

mal, nun vom Westen aus, die nordöstliche Durchfahrt ausgeführt zu haben.

In den letzten Jahren ging *A m u n d s e n* daran, die neuesten technischen Hilfsmittel, die Luftschiffahrt, für die Erforschung der Arktis zu nützen. In Zusammenarbeit mit *O. O m d a l* versuchte er zuerst 1922 eine Überquerung des Eismeereres von Alaska nach Spitzbergen im Flugzeug, wurde aber von schlechter Witterung daran gehindert, und das Jahr 1923 brachte ihm die Zertrümmerung seines Apparats und einen vollen Mißerfolg. Dank der ihm von dem amerikanischen Arzt *Lincoln Ellsworth* zuteil gewordenen Unterstützung war er zwei Jahre später in der Lage, von Spitzbergen bis $87^{\circ} 44'$ nördlicher Breite vorzudringen. 1926 hat er im Verein mit *L. Ellsworth* und *General Nobile* vom 11. bis 13. Mai einen Flug von Spitzbergen über den Pol ausgeführt und so beide Pole unseres Planeten gesehen.

Auf dem so hilfsbereit unternommenen Flug im Juni 1928 fand *R. A m u n d s e n* den Heldentod, welcher ein ganz von Forschertätigkeit erfülltes Leben jäh abschloß. *R. A m u n d s e n* gehört zu den kühnen, von unerhörter Tatkraft erfüllten Forschern, die immer neue Aufgaben suchen und deren Namen in der ganzen Welt immer mit größter Bewunderung genannt werden wird. Seine Erforschung des Südpols in einem vorher unbekanntem Abschnitt des Südkontinents wird ihren hohen Rang unter den großen Expeditionen, die in den letzten 30 Jahren unsere Erkenntnis der Antarkis bereichert haben, durch die Neuheit ihrer meteorologischen und topographischen Ergebnisse immer behaupten.

Über Probleme ostalpiner Geomorphologie.

Von **A. Winkler.**

(Vortrag, gehalten in der Fachsitzung der Geographischen Gesellschaft in Wien am 25. Februar 1929.)

Gestatten Sie mir, Ihnen in meinem heutigen Vortrage die Ergebnisse von Studien vorzulegen, die sich auf die Deutung der jungtertiären Entwicklungsgeschichte der Ostalpen und speziell ihrer Landschaftsformung beziehen. Im Anschlusse daran will ich einige wichtige Problemstellungen ostalpiner Geomorphologie zur Diskussion stellen.

Es gibt wohl zwei Hauptwege, um die Oberflächenentwicklung eines Gebirgstückes zu analysieren: der eine von den Morphologen zuerst und anhaltender betretene Weg führt aus der Betrachtung der Landformen, ihrer Entwicklungsstadien, ihrer Ineinanderschaltung und zeitlichen Aufeinanderfolge und aus ihren räumlichen Beziehungen zu einer Analyse der Landschaft. Es ist bekanntlich vor allem das Verdienst Walter Pencks¹⁾ gewesen — bei gleichzeitiger Veröffentlichung zum Teil ähnlicher Gedankengänge durch J. Sölch²⁾ und O. Lehmann³⁾ —, in großzügigem Entwurfe das morphologische Entwicklungsschema von W. M. Davis wesentlich ausgebaut und umgestaltet zu haben. Das letztere, auf einer einseitigen, aber gerade wegen seiner Einfachheit bestechenden Grundlage aufgebaut, fand bekanntlich durch W. Penck in einer morphologischen Analyse, welche der Mannigfaltigkeit der die Formgebung leitenden tektonischen Kräfte viel besser angepaßt ist, seinen wesentlichen Umbau und Neuaufbau. So sehr Walter Penck — er war selbst Geologe — bei der Altersbestimmung der Landformen auch die Prüfung der morphologischen Geschehnisse an den korrelierten Sedimenten mit herangezogen und den Einfluß der gebirgsbildenden Vorgänge auf die werdende Landschaft viel schärfer als bisher betont hat, so muß doch seine Methode als eine durchaus morphologische bezeichnet werden, indem sie sich in erster Linie auf die Klärlegung der physikalischen Gesetze bezieht, welche die abtragenden, exogenen Kräfte dirigieren. Walter Pencks Ziel geht ja sogar dahin, mit dieser morphologischen Arbeitsmethode in letzter Linie auch rein geologische Fragen — wie die Feststellung des Ablaufes der Krustenbewegungen aus der Formenentwicklung heraus — zu lösen.

¹⁾ W. Penck, Die morphologische Analyse. Pencks geographische Abhandlungen, 2. Reihe, Heft 2, 1924.

²⁾ J. Sölch, Eine Frage der Talbildung. Bibliothek geographischer Handbücher, neue Folge, Festband A. Penck, Stuttgart 1918. — Grundfragen der Landformung in den nordöstlichen Alpen, Geografiske Annaler, Stockholm 1922, Heft 2.

³⁾ O. Lehmann, Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufes bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser. Mitt. d. Geogr. Ges. 1922, Bd. 65.

Zahlreiche morphologische Zusammenfassungen, welche sich auf die Ostalpen beziehen, wie jene Klebelsbergs,⁴⁾ Brückners,⁵⁾ Leydens,⁶⁾ Lichteneckers⁷⁾ usw., bauen im wesentlichen ihre Schlußfolgerungen auf dieser morphologischen Betrachtungsweise auf.

Ein zweiter, wesentlich verschiedener Weg beruht auf der Deutung der Landschaftsentwicklung vermittelt einer durchaus geologischen Methode. Dies kann entweder in der Weise erfolgen, daß aus dem (fein- oder grobkörnigen) Sedimentcharakter der Ablagerungen der alpinen Randgebiete auf damals in der Nachbarschaft vorhandene Flach-, Mittel- oder Steilreliefs in den einzelnen Phasen geschlossen werden kann; oder indem aus der auf geologischem Wege durchzuführenden Sonderung von bewegten und weniger bewegten Perioden die Entstehung von Flachreliefs in den relativen Ruhezeiten, die Zerschneidung derselben aber in orogenetischen Phasen vorausgesetzt wird und nach den Beziehungen zur Jungtektonik eine zeitliche Einordnung der an den Alpen feststellbaren Abtragsflächen versucht werden kann; oder schließlich, indem aus der Feststellung jugendlicher Dislokationen (Brüche und Flexuren), welche das Landschaftsrelief noch mitbetroffen haben, und ihrer Bedeutung — gewissermaßen durch Rückgängigmachung dieser Störungen — die ursprüngliche morphologische Form der Landschaft aus der Zeit, in welcher sie ihre erste Formung erhalten hat, rekonstruiert, also in diesem Falle mit Hilfe tektonischer Methoden das frühere morphologische Bild hergestellt wird.

Diese geologischen Wege sind erst später betreten worden. Die Möglichkeit, aus den Sedimenten auf die gleichzeitige Landgestaltung rückzuschließen, wurde vom Vortragenden schon 1914

⁴⁾ Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen. Verh. d. Geol. B.-Anst., Wien 1922, Nr. 2/3.

⁵⁾ E. Brückner, Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Ztschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1923.

⁶⁾ F. Leyden, Grundfragen alpiner Formenkunde. Geol. Rundschau, Bd. XV, Heft 3. — Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. Geol. Rundschau, Bd. XIII, 1922.

⁷⁾ N. Lichtenecker, Das Bewegungsbild der Alpen. Die Naturwissenschaften, Berlin, 13. Jahrg., Heft 35.

in Anwendung gebracht⁸⁾ und seither in mehreren Arbeiten⁹⁾ im einzelnen näher ausgeführt. Auch W. Penck hat die Bedeutung dieses Weges eindringlich hervorgehoben.

Die weitere Methode, den Ablauf der morphologischen Zyklen aus den Störungsphasen, wie wir solche an der Lagerung der tertiären Sedimente am Alpensaum feststellen können, abzulesen, war ebenfalls Gegenstand von Bemühungen des Vortragenden,¹⁰⁾ jener W. Pencks u. a.

Der Versuch schließlich, das oft nach Art eines Mosaiks in verschieden hochgehobene Schollen zerlegte, alpine tertiäre Flachrelief durch Rückgängigmachung der Jungtektonik wieder einheitlich in seine ursprüngliche Niveaulage zu bringen, war insbesondere Inhalt mehrerer in neuester Zeit erschienener Studien, teils von geologischer Seite, worunter vor allem die Arbeiten von O. Ampferer,¹¹⁾ R. Schwinner,¹²⁾ J. Stiny¹³⁾ und L. Kober^{13a)} hervorzuheben wären, teils von morphologischer Seite, wo besonders A. Aigner,¹⁴⁾ O. Lehmann¹⁵⁾ und J. Sölch¹⁶⁾ diesen Weg beschritten haben.

⁸⁾ Über jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen. Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 1914.

⁹⁾ Die morphologische Entwicklung des steirischen Beckens. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 1926, Heft 12. — Die geomorphologische und morphologische Entwicklungsgeschichte der Ostabdachung der Zentralalpen in der Miozänzeit. Geol. Rundschau, Bd. XV, Berlin 1926, Heft 1, 3, 4. — Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., LI. Bd., Wien 1927.

¹⁰⁾ Über die Beziehungen zwischen Tektonik und Morphologie am Südostrande der Zentralalpen. Ztschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 1928.

¹¹⁾ O. Ampferer, Über größere junge Formänderungen in den nördlichen Kalkalpen. Ztschr. f. Geomorph., 1926, Bd. 1. — Über morphologische Arbeitsmethoden. Jahrb. d. Geol. B.-Anst. Wien, 1924.

¹²⁾ Morphologie des Val-Sugana-Gebietes. Ostalpine Formenstudien, Berlin 1925. — Geologisches über die Niederen Tauern. „Ztschr.“ d. D. u. Ö. A.-V. 1924.

¹³⁾ J. Stiny, Bewegungen der Erdkruste und Wasserbau. „Die Wasserwirtschaft“ 1926.

^{13a)} Geologie der Landschaft von Wien. Wien 1926.

¹⁴⁾ A. Aigner, Die geomorphologischen Probleme am Ostrand der Alpen, I. Bd. 1925, II. Bd. 1926.

¹⁵⁾ Das Tote Gebirge als Hochkarst. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 70. Bd., 1927.

¹⁶⁾ Das Semmeringproblem. Heiderich-Festschrift 1923. — Alte Flächensysteme im ostmurischen Randgebirge. Sieger-Festschrift 1924.

Hiebei wurde die ältere Auffassung einer mehr oder minder einheitlichen jüngeren Aufwölbung der Alpen zugunsten des Bildes stark differenzierter, ja selbst noch mit Schubbewegungen kombinierter Bruchstörungen und Verbiegungen in den Hintergrund gerückt.

Es erscheint klar, daß, so verschieden auch diese Wege sind, sich doch häufig auch das Betreten mehrerer oder aller durch einen und denselben Forscher feststellen läßt. So haben speziell F. Machatschek,¹⁷⁾ J. Sölch¹⁸⁾ und N. Lichtenecker¹⁹⁾ sich bemüht, ihre morphologischen Ableitungen auch mit den geologischen Beobachtungsstatsachen — insbesondere die Knicke in der Landschaft mit dem Verlaufe junger Störungsbahnen — in Einklang zu bringen.

Je länger sich der Vortragende mit der jungen Ostalpenentwicklung beschäftigte, desto mehr festigte sich der Gedanke an die große Bedeutung der „Zyklen“, welche den Ablauf der geologischen und morphologischen Ereignisse in tertiärer Zeit beherrschen. Das Anheben eines neuen Zyklus erscheint durch das Aufleben gebirgsbildender Kräfte bedingt, welche sich in den Störungen der älteren Ablagerungen, in der raschen Veränderung der Umrisse von Meer und Seen, in der Förderung von Grobschuttmaterial, also auch in der Neubelebung der Erosion äußern. Sie kommen naturgemäß in einer mehr oder minder weitgehenden Umgestaltung älterer Landflächen zum Ausdruck. Erst das genaueste Studium des inneralpinen und des ostalpinen Randtertiärs gibt die Möglichkeit, durch Aufhellung der Schichtfolge und deren Störungen die einzelnen Zyklen festzulegen und damit auch die Grundlage für deren weitere morphologische Auswertung zu geben.

Ich glaube annehmen zu können, daß die langjährigen Untersuchungen des Vortragenden im steirischen Becken in den Hauptzügen eine Klärung der Schichtfolge und der Jungtektonik des Tertiärs mit sich gebracht haben. Bezüglich des inneralpinen

¹⁷⁾ Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalpine Formenstudien, Abt. 1, Heft 4, Berlin 1922.

¹⁸⁾ Die Landformung der Steiermark. Herausg. v. Naturwiss. Verein f. Steiermark, Graz 1928.

¹⁹⁾ Die Rax. Geographischer Jahresbericht aus Österreich, XIII. Bd., Wien 1925.

Tertiärs, welches ich ebenfalls in den letzten Jahren in meine Studien einbezogen habe, bin ich zur Aufstellung einer Altersfolge gelangt,²⁰⁾ die zum Teil im Widerspruche mit anderen Auffassungen steht²¹⁾ und sich erst allgemeine Anerkennung erringen muß, was hier ausdrücklich betont sei. Sie soll den nachfolgenden Darlegungen mit kurzer Begründung zugrunde gelegt werden, ohne daß eventuell eine andere Einordnung der Erscheinungen für ausgeschlossen betrachtet werden soll.

I. Zyklus.

Im allgemeinen pflegt man die tertiären Hauptbewegungen, welche den Schubdeckenbau der östlichen Alpen (speziell der Nordalpen) geschaffen haben, in das Oligozän (meist in das untere oder mittlere Oligozän) zu verlegen.²²⁾ Die älteste, von einer Großtektonik nicht mehr vollkommen vernichtete Landoberfläche könnte daher frühestens in das höhere Oligozän hinein verlegt werden. Aus den Zentralalpen kannten wir bisher keine Oligozänbildungen und aus den nördlichen Kalkalpen sind solche, wenn man von den Randbildungen der Molasse absieht, nur aus dem Oberinntal (Kundl—Kufstein) bekannt. Dort interessieren uns besonders die Angerbergsschichten, eine sehr schotterreiche Serie, deren genaue Beschreibung wir vor allem O. Ampferer²³⁾ verdanken. Durch den Vergleich mit der Molasse des Alpensaums, durch ihre Auflagerung auf marinem Unteroligozän und durch einen Fossilfund ist hiefür ein oberoligozänes, wahrscheinlich aquitanisches Alter festgelegt.

Eine ähnliche tektonische Position, nämlich am Grenzsaume zwischen nördlichen Kalkalpen und Grauwackenzone,

²⁰⁾ Über Studien in den inneralpinen Miozänablagerungen und deren Beziehungen zu den Augensteinfeldern der Nordalpen. Sitzgsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., 1928.

²¹⁾ Abweichende Altersdeutung vertritt W. Petraschek. Vgl. hiezu Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. VI und VII, Berg- und Hüttenmänn. Jahrb. 1924.

²²⁾ Vgl. hiezu E. Spengler: Über die von H. Stille in der nördlichen Kalkzone unterschiedenen Gebirgsbildungsphasen. Zentralbl. f. Min., Geol. und Pal., Abt. B, 1927, und M. Richter, Molasse und Alpen. Ztschr. d. D. Geol. Ges., Bd. 79. Monatsber. 5—7, 1927.

²³⁾ Zur Geologie des Unterinntales. Jahrb. d. Geol. St.-A. Wien, 1922.

nehmen die tertiären Ablagerungen der Ennstalfurche ein, die aus der Sedimentzone von Wagrein, dann von Radstadt, vom Stoderzinken, von Gröbming-Stuttern und aus dem Raume zwischen Wörschach und Stainach-Irdning bekannt waren, durch Ampferer²⁴⁾ und J. Stiny²⁵⁾ aber nunmehr auch im Gesäuse (bei Hieflau) entdeckt worden sind. All die genannten bilden durch ihre gleichartige Beschaffenheit, durch ähnlichen, von der heutigen Geschiebeführung der Bäche ganz abweichenden Geröllbestand, durch einheitliche Störungen vermutlich eine zusammengehörige Einheit.²⁶⁾ Auf paläontologischem Wege läßt sich ihr Alter nicht fixieren, da die spärlichen Blattreste, die aus ihnen stammen, wie Diener²⁷⁾ betont hat, die Altersstellung zum Oligozän oder Miozän nicht ermitteln lassen. Bei der ähnlichen geologischen Position und analogem Geröllaufbau des Ennstaler Tertiärs, wie jenes der Angerbergsschichten des Inntals, erscheint mir die Gleichaltrigkeit mit letzteren noch am wahrscheinlichsten und sohin die Einreihung der Ennstaler Ablagerungen in das Aquitan (oberstes Oligozän) am plausibelsten. Weitere noch zu erwähnende Gründe sprechen ebenfalls für ein vormiozänes Alter.

Die Fremdartigkeit des Geröllbestandes im Ennstaler Tertiärschotter, die sich darin ausprägt, daß die Zentralgneise und Schieferhüllegesteine, welche im Schottermaterial der heutigen Bäche und Flüsse des oberen Enns- und des Inngebietes eine so wichtige Rolle spielen, fehlen oder stark zurücktreten, läßt schließen, daß zur Ablagerungszeit dieser tertiären Bildungen die tieferen Gesteinsdecken der Hohen Tauern noch in viel weitergehendem Maße, als gegenwärtig, von Altkristallin und Grauwackengesteinen überdeckt waren. Seither hätten sich also noch sehr bedeutende Abtragungen vollzogen. Diese Ermittlung spricht für ein höhertertiäres Alter auch der Ablagerungen im oberen Ennsgebiete.

24) Beiträge zur Geologie der Umgebung von Hieflau. Jahrb. d. Geol. B.-A. Wien, 1927.

25) Im Jahresberichte in der Verh. d. Geol. St.-A. Wien, 1922, Nr. 1, S. 24.

26) Vgl. hiezu Winkler, Sitzgsber. d. Akad., 1928.

27) C. Diener, Bau und Bild der Ostalpen und der Karstgebiete. Aus „Bau und Bild Österreichs“, Wien 1903, S. 381.

Der im Wagreiner Tertiär und in jenem von Hieflau deutlich erschlossene Aufbau zeigt in den tieferen Teilen der Schichtfolge feine und mittelgrobe Schotter, darüber tonige feinsandige Sedimentbildungen. Wie schon O. Ampferer bezüglich der Ablagerungen bei Hieflau betont hat, kann der gegenwärtige Hochgebirgscharakter der Bildungszeit des Schotters in der Umrahmung noch nicht bestanden haben. Bäche mäßigen Gefälles, welche von einem zentralalpinen Mittelgebirge herabkamen, müssen die Aufschüttungen erzeugt haben, und in ihrem Feinerwerden gegen oben hin spiegelt sich wohl der weiter fortschreitende Abtragungszustand der Landschaft wieder.

Das Studium der bekannten Augensteinvorkommnisse auf den nordalpinen Kalkhochplateaus führte zu weiteren Anhaltspunkten. Die Begehungen wurden im Tennengebirge, im Dachsteingebirge, im Toten Gebirge, am Stoderzinken und Kammspitz, in den Gesäusebergen, am Trenchtling bei Vordernberg und schließlich in der nördlichen Hochschwabgruppe durchgeführt.²⁸⁾ Das Ergebnis der geologischen Untersuchung der Augensteinlagerstätten stimmt mit den von Lichtenecker bei seinen morphologischen Studien gewonnenen Feststellungen²⁹⁾ überein. Die Augensteine, alte Flußgerölle, besitzen keine Beziehungen zu den noch nachweisbaren, alten Reliefformen, wie früher vermutet worden war, sondern bilden nach der Auffassung des Vortragenden den Rest einer Schotterdecke, welche einst große Teile der nördlichen Kalkalpen — wahrscheinlich noch über dem Niveau der heutigen Landschaft gelagert — überdeckt hatte. Diese Schotterkappe ist zwar schon zur Gänze abgewaschen, aber die in die Fugen und Spalten des künftigen Kalks infiltrierten oder in dessen Höhlengänge hineingewaschenen Gerölle sind erhalten geblieben. Aus mit Breccien erfüllten Klüften oder aus bloßgelegten Höhlengängen ausgewittert, treten uns die Augensteine im Lehm der Dolinen, gegenwärtig meist schon auf tertiärer Lagerstätte, entgegen.

Ihrer Geröllzusammensetzung nach bestehen die Augensteine als Restschotter vorwiegend aus Quarzen, dann aus verschiedenen Grauwackengesteinen, darunter Konglomeratgeröllen

²⁸⁾ Vgl. hiezu Winkler, Sitzgsber. d. Akad., 1928, S. 183 ff.

²⁹⁾ „Die Naturwissenschaften“, 13. Jahrg., S. 740.

vom Typus des Rannachkonglomerats, aus Gneisgeröllen, Quarzphylliten, Quarziten, Serpentin u. a., ferner viel Buntsandsteinen und auch jurassischen Hornsteineinschlüssen. Das Auftreten der Augensteine, wie schon Lichtenecker betont hat, auch auf den höchsten Kämmen, ferner der wesentliche Anteil von Geröllmaterial aus Schichten, die teils von den Kalkalpen schon völlig abgetragen sind (hornsteinführender Jura), teils gegenwärtig tief unter das Niveau der Augensteingerölllager herab denudiert sind (Buntsandsteine), beweist, daß einerseits eine weitgehende Abdeckung der Kalkalpen von ihrer jüngeren Sedimentdecke, andererseits eine starke, jedenfalls mehrere Kilometer betragende Rückwitterung und Abwitterung des südlichen Kalkalpenrandes seither erfolgt ist. Die in die Fugen des Kalkgebirges verschluckten Gerölle sind zwar noch vorhanden, aber ihr ursprünglicher Abtragungsbereich ist denudiert worden.

Im Sinne der alten Auffassung von E. v. Mojsissovics,³⁰⁾ G. Geyer³¹⁾ und der neueren von W. Schmidt³²⁾ wird vom Vortragenden vorausgesetzt, daß die Augensteine aus einer abgetragenen Fortsetzung des Ennstaler Tertiärs hervorgegangen sind. Für diese Annahme spricht nicht nur die — von nachträglichen Verarmungen abgesehen — analoge Geröllzusammensetzung und -größe von Augenstein-³³⁾ und Ennstaler Schottern, sondern vor allem das besonders im Hieflauer Tertiär schrittweise zu verfolgende Hervorgehen von Augensteinfeldern aus der geschlossenen, geröllreichen Tertiärserie. Dazu kommt noch die Tatsache, daß die den Augensteinfeldern benachbarten Tertiärlappen im Ennsgebiet an ausgesprochenen Bruchstörungen, wenigstens einseitig, gegen das Grundgebirge abstoßen und somit hienach, sowie nach ihrem Sedimentcharakter unbedingt mit einer ursprünglich beträchtlich größeren Ausbreitung der Absätze zu rechnen ist. So gelangt der Vortragende zur Ansicht, daß die Augensteine den

³⁰⁾ Erläuterungen zur geologischen Karte der österreichisch-ungarischen Monarchie, Blatt Ischl-Hallstatt, Wien 1905.

³¹⁾ Über den geologischen Bau der Warscheneckgruppe. Verh. d. Geol. Reichsanstalt Wien, 1913.

³²⁾ W. Schmidt, Gebirgsbau und Oberflächenform der Alpen. Jahrb. d. Geol. B.-Anst. Wien, 1923, 73. Bd., Heft 3—4.

³³⁾ Am Dachstein kommen Grauwacken- und zentralalpine Gerölle (Mitter-Gjaidstein) vor, welche bis Kopfgröße erreichen!

letzten aufgelösten Rest einer wahrscheinlich aquitanen Geröllüberstreuung darstellen, welcher große Teile unserer nördlichen Kalkalpen mit einem einheitlichen Schuttfächer überzogen hatte.

Diese Periode der Aufschotterung dürfte älter sein als die Entstehung und Auffüllung der „mittelmiozänen“ Senken im Mur-Mürz-Gebiete. Denn ein nicht unwesentlicher Teil an Geröllen des Hieflauer Tertiärs stammt aus dem Kristallin der Seckauer Tauern. Eine Herkunft von dort erscheint unwahrscheinlich, wenn damals schon das miozäne Seckauer Becken, welches in der Nähe dieses Abtragungsbereiches gelegen ist, bestanden haben sollte. Noch schwieriger wäre die Zuleitung der Augensteinschottergerölle (Buntsandsteine und Quarze), welche am Trenchtling bei Vordernberg auftreten, zu verstehen, wenn im Bereich ihres Herkunftsgebietes oder in dessen unmittelbarer Nähe das miozäne Trofaiacher Becken dort damals bereits bestanden hätte. Die Zufuhrbahnen für die Quarz und kristallines Material führenden Augensteinsschotter am Hochschwab müßten geradezu das miozäne Affenzer Becken, wenn es damals schon ausgebildet gewesen wäre, überkreuzt haben. Infolge dieser Umstände muß ich daher in Übereinstimmung mit Spengler³⁴⁾ und G. Götzinger (Verh. d. geol. R.-A. 1915, S. 282) ein höheres Alter für die primäre Augenstein-aufschotterung (und für das mit letzterer verknüpfte Ennstaler Tertiär) gegenüber dem Murtaler Tertiär voraussetzen.^{34 a)}

So erhalten wir das Bild eines ersten großen Zyklus in der jüngeren tertiären Alpenentwicklung, wahrscheinlich dem obersten Oligozän zugehörig. Vermutlich breitete sich ein Mittelgebirge im Bereiche der Zentralalpen — auch noch in jenem der späteren Süßwasserbecken des Mur-Mürz-Gebietes — aus, von welchem aus gefällsarme Flüsse ihre Schottermassen, die Kalkalpen zum guten Teil, aber nicht völlig überdeckend, nordwärts

³⁴⁾ Die tertiären und quartären Ablegungen des Hochschwabgebietes und deren Beziehungen zur Morphologie. Ztschr. f. Geomorphologie, Bd. II, 1926, S. 36—37.

^{34 a)} An dieser Auffassung machen mich auch nicht die Bemerkungen W. E. Petraschecks wankend (Verh. d. geol. B.-A. Wien, 1929, Nr. 2/3). Beobachtungen über Geröllführung des Mürztaler Miozäns bekräftigen die Annahme, daß dessen Entstehung jünger ist als die Augensteinüberschotterung der Kalkalpen.

hin ausbreiteten. Wahrscheinlich stand es im Zeichen einer absteigenden Entwicklung seiner Landschaft, wie aus dem nach oben zu feiner werdenden Sedimentcharakter des Ennstaler Tertiärs vermutet werden kann. Aus dieser Zeit liegen uns, wie die obigen Darlegungen erkennen lassen, keinerlei Reste einer alten Landoberfläche mehr vor, da Abtrags- und Auftragsbereich seither durch flächenhafte Abspülung schon tief erniedrigt worden sind.

II. Zyklus.

Der Beginn des Miozäns leitet einen zweiten großen Zyklus ein. Wir müssen an den Südostfuß der Zentralalpen gehen, um Sedimente zu finden, welche mit Sicherheit dem ältesten Miozän zuzuzählen sind. Hierher gehören die sogenannten Radel-Konglomerate in Südsteiermark. Der Vortragende und J. Sölch konnten erweisen, daß sie an einem vermutlich durch Bruchstörungen neu gebildeten Steilabfall in Gestalt größter Wildbachschuttablagerungen (Riesenblockschichten) durch örtliche Senkungen und Hebungen aufgestapelt wurden. Hier haben damals durch einen längeren Zeitraum hindurch jedenfalls recht schroffe Reliefverhältnisse bestanden, die nur in einem starken Aufleben tektonischer Bewegungen eine Erklärung finden. Wenn auch eine Verallgemeinerung der dort beobachteten Erscheinungen nicht ohne weiters angängig ist, so kann immerhin vermutet werden, daß sich auch anderwärts um die Oligozän-Miozän-Wende Gebirgsbewegungen abgespielt haben, wie solche übrigens aus dem Bereiche der Savefalten bereits seit langem bekannt sind. Vielleicht sind auch die von Vettors und Göttinger genau beschriebenen groben Schuttkegel des Buchbergkonglomerats am Außensaume der östlichen Flyschzone ein Anzeichen für einen solchen tektonisch bedingten Gerölltransport. Es kann vermutet werden, daß schon im älteren Miozän eine stärkere Aufwölbung Zentralalpen und nördliche Kalkalpen ergriffen und die weitgehende Abdeckung der letzteren von ihrer Augensteindecke bewirkt hat.

Im steirischen Becken läßt sich im Verlaufe dieses zweiten Zyklus in deutlicher Weise aus der Aufeinanderfolge immer feiner werdender Sedimente und aus dem weiteren Ausgreifen der letzteren über die niedersinkenden Randteile des Gebirges hinweg eine fort-

schreitende Abflachung der südöstlichen Zentralalpen erschließen. Der scheinbar kürzere, aufsteigende Entwicklungsgang, der in der Entstehung des Radlschutts seinen prägnanten Ausdruck findet, wäre also bald einer absteigenden Entwicklung gewichen, welche letztere wohl in der Entstehung eines von einer Rumpffläche nicht weit abstehenden Flachreliefs am zentralalpinen Randsaum zum Ausdruck kam. Dessen letzte Ausgestaltung wird von dem Vortragenden schon in das ältere Mittelmiozän hinein verlegt. Er sieht sie in den mehr oder minder hoch gehobenen Altflächenresten an der Koralpe und den anderen Randgebirgen erhalten, welche sich sehr gut dem aufgebogenen Saum der mittelmiozänen Randsedimente anfügen.³⁵⁾

In den nördlichen Kalkalpen, wo uns miozäne Sedimente fehlen, kann an die Ergebnisse der Morphologen der Anschluß gesucht werden. Die Untersuchungen Götzingers,³⁶⁾ Krebs',³⁷⁾ Brückners,³⁸⁾ Machatscheks,³⁹⁾ Lichteneckers⁴⁰⁾ und anderer haben uns bekanntlich von den Plateaubergen der nördlichen Kalkalpen ausgedehnte Reste eines tertiären Flachreliefs kennen gelehrt, welchem später Lichtenecker die Bezeichnung „Raxlandschaft“ gegeben hat. Diese alte, scharf gegen die jungen Taleinschnitte absetzende Flachlandschaft zeigt nach W. Penck⁴¹⁾ die konkaven Formen der absteigenden Entwicklung. Lichtenecker hebt hervor, daß die Gehänge konvex gestaltet sind, jedoch in den tieferen Teilen Übergänge in konkave Formen aufzeigen und das Abflauen einer zuerst beschleunigt gewesenen Hebung erschließen lassen. Ich sehe in der Herausmodellierung dieser

³⁵⁾ F. Heritsch ist zu einem ähnlichen, nur wenig abweichenden Ergebnis im Gebiete der Stubalpe gelangt. Vgl. hiezu Heritsch-Czermak, Geologie des Stubalpengebirges, Graz 1923.

³⁶⁾ Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der österreichischen Kalkalpen. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 1913.

³⁷⁾ Die nördlichen Kalkalpen zwischen Enns, Mürz und Traisen. Pencks geogr. Abh., VIII/2. Bd., 1903.

³⁸⁾ Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Ztschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 1923.

³⁹⁾ Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen, loc. cit.

⁴⁰⁾ Die Rax. Geogr. Jahresber. aus Österreich, 13. Bd., 1926.

⁴¹⁾ Die morphologische Analyse, S. 191.

ältesten Landschaft unserer Kalkhochalpen mit ihrer anscheinend zuerst aufsteigenden, dann absteigenden Entwicklung das Widerspiel jener Vorgänge, welche am steirischen Alpenrand nach anfänglichen stärkeren Bewegungen und schärferen Relief-formungen das gegenwärtig höchstgelegene Verflachungssystem an der Koralpe usw. entstehen ließen.

Es erhebt sich nun die Frage, wie damals die inneren Teile der östlichen Zentralalpen beschaffen waren. Einem späteren Entwicklungsstadium dieses Zyklus gehören nach Auffassung des Vortragenden die Entstehung und Auffüllung jener ausgedehnten, kohlenführenden Mulden Obersteiermarks an, die sich — wie speziell das Fohnsdorfer Becken — durch sehr große Schichtmächtigkeiten bei sehr feinkörniger Beschaffenheit der Sedimente auszeichnen. In der Nachbarschaft der letzteren müssen sehr flache Reliefformen bestanden haben, offenbar noch bedeutend flachere als zur Zeit der Aufschüttung der Augensteinfelder. Die tektonischen Bewegungen scheinen in Form breitgespannter Einmuldungen und Aufwölbungen sehr langsam vor sich gegangen zu sein, so daß die Abtragung damit annähernd gleichen Schritt zu halten vermochte. Während einer bestimmten Phase dieser Entwicklung war das Meer sogar tief in die Zentralalpen hinein, bis nach Ostkärnten, vorgedrungen.

Auch für noch weiter westlich gelegene Teile unserer Zentralalpen (Hohe Tauern) glaube ich wenig akzentuierte Reliefverhältnisse im älteren Miozän voraussetzen zu können. Die auffällige und viel bemerkte geringere Höhe der östlichsten Zentralalpen gegenüber den östlichsten Nordalpen, welche in der Zeit der Augensteinschotter noch nicht bestanden haben kann, hat sich offenbar im Gefolge jener Bewegungen eingestellt, welche den Süßwasserbecken im Mur-Mürz-Gebiet im Mittelmiozän durch Niederbiegung Raum gegeben haben.

Reste von tertiären Landflächen wurden in der Grauwackenzone durch B. Rinaldini,⁴²⁾ F. Machatschek⁴³⁾ und E. Seefeldner,⁴⁴⁾

⁴²⁾ Die Kitzbühler Alpen. Ostalpine Formenstudien, Berlin 1923, Abt. 2, Heft 3.

⁴³⁾ Die Salzburger Alpen. Loc. cit.

⁴⁴⁾ Geographischer Jahresbericht aus Österreich 1926.

in den östlichen Hohen Tauern besonders durch Creutzburg⁴⁵⁾ erwiesen. Insbesondere ist es das viel berufene „Firnfeldniveau“ des letzteren, welches häufig als das höchstgelegene Abflachungssystem in den Zentralalpen angesehen wird, über welches sich aber schon zu seiner Bildungszeit recht beträchtliche Höhen erhoben haben müssen. E. Seefeldner hat nun eingehender darzulegen versucht, daß das Firnfeldniveau nicht mit der oft noch höher gelegenen Raxlandschaft der nordalpinen Kalkplateaus zeitlich gleichzustellen, sondern als jünger anzusehen sei. Er findet Andeutungen eines darüber gelegenen, noch höheren Niveaus an einigen Bergen der Grauwackenzone.

Bei eigenen Studien im Sonnblick-Hochalm-Gebiete gelangte ich zu einer ähnlichen Auffassung. Ich glaube über dem Niveau der Firnfelder im Sonnblick-Schareck-Massiv die Reste eines alten Flachreliefs zu erkennen, die erstere noch um einige hundert Meter überragen. Das ausgedehnte Gipfelplateau des Hohen Scharecks (über 3000 m) scheint mir den Rest zwar nicht einer Verebnung, aber wohl einer alten flachwelligen Landschaft ebenso darzustellen, wie das deutlich die Schichten schneidende Plateau am Südwestabfalle des Sonnblicks unter dem Sandkopf in 2900 m Höhe. Ein ähnliches Plateau krönt die Kammregion des Weißecks im obersten Murtal, einen der Ausläufer der Radstädter Tauernberge, welches die aufgerichteten Triasschichten bei einer Höhenlage von 2900 m deutlich kappt.⁴⁶⁾ Wenn die Parallelisierung dieser hochgelegenen, nur mehr in einzelnen Resten erhaltenen Formen mit den hochgelegenen Landflächen des Raxniveaus zu Recht besteht, dann würde es bedeuten, daß die absteigende Kurve im Entwicklungsgang des zweiten, ältermiozänen Zyklus selbst die höheren Regionen unserer östlichen Zentralalpen bis zu Flachreliefs erniedrigte, so daß die Landschaft auch hier nicht oder nur wenig stärker akzentuiert gewesen sein mag als in den nördlichen Kalkalpen.⁴⁷⁾

Der zweite Zyklus hätte also im Laufe des unteren Miozäns und des älteren Mittelmiozäns die höchstgelegenen, noch morphologisch erkennbaren Flachreliefs⁴⁸⁾ in

⁴⁵⁾ Die Formen der Eiszeit im Ankogelgebiet. Ostalpine Formenstudien. Abt. 2, Heft 1, 1921.

⁴⁶⁾ Aus den Niederen Tauern erwähnt J. Sölch (Landformung der Steiermark) ein Flächensystem in 2450 bis 2500 m, das möglicherweise gleich alt ist.

⁴⁷⁾ Vgl. auch A. Aigner, Vorzeitformen in den ostalpinen Zentralketten. Festschrift für R. Sieger, Wien 1924.

⁴⁸⁾ Durch Annahme, daß keine älteren als frühmittelmiozäne Flächenreste in den Ostalpen auftreten, unterscheidet sich die hier vorgelegte Auffassung von jener J. Sölchs (loc. cit.).

unseren Ostalpen, in den nördlichen Kalkalpen, in den Zentralalpen wie auch in den südlichen Kalkalpen geschaffen. Im Bereich der östlichen Zentralalpen waren zwischen diese Landschaften flache, von Seen und vom Meer eingenommene Senken eingeschaltet, während sich Tauern und Kalkalpen als niedere Hügel- oder Mittelgebirgsschwelle darüber erhoben hätten. Der tektonische Grundzug dieses Entwicklungsganges war offenbar jener vorherrschend weiträumiger, lang andauernder, aber flacher Einbiegungs- und Aufbiegungswellen.

III. Zyklus.

Ein dritter, höhermiozäner Entwicklungsgang hebt sich auf Grund meiner Untersuchungen im jüngeren Entwicklungsbild der Ostalpen besonders deutlich heraus.⁴⁹⁾ Sedimente orogenetischer Natur, welche diesen Zyklus einleiten, finden wir besonders am Saume der östlichen Zentralalpen, wo sie durch die marinen Schotter und Konglomerate des Saggau-Sulm-Gebietes, durch den „Schwanberger Schutt“ an der Koralpe, durch die „Sinnerndorf-Friedberger Schichten“ sowie „Auwaldschotter“ des Nordostsporns der Zentralalpen gekennzeichnet sind. Das Aufleben ausgesprochener Gebirgsbewegungen im mittleren Miozän (Stilles steirischer Phase entsprechend) kündigt sich aber nicht nur in dem Erscheinen grober und gröbster Sedimentbildungen am Alpenrand, sondern auch in weitgehender Erosion des älteren Miozäns, in der Entstehung tektonischer Diskordanzen und in raschen Verschiebungen der stehenden Gewässer an. Im südweststeirischen Becken zeigen den Auftakt zu diesen Gebirgsbewegungen anscheinend schon jene Geröllschichten an, welche am Saume der Koralpe den mutmaßlichen Äquivalenten der „marinen Grunderschichten“ eingeschaltet sind. Viel deutlicher kommt aber die rasche Gebirgsaufwölbung in den mächtigen Blockschuttmassen zum Ausdruck, welche teils an der Koralpe selbst noch anhaften (Schwanberger Schutt), beziehungsweise dieser eingeschaltet sind, teils hinaus

⁴⁹⁾ Es sei hier ausdrücklich betont, daß W. Petrascheck auf Grund einer anderen stratigraphischen Einordnung der Schichten zu einer abweichenden Gliederung der Vorgänge gelangt ist. Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. VII. Die tertiäre Senkungsbahn am Fuße der Alpen. Berg- und hüttenmännisches Jahrb. 1926, 73. Bd., Heft 3.

ins Vorland vorgetragen wurden (marine Kreuzbergkonglomerate, Urler Blockschutt). Aus dem Beobachtungsbilde läßt sich hier zweierlei erkennen: Erstens, daß die Hebung, welche im Mittelmiozän Koralmpe und wahrscheinlich andere Randschollen des steirischen Beckens ergriffen hat, eine sehr rasche und kräftige gewesen sein muß; zweitens, daß es lokal sehr wechselnde Aufwölbungen, begrenzt von Zonen relativer Einmuldung, gewesen, die damals zur Ausbildung gelangt sind.

Sind wir nun berechtigt, dieser Bewegungsphase, wie ich es schon 1914 versucht habe, regionale Bedeutung zuzuschreiben? Ich glaube dies bestimmt bejahen zu können.

Das am Nordostsporn der Zentralalpen entwickelte, mächtige Sannersdorfer Konglomerat stellt einen gewaltigen Schuttächer dar, der einen beträchtlichen Teil der Buckligen Welt flächenhaft mit Grottschutt überzogen haben muß.⁵⁰⁾ Auch hier müssen im Mittelmiozän große und rasche Aufwölbungen einen so bedeutsamen und abnormen Blocktransport eingeleitet haben.

Der maßgebende Einbruch des inneralpinen Beckens ist im Sinne von Ed. Suess in die Zeit nach Entstehung der Süßwasserschichten des Pittener Horizonts, aber vor Eindringen des jungmediterranen Meeres, also in dieselbe Zeitspanne zu verlegen.⁵¹⁾ Für gleichzeitige Hebungen in den Kalkalpen spricht die Verfrachtung groben Kalkgeröllmaterials durch einen jedenfalls gefällsreichen Fluß von den Kalkalpen bis in die Gegend von Ödenburg hinaus, den ich als „Rosalienfluß“ bezeichnet habe. Seine Absätze liegen bei Pitten und im Brennergebiete in eingesunkenen Resten erhalten.

In morphologischer Beziehung liegt die Bedeutung dieser Phase für die Ostalpenentwicklung meiner Meinung nach vor allem darin, daß durch unregelmäßige Aufwölbungen aus vorhandenen Keimen die grundlegende Ausgestaltung der ostalpinen Orographie, zu-

⁵⁰⁾ Ich halte auch diesen, dessen Zusammenhang mit jungmediterranen Marinschichten zu erkennen ist, für „mittelmiozän“ und nicht, wie von anderer Seite angegeben, für altmiozän. (Vgl. Verh. d. Geol. B.-Anst. Wien, 1927, Nr. 4, S. 103—104.)

⁵¹⁾ Hierbei mag es noch offenbleiben, ob dies schon im oberen Helvet oder erst im Torton erfolgt ist.

mindest jener der westlichen Teile, entstanden ist. So bildeten sich vermutlich damals erst die gegenwärtig vielfach durch breite Einmündungen voneinander getrennten Massive schärfer aus und formte sich aus dem mittelmiozänen Flach- und Hügellrelief eine ausgesprochene Mittelgebirgslandschaft. Die Altlandschaften des älteren Mittelmiozäns wurden emporgewölbt und bildeten nunmehr einen bereits außer Kraft gesetzten Oberflächenkomplex.

Dieser dritte Zyklus scheint vom Jungmediterrän bis in das ältere Sarmat hineinzureichen.

IV. Zyklus.

Ein vierter Zyklus wird durch obermiozäne Gebirgsbewegungen eröffnet. Wahrscheinlich fallen diese in das Sarmat hinein. Die deutlichsten Anzeichen für diese Bewegungsphase finden sich in den nördlichen Savefalten, hart an der Grenze gegen die Zentralalpen, woselbst am Südsaum des Marburg-Pettauer Feldes die sarmatischen Schichten noch an einem großzügigen Faltenbau Anteil nehmen, während die pontischen Ablagerungen scheinbar ungestört über erstere hinwegreichen. Vielleicht kann ein im mittleren Sarmat der Oststeiermark eingeschalteter Zug groben Schotters, der ein Zurückweichen des Meeres bis gegen Gleichenberg hinaus zur Folge hatte und der von einem alten Draulauf aufgeschüttet worden war, als Begleiterscheinung dieser Landhebung aufgefaßt werden.

Im südlichen Wiener Becken geben die Aufschlüsse bei St. Margareten im Burgenland und jene bei Wöllersdorf Hinweise auf kräftige Bewegungen (Brüche und faltige Wölbungen), welche nachmediterrän, wahrscheinlich im Sarmat eingetreten sind. Ein sehr ausgedehnter Schutt- und Deltakegel bringt im (oberen?) Sarmat mächtiges Geröllmaterial aus der Flyschzone und den Kalkalpen über das südliche Wiener Becken und die Wiener-Neustadt-Ödenburger Pforte bis an den Rand der ungarischen Ebene hinaus.⁵²⁾ Vielleicht deutet auch er die durch gleichzeitige Gebirgsbewegungen belebte Abtragung an.

⁵²⁾ Vgl. Winkler, Zentralblatt f. Min., Geol. u. Pal., Abt. B., 1928, Heft 1—4.

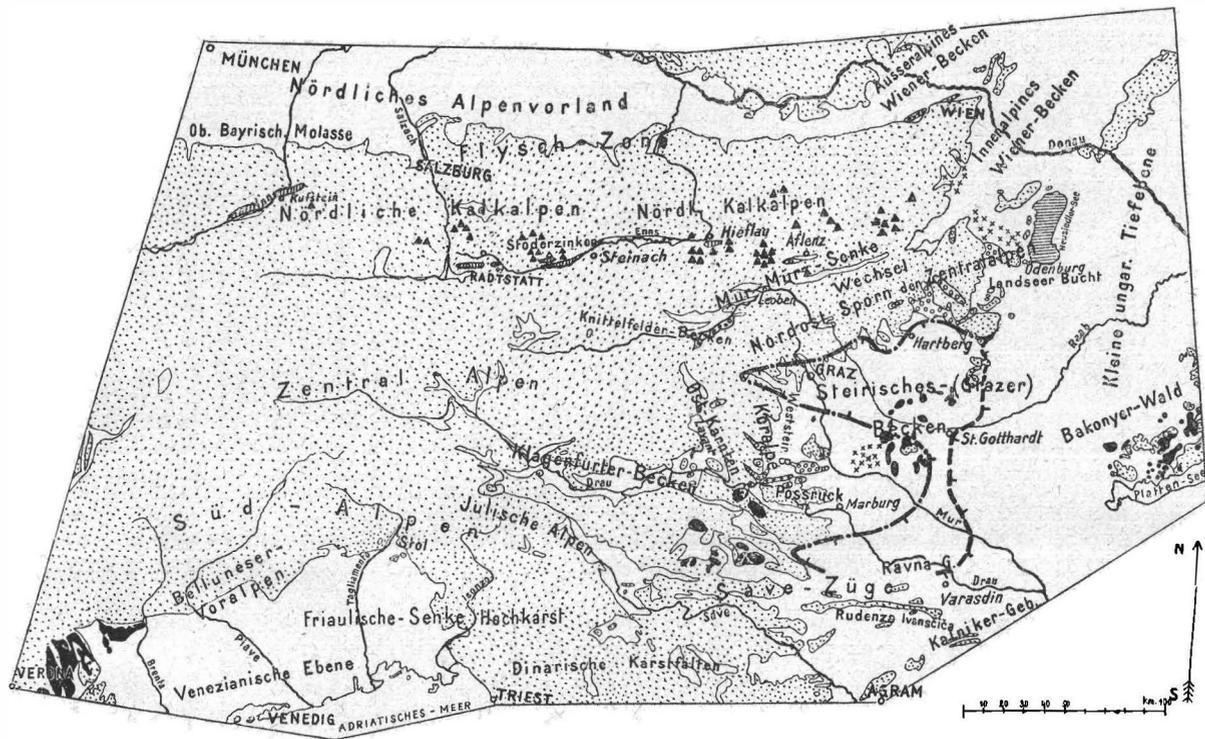
Dieser vierte Zyklus scheint nicht so scharf ausgeprägt wie der vorangehende — nach Tektonik und Sedimentcharakter zu urteilen — einzusetzen.

In der langandauernden Periode des Pontikums schließt sich die absteigende (orogenetisch abtönende) Entwicklung an. Im steirischen Becken sind die Sedimente des unteren und mittleren Pontikums durch relativ feinkörnige Beschaffenheit gekennzeichnet. Wenn auch Schotterlagen eingeschaltet sind, so erreichen sie doch weitaus nicht die grobe Beschaffenheit jener Schotter, welche gegenwärtig Mur und Rab führen. Auch nehmen sandig-tonige Bildungen überwiegend am Aufbau Anteil. Auch aus dem Wiener Becken ist ja das Vorherrschen der Tegel-Facies bekannt. Die Mächtigkeit des Pontikums, die nach vielen hundert Metern zählt,⁵³⁾ läßt die entsprechende Länge dieser Entwicklungsperiode ermessen. Sie scheint einer Phase relativ schwacher tektonischer Beweglichkeit, mit flachen Aufwölbungen der Gebirgszonen und Einkrümmungen in den Senkungsräumen, zu entsprechen.

Ich glaube, daß sie ihren morphologischen Ausdruck am Ostsäum der Alpen in jenem breiten und weitverbreiteten Flächensystem findet, das den Saum des steirischen Gebirges vom Poßruck über die Ostflanke der Koralpe zum Bergland von Graz begleitet und besonders eindrucksvoll an den nordöstlichen Ausläufern der Zentralalpen in der Buckligen Welt entwickelt ist.^{53 a)} Es fehlt auch am Rande der Kalkalpen im Wiener Becken nicht. Seine Erscheinungsform ist, von allen Einzelheiten und Modifikationen abgesehen, so einheitlich und großzügig, daß seiner Ausbildungszeit nur ein einförmig gestalteter mächtiger Schichtkomplex in den anschließenden Beckenräumen entsprechen kann. Ich glaube, daß von den Sedimenten am Alpenrande einzig jene der pontischen Zeit nach ihrer Mächtigkeit, Verbreitung und Beschaffenheit

⁵³⁾ W. Petrascheck schätzt die Mächtigkeit des Pontikums, ohne die wahrscheinlich als Jungpontikum zu betrachtende Serie der Paludinen Tegelsande, auf 800 m (im Wiener Becken).

^{53 a)} Vgl. hierzu die Arbeiten Aigners (loc. cit.), Sölch, Heritsch, Kieslinger (Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 70. Bd.) und des Vortragenden.



□ Jungtertiäre und quartäre Hauptablagerungsbereiche.



Sarmatische Delta- und Schuttkegel am östl. Alpenrand.



Altmiocäner Schuttkegel des Radelschotter (Possruck NW) und Buchberg-Konglomerats.



Tertiäre Eruplivgesteine.



Verbreitung der Augensteine in den Nordalpen.



Mittelmiozäne Delta- und Schuttkegel.



Süßwassermiozän in der Inn- u. Ennstalfurche (Aquitän?).



Vortertiäres Grundgebirge.



Grenze des alpinen Hebungsbereichs in pontischer Zeit im steir. Becken.



Grenze des alpinen Hebungsbereichs in nachpontischer Zeit im steir. Becken.

als korrele Bildungen⁵⁴⁾ angesprochen werden können.

Zu ganz ähnlicher Auffassung, wie hier am östlichen Alpenaum, ist F. Kosmat⁵⁵⁾ bezüglich des Alters der im Bereich der adriatischen Wasserscheide auftretenden Landflächen und G. Stefanini⁵⁶⁾ und A. Desio⁵⁷⁾ bezüglich der am Südalpenaum verbreiteten, den Gebirgssaum begleitenden tertiären Landflächen gelangt. Es scheinen demnach in diesem Zyklus hauptsächlich die Randzonen der Alpen im Osten, Südosten und Süden in morphologisch absteigender Entwicklung begriffen gewesen zu sein. Die Entstehung von Flachreliefs scheint mir insbesondere für jene Räume kennzeichnend zu sein, in welchen sich damals eine flachere alpine Hebungswelle gegen die Zonen relativer Einsenkung abgrenzte. Je flacher dieser Zwischenbereich zwischen Auf- und Abbiegung war, desto weitergehend vermochten sich hier, bei Erlöschen stärkerer Bewegungen, flächenhafte Abtragungen einzustellen, die durch schwache Transgressionen⁵⁸⁾ noch gefördert werden mußten.⁵⁹⁾

Das geologisch-morphologische Bild des vierten Zyklus möchte ich wie folgt charakterisieren: Auf die durch stärker differenzierte Bewegungen hervorgerufene Ausbildung eines ausgesprochenen Mittelreliefs im dritten Zyklus scheint nunmehr in der Zeit des vierten Zyklus, bei neuerlichem, aber scheinbar weniger schroffem Aufleben der Gebirgsbewegung, eine gewisse, aber keineswegs durchgängige Vereinheitlichung der Wölbungstendenzen getreten zu sein. Vor allem ist eine völlige Verdrängung der Aufschüttungsbereiche aus den inneren Teilen der Ostalpen und die Beschränkung mächtigerer Ablagerungen auf den östlichen Saum des Gebirges eingetreten. Wenigstens

⁵⁴⁾ Eventuell einschließlich jener des höheren Sarmats.

⁵⁵⁾ Die morphologische Entwicklung der Gebirge im Isonzo- und oberen Savegebiet. Mitt. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 1916.

⁵⁶⁾ „Il Neogene del Veneto.“ Mem. d. Ist. Geol. del R. Università di Padova Vol. II.

⁵⁷⁾ L'evoluzione morfologica del bacino della Fella in Friul. i Att. d. Soc. ital. Sc. Natur. vol. LXV., 1926.

⁵⁸⁾ Solche können aus eustatischen Spiegelschwankungen oder aus großzügigen regionalen Krustenbewegungen hervorgegangen sein.

⁵⁹⁾ Vgl. auch Winkler. Sitzgsber. d. Akad. Wien, 1924, S. 373—377.

kennen wir bis heute keine sicheren pontischen Bildungen aus dem Innern der Alpen. Die einzigen Ablagerungen, welche gelegentlich als pontisch angesehen wurden, die Sattnitz-Konglomerate in Kärnten, scheinen eher von miozänem Alter zu sein. Dem Aufleben der Bewegungen zu Beginn des vierten Zyklus folgte offenbar eine Zeit stärkerer Abtönung der Tektonik nach, in der freilich flache Aufwölbungen und Einmuldungen, wie sie im steirischen Becken festgestellt werden konnten, weiter fort dauerten. Mit letzteren gleichzeitig wird die Ausformung des pontischen Flachreliefs in der alpinen Randzone in morphologisch absteigender Entwicklung gleichzusetzen sein.

Es wurde schon von verschiedener Seite der Versuch unternommen, auch im Innern der Alpen, insbesondere in den Kalkalpen und der Grauwackenzone, pontische Terrassensysteme festzustellen. Es sei diesbezüglich auf die Arbeiten von F. Machatschek,⁶⁰⁾ E. Seefeldner⁶¹⁾ und J. Sölch⁶²⁾ hingewiesen. Aber auch in der tektonisch inaktiven Zeit, wie sie anscheinend während eines Großteils des Pontikums zum Ausdruck kam, wird das Höhenwachstum der Alpen nicht völlig zum Stillstand gelangt sein. Während nämlich in den Randzonen die Abtragung offenbar mehr oder minder häufig mit der Aufwölbung gleichen Schritt zu halten vermochte, dürfte der Hauptteil des Gebirges einer, wenn auch wahrscheinlich abgeschwächten, dauernden Höhershaltung unterlegen gewesen sein, wobei, wie Lehmann⁶³⁾ gezeigt hat, flächenhafte Tieferlegung der Talsohlen eingetreten sein kann. Die Reste der letzteren treten uns, durch spätere kräftigere Hebungen zerschnitten, vermutlich in ausgeprägten inneralpiner Terrassensystemen entgegen.

V. Zyklus.

Das Einsetzen eines fünften Zyklus prägt sich wieder, geologisch wie morphologisch, deutlich in der Entwicklung des

⁶⁰⁾ „Die Salzburger Kalkalpen.“ Loc. cit.

⁶¹⁾ Loc. cit.

⁶²⁾ „Die Landformung der Steiermark.“ Loc. cit.

⁶³⁾ Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufes bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 1922.

östlichen Alpenrandes aus. Überall sehen wir die pontischen Seeböden trockengelegt und diese, sowie die pontischen Schotterfelder, zerschnitten, von jungen Brüchen durchsetzt und häufig von breiten Flexuren und welligen Verbiegungen durchzogen. Es sei hier nur auf die vom Vortragenden nachgewiesenen postpontischen Brüche der Oststeiermark,⁶⁴⁾ auf eine das steirische Becken durchziehende Verbiegungswelle sowie auf zahlreiche von Petrascheck,⁶⁵⁾ Friedl,⁶⁶⁾ Bobies u. a. im Wiener Becken nachgewiesene, nachpontische Bruchstörungen, von noch recht beträchtlicher Sprunghöhe, verwiesen. In Oststeiermark liegen deutliche Anzeichen dafür vor, daß der Hauptanteil an diesen Bewegungen sich in einer relativ kurzen Zeitspanne abgespielt hat, wie aus dem ungestörten Übergreifen jüngerer Terrassenbildungen hervorgeht, wenngleich schwache Nachbewegungen noch lange angehalten haben.

Ähnlich dürfte es im Wiener Becken der Fall gewesen sein. Schon das Fehlen irgendeiner Bruchstufe im Wiener Becken entlang des nachpontischen Leopoldsdorfer Bruches, welchem Petrascheck eine Sprunghöhe von mindestens 200 m, Friedl dagegen den unwahrscheinlichen Wert von mindestens 500 m zuschreibt, läßt vermuten, daß die Hauptbewegungen hier schon in einem früheren Zeitpunkt, also unmittelbar nachpontisch, eingesetzt haben. Denn andernfalls wäre die schon vor (oder im) Diluvium erfolgte völlige Ausgleichung der Niveauunterschiede beiderseits der Störung kaum zu verstehen.

Sedimente, welche man dem fünften Zyklus zuschreiben kann, sind nur spärlich vorhanden. Denn nicht nur die Alpen, sondern auch ihr tertiärer Saum ist damals bereits Abtragsbereich gewesen.

Zur weiteren Klarlegung der Verhältnisse dieser Phase kann die Morphologie herangezogen werden. Der Vortragende konnte zeigen, daß die tertiäre Sedimentfüllung des steirischen Beckens und die letzteres krönende, jüngste pontische Landober-

⁶⁴⁾ Jahrb. der Geologischen Reichsanstalt Wien, 1913, und Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt Gleichenberg (Erläuterungen, S. 65—67).

⁶⁵⁾ Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten, VIII/2, Die Kohlenlager im inneralpinen Wiener Becken usw.

⁶⁶⁾ „Über die jüngsten Erdölforschungen im Wiener Becken.“ „Petroleum“, Jahrg. 1927, Nr. 6.

fläche gegen Ende des Pontikums und unmittelbar nachher gestört, verbogen und abgetragen wurden, und daß eine einheitliche Höhenflur, welche unbekümmert um altersverschiedene Horizonte die tektonischen Wölbungen übergreift, zur Entwicklung gekommen ist. Die spät- und postpontischen Störungen kommen also im Landschaftsbilde der Oststeiermark nicht mehr zur Geltung. Sie sind schon durch mittelpliozäne Abtragung ausgeglichen worden.

Daraus können wir vermuten, daß auf eine aufsteigende Entwicklungsphase, wie wir sie im steirischen Becken am Ende des Pontikums voraussetzen können, bei Abklingen der Bewegungen, eine absteigende morphologische Entwicklung gefolgt ist. In letzterer ist das steirische Hügelland flächenhaft erniedrigt worden. Trotz seitheriger, bedeutender Abtragung kennzeichnen die allgemeine Höhenflur und einzelne an Härtlingen erhaltene deutliche Terrassen noch dieses Niveau. Auch das weststeirische Hügelland jenseits der Mur zeigt dieselbe Flur und ihrer Höhenlage entsprechend reichen Talterrassen entlang den Tälern in die Koralpe hinein.

Die Alpen hatten zweifellos in diesem fünften Zyklus abermals an Höhe zugenommen. Sie hatten aber auch gegen Osten hin ihren Bereich erweitert, insbesondere wurde das ganze steirische Becken als ein hügeliges Vorland dem Gebirge angegliedert. Nirgends sehen wir aber breite, flächenhafte Abtragung — von den die Flüsse begleitenden Terrassen abgesehen — in das Felsgerüst des Gebirges eingreifen. Nur seine tertiäre Vorstufe, welche dank ihrer lockeren Sedimentbeschaffenheit viel leichter morphologischen Impulsen nachzugeben in der Lage ist, läßt noch die Entwicklung flächenhaft ausgebreiteter Abtragsformen erkennen, die offenbar unter dem Einfluß abgeschwächter tektonischer Bewegungen zur Ausbildung gelangt sind.

VI. Zyklus.

Ein sechster Zyklus leitet schließlich das letzte tertiäre Entwicklungsstadium ein. Die Eiszeit und die Nacheiszeit wird man wohl demselben großen Zyklus einfügen können, wenn auch durch das Phänomen der Vergletscherung selbst eine Fülle von Komplikationen in den Verlauf der morpho-

logischen und auch geologischen Ereignisse hineingetragen erscheint. Mindestens bis zum Beginn der Eiszeit heran bedeutet die weitere Alpenentwicklung, wie allgemein angenommen zu werden scheint, eine ganz ausgesprochene Höhershaltung des Gebirges, also offenbar einer morphologisch aufsteigenden Entwicklung. Deshalb fehlen auch höherpliozäne Ablagerungen im Bereiche der Alpen so gut wie ganz. Sie sind ausschließlich auf den tertiären Außensaum und auch hier vorherrschend auf die gebirgsferneren östlichen Teile beschränkt, offenbar auf jene Räume, in denen sich die alpine Hebung bereits bedeutend abgeschwächt hatte, beziehungsweise Senkungen gewichen war. Hier entstanden in den Zwischenphasen der vielfach unterbrochenen Tiefennagung geringmächtigere und meist terrassenförmig ineinandergeschaltete Aufschwemmungen.

Für ein Fortwirken echter tektonischer Vorgänge noch während des Quartärs sind schon seit längerer Zeit vielfache Beweise beigebracht worden. Ich brauche nur auf die von Penck und Brückner in den Südalpen beigebrachten Beispiele quartärer Verbiegungen, dann auf die von O. Ampferer schon seit langem vertretenen, später auch von A. Penck angenommenen Bewegungen im Inntal, auf deren weitere Verbreitung der letztere, ebenso wie Ampferer, in den nördlichen Alpen verwiesen haben, weiters auf die Nachweise junger Verbiegungen durch J. Stiny, J. Sölch, L. Kober und den Vortragenden (im steirischen Becken) schließlich auf die vom Vortragenden im Isonzotal festgestellten quartären Deformationen hinzuweisen.

Sicherlich erscheint ein Teil dieser Bewegungen nur als das gleichsinnige Fortwirken von im Tertiär erkennbaren Bewegungsvorgängen, wie sich an ihrem System von Verbiegungen nachweisen läßt, die sich, in Vererbung älterer Tendenzen, an der Verlegung und Veränderung des Talnetzes im steirischen Becken so deutlich zu erkennen geben.⁶⁷⁾ Bei anderen, gerade in letzter Zeit viel berufenen Erscheinungen möchte man wohl eher mit A. Penck auch an eine kräftige Mitwirkung von Belastungs- und Entlastungsbewegungen, die der jeweiligen Vereisung nach-

⁶⁷⁾ Winkler. Ztschr. d. Deutschen Geol. Ges., Abh. Nr. 4, 1926.

hinkend gefolgt wären, denken, welche letztere das sonst in der aufsteigenden tertiären Entwicklung der Alpen so unmotiviert erscheinen großer inneralpiner, quartärer Verschüttungen doch viel einfacher deuten ließen. Die Erörterung dieser Fragenkomplexe gehen aber schon über den Rahmen des Vortrages hinaus. —

Wenn wir die hier auf sechs große Zyklen verteilte, geologisch-morphologische Entwicklung der östlichen Alpen noch einmal überblicken, so muß vor allem festgestellt werden, daß die einzelnen Phasen keineswegs als gleichartig oder gleichwertig betrachtet werden können. Für die östlichen Teile unserer Ostalpen glaube ich hier hervorheben zu können, daß der erste und der zweite Zyklus durch lange Dauer gekennzeichnet waren und nach wahrscheinlich anfänglich kräftigeren Störungen, hernach, bei langanhaltender Abschwächung der Tektonik, ausgedehnte Mittelgebirgs-, beziehungsweise Flachreliefs entstehen ließen.

Der dritte, höhermiozäne Zyklus erscheint gewissermaßen als Auslösung der nunmehr kräftiger einsetzenden, vertikal gerichteten Schollenbewegungen, welche bei allgemeiner Hebungstendenz die einzelnen ostalpinen Zonen ungleichmäßig rasch aufsteigen ließen. Auch hier folgte vermutlich eine Abschwächung der Bewegungen nach.

Im vierten, oberstmiozänen - altpliozänen Zyklus scheint sich der Hebungsbereich in den Alpen geschlossen zu gestalten und die tertiären Randzonen (im steirischen Becken, in den Savefalten usw.) mitzuergreifen, sich aber, was die Stärke der Bewegung anbelangt, abzuschwächen.

Der fünfte Zyklus entspricht gewissermaßen einer stärkeren Abtönung der differentiellen Bewegungen und anscheinend auch einer noch weiteren Ausbreitung der Hebungsbereiche gegen die ungarische Ebene hin, erscheint aber in seiner Dauer gegenüber dem vierten Zyklus bedeutend geringer.

Der sechste Zyklus schließt mit ähnlicher Tendenz die Reihe der Entwicklungsstadien ab und läßt am Ostsaume der Alpen den Unterschied zwischen dem erweiterten Hebungsbereich der Alpen und ihrer Umgebung noch weniger ausgesprochen hervortreten. Hier greifen ja im Quartär sogar mancherlei Rückläufigkeiten in die Entwicklung ein.

Einige allgemeinere Fragen.

In dem Vortrage wurden schon mehrfach morphologisch-tektonische Probleme angedeutet, von denen hier einige besonders herausgegriffen seien:

Die tektonischen Vorgänge in den einzelnen Zyklen, die sedimentologischen Erscheinungen, die erstere abbilden, und der morphologische Werdegang, der durch die Bewegungen dirigiert wird, umfassen einen Entwicklungsgang des Alpenkörpers im jüngeren Tertiär, der das in seinem Überschiebungsbau bereits gefestigte Gebirge in ungleichförmiger und unregelmäßiger Weise mit wechselnden, am Ostsaum der Alpen zuerst sich einengenden, dann wieder erweiternden Umrissen zum Aufsteigen bringt. Daß die Ostalpen im jüngeren Tertiär nach Art eines Schollengebirges vorherrschend vertikale Aufwölbungen erfahren haben, wurde in neuerer Zeit in den Studien von Brückner,⁶⁸⁾ Machatschek,⁶⁹⁾ Klebelsberg,⁷⁰⁾ Kober,⁷¹⁾ Schwinner, jenen des Vortragenden⁷²⁾ und anderer häufig scharf ausgesprochen. Hier aber habe ich den Versuch unternommen, zu zeigen, in welcher Weise unsere gegenwärtigen Kenntnisse es schon gestatten, den Verlauf der Erscheinungen im einzelnen zu analysieren und dadurch das keineswegs gleichartige und regelmäßige Entwicklungsbild in einigen Hauptzügen zu rekonstruieren.

Meine Auffassung sieht zwar einen ununterbrochenen, nur örtlich aussetzenden Bewegungsvorgang in der jüngeren Alpenentwicklung vor, der allerdings örtlich und zeitlich in bezug auf seine Intensität und seinen Wirkungsbereich stark gewechselt hat, wie es auch der von Stille aufgestellten, von Schwinner physikalisch zu begründen versuchten Zyklentheorie entspricht. Der Ablauf der zugrunde liegenden tektonischen Bewegungen, welche die Landschaftsformung so wesentlich beeinflussten, scheint in der

⁶⁸⁾ Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Loc. cit.

⁶⁹⁾ Geomorphologische Probleme in den Alpen. Loc. cit.

⁷⁰⁾ Die Hebung der Alpen. Ztschr. d. Deutschen Geol. Ges., 1924.

⁷¹⁾ Die Geologie der Landschaft um Wien. Verlag Julius Springer, Wien 1927.

⁷²⁾ Über Beziehungen zwischen Sedimentation, Tektonik und Morphologie usw. Sitzsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 1923, 132. Bd., Heft 9 u. 10.

Weise verlaufen zu sein, daß auf oberoligozän-altmiozäne Phasen, mit Phasen flacher Aufbiegung und Einwalmung im Mittelmiozän, kräftige, stärker örtlich differenzierte Aufwölbungen gefolgt sind, die weiterhin wieder zu weiträumigeren Verbiegungen im obersten Miozän-Altpliozän geführt haben. Letztere haben nunmehr auch das östliche Alpenvorland teilweise mit-ergriffen, während schließlich Nachbewegungen im jüngeren Pliozän und Quartär bei scheinbarer Vereinheitlichung und weiterem räumlichem Ausgreifen der Hebung, speziell gegen Osten hin, den Entwicklungsgang der jüngsten Zyklen ausmachten. In morphologischer Hinsicht spiegelt sich die Aufeinanderfolge der tektonischen Zyklen in der Entstehung zuerst von niederen Mittelgebirgs- und Flachreliefs und in der Zeit der letzteren zur Ausbildung gelangter breiter und flacher Senken wieder, weiterhin in der Ausbildung höhermiozäner steilerer Mittelreliefs, deren weitere Umformung zu einer nur mehr randlichen Entwicklung altpliozäner Flachreliefs führte, die als breitere Terrassen in das Gebirge eingriffen; schließlich zu deren weiterer Zerschneidung und Entstehung von Mittel- und Steilreliefformen, wie sie das quartäre und in noch ausgesprochenerer Weise das gegenwärtige Gebirge uns aufzeigen.

Dabei möchte der Vortragende auf seine schon mehrfach im Anschluß an die Auffassungen von E. Sueß und F. E. Sueß⁷³⁾ betonte Ansicht neuerdings hinweisen, wonach auch mit einem Eingreifen regionaler Trans- und Regressionen in die junge Alpenrandentwicklung zu rechnen ist. Wenn die Regressionen, wie meist angenommen, in den orogenetischen Zeiten, die Transgressionen in den anorogenetischen sich einstellten, so würden sich ihre Auswirkungen mit jenen der Tektonik gewissermaßen summiert haben. Sie hätten in den Ruhezeiten durch allgemeine Hebung der Erosionsbasis die Entstehung von Flachreliefs, in den „bewegten“ Zeiten deren unvermittelte Zerschneidung gefördert.⁷⁴⁾ Die Bedeutung dieser Spiegelschwankungen liegt aber wohl mehr in ihrer weiträumigen Wirksamkeit als in dem

⁷³⁾ F. E. Sueß: Zur Deutung der Vertikalbewegungen der Festländer und Meere. Geolog. Rundschau, XI. Bd., 1921.

⁷⁴⁾ Vgl. hierzu auch A. Winkler: Über die Beziehungen zwischen Sedimentation, Tektonik und Morphologie usw. Sitzgsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 132. Bd., Heft 9 u. 10, 1923.

innerhalb enger Grenzen gelegenen Höhenausmaß dieser Schwankungen.

Eine weitere, oft noch recht verschieden beantwortete Frage betrifft das Ausmaß des jungtertiären Abtrages im Bereiche der östlichen Alpen. Aus den Phänomen der Augensteine und dessen Beziehungen zum Ennstaler Tertiär wurde geschlossen, daß im älteren Miozän nicht nur eine Abdeckung der Kalkalpen von einer wohl einige hundert Meter mächtigen Sedimentserie erfolgt ist, sondern daß auch in deren mesozoische, zum Teil ebenfalls noch denudierte Unterlage hinein, ein mittelmiozänes Relief eingelassen wurde. Die Geröllzusammensetzung des Inn- und Ennstaler Tertiärs (vermutlich Aquitan) hat den Schluß gestattet, daß zu seiner Bildungszeit die Grauwackenzone mindest noch große Teile der Tauerndecken (Zentralgneis- und Schieferhülle) überdeckt hat, von welcher sie erst im Altmiozän abgetragen wurde.

Es ist bekannt, daß die westalpinen Geologen für die tertiäre Abtragung ganz gewaltige Beträge anzunehmen pflegen und voraussetzen, daß die Denudation über gewissen alpinen Kumulationen 25 bis 30 km Gesteinsmaterial entfernt habe. Dieser Auffassung gegenüber steht jene einiger ostalpinen Morphologen, welche in unseren Alpen häufig noch ein Relief aus der Kreidezeit voraussetzten und ganz allgemein von oligozänen und miozänen Landschaften sprachen. Hier wurde zu zeigen versucht, daß die Abtragung bedeutender war, als die letztgenannten Annahmen voraussetzten, indem seit dem Ende des Oligozäns (bis zum Mittelmiozän) eine mindestens mehrere hundert Meter mächtige Gesteinsdecke von den östlichen Alpengipfeln völlig abgetragen wurde. Auch nach der Mächtigkeit der in den Randsenken aufgehäuften alt- und mittelmiozänen Sedimente zu urteilen, kann ich nicht glauben, daß sich noch irgendwo in den östlichen Alpen Landflächen aus dem Oligozän erhalten konnten. Die ältesten am Körper der Ostalpen feststellbaren Landflächen werden vom Vortragenden ins ältere Mittelmiozän eingereiht.

Für starke Abtragung noch in jugendlichen Zeiten spricht die erwähnte, vollkommene Nivellierung junger Bruchstufen im Wiener Becken, an denen Material von mindestens 200 m vertikaler Höhe in nachpontischer Zeit entfernt worden sein muß. Vollkommen klargestellt erscheinen auch die bedeutenden Ab-

tragswerte im steirischen Becken, wo die dem oststeirischen Vulkanismus zugehörigen Aschen- und Tuffaufschüttungen, die einst auf der pontischen Landoberfläche bestanden haben müssen, völlig abgetragen sind. Hier läßt sich mit Sicherheit ein nachpontischer, flächenhafter Abtrag über der Hügellandschaft im Ausmaße von mindestens 150 m, zu welchem noch die unter das Niveau der Höhenflur erfolgte Erosion hinzukommt, feststellen. So liegen also in den östlichen Alpen Anzeichen für beträchtlichere Abtragungen vor, als bisher vielfach angenommen worden war. Ob allerdings jene von Schweizer Forschern angenommenen exorbitanten Abtragungswerte, auch nur der Größenordnung nach, mit jenen der Ostalpen in Parallele gesetzt werden können, erscheint wohl noch sehr fraglich.

Zum Schlusse sei das Problem der Vielheit in der Aufeinanderfolge der alten Landflächen in den östlichen Alpen angeschnitten. Gerade die Untersuchungen des letzten Jahrzehnts haben eine große Anzahl sehr jugendlicher Störungen in den Ostalpen erkennen lassen, die teils als Brüche, teils auch als Überschiebungen in Erscheinung treten. Es lag nahe, einen weitgehenden Einfluß derselben auf das Landschaftsbild vorauszusetzen, und so fehlte es nicht an Versuchen, verschieden hoch gelegene Altflächenreste als durch Brüche gegeneinander verschoben zu deuten. Viel wertvolles Beobachtungsmaterial und anregende Deutung sind auf diese Weise durch die Untersuchungen von Ampferer, Stiny, Aigner, Machatschek, Lichtenegger, Sölch u. a. beigebracht worden. Auch eigene Studien im steirischen Becken, wie in den Südalpen, trachteten den Einfluß der Tektonik auf die Landschaftsformung stärker zu betonen.

Wenn man freilich den Gedanken einer nachträglichen tektonischen Zerstückelung dadurch verallgemeinert, daß man eine einzige miozäne Oberfläche voraussetzt und verschieden hoch gelegene Reste und Terrassen durch ungleichmäßige Schollenhebung aus derselben hervorgehen läßt, so gelangt man zwar zu einem sehr einfachen Bild des junggeologischen und morphologischen Geschehens. Ich glaube aber, daß sich dieses nicht mehr mit dem am Alpenrand feststellbaren Ablauf der Ereignisse in Einklang bringen läßt. So sehr ich also

auch im Prinzip der vielfach begründeten Auffassung einer weitgehenden tektonischen Zerlegung des mittelmiozänen Flachreliefs, speziell der nördlichen Kalkalpen, zustimmen muß, so möchte ich mich doch gegen jene Auffassungen wenden, welche die Existenz in diese eingeschalteter jüngerer Verebnungen und Terrassensysteme mehr oder minder vernachlässigen und die letzteren hauptsächlich als abgesenkte miozäne Altflächenreste deuten möchten.

Am östlichen Alpenrande sehen wir eine Fülle von Ereignissen in den Sedimenten und ihren gröberen und feineren Einschaltungen, in vielfachem Widerspiel abgebildet; ferner eine ebensolche Fülle an tektonischen Phasen, welche jeweils neue geologische Zyklen eröffneten, an den Störungen der tertiären Sedimente in klarer Weise aufgezeichnet! Söllte dieser reichhaltige geologische Entwicklungsgang in einem ganz einförmigen morphologischen Ablauf kein Gegenstück finden? Müssten wir nicht vielmehr erwarten, daß die geologisch so deutlich charakterisierten Entwicklungsperioden auch morphologische Entsprechungen besitzen?

Die Untersuchungen an der Koralpe, im Wechselgebiet ebenso wie in den östlichen Südalpen haben mich durchaus zur Annahme verschiedenaltiger, trotz und gerade infolge junger tektonischer Verstellungen teilweise ineinandergeschalteter Systeme geführt, wie es übrigens auch im Bereich der nördlichen Kalkalpen von verschiedener Seite (Machatschek, Seefeldner, Sölch, Leyden) in entschiedener Weise vorausgesetzt wird. Ich glaube also, daß es Aufgabe künftiger morphologischer Forschung sein wird, in den Ostalpen den zeitlichen Ablauf der morphologischen Ereignisse noch schärfer zu fixieren, die verschiedenaltigen Flächensysteme weiter zu verfolgen und miteinander zu parallelisieren, und daß sich hiebei die Idee des Vorhandenseins zwar nicht gleichwertiger, aber doch weit verfolgbarer und verbreiteter morphologischer Hauptniveaus als eine fruchtbare erweisen wird. Durch Vergleich mit den Ergebnissen der geologischen Forschung und durch Verknüpfung mit den korrelaten Ablagerungsserien treten hier geologische und morphologische Forschung in innige Wechselbeziehung und vermögen durch ihr Zusammenwirken zu einer Aufklärung der jüngeren Entwicklungsgeschichte unserer Ostalpen vereint beizutragen.