig und wohl in ursächlichem Zusammenhang mit der Störung der Sinnersdorfer Konglomerate derart gehoben, daß dieselben in den mittleren und nördlichen, dem inneralpinen Wiener Becken genäherten Teile bis zur Seehöhe von 900 m gelangen, so ist die größere Mächtigkeit und Geschlossenheit in der Gegend südlich von Mönichkirchen und ihre stärkere Abtragung und Zerstückelung in dem Raume von Aspang-Krumbach erklärt. Sind die Schotter in einer Höhenlage entstanden, welche dem Meeresspiegel des zweiten Mediterranmeeres im inneralpinen Wiener Becken beiläufig entsprach, so ist vermutlich auch der Einwand, welcher gegen das jüngere (mittelmiozäne) Alter der Sedimente spricht, beseitigt.

Der Hauptzug der miozänen Konglomerate im Wechselgebiet verläuft von Kirchberg am Wechsel über Aspang gegen Friedberg. Er folgt damit ziemlich auffallend jener Störungslinie (Überschiebungslinie, zum Teil auch Bruchlinie), an welcher sich Mohrs Wechselserie gegen die (überschiebende) Kernserie abgrenzt. Zwischen Aspang und Friedberg verläuft dieselbe annähernd meridional.

Es wäre zu vermuten, daß an dieser Störungslinie zu Beginn des Mittelmiozäns Bewegungen stattgefunden haben, welche die Veranlassung zur Entstehung von Becken einerseits und durch die hervorgerufenen Niveauunterschiede zu einer mächtigen Schuttfuhr anderseits gegeben hätten.

Jüngere (obermiozäne?) Bewegungen haben auch diesen Komplex in ihren Störungsbereich einbe-

zogen. Erst diesen verdanken, meiner Auffassung nach, die Sedimente des Nordostsporns der Zentralalpen ihre fast 900 m erreichende heutige Höhenlage.

Die stratigraphisch-tektonischen Verhältnisse am Wechsel zeigen eine auffallende Analogie mit jenen im Radelgebiet.

Hier wie dort sieht man aus Schuttmassen, die der nächsten Umgebung entstammen (Koralpe, Wechsel), sehr grobklastische, Block führende Ablagerungen zusammengesetzt, welche sich bei einer Mächtigkeit von mehreren 100 Metern zwischen einem älteren Grundgebirgskomplex einfügen; sie sind von Wildbächen aufgeschüttet worden und waren noch nachträglich stärkeren Störungen ausgesetzt. Junge (wahrscheinlich obermiozäne) Hebungen haben die Höhenlage im Radel-Remschnig-Gebiet bedingt, und gleichaltrige Bewegungen dürften das hohe Niveau der Sinnersdorfer Konglomerate am Wechsel zur Genüge erklären. H. Mohrs interessante Angaben lassen aber auch die Auffassung F. X. Schaffers von der Existenz eines großen Deltas des „norischen Stroms“ als nicht wahrscheinlich erkennen. Denn die lokale Beschaffenheit der Geröllmassen, die, wie Mohr ausführt, eine „ganz und gar heimische Geröllkameradschaft ist und sich aus nächster Nähe herleiten läßt“, ist der eindringlichste Gegenbeweis. (Kalke fehlen übrigens vollständig.) Übrigens steht Dr. F. X. Schaffers Annahme eines norischen Stroms (im tieferen Miozän) die wohlbegründete Auffassung K. Östreichs gegenüber, derzufolge sich das Mur-Mürzgebiet im Miozän nicht gegen Nordosten in das Wiener Becken, sondern gegen Südosten über den Obdacher Sattel in das Lavanttal (Kärnten) entwässert hat. Nach H. v. Höfer bilden in diesem aus Quarzschottern gebildete Sedimente die mittelmiozäne Schichtfolge, die wohl aus dem Einzugsgebiet der oberen Mur stammen dürften.

Nach K. Östreich wurde durch eine jüngere Hebung am Obdacher Sattel die Verbindung mit dem heutigen Oberlauf der Mur und dem Lavanttal unterbrochen.

Die Ausbreitung grobklastischer miozäner Sedimente am Nordostsporn der Zentralalpen ist demnach wahrscheinlich nicht auf die Bildung eines Deltas des norischen Stroms zurückzuführen, sondern durch das Auftreten tektonischer Bewegungen bedingt, welche die Entstehung intensiver

Erosion und die Ablagerung großer Schuttmassen in den tektonisch oder erosiv gebildeten Senken zur Folge hatte.

Ad. 3. Dr. G. Göttinger scheint der Auffassung zuzuneigen, daß die Ausbildung der Einebnungsfläche (und der Kuppenlandschaft) in den nördlichen Kalkalpen im allgemeinen in derselben Höhenlage, in der sie sich gegenwärtig befinden, stattgefunden habe, wenngleich sich einzelne Niveauverschiebungen und Störungen erkennen lassen. Dieser Ansicht steht die Meinung gegenüber, welche, wie schon angegeben, Dr. F. F. Hahn zum Ausdruck brachte: Die Peneplaine ist älter als die alpine Querfaltung, welche letztere (wenigstens im Salzkammergut) die gegenwärtige Höhenlage der einzelnen Gebirgsstöcke zueinander begründet hat.

Ich möchte zunächst die Konsequenzen, welche sich aus der Annahme einer ursprünglichen und ungestörten Lagerung der kalkalpinen Einebnungsflächen ergeben, näher beleuchten.

Die Einebnungsfläche und die Kuppenlandschaft sind in der nördlichen Kalkalpenzone in Höhen von rund 1500 bis 2000 m nach Göttinger eine weit verbreitete Erscheinung. Sie lassen sich aus dem Salzburgischen bis an den Rand des inneralpinen Wiener Beckens verfolgen. „Die lokalen Verebnungsflächen ließen sich wohl in erster Linie nur durch fluviatile Lateralerosion erklären.... Zu Einebnungen sind Flüsse mit geringem Gefälle (ohne nennenswerte Tiefenerosion) notwendig (Göttinger). Es dürfte kaum bestritten werden, daß derartige Verebnungen (oder auch nur Landschaften mit Hügellandcharakter) nur in einer orographischen Höhenlage entstanden sein können, die dem Niveau der untermiozänen Erosionsbasis nahegelegen war. Bei der so benachbarten Lage des untermiozänen Meeresspiegels (im Alpenvorland) hätte andernfalls unbedingt Tiefenerosion eintreten müssen. Ganz analog hat sich Prof. F. Koßmat bezüglich der Entstehung des hochgelegenen Karstplateaus geäußert, indem er nachwies,⁶⁸⁾ daß dessen Ausbildung in einer dem Meeresniveau nahegelegenen Höhenlage erfolgt sei.

⁶⁸⁾ F. Koßmat, Der küstenländische Hochkarst etc. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1909, S. 121.

Es muß daher zur Bildungszeit der hochgelegenen Verebnungen entweder die Erosionsbasis (Meeresspiegel oder Seespiegel) in dem an die Kalkalpen angrenzenden Gebiet (Alpenvorland, Kärntnerische Miozänbucht, Pannonisches Becken) mindestens ca. 1500 bis 1800 m hoch gelegen gewesen sein, oder die Kalkplateaus müssen nach ihrer in einem tieferen Niveau erfolgten Ausbildung eine Hebung (im weitesten Sinne des Wortes gesprochen) erfahren haben. Ersterer Auffassung scheint Dr. Schaffer zuzuneigen, indem er annimmt, daß am Rande des inneralpinen Wiener Beckens und am Abfall des Wechselstockes gegen die pannonische Ebene im tieferen Miozän ein Seespiegel in ca. 1000 m Seehöhe bestanden hat.

Indessen wurde bereits ausgeführt, daß die angeblichen Deltabildungen am Rande dieses „Sees“ lokalen Gebirgsdetritus darstellen, der in einzelnen Becken durch Wildbäche zur Ablagerung kam. Im übrigen sind aber meines Wissens keine Beweise für die Annahme eines derart hochgelegenen Seespiegels im tieferen Miozän bekannt.⁶⁹⁾

Aus der Voraussetzung eines 1000 m hohen Spiegels im inneralpinen Wiener Becken würde sich außerdem ganz un-absehbare Konsequenzen ableiten lassen.

Da gerade am Abfall des Wechsels eine ununterbrochene Kommunikation mit dem ungarischen Becken besteht, so müßte auch dieses von einem 1000 m hoch gelegenen See erfüllt gewesen sein. Dieser müßte nicht nur weithin den Fuß der Karpathen überspült, sondern auch die böhmische Masse⁷⁰⁾ mit einer fast einheitlichen Wasserdecke überzogen haben und so weiter. Aber selbst diese hypothetische Annahme eines 1000 m hohen Seespiegels vermag die Höhenlage von rund 2000 m, welche die Einebnungsflächen aufweisen, noch nicht genügend zu erklären. Denn dieselben reichen nach G. Götzingers Darstellung in gleicher Höhenlage (Schneeberg 1800 m, Schneealm 1800 m, Veitsch 1900 m) ganz nahe an den Rand des inneralpinen Beckens heran, welches nach Schaffers Annahme von einem ca. 800 m

⁶⁹⁾ Die als Beweis angesprochene Terrasse an der Hohen Wand hält Götzinger für eine Verebnungsfläche.

⁷⁰⁾ Bei der gerade von F. X. Schaffer angenommenen tektonischen Stabilität der böhmischen Masse. Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913, Nr. 15, S. 385.

tieferen See erfüllt war. Auch bei dieser Voraussetzung würde sich noch ein ganz plötzlicher Abfall der untermiozänen Ver-ebnungsfläche gegen die angenommene gleichzeitige Erosions-basis ergeben. Bei einer so bedeutenden Niveaudifferenz auf kurzer Erstreckung hätte sich naturgemäß niemals eine Ein-ebnungsfläche, die ja nicht Tiefenerosion, sondern La-teralerosion verlangt, ausbilden können.

Gegen den angenommenen 1000 m hohen Seespiegel sprechen vollends die Verhältnisse am Ostrande der Zentral-alpen. In der langen Erstreckung von Weiz über Graz, Köf-lach, Voitsberg, Schwanberg, Landsberg und Wies übersteigen die lakusten Sedimente des Untermiozäns und jene des Mittel-miozäns nicht die Höhe von 530 m,⁷¹⁾ respektive 560 m. Nur ganz im Süden im Radel- und Saggau-Sulm-Gebiete und am Wechselabfall im Nordosten steigen die Absätze bis zur Höhe von ca. 1000 m hinan, in Regionen, welche nach-weislich durch intensive Störungen ausgezeichnet sind. Es ergibt sich hieraus, daß am Ostrande der Alpen der Stand des untermiozänen Sees höchstens ca. 550 m hoch gewesen sein kann. Eine höhere Lage miozäner Sedimente fällt auffällig mit den Zonen stärkerer, jugendlicher Gebirgsbildung zusammen.

Ad. 4. Die Unhaltbarkeit der Auffassung eines 1000 m oder höher gelegenen Seespiegels am Ostrande der Alpen läßt erkennen, daß die kalkalpinen Einebnungsflächen nicht in der Höhenlage, in der sie sich gegenwärtig befinden, entstanden sein können. Sie müssen vielmehr eine nachträgliche Hebung (im weitesten Sinne des Wortes) erfahren haben.

Eine wichtige tektonische Bewegungsphase (alpine Quer-faltung) fällt in den südlichen Kalkalpen nach F. F. Hahn etwa an die Wende von Oligozän—Miozän, vielleicht aber erst in die Zeit nach dem Untermiozän. Wird doch dieser jugendlichen (nach der oberoligozänen Flyschfaltung) eingetretenen kalkalpinen Querbewegung die große Höhenlage (1700 m) der in den triadischen Untergrund eingefalteten unter-miozänen Sedimente am Stoderzinken vermutungsweise zu-geschrieben. Die junge O—W-Faltung hat nach Hahn im Grundzuge die heutigen Höhenverhältnisse der einzelnen Ge-

⁷¹⁾ V. Hilber, Die Nordgrenze des Miozänmeeres bei Graz. Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1913, Bd. VI, S. 226.

birgszüge begründet und sie ist „jünger“ als die Ausbildung der Peneplaine (respektive Einebnungsfläche und Hügellandschaft) (F. Hahn, loc. cit., S. 487).

Es mag sonderbar erscheinen, daß in den nördlichen Kalkalpen Verebnungsflächen erhalten bleiben konnten, die älter sind als der letzte Faltungsakt. Es erklärt sich dies wohl dadurch, daß der Typus dieser Bewegung einer Faltung von wenig bedeutender Intensität entspricht (Hahn, loc. cit., S. 486); insbesondere ist es aber wohl in dem eigentümlichen Charakter derselben begründet.

Hahn sagt hierüber S. 483: „So erscheinen uns die meridionalen Spalten der Reiteralpdecke als Faltenbrüche einer O—W-Nachfaltung, die hier unter dem zähen Widerstand der mächtigen, ungeschichteten Dolomite und Kalkmassen nur lose aneinander gereichte Mulden zu erzeugen vermochte, während die zwischen liegenden, breit gespannten Gewölbe mit plötzlich abgebeugtem westlichen und zumeist flach abfallenden Ostflügel mehr die Form schräg gestellter Plateauelevationen annahmen; ein für die östlichen Nordalpen typischer Fall veränderter Faltung, der zur schräg gestellten Schollenlandschaft ungefalteter Krustenteile überleitet.“

Die neuesten Studien über die Tektonik der nördlichen Kalkalpen stehen somit mit der angenommenen „Hebung“ des Kalkplateaus in Übereinstimmung, welche Bewegung daher als Auswirkung faltender Kräfte zu betrachten ist.

Wie die nordalpine Querfaltung wenigstens in dem von F. Hahn untersuchten Gebiet in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig nachzuweisen war, so hat sie auch die Einebnungsflächen und Augensteinfelder zwar im großen und ganzen in naheliegende Höhenlagen gehoben, jedoch hiebei auch ausgedehntere Schollen an Faltenbrüchen um geringere Beträge gegeneinander verschoben.

Die Existenz von Tiefenzonen, die ihre Entstehung diesem letzten Faltungsakt verdanken, hat Hahn im Berchtesgadener Gebiet mit großer Genauigkeit nachgewiesen.

Größere Niveauverschiedenheiten in dem zum Teil Augensteinfelder führenden Kalkplateau der östlichen Kalkalpen hat auch G. Göttinger auf tektonische Bewegungen zurückgeführt. Hieher gehört insbesondere die relative Tiefenlage

des ganzen Hochschwabplateaus, gegenüber den im Norden vorgelagerten Verebnungen (Dürrenstein usw.), obwohl, nach der Schotterverteilung zu schließen, ursprünglich eine entgegengesetzte herrschend gewesen sein müßte.

Ferner erscheint nach Götzing er das Plateau des Gahns gegenüber der Verebnung am Wiener Schneeberg abgesunken. Noch tiefer liegt das Plateau der Hohen Wand, auf welchem F. X. Schaffer⁷²⁾ Schotterreste nachgewiesen hat und in welchem Götzing er ebenfalls eine Verebnung vermutet. Im Dachsteingebiet deuten die überaus hochgelegenen Augensteinschotter an der Gjaidalm auf nachträgliche Dislokationen.

Diese Angaben bekräftigen die Annahme einer jugendlichen, nach Entstehung der Verebnung eingetretenen Gesamtbewegung der kalkalpinen Zone.

Vielleicht ist auch der beiläufig N—S verlaufende „Randbruch“ des inneralpinen Wiener Beckens,⁷³⁾ dessen Entstehung bekanntlich an die Wende von Unter- und Mittelmiozän gesetzt wird, jenen von F. Hahn so schön beschriebenen (beiläufig meridional verlaufenden) Faltenbrüchen anzureihen, welche als das Ergebnis jugendlicher O—W-Faltung in den obersteirisch-salzburgisch-bayerischen Alpen aufzufassen sind.

Diese Darlegungen behalten im wesentlichen auch dann ihre Gültigkeit, wenn es sich erweisen sollte, daß die Verebnungen der nördlichen Kalkalpen und ihre Hebung bereits alttertiärer Entstehung sind.

In letzterem Falle hätten wir die untermiozäne Landoberfläche im tieferen Niveau zu suchen.

10. Über die räumliche Verteilung jungtertiärer Störungen am Ostrande der Zentralalpen.

Die Verteilung der jungen Störungen am Zentralalpenrande zeigt deutlich zwei Regionen, die durch intensiv

⁷²⁾ Mitteil der Geol. Gesellschaft 1908.

⁷³⁾ Prof. V. Uhlig hat gelegentlich einer Studentenexkursion im Jahre 1909, an der ich teilnahm, die Vermutung ausgesprochen, daß die bei Gumpoldskirchen im Baytale in der Nähe des Randbruches auftretenden Faltungen des Dachsteinkalkes als Begleiterscheinung der Randstörung aufzufassen sind. (Vergl. auch F. T o u l a, Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1915. Abbildung auf S. 242.)

jugendliche Bewegungen ausgezeichnet sind: Erstens der Nordsaum der Zentralalpen, zweitens der Südrand derselben. Dazwischen liegt eine ausgedehntere Scholle, die sich durch sehr flache Lagerung ihrer Sedimente kennzeichnet, wengleich auch hier Störungen nicht ganz fehlen. Es wurde schon hervorgehoben, daß in derselben die miozänen Sedimente die Seehöhe von 550 m nicht übersteigen. Die tiefermiozänen Sedimentlappen sind hier in größter Ausdehnung erhalten. Sie entsprechen meist einer normalen Beckenablagerung, deren Umgrenzung weniger durch tektonische Einflüsse, sondern hauptsächlich durch die Erosion bedingt ist. Der Typus dieser Ablagerungen ist durch das große Kohlenbecken von Köflach und Voitsberg repräsentiert. Im Süden schließen sich die wenig gestörten miozänen Randstreifen an, die sich über Schwanberg und Deutsch-Landsberg bis nach Wies verfolgen lassen. Nordostwärts ist diese Zone in zahlreichen, scheinbar dem paläozoisch-alkristallinen Gebirge eingelagerten Beckensedimenten im Raume zwischen Köflach, Rein,⁷⁴⁾ Graz und Weiz erhalten.

Die 550 m nicht übersteigende Höhenlage des Miozäns, welches den mittleren und nördlichen Teil der mittelsteirischen Miozänbucht auskleidet, zeigt das relativ geringe Ausmaß der Bodenbewegungen in diesem Raume an. Der Typus der dort verbreiteten tektonischen Phänomene — Senkungen ausgedehnter Schollen an flach abfallenden Absenkungslinien, Hebungen im angrenzenden Raume — wurde bereits im Kapitel 8 besprochen.

Daß die „mittlere“ Scholle des Zentralalpenrandes bereits seit älterer Zeit relativ starren Charakter aufweist, ergibt sich aus dem tektonischen Bilde des dieser Zone angehörigen Gosaubeckens der Kainach.

W. Schmieds⁷⁵⁾ interessante Studien lehren, daß die Oberkreidesedimente eine nur ganz unbedeutende Faltung erfahren haben. Im großen und ganzen hat nur eine flache Wellung der Gosauschichten und eine Aufrichtung der-

⁷⁴⁾ F. v. Benesch (Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913) spricht die Ablagerungen des Beckens von Rein als normale Muldenauskleidung an.

⁷⁵⁾ W. Schmied, Das Gosaubecken der Kainach. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1908.

selben an Faltenbrüchen stattgefunden. Schmied erblickt in der Gosau der Kainach Teile eines alten Horstes. Auch die untermiozänen Sedimente des benachbarten Köflacher Beckens lassen eine randliche Aufbiegung und Wellung der Schichten, wenn auch in geringerem Ausmaße, erkennen. „Somit schließt sich die Oberkreide dem Bauschema des Tertiärs an“, wie es F. v. Benesch auch an der Gosau des Poßruckgebirges nachweisen konnte.⁷⁶⁾ Mit Recht hebt Benesch hervor, daß letztere Kreide als die durch miozäne Sedimente verhüllte Fortsetzung der Kainacher Gosau zu betrachten ist.

Dieser relativ wenig gestörten Zone am Alpensaum steht die Region intensiver Bewegungen am nördlichen Zentralalpenrande gegenüber. Ich brauche nur auf die Störungen, Faltenbrüche und Falten im Miozän des Wechselgebietes (Mohr), an die von Hoffmann und Hilber geschilderten Faltungen der Schichten im weiter östlich davon gelegenen Gebiete von Schönau am Gebirge, Grodnav, Holzschlag usw., auf die eingefaltete Scholle von Hart bei Gloggnitz, dann auf die große Höhenlage der miozänen Sedimente in diesen Gebieten (900 m), auf das Hinanreichen sarmatischer Schichten südlich von Friedberg bis über 550 m und schließlich auf die durch diese Bewegungen eingeleitete grobklastische Sedimentation hinzuweisen.

Westlich davon finden wir in den Störungen des Miozäns im oberen Mur-Mürzgebiet analoge Erscheinungen. Es sei nur an die Einklemmung des Leobener Tertiärs, an die Brüche im Parschluger Becken (Stiny und Gaulhofer), an Schichtaufrichtungen im Judenburger Becken und benachbarten Mulden (K. Östreich) und an die Störungen im Ennstal (Miozän von Wörschach, an der Grenze gegen die Kalkalpen) erinnert.

Als eine zweite Region jugendlicher Störungen wurde der Südrand der mittelsteirischen (kärntnerischen) Scholle bezeichnet. Hier sind die Brüche und Steilstellungen im Konglomeratgebiete des Saggau-Sulmtales und im angrenzenden Remschnig-Radelgebirge, die Störungen in dem Kohlengebiete von Eibiswald und wiederum die grobklastische Sedimentation in diesem Raume zu erwähnen. In Mittel-

⁷⁶⁾ F. v. Benesch, Die mesozoischen Inseln am Poßruck. Mitteil. der Geol. Gesellschaft Wien 1914.

kärnten fügt sich die Antiklinale von Mühldorf im unteren Lavanttal, die Aufrichtung des Miozäns am Lavanttalverwurf und schließlich die Aufbiegung und Faltung der Sattnitzkonglomerate am Karawankenrand an. Diesen Phänomenen dürften in der südlichen Oststeiermark die Falte von Trössing und vielleicht auch die vulkanisch-tektonischen Erscheinungen im Gleichenberger Eruptivgebiet anzureihen sein.

11. Über meridonale und nordwestliche Dislokationen im Jungtertiär der Zentralalpen.

Schon in meiner „Miozänstudie“ habe ich hervorgehoben,⁷⁷⁾ daß eine Anzahl tektonischer Linien im Miozän von Mittelsteiermark einen NNW—NW gerichteten Verlauf aufzeigen. Im Verlaufe meiner Untersuchungen haben sich die Anzeichen von annähernd NNW verlaufenden Dislokationen vermehrt. Unter diesen tektonischen Linien sind nicht nur Brüche, sondern auch Faltenbrüche und selbst Faltungen erkennbar, so daß die Annahme einer allerdings geringen, miozänen, in der NO—SW-Richtung eingetretenen Verkürzung dieses Raumes nicht von der Hand zu weisen ist. Zahlreiche der im vorigen Kapitel erwähnten Störungen sind, wie sich zeigen wird, hier einzureihen.

Die von F. F. Hahn aus den nördlichen Kalkalpen beschriebene, durch die Quersfaltung bedingte Aufwölbung der Triaskalkmassen mit dem zumeist steilen Westflügel und dem flachen Ostflügel der Wölbung findet in den Zentralalpen eine eigentümliche Analogie. Die südliche Koralpe zeigt mit ihrem steilen Westabfall und der flachen Ostabdachung ein ähnliches tektonisches Bild, begrenzt gegen Westen von dem Lavanttaler Verwurf, an dem noch miozäne Sedimente aufgerichtet wurden.

Die jenseits dieser Störung der Koralpe zu Füßen gelagerten Triassedimente von St. Paul zeigen, H. v. Höfers Darstellung zufolge,⁷⁸⁾ mit Annäherung an die Verwerfung eine Abbeugung ihrer Streichrichtung aus der Nordost- in

⁷⁷⁾ Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1913.

⁷⁸⁾ H. v. Höfer, Die geol. Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten. Sitzungsber. der kais. Akademie der Wissenschaften 1894.

die Ost- und fast in die Südrichtung. Es ist zweifellos, daß hier in der Richtung des allgemeinen Alpenstreichens eine Verkürzung eingetreten ist.

Ähnliche Erscheinungen sind auch am Poßruck zu vermuten.

F. v. Benesch⁷⁹⁾ konnte kürzlich zeigen, daß die Trias des Poßbrucks ostwärts an Flexuren oder Staffelbrüchen von NNW-Streichrichtung unter miozäne Sedimente absinkt und daß auch noch das Untermiozän analoge Störungen erkennen läßt. Letztere besitzen, wie ich nachwies, dort eine sehr ausgeprägte Cleavage. Auch hier ist vermutlich ONO—WSW gerichteter Druck wirksam gewesen.

In Zentralkärnten, westlich der Lavant zeigen die wichtigsten Verwürfe einen meridionalen bis NNW-Verlauf. Darunter ist insbesondere Höfers Griffener und Görttschitztaler Bruch⁸⁰⁾ und K. A. Redlichs⁸¹⁾ Krappfelder Verwurf zu nennen. Die beiden letztgenannten begrenzen die Trias-Eozänscholle von Eberstein. In Mittelsteiermark tritt weiterhin die Nord—Nordwest-Richtung in dem von mir beschriebenen „St. Egidier“ Bruch und in der Falte von Trössing hervor. Ersterer zeigt eine Schleppung des gehobenen westlichen Flügels.

Das Streichen der Störung ist beiläufig NNW, ihr Alter vermutlich obermiozän. Die Falte von Trössing, welche mindestens nachtiefsarmatisch ist, wurde bereits im Kapitel 7 beschrieben.

In dem Kohlengebiet von Eibiswald sind nach der Revierkarte⁸²⁾ ebenfalls NNW streichende Störungen erkennbar.

Die Flexur (oder Absenkungslinie), an der die tiefermiozänen Schichten des Eibiswalder Gebietes ostwärts unter die Konglomerate des Saggau-Sulm-Gebietes hinabsinken, zeigen ebenso wie die Anlage der Radelsenke einen beiläufig meridionalen Verlauf. In beiden Gebieten hat eine jüngere,

⁷⁹⁾ loc. cit. S. 190.

⁸⁰⁾ H. v. Höfer, loc. cit.

⁸¹⁾ K. A. Redlich, Die Geologie des Gurk- und Görttschitztales. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1905, S. 347.

⁸²⁾ In den »Mineralkohlen Österreichs«.

wahrscheinlich obermiozäne Steilstellung der Schichten stattgefunden.

Starke, vermutlich obermiozäne, N—S streichende Störungen (Schichtaufrichtungen, Falten) sind durch Mohrs Studien aus dem Wechselgebiet bekannt geworden. (Absenkung der Kernserie Mohrs gegen die Wechselserie). Auch zeigt H. Mohrs Karte ein WNW—NW gerichtetes Streichen des Miozäns. Auch im Wechselgebiet muß daher in der O—W-Richtung eine junge Raumverkürzung eingetreten sein.

In dem zentralen Teile von Mittelsteiermark treten, wohl wegen der allgemeinen Armut von Störungen, die N—S verlaufenden Dislokationen zurück. Wohl dürfte aber die Grenze zwischen mediterranen und sarmatischen Schichten zwischen Graz und Mureck, die einen NNW—NW gerichteten Verlauf aufzeigt und die ich als Störungslinie (oder Absenkungslinie) ansehe, diesen tektonischen Phänomenen anzureihen sein. Dann zeigt die Linie, entlang welcher die sarmatischen Schichten Oststeiermarks an der ungarischen Grenze unter pontische Bildungen hinabtauchen, eine NNW-Richtung.

Könnte bei den bisher genannten Störungen ein miozänes Alter ihrer Entstehung mit mehr oder minder großer Gewißheit angenommen werden, so weisen einige noch zu erwähnende Störungen auf ein pliozänes Alter hin.

Im Gleichenberger Eruptivgebiet zeigen, meinen Detailstudien zufolge, die meisten Brüche einen NNW—NW-Verlauf.

Es sei nur auf den Hochstradner Bruch, Fruttener Bruch, Kindbergspalte, Laasener Bruch, Igelsberger Bruch usw. hingewiesen.

Außer diesen dem südlichen Eruptivgebiet angehörigen Störungen konnte ich im nordwestlichen Teile desselben bei Gnas (S des Ortes) einen durch die Schleppung obersarmatischer Kalke deutlich erkennbaren Bruch nachweisen. Er streicht ebenfalls NNW. Da ihm die Ortschaft Ebersdorf zunächst liegt, will ich ihn als Ebersdorfer Bruch bezeichnen.

Auch die mittelsarmatischen Schotter bei Trössing zeigen eine beiläufig NS streichende Verwerfung.

Ebenso läßt die Aneinanderreihung der vulkanischen Durchbrüche einen NNW—N gerichteten Verlauf erkennen.⁸³⁾ Insbesondere in der Basaltreihe: Krieselstein—Stein, Stadtberg bei Fürstenfeld—Lindegg. Bei Neuhaus tritt eine Basaltspalte mit analoger Richtung zutage.

Eine weitere auffällige NNW verlaufende Störung kennzeichnet sich durch eine Reihe sarmatischer Aufbrüche im pontischen Schotterland, östlich und nordöstlich von Gleisdorf. Hilber hat ihre genaue Verbreitung nachgewiesen und in derselben eine Anlagerung an eine Talwand vermutet.⁸⁴⁾ Da jedoch nach meinen Begehungen sowohl die sarmatischen als auch die hangenden pontischen Schichten ein deutliches Ostfallen erkennen lassen, so ist hier vermutlich eine postpontische Störungslinie von ca. 30 km Länge vorhanden (Arnwiesen, Fünfing usw.).

Schon V. Hilber⁸⁵⁾ hat betont, daß die südliche Fortsetzung dieser langen Reihe obersarmatischer Reste nach dem Gleichenberger Eruptivgebiet führt. Beiläufig in ihrer südlichen Fortsetzung verläuft dem Gnastal entlang eine NS streichende Störung. Sie kennzeichnet sich durch Schichtaufrichtungen bei Gnas, durch den Knick der sarmatisch-pontischen Grenzfläche, durch die Verschiedenheit der sarmatischen Sedimente beiderseits des Tales, durch die Vulkane von Gnas und Feldbach, durch drei Säuerlinge und die erörterte Störung von Trössing. Vielleicht gehört die Falte von Trössing derselben Störung an.

Im nordöstlichen Ausläufer der mittelsteirischen Bucht, im Becken von Pinkafeld, läßt sich auf Grund der Literaturangaben ebenfalls eine postpontische Störung erkennen, die meridionalen Verlauf besitzt.

Sie ist durch Hilbers Angabe einer Schichtstörung des pontischen Tegels bei Mariasdorf S (Schieferton 25° Südost fallend), Ober-Warth W (Sandschichten 30—40° W fallend)

⁸³⁾ A. Winkler, Die tertiäre Eruption am Ostrande der Alpen, ihre Magmabeschaffenheit und ihre Beziehung zu tektonischen Vorgängen. »Zeitschrift für Vulkanologie«, Bd. I, Heft 4.

⁸⁴⁾ V. Hilber, Das Tertiärgebiet zwischen Graz, Köflach und Gleisdorf. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1893.

⁸⁵⁾ V. Hilber, Das Tertiärgebiet von Hartberg in Steiermark und Pinkafeld in Ungarn. Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1894.

und durch die in genau nordsüdlicher Richtung aneinandergereihten Säuerlinge von Tatzmannsdorf gegeben.

Schließlich ist, wie schon mehrfach vermutet wurde, vielleicht der Ostrand des paläozoischen Plabutschzuges bei Graz eine junge nordsüdliche Störungslinie. Dadurch würde die höhere Lage der sarmatischen Schichten im Becken von Tal (Graz W) und ihre Tiefenlage im Stadtgebiet von Graz (und in weiterer Umgebung desselben) eine Erklärung finden.

Hiemit soll der Hinweis auf die mehr oder minder meridional bis nordwestlich verlaufenden Dislokationen in den östlichen Zentralalpen beendet werden.

Mit der Angabe, daß bei diesen Bewegungen stellenweise eine geringe Verkürzung in der Richtung des Alpenstreichens eingetreten ist, soll keineswegs die wenigstens für die vormiozänen Bewegungen viel wichtigere Orientierung des Schichtmaterials nach N—S wirksamen Druckkräften geleugnet werden.

Letztere hat, wie zum Beispiel der beiläufig O—W streichende Triasklippenzug am Poßruck erkennen läßt, für den Grundplan der Tektonik auch in diesem Raume weit größere Bedeutung, als die jugendlichen N—S verlaufenden Dislokationen.

Die mittelsteirisch-kärntnerische Scholle scheint bei der im Jungtertiär gegen Süd gerichteten Anpressung an die untersteirisch-krainische „Savezone“, in welcher sie Faltenwellen erzeugte, selbst von Bewegungen⁸⁶⁾ ergriffen worden zu sein, die eine Aufwölbung von Schollen und eine geringe Zusammenpressung derselben in ostwestlicher, respektive nordost-südwestlicher Richtung hervorgerufen haben.

Der Lavantaler Verwurf Höfers zeigt durch sein Einlenken aus der N—S-Richtung in Zentralkärnten in die NW—WNW-Richtung, welche er in seiner Fortsetzung als Randstörung am Bacher-Südrand aufweist, den Übergang aus der für die Zentralalpen kennbaren Störungsrichtung zu jener der Savefalten Untersteiermarks an. In letzteren ist bekanntlich bis in das Pliozän ein ost-westlicher Faltenwurf entstanden.

⁸⁶⁾ Besonders in ihrem südl. Teil.

Zusammenfassung.

Die wechselvolle, jungtertiäre Geschichte des Ostalpenrandes läßt sich etwa in folgende Worte fassen:

Das Untermiozän ist im Bereiche der Ostabdachung der Zentralalpen, ebenso wie in den nördlichen Kalkalpen eine Zeitepoche ruhiger Sedimentation. In der Zentralzone entstehen in lagunären Becken, die in der südlichen Mittelsteiermark mit dem Meer des Untermiozäns in Verbindung standen, ausgedehnte kohlenführende Ablagerungen. In den Kalkalpen bilden sich, vielleicht schon im Alttertiär beginnend, nach Göttinger ausgedehnte Einebnungsflächen und eine Kuppenlandschaft von Mittelgebirgscharakter in einer dem damaligen Meeresniveau nahegelegenen orographischen Höhe Lage aus. Ein Teil der Zentralalpen wurde über die Kalkplateaus hinweg nach Nord entwässert, wovon die von Göttinger in allgemeiner Verbreitung nachgewiesenen Augensteinfelder Zeugnis geben.

Auch im östlichsten Teile der Zentralalpen (Murmürzgebiet, Nordostsporn usw.) breitet sich eine Mittelgebirgslandschaft aus. Südlich der Zentralzone herrscht im Bereiche der Drau-Savefalten noch vulkanische und wohl auch tektonische Tätigkeit. Hier gelangen zum Teil fischähnliche Gesteine zum Absatz.

Die Grunderschichten und die Leithakalke der zweiten Mediterranstufe wurden in dieser Arbeit entgegen älterer Auffassung als zeitliche Äquivalente betrachtet. Dadurch vereinfacht sich auch das Schema tektonischer Vorgänge, indem die an der Grenze der beiden Ablagerungskomplexe vermutete Störungsphase mit den obermiozänen Bewegungen verschmilzt.

Die tektonischen Bewegungen am Zentralalpenrand äußerten sich teils als Falten, Faltenbrüche und Verwerfungen, die in bestimmten Zeitpunkten zur Auslösung kamen, teils als langandauernde Aufwölbungen und Absenkungen, die wahrscheinlich einen viel größeren Zeitraum zur Bildung erforderten.

Letztere Bewegungen wurden schon in meiner früheren Arbeit (Studie über Verbreitung und Tektonik des Miozäns von Mittelsteiermark) genau geschildert.

Eine wichtige tektonische Bewegung, die der ersteren Gruppe von Störungen angehört, setzte an der Wende von Unter- und Mittelmiozän ein.

Die südliche Koralpe wurde sehr bedeutend gehoben; im Murgebiet finden nach K. Östreich analoge Bewegungen statt. Bei Annahme eines untermiozänen Alters der kalkalpinen Einebnungsflächen müßte, Hahns Gedankengang folgend, auch die alpine Querfaltung in denselben Zeitraum verlegt werden.

Die Emporwölbung der kalkalpinen Plateaulandschaft bis zu einer Höhenlage, die die gleichaltrigen marinen Randsedimente um 1000 bis 1500 m¹ überragt, muß als deren Folgeerscheinung betrachtet werden.^{86a)}

Die grobklastischen „mediterranen“ Sattnitzkonglomerate, welche zum weitaus größten Teile aus Karawankenschutt bestehen, weisen auf gleichaltrige Bewegungen in diesem Gebirgszuge hin. In Mittelsteiermark, im Wiener Becken, am Nordostsporn usw. sind mediterrane Senkungen nachweisbar. (Becken der Saggau-Sulmkonglomerate, Radelsenke, Sausalsenkung, Absenkung des inneralpinen Wiener Beckens usw.)

Die durch die bedeutenden Niveauunterschiede bedingte Steigerung der Erosion äußert sich in dem fast durchwegs grobklastischen Charakter der mediterranen Sedimente, deren höchsten Grad in den Konglomeraten des Saggau-Sulmgebietes erreicht. Hier müssen ganz gewaltige Schuttmassen — auf geneigter Ebene abrutschend — dem tieferen Meeresbecken zugeführt worden sein.

Die übrigen konglomeratisch-sandigen Grunder Schichten Mittelsteiermarks, die Hangendkonglomerate des Köflacher Beckens, die Konglomerat- und Schotterdecke des Mur- und Mürztales, die Konglomerate am Nordostsporn der Zentralalpen, Deltakegel am Rande des inneralpinen Wiener Beckens, die Konglomeratschichten des Lavanttales, die Sattnitzschichten Zentralkärntens und andere zähle ich derselben Stufe zu. Hierher gehört schließlich das weitverbreitete konglomeratische Leithakalkniveau F. Tellers in Untersteiermark.

^{86a)} Sofern nicht die kalkalpinen Verebnungen und deren erste Hebung bereits alttertiären Alters sind.

Das Untersarmatikum Mittelsteiermarks und Untersteiermarks scheint, nach den bisherigen Ergebnissen zu urteilen, bei dem vorwiegend tonig-sandigen Charakter seiner Schichten einer ruhigeren Ablagerungsepoche zu entsprechen.

Grobklastische Sedimente eröffnen wieder jene von mir dem Mittelsarmatikum zugerechnete Schichtfolge, welche ich in Oststeiermark als das Ergebnis eines bedeutenden Schuttkegels betrachte, dessen Ursprung, wie bei jenem des Mediterrans, in der Furche zwischen Bacher und Koralpe gelegen gewesen sein muß.

Vielleicht steht dessen Entstehung mit der jungen Aufwölbung im Zusammenhang, die sich an der Koralpe (Radel) und am Poßbruck in der 1000 m übersteigenden Höhenlage fluviatiler und mariner Sedimente ausprägt. (Vorobersarmatische Hebung früherer Arbeit.)

Eine Anzahl anderer Störungen ist gleichfalls nach-mediterranen, vermutlich sarmatischen Alters. Hievon seien nur die Störungen der Radel-Remschnig-Schichten, der Saggau-Sulm-Konglomerate (Verwerfungen!), der Bruch Sankt Egidy-Spielfeld, die sarmatische Falte von Trössing in Oststeiermark (?) die intensiven Störungen des Miozäns am „Nordostsporn“, die Falte von Mühdorf im Lavanttal und die Aufrichtung der Sattnitzkonglomerate am Karawankenrande erwähnt.

Noch jünger sind die postpontischen Basalt-eruptionen im Gleichenberger Eruptivgebiet und die gleichzeitigen oder nachfolgenden Brüche (Brüche im südlichen Eruptivgebiet, Ebersdorferbruch, Störungslinie nordöstlich Gleisdorf [sarmatische Aufbrüche], Tatzmannsdorferbruch).

In den zwischenliegenden Zeiträumen, so insbesondere vor oder während der Ablagerung der tiefsarmatischen Sedimente, dann in der obersarmatischen und pontischen Epoche vollziehen sich Hebungen und Senkungen ausgedehnter Schollen, die vermutlich lange Dauer in Anspruch nahmen.

Zwischen der aufgewölbten und vertieften Zone vermitteln mehr oder minder flach abfallende Absenkungsflächen. Diese Vorgänge erzeugen die später mit Sediment erfüllten Depres-

sionen des tiefer und höher sarmatischen Meeres und der pontischen Seen und Flußläufe. Hierbei läßt sich ein Fortschreiten der Bewegung gegen Nordosten wahrnehmen.

Der zentralalpine Ostrand kann in tektonischer Hinsicht im Jungtertiär in eine (schon seit der mittleren Kreide) wenig gestörte mittlere Zone und in einen nördlichen (Nordostsporn, Mur-Mürzgebiet) und südlichen (Poßruck, Remschnig, Radel, Sattnitzsüdrand) Streifen intensiverer jugendlicher Störungen eingeteilt werden.

Die Mehrzahl der mittel- und obermiozänen und pliozänen Störungen im Tertiärmantel der Zentralalpen zeigt einen annähernd senkrecht auf das allgemeine Alpenstreichen⁸⁷⁾ gerichteten nordnordwest—nordwestlichen Verlauf. Zirka 20 Dislokationen und Absenkungslinien konnten als Beweis dafür angeführt werden. Da auch Faltenbrüche und Falten dieselbe Richtung einhalten, so führt dies zur Annahme einer geringen, im alpinen Streichen erfolgten Zusammenpressung einzelner Teile des zentralalpines Ostrandes im Jungtertiär. Doch beziehen sich diese stärkeren Störungen hauptsächlich auf den der nördlichen Kalkzone und den den Savefalten genäherten Zonenstreifen.

Der zwischenliegende, viel ausgedehntere Raum ist von jüngeren Faltungen vollkommen verschont geblieben. Das jungtertiäre „mittelsteirisch-zentralkärntnerische Schollenland“ steht somit den im Süden vorgelagerten „Savefalten“ als eine relativ starre Zone gegenüber.

Bei der Anpressung der „mittelsteirischen Scholle“ an die südlich (südöstlich) vorgelagerte Sedimentmulde erzeugte erstere die untersteirischen „Savefalten“, wurde hierbei an ihren Südrand gehoben und durch ein System von NW—NNW streichenden Brüchen in einzelne Schollen zerlegt. Stellenweise war damit sogar eine geringe Zusammenpressung letzterer verbunden.

Die mittelsteirische Scholle mit ihrem jugendlichen „atlantischen Vulkanismus“ und die Savefalten mit miozänen „pazifischen“ Laven führen uns

⁸⁷⁾ Dieses ist bekanntlich im östlichsten Teile der Kalk- und Zentralalpen NO gerichtet.

an ihrer wechsellvollen tertiären Tektonik vor Augen, in welcher Art der Hauptstamm der Alpen ostwärts unter der pannonischen Ebene versinkt.⁸⁸⁾

Die schon seit mehreren Jahren begonnene und nunmehr im Auftrage der k. k. Geologischen Reichsanstalt weitergeführte geologische Aufnahme des Spezialkartenblattes Gleichenberg hat in mancher Hinsicht die Grundlagen für diese Arbeit geschaffen. Ich erlaube mir, für die mir seitens der Direktion der k. k. Geologischen Reichsanstalt gewährte Unterstützung meinen ergebensten Dank abzustatten.

Ebenso fühle ich mich Herrn Chefgeologen Berggrat Dr. Julius Dreger für die stete, wohlwollende Förderung meiner Arbeit zu großer Dankbarkeit verpflichtet. Für die Verleihung eines Betrages aus der „Sueß-Stiftung“ behufs Untersuchung des Tertiärs am Poßruck, welche wegen militärischer Dienstleistung vorläufig nicht zum Abschluß gebracht werden konnte, gestatte ich mir auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. F. E. Sueß, Vorstand des geologischen Instituts der Universität Wien, meinen ergebensten Dank zum Ausdruck zu bringen.

⁸⁸⁾ A. Winkler, Die tertiären Eruptiva am Ostrande der Alpen. »Zeitschrift für Vulkanologie«, Bd. 1.

