

ÜBER DIE ZUSAMMENHÄNGE  
ZWISCHEN GEOLOGISCHER UND GEOMOR-  
PHOLOGISCHER GEBIRGSENTWICKLUNG AM  
SÜDOSTENDE DER ZENTRALALPEN  
IM JUNGTERTIÄR

VON

**A. WINKLER**

---

SONDERABDRUCK  
AUS DER ZEITSCHRIFT DER GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE ZU BERLIN  
JAHRGANG 1928, Nr. 7/8

## Über die Zusammenhänge zwischen geologischer und geomorphologischer Gebirgsentwicklung am Südostende der Zentralalpen im Jungtertiär.

Von Artur Winkler.

Die nachfolgenden Ausführungen bezwecken zu zeigen, inwieweit das Studium des ostalpinen Randtertiärs, insbesondere seiner Sedimentations- und tektonischen Verhältnisse, schon gegenwärtig genauere Anhaltspunkte für die Deutung der morphologischen Geschichte des östlichen Alpenrandes zu gewähren vermag<sup>1)</sup>. Hier soll besonders Wert darauf gelegt werden, ein Gebiet (Koralpe) zu beschreiben, in welchem eigene Studien die Möglichkeit bieten, die Formung des Gebirgsantlitzes in enge zeitliche und genetische Beziehung zur Entstehung der jungtertiären Ablagerungen an seiner Flanke zu setzen, um sodann die allgemeinere Bedeutung der hier erzielten Ergebnisse hervorzuheben.

So wie die morphologische Forschung der Ostalpen seit kaum zwei Jahrzehnten ernstlicher in Angriff genommen wurde, so wurden auch die Beziehungen zwischen Abtragung, korrelater Sedimentaufschüttung und jungen Bewegungen einerseits und der Landschaftsformung andererseits erst in den letzten Zeiten in den Kreis stärkeren, wissenschaftlichen Interesses gerückt.

Schon in dem Jahre 1913 suchte ich nachzuweisen (44)<sup>2)</sup>, wie ein größeres, östliches alpines Randgebiet, das steirische Becken, in seiner jungtertiären Entwicklung von tektonischen Bewegungen beeinflusst erscheint, die sich in der Lagerung und Verbreitung der einzelnen Tertiärstufen, sowie in den Faziesverhältnissen der hierzu korrelaten Sedimente ausprägen. Diese Schlußfolgerungen wurden sodann 1914 auf die junge Ostalpenentwicklung überhaupt übertragen (46).

Die Untersuchungen O. Ampferers (4, 6) und jene A. Pencks (27, 28, 29) in den Nordtiroler- und bayerischen Alpen usw. haben in der letzten Zeit bekanntlich das Fortwirken tektonischer Bewegungen bis in die Quartärzeit hinein erwiesen.

Im Jahre 1921 (48), dann ausführlicher 1926 (51), habe ich auf die

<sup>1)</sup> Die folgenden Darlegungen sollen an einem konkreten Beispiele zeigen, welche wichtigere Ergebnisse die auf sedimentologisch-tektonischen Studien begründete Erforschung des alpinen Randtertiärs zu gewähren vermag, wie ich es für das Gesamtgebiet der Ostalpen schon in dieser Zeitschrift in dem Aufsätze „Das jüngere Entwicklungsbild der Ostalpen“ (Jg. 1926 Nr. 9/10) anzudeuten versucht habe.

<sup>2)</sup> Die in Klammern gesetzten Ziffern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluß dieser Studie.

Andauer tektonischer Bewegungen im steirischen Becken, welche hier in Form von Aufwölbungen und Einmuldungen in Erscheinung treten, bis in die Gegenwart hinein verwiesen und auf die große Bedeutung dieser Erscheinungen für die morphologische Ausgestaltung der Täler aufmerksam gemacht.

Die Arbeiten von W. Petrascheck (32, 33, 34), J. Stiny (42, 43), R. Schwinner (36, 37), G. Götzinger und H. Vettors (11), K. Friedl (10) und in letzter Zeit jene von K. A. Bobies und H. Küpper (20) haben für einzelne ostalpine Gebiete die Bedeutung der Jungtektonik schärfer herausgearbeitet. Daß auch die geomorphologischen Einzeldarstellungen von diesen tektonischen Gesichtspunkten stärker beeinflußt erscheinen, kann nicht wundernehmen. Die Arbeiten von R. Schwinner (36), O. Lehmann (21), E. Spengler (38), F. Machatschek (26), N. Lichtenecker (24) und anderer rücken den Gesichtspunkt junger, tektonischer Beweglichkeit stärker in den Vordergrund.

Durch die neue Wegeweisenden Untersuchungen des unvergeßlichen W. Penck, der in seiner „Morphologischen Analyse“ (31) bekanntlich nicht nur wichtige morphologische Gedankengänge schärfer erfaßt und formuliert, sondern auch in großzügiger Weise morphologisches und tektonisches Geschehen enger miteinander verknüpft hat, erscheint mir die Richtung angegeben zu sein, in der sich die künftigen Untersuchungen alpiner Morphologie bewegen werden. Versuche in dieser Hinsicht sind von W. Penck selbst (31, S. 187 bis 201), von O. Ampferer (5) u. a. unternommen worden.

Gerade die großen Differenzen, die zwischen den im letzten Jahrzehnt veröffentlichten Synthesen über die morphologische Entwicklung der Ostalpen bestehen (A. v. Klebelsberg [18, 19], A. Penck [30], O. Ampferer [5], F. Leyden [22], F. Machatschek [26], E. Brückner [9], J. Sölich [30], A. Aigner [1] und eigenen [52, 49]), zeigen wohl zur Genüge an, daß es vor allem noch an grundlegender Spezialarbeit mangelt, wobei freilich auch eine enge Fühlungnahme mit den geologischen Ergebnissen der Tertiärforschung nötig erscheint.

Für die Feststellung der jungtertiären Entwicklungsgeschichte im Miozän bildet das von mir genauer untersuchte Gebiet der Koralpe und dessen, dem südweststeirischen Tertiärbecken zugehörige Flanke einen wichtigen Schlüsselpunkt, während für die Kenntnis der pliozänen Entwicklung speziell die südöstliche Steiermark die Grundlage für meine Schlußfolgerungen darbot.

### **I. Der geologische Entwicklungsgang der Koralpe und des anschließenden steirischen Tertiärbeckens in der Miozänzeit<sup>1)</sup>.**

Die Koralpe, der Eckpfeiler der südöstlichen Zentralalpen, stellt ein altes, nur randlich (speziell am Südsaum) von der Alpenfaltung überwältigtes Massiv dar, welches an seiner Ostflanke von tertiären Sedimenten eingehüllt wird, die zum Teil tief in das Gebirge ein-

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu meine Darlegungen in der Darstellung in Denkschr. d. Akad. d. Wiss. 1927 (56).



Miozän zwei Entwicklungszyklen feststellen: Der erste Zyklus beginnt mit den grobkörnigen Radelschuttbildungen (Wildbachschutt), führt über die mittelgroben, vorherrschend fluviatilen unteren Eibiswalderschichten zu feinkörnigen, limnischen höheren Eibiswalderschichten und endet mit wieder etwas gröberen, am Gebirgsrande Grobschotterbänke enthaltenden, fluviatil-limnischen Sedimenten, die ich als Äquivalente der marinen steirischen Grunderschichten (Florianertegel usw.) auffasse. Dieser erste Zyklus umfaßt also das untere und mittlere Miozän.

Hierauf setzt mit dem Obermiozän ein zweiter Zyklus ein, wieder mit groben Wildbachschuttmassen, die mit fluviatilen und marinen Konglomeraten an der Basis der zweiten Mediterranstufe in Verbindung stehen und führt über Deltaschotter und Sande zu normalen marinen Sedimenten (Leithakalke, Sande und Mergel) des Jungmediterrans und — weiter im Osten draußen — zu jenen des älteren Sarmats. Dieser obermiozäne Zyklus ist durch eine ausgesprochene tektonische Diskordanz, die Faltungen und Schrägstellungen erzeugt hatte, von dem älteren geschieden. Diese Bewegungen entsprechen Stilles „Steirischer Phase“ der Gebirgsbildung<sup>1)</sup>.

1. Zyklus. Der mit Riesenblöcken gespickte Wildbachschutt, welcher, in größerer Mächtigkeit aufgestapelt, den ersten Zyklus eröffnet, zeigt an, daß zur Zeit seiner Entstehung ein von Schluchten und Rinnen zerschnittenes Gebirge in der Koralpe vorhanden gewesen sein muß, an dessen Südsaum gewaltige Schuttmengen, — vermutlich durch eine Bruchstufe von den Gebirgshöhen geschieden — niedergelegt wurden. Der Beginn des Miozäns kennzeichnet sich also durch eine intensive Erosion mit der Schaffung eines Steilreliefs. Die nach oben zu immer feiner werdenden, zu normalen Flußablagerungen und schließlich in mächtigere Seebildungen übergehenden Sedimente des unteren und mittleren Miozäns, welche schrittweise über die Koralpe übergriffen und schließlich über deren Bereich hinaus an der Stub- und Gleinalpe bis in das nördliche steirische Becken vordrangen, deuten uns an, daß die zweifellos fortdauernde Aufwölbung der inneren Gebirgsteile schwächer wurde, daß durch die weiter ausgreifende Senkung neue Randteile in diese eingezogen wurden und daß das Relief der Landschaft zu einem immer weniger ausgesprochenen Flachrelief geworden ist<sup>2)</sup>.

Als schließlich, gegen Ende dieser Entwicklungsepoche, das Meer der steirischen Becken vordrang, machten sich vom Gebirge her wieder die Einflüsse etwas stärkerer Schutzzufuhr, wohl durch eine tektonische Neubelebung veranlaßt, geltend (Karinthisches Delta).

2. Zyklus. Dies bedeutet offenbar den Auftakt zu dem Eintritt des zweiten tektonischen Zyklus. Dieser letztere markiert sich durch eine recht ausgesprochene Änderung in den Sedimentationsbedingungen, wie sie sich an dem bis weit nach Osten hinaus erkennbaren Ab-

<sup>1)</sup> H. Stille (11) S. 185.

<sup>2)</sup> A. Kieslinger (17) möchte einige am Südostfuß der Koralpe auftretende Schichtlappen kohleführender Eibiswalderschichten als Ausfüllungen vormiozäner Talrinnen deuten.

transport groben Blockwerks von der Koralpe her ausprägt<sup>1)</sup>. Die nachweisbaren Diskordanzen zwischen den älteren und den jüngeren Komplexen beweisen, daß es ein kräftiges Aufleben der Gebirgsbewegungen gewesen ist, welches die so auffällige Belebung des Tiefenschurfes an der Koralpe und die so mächtige Aufstapelung des Abtragschuttes an der offenbar in steter Bewegung befindlichen Bühne seines Vorlandes bedingt hat. Hier stehen die vordringenden Fluten des Meeres mit den noch weit vom Gebirgsfuß weg mit großen Blöcken gespickten Wildbachschuttkegeln in stetem Kampf. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Beginn dieser Phase durch eine kräftige und unregelmäßige Aufwölbung der Koralpe eingeleitet war, welche hierbei von tieferen Erosionsrinnen zerschnitten wurde, um bald darauf — im Gefolge der von den Rändern des Gebirgsfußes her vorgreifenden Senkungen — wieder mit gewaltigen Blockschuttmassen in ihren Hohlformen aufgefüllt zu werden. In den höheren Lagen und ferner vom Gebirgsfuß stellen sich auch normale Sedimente ein. Das Untersarmat, welches freilich erst weiter draußen in der östlichen Steiermark entwickelt ist, deutet wieder auf ungestörte Absatzbedingungen.

3. Zyklus. Erst im höheren Sarmat machen sich wieder die Anzeichen eines weiter ausgreifenden und etwas kräftigeren fluviatilen Transports in das Meer hinein geltend (Sarmato-karintisches Delta), welcher Vorgang wahrscheinlich schon als Auftakt und als Einteilung eines neuen (dritten) spätmiozän-frühpliozänen Zyklus gelten kann. Damals wurden bis über faustgroße Gerölle mit starker Beimischung südalpinen Kalkmaterials durch einen Vorläufer der Drau, der noch in das steirische Becken mündete, bis in die Oststeiermark hinaus gebracht. Dieser dritte Zyklus umfaßte anscheinend das höhere Sarmat und das Ponticum, in welchen Zeiten nur mittelgrobe Schotter zeitweilig von den Flüssen in das oststeirische Seebecken vorgeschüttet wurden.

4. Zyklus. Erst gegen das Ende des Ponticums macht sich wieder ein kräftigeres Aufleben von Gebirgsbewegungen geltend, das sich in einer ausgesprochenen tektonischen Störungsphase (Rhodanische Phase Stilles) markiert. Hindurch wurde ein weiterer, vierter Entwicklungszyklus eingeleitet, der wohl bis in die Gegenwart reicht und Grobschotter auf fluviatilem Wege bis an den Rand der kleinen ungarischen Ebene heranschaffte.

## II. Die morphologische Entwicklung der Koralpe.

(Siehe Abb. 56 und 57.)

Mit diesem geologischen Entwicklungsgang soll nun die Entstehung des morphologischen Formenschatzes in Parallele gestellt werden. Schon ein oberflächlicher Anblick der Koralpe zeigt, daß sich eine Vorstufe des Gebirges von etwa 800 bis 1200 m Seehöhe von deren Hochgebiet deutlich abhebt, eine Erscheinung, die auch A. Aigner (I, S. 122) zutreffend hervorgehoben hat. Steilere Hänge führen von der Vorstufe, die selbst in mehrere Teilstufen zerfällt, zur heutigen

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu außer meinen schon zitierten Arbeiten die Studie G. Hießleitner: „Das Wieser Revier“ (17).

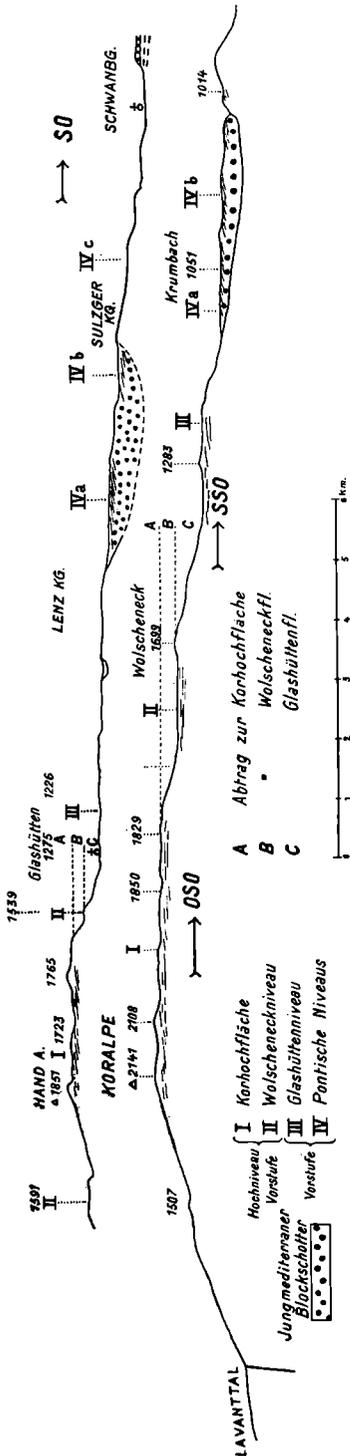


Abb. 57. Profile durch die Koralpe.

Talsole herab. Mit einem zum Teil recht markanten Aufschwung erhebt sich das Hochmassiv der zentralen Koralpe über die Vorstufe (s. Abb. 57).

Dieser Hochtteil des Gebirges zeigt mehrfache Abstufungen, besonders ausgeprägt in einer Höhe von 1500 bis 1600 m, welche letztere ich als ein Leitniveau (Garanas-Niveau) besonders hervorheben möchte. Aigner hat sie schon ausdrücklich beschrieben. Aber noch bedeutend darüber lassen sich nahe unter dem Koralpengipfel (etwa 1900 bis 2000 m) Reste einer älteren Landfläche feststellen, über welche sich die Kulmination der Koralpe noch über 100 m erhebt (Korniveau). F. Heritsch und A. Aigner haben vor kurzem die Aufmerksamkeit auf dieses alte Hochniveau gelenkt.

Wie lassen sich nun diese Reste alter Landoberflächen, die ineinander geschalteten, zeitlich aufeinander folgenden Stadien in der Landschaftsentwicklung entsprechen<sup>1)</sup>, in die vorerwähnten geologischen Zyklen einfügen?

a) Das Alter der Vorstufe. Von den Teilflächen der „Vorstufe“ ist insbesondere ein höheres Niveau (Glashütten-Niveau) in etwa 1200 m Seehöhe und ein tieferes Niveau (Weitensfeld-Trahütten-Niveau) in 900 bis 1000 m Seehöhe deutlich ausgeprägt, welche letzterem die ausgedehnte Hochfläche von Weitensfeld—Trahütten (Abb. 56), die Terrassengesimse im Gebiete von Hoch-Osterwitz, die ausgeprägte, schon von mir 1921 erwähnte Landoberfläche von St. Lorenzen ob Eibiswald und schließlich z. T. die im Gebiete von St. Katharina—Wiel auftretenden von A. Kieslinger (14) beschriebenen Flächenreste angehören. An der NW-Flanke der Koralpe sind die ausgedehnten Flächen von Preitenegg zugehörig. Für die Alters-

<sup>1)</sup> A. Aigner (1, S. 199—207) hatte vermutet, daß die Vorstufe die tektonisch abgesenkte Fortsetzung der hochgelegenen Landoberfläche im zentralen Koralpengebiet darstelle und ihr zeitlich entspräche. Gegen diese Annahme habe ich aus geologischen und morphologischen Gründen Stellung genommen (63, 64).

bestimmung der letztgenannten Oberflächen ist vor allem deren Beziehung zu den mächtigen und tief in die Koralpe eindringenden, jungmediterranen Blockschuttmassen von besonderer Wichtigkeit, welche bisher so gut wie unbekannt waren und erst durch meine Untersuchungen in den Jahren 1920 bis 1926 — zum Teil ganze Bergrücken zusammensetzend — festgestellt wurden (siehe Abb. 56 und 57)<sup>1)</sup>.

Das Hauptniveau (Weitensfeld—Trahütten-Niveau) der Vorstufe muß, da es diese Ablagerungen am Höhenrücken des Greßenberg, nordwestlich von Schwanberg und an jenem von Krumbach, westlich von Eibiswald, terrassiert, jünger als letztere sein, und wird wahrscheinlich dem Unterpliozän zugehören (siehe Abb. 57). In gleiche Richtung weisen die am Südsaum der Koralpe bei St. Lorenzen und östlich davon am Remschnigg-Possruck gemachten Beobachtungen, welche ergeben haben, daß die hier auftretenden Miozänsedimente noch von bedeutenden Verbiegungen und teilweise von Faltungen betroffen wurden, welche in der Oberfläche des Gebirges, die zeitlich der Koralpen-Vorstufe zweifelsohne entspricht, nicht zum Ausdruck kommen. Die Landoberfläche ist hier offenbar jünger, als die letzte, große, in die Miozän-Pliozänwende einzureihende Gebirgsbewegung. Auf Grund dieser Feststellungen erscheint der Pliozänbeginn als untere Altersgrenze für die Ausbildung der „Vorstufe“.

Eine obere Altersgrenze hierfür ergibt sich aus der Tatsache, daß im steirischen Becken am Ende des Ponticums (im Jungponticum und besonders unmittelbar nachher) Tiefenerosion einsetzte, die sich in der Förderung von Grobschottern ausprägte, wie sie auch noch im höheren Pliozän vorherrschte. Auch zeigt die Höhenlage, welche die jüngstpontische Landoberfläche in Oststeiermark, die noch die spätpontischen Basalte übergreift, aufweist, eine starke, junge Hebung und Dislozierung an, welcher Vorgang, ebenso wie die damit verbundene Zertalung, schon unmittelbar nachpontisch eingesetzt haben. Aus diesen Tatsachen resultiert für das Hauptniveau der Vorstufe ein pontisches Alter, eine Annahme, welche auch mit dem vorherrschend fein- oder mittelkörnigen Sedimentcharakter der pontischen Sedimente im steirischen Becken in Übereinstimmung steht<sup>2)</sup>.

b) Glashüttener Niveau (Abb. 56 u. 57). Ein höheres, aber noch der Vorstufe zuzurechnendes Niveau kann im Zentralteil der Koralpe in etwa 1200 m Seehöhe vorausgesetzt werden. Ich habe es als Niveau von Glashütten (50, S. 67) hervorgehoben und vermute, daß es zeitlich der sarmatischen Stufe entspricht. Jedenfalls erscheint es jünger, als jener große Bewegungsvorgang, welcher den Zentralteil

<sup>1)</sup> Das Alter dieses Blockschutts konnte bei Schwanberg durch Überdeckung der Äquivalente der Grunderschichten und durch rinnenförmige Einlagerung in die Eibiswalderschichten als nachältermiozän festgelegt werden. Er erscheint, wie seine Beziehungen zu den östlichen, marinen Blockablagerungen ergeben haben, als zeitliches Äquivalent der Grobschotterbildungen der zweiten Mediterranstufe, bzw. deren basalen Teile und leitet den zweiten Hauptzyklus der miozänen Entwicklung ein. Neuestens fand ich den Blockschutt auch am NWabfall der Koralpe oberhalb Preitenegg.

<sup>2)</sup> Die pontischen Schotter sind im allgemeinen viel weniger grob ausgebildet, als jene, wie sie gegenwärtig Mur und Raab mit sich führen.

der Koralpe über seine Flanken emporgewölbt hat. Diesem Niveau gehört voraussichtlich auch der von A. Kieslinger (14, S. 120, 124) erwähnte alte Talzug an, der aus dem oberen Feistritzgraben über den Waldpeter gegen Wiel zur Sulm führt.

c) Das Alter der hochgelegenen Niveaureste der Koralpe. Wolscheneck-Niveau und Korniveau. Der höher aufragende Teil der Koralpe läßt in größerer Ausdehnung die Reste eines alten Mittelreliefs erkennen. Diesem gehören im zentralen Koralpengebiete als alte Talböden oder Flanken flacher Hügelwellen die Flächen von über 1600 m Seehöhe (zwischen Kleinalpe und Koralpe um 1660 m, beim Bodenwirtshaus und am Wolscheneck um 1650 m) und vermutlich auch die erste Anlage der später glazial umgestalteten Kare der Koralpe an, deren fluviatile Vorzeichnung schon F. Heritsch erkannt hat<sup>1</sup>). Weiter im Norden, wo die Hebung eine schwächere gewesen ist, möchte ich vermutungsweise die Flächen am Moschkogel (über 1500 m), vor allem aber die prächtigen Ebenheiten der „Seeeben“ (1440 m), der Freiländer Alpe (nordwestlich von St. Oswald bei Freiland) und den tieferen Teil der Weineben demselben Niveau zuzählen, welchen hier eine flache Kuppenlandschaft aufgesetzt erscheint. Ich möchte dieses Niveau als „Wolscheneck-Niveau“ bezeichnen (Abb. 57).

Es überragt deutlich die Flachlandschaft der Vorstufe und wird von den jungen Erosionsrinnen her angegriffen. Der beträchtliche und markante Höhengsprung, welcher das Wolscheneck-Niveau von der Vorstufe scheidet, läßt voraussetzen, daß nach seiner Ausbildung eine bedeutende Aufwölbung der zentralen Koralpenteile und eine kräftige Zerschneidung derselben eingetreten ist.

Einen solchen Vorgang sehen wir nun in der Sedimentation an der Flanke des Gebirges deutlich durch die mächtigen, vom zentralen Koralpengebiet gewissermaßen ausstrahlenden Schuttmassen angedeutet, welche aus grübstem Blockwerk zusammengefügt erscheinen und nur von Wildbächen mit bedeutendem, tektonisch belebtem Gefälle herababgeführt und auf sinkendem Boden in den randlichen Gebirgstteilen aufgehäuft werden konnten. Denkt man sich diese Schuttrinnen der östlichen Koralpe ausgeräumt, so fügt sich ihre (verbogene) Sohle dem Höhenniveau nach sehr gut der Uranlage jener Hohlform an, welche in der gehobenen Scholle durch das Tiefergreifen der Erosion von dem (heutigen) 1600 m-Niveau zu dem 1200 m-Niveau geschaffen wurde. Mit anderen Worten: Der Schutttransport steht offenbar mit der Aufwölbung des zentralen Gebirges über seine heutige Vorstufe in genetischem Zusammenhang. Da dieser tektonische Vorgang an der Wende vom Mittel- zum Obermiozän anzusetzen ist, so muß das vorerwähnte Mittelrelief (Wolscheneck-Niveau) an den höheren Kor-

<sup>1</sup>) F. Heritsch (12) hatte den Talschluß des Hochseekars mit dem jüngeren 1200 m Niveau (= Niveau von Glashütten) in Verbindung gebracht.

alpenteilten älter als Obermiozän sein und ist vermutlich an das Ende des Mittelmiozäns (Bildungszeit der steirischen Grunderschichten)<sup>1)</sup> zu setzen.

Daß diese Ableitung richtig ist, ergibt sich vor allem aus der Tatsache, daß sich die tief eingreifenden Schuttrinnen genau an den heute höher aufragenden Teil der Koralpe (etwa 1600 m) knüpfen. So zieht vom Zentralgebiet der Koralpe eine Schuttrinne in etwa östlicher Richtung über den Gressenberg-Rücken gegen Schwanberg und über den Krummbachrücken über St. Oswald nach Eibiswald und Wies. In den nördlich von Deutschlandsberg gelegenen, niederen Koralpentteilen ist dagegen ein solches Abfließen von Schuttkegeln nicht bekanntgeworden (siehe Abb. 56).

Das Kor-Niveau (siehe Abb. 56 und 57). Noch älter als diese, dem Wolscheneck-Niveau zugezählten Reliefformen sind jene Flächenreste anzusehen, welche sich um den Gipfel der Koralpe (2143 m) in Seehöhen von 1900 bis 2000 m gruppieren, auf welche auch schon Heritsch und Aigner (12, 1) verwiesen haben. Nördlich und südlich seines Zentralteils wird der Koralpenrücken niedriger. Im Gebiete der Handalpe vermute ich das Korniveau, weniger hochgehoben, im Sattel südlich Moschkogel (1745 m), im höheren Teil der Weineben (um 1723 m) und in den ausgedehnten Flächen um den Bärofen und die Hofbauer-Alpe (um 1680 bis 1700 m).

Die Bildungszeit des Korniveaus möchte ich in den Schlußabschnitt der Eibiswalder Schichtablagerung (Ende des älteren Miozän [Mittelmiozän]) versetzen. Zur Zeit, als sie entstanden sind, waren selbst die innersten Teile der Koralpe nur von einem flachwelligen Hügellandrelief eingenommen. Damit stimmt nicht nur der feine Sedimentcharakter der höheren Eibiswalder Schichten, die selbst in Grundgebirgsnähe nur aus Tonen und meist feinkörnigen Sanden bestehen, sondern auch die Tatsache ihres nachweisbaren, damals weiteren Übergreifens an den Hängen der südlichen Koralpe überein<sup>2)</sup>. Der Abtragsraum des Gebirges war damals sehr eingengt und dessen Höhe eine sehr geringe.

d) Das Fehlen vormittelmiozäner Flächenreste an der Koralpe. Ältere, als mittelmiozäne Flächenreste glaube ich in der Koralpe und wohl auch an den anderen Randgebirgen des steirischen Beckens nicht voraussetzen zu können. Die Sedimentationsverhältnisse des älteren Miozäns (Radelschutt und untere Eibiswalder Schichten) sprechen für eine während ihrer Entstehung vor sich gehende, sehr gewaltige, nach Hunderten von Metern betragende flächenhafte Denudation des Koralpengebirges, wodurch offenbar schon damals die älteren Landoberflächen vollständig der Zerstörung anheimgefallen sind. Auch die Beschaffenheit des Geröll-

<sup>1)</sup> Nur vermutungsweise hatte ich früher dieses Niveau für etwas jünger (obermediterran) gedeutet.

<sup>2)</sup> Am Südostsaum der Koralpe, im Gebiete von Wies und Steieregg, heben sich mächtige, feinkörnige Schichtkomplexe (Tone und Sande der Eibiswalder Schichten) mit einem freien Schichtkopf über ihre Gneisunterlage westwärts aus. Sie müssen früher an der Flanke des Gebirges viel weiter hinauf gereicht haben.

materials mit ihren groben und größten Schottermassen weist auf ein Steilrelief in der Koralpe während des älteren Miozäns hin. Erst aus dessen allmählicher Abflachung und Erniedrigung scheint im Mittelmiozän schließlich das höchstgelegene Korniveau hervorgegangen zu sein. Seine, auf einem steileren Relief bestehenden Vorläufer sind offenbar schon vorher völlig der Zerstörung anheimgefallen.

e) Überblick über die morphologische Entwicklung der Koralpe. Wir erhalten sodann folgenden morphologischen Entwicklungsgang für das Koralpengebiet. Unter lebhaften tektonischen Bewegungen setzt der erste (unter- bis mittelmiozäne) geologische Zyklus ein, der zuerst zu einem Steilrelief führte. Dessen allmähliche, durch Abtragung vor sich gehende Abflachung — bei gleichzeitig fortdauernden, aber sich immer mehr abschwächenden epirogenetischen Bewegungen — hat sodann die Entstehung eines Mittelreliefs und schließlich eines Flachreliefs bedingt, welches letzterem schon ein mittelmiozänes Alter zukommt. Dieses Stadium der Landschaftsentwicklung liegt uns vermutlich in der ältesten, noch erkennbaren Oberfläche im Hochgebiet der Koralpe vor. Es ist also im Verlaufe dieser Vorgänge, bei Gleichzeitigkeit von tektonischem und morphologischem Geschehen, ein Überwiegen der abtragenden Kräfte gegenüber den relieferzeugenden, bewegenden Vorgängen zu verzeichnen (absteigende Entwicklung im Sinne W. Penck's). Dieser Entwicklungsgang endete mit einem schwachen Neuaufleben der Tiefenerosion, welche — bei offenbar wieder etwas kräftigeren, tektonischen Bewegungen — einen aufsteigenden, morphologischen Entwicklungsgang einleitete und ein ausgeglichenes Mittelrelief an der Koralpe entstehen ließ (Wolscheneck-Niveau).

Dann machte sich an der Wende zum Obermiozän ein tektonischer Paroxysmus geltend, der in einer raschen, mehrere hundert Meter betragenden Aufwölbung der zentralen Koralpe und einer gleichzeitigen Senkung ihres Vorlandes zum Ausdruck kam und als Einleitung des zweiten (obermiozänen) geologischen Zyklus gelten kann. Hierdurch wurde ein gewaltiger Transport von Grobschutt bis weit nach dem Osten hinaus eingeleitet. Im Hebungsbereiche wurden die älteren Landflächenreste, soweit sie nicht zerstört wurden, in bedeutendere Höhenlage versetzt.

Beim Abflauen dieser Bewegungen, besonders wohl im Sarmat, wurden dann die höheren Fluren der Vorstufe (Niveau von Glashütten) und nach einer neuerlichen, wohl weniger bedeutenden Akzentuierung der Hebungsvorgänge, die den dritten (altpliozänen) Zyklus der geologischen Entwicklung einleitete, die Flächen der tieferen Vorstufe (Niveau von Weitensfeld—Trahütten) geschaffen, deren pontisches Alter oben angegeben wurde. Post-(Spät-)pontische Bewegungen bedeuteten den Beginn eines vierten geologischen Zyklus, der bis zur Gegenwart reicht.

### III. Tektonische Vorzeichnung der entstehenden Landoberflächen.

Es soll hier ausdrücklich, um Mißverständnissen vorzubeugen, darauf verwiesen werden, daß während keines der vorangehenden

Zyklen eine vollkommene Einebnung der Koralpe oder auch nur (mit Ausnahme des ersten Zyklus) ein das ganze Koralpengebiet überspannendes Flachrelief zur Entwicklung gekommen ist. Im Gegenteil zeigt es sich, daß im großen und ganzen im Verlaufe des Obermiozäns und des Pliozäns eine zunehmende Höherschaltung des Gebirgskörpers stattgefunden hat, welche in Form einer Aufbiegung der Koralpe, bei gleichzeitiger Absenkung ihrer östlichen und vermutlich auch westlichen Flanke, vor sich gegangen ist, wobei häufig eine Verschiebung der Grenzen von Hebungs- und Senkungsbereichen zu konstatieren ist.

In die morphologisch aufsteigende Entwicklung während des vorgenannten Zeitraumes schalteten sich jedoch öfters Perioden ein, in denen sich an den mehr oder minder breiten Grenzsäumen der Hebungs- und Senkungszone Veränderungen in den Erosionsbedingungen, insbesondere ein zeitweiliges, oft völliges Abschwächen oder sogar Erlahmen der Tiefennagung morphologisch leicht zur Geltung bringen konnte. Hierdurch wurde die randliche Angliederung, teilweise auch die Einschachtelung, jüngerer Landflächen in ältere hinein ermöglicht. Diese Randstreifen am jeweiligen Saume des Gebirges sind es also, in welchen sich die deutlichen Anzeichen jüngerer miozäner und -pliozäner Landflächenbildung beobachten lassen. Offenbar konnten sich, je schwächer die Bewegungen in dieser kritischen Zone gewesen sind und je breiter dieser Saum gestaltet war, um so ausgedehntere, jüngere Vorstufen dem Hauptstamme des Gebirges angliedern. Unter diesen Voraussetzungen erscheint das Auftreten von jüngeren Abtragsflächen, die sich einem höheren Gebirge anfügen, verständlich, ohne daß gleichzeitig das letztere durch jene Abtragsvorgänge, welche die Vorstufe geschaffen hatten, völlig der Aufzehrung anheimfallen mußte.

Allerdings vertrete ich die Auffassung (52), daß die jeweilige Entstehung eines ausgeprägten Flachreliefs, bzw. dessen kräftige Zerschneidung in bestimmten Phasen nicht allein auf das Abschwächen tektonischer Bewegungen zurückzuführen ist, sondern daß sich hierin auch der Einfluß einer regionalen Hebung bzw. Absenkung der Erosionsbasis widerspiegelt; mögen diese letzteren Erscheinungen nun durch eustatische Strandverschiebungen, durch regionale, von der Lokaltektunik unabhängige Krustenbewegungen oder durch eine Kombination beider Vorgänge bedingt gewesen sein. Die weite Verbreitung solch gleichsinniger Niveauverschiebungen am Alpenrande, ebenso wie die kontinentale Ausdehnung gewisser geologischer Transgressionen, über tektonisch verschiedenes Gelände hinweg, scheinen mir zugunsten auch des Eingreifens regionaler Veränderungen der Erosionsbasis in das lokaltektonische und morphologische Getriebe am östlichen Alpenrand zu sprechen. Wenn nun, wie meistens vorausgesetzt wird, die Transgressionen hauptsächlich in den sogenannten anorogenetischen Zeiten, die Regressionen aber in den orogenetischen Zeiten sich einstellten, so würden jeweils die abgeschwächte Tektonik und die „regionale“ Hebung der Erosionsbasis gleichsinnig die Ausbildung von Flachreliefs begünstigt haben. Andererseits würde eine „regionale“ Regression, wenn sie gleichzeitig mit dieser mit einer stärker auflebenden Tektonik eintrat, die unvermittelte Zer-

schneidung älterer Landflächen und die Schaffung eines Steilreliefs gefördert haben. Auch diese Momente sollen meiner Meinung nach bei Betrachtung der jungalpinen Tektonik und Morphologie nicht außer Betracht bleiben.

#### IV. Tektonische Westbegrenzung der Koralpe.

Gegen Westen hin erscheint die Koralpe durch den Lavanttaler Bruch (H. v. Höfer, Sitzb. d. Ak. Wien 1899) von der ostkärntnerischen Senke (Lavanttal) geschieden. Dieser entspricht einer Dislokation von zwar älterer Anlage, die aber noch in pliozäner Zeit in kräftigem Aufleben begriffen war, wie die Störungen mittelmiozäner, Kohle führender Ablagerungen (W. Petrascheck 32, R. Beck 7, 8), das Auftreten eines (vermutlich pontischen) Basalts und die von A. Spitz (40) und von mir (46, 54, S. 28) hervorgehobenen Beziehungen zu den postpontischen Savefalten schließen lassen. Auch die morphologischen Verhältnisse lassen hier nur die Deutung zu, daß die Senkung des Lavanttales erst durch nachpontische Bewegungen eingetreten ist. Ansonsten wäre die Tiefenlage der Landoberfläche und die niedrige orographische Lage der im südlichen Lavanttal auftretenden, aus widerstandsfähigen Gesteinen bestehenden Triasscholle von St. Paul nicht zu verstehen. Nähere Untersuchungen über diese Störungslinie hat A. Kieslinger begonnen. (Vortrag in der Geolog. B. A. Wien, März 1928.)

Durch die scharfe Abknickung (bzw. Abbruch) der Koralpe gegen Westen hin, an dem Lavanttaler Bruche, und durch ihre weitaus flachere Abbeugung gegen Osten, zum steirischen Becken, wurde das von mir schon seit langer Zeit hervorgehobene Bild einer pultförmigen Schrägstellung der südlichen Koralpe geschaffen, welches schon bei Betrachtungen einer Übersichtskarte so eindrucksvoll zum Ausdruck kommt.

#### V. Tektonische Teilbewegungen im Koralpengebiet (Abb. 56).

Zu diesen hier angegebenen Störungen kommen noch Teilbewegungen hinzu, auf welche auch A. Kieslinger (12, S. 120 bis 123) verwiesen hat, und welche sich innerhalb der südlichen Koralpe vermuten lassen. So deutet meiner Auffassung nach (61) die Tiefenzone des Buchenberggebietes bei St. Oswald (westlich von Eibiswald), welche zwischen den höher aufsteigenden Schollen des Kremserkogels—St. Anna im Norden und jenen des Haderniggkogels im Süden gelegen ist, auf eine noch im jüngsten Tertiär fortwirkende Einmuldung hin. Ich fasse diesen Streifen als die westliche Fortsetzung der Saggau-mulde, welche vom östlich anschließenden Tertiärrande heranstreicht, auf. An ihr kann aus den jungen Verlegungen der Flußläufe auf ein bis in die Gegenwart hinein andauerndes Fortwirken tektonischer Einmuldung geschlossen werden (vgl. hierzu auch meine Darlegungen in Verh. d. geöl. Bundesanstalt Wien 1928. Nr. 1 Jahresbericht).

Einige junge Talverlegungen in der südlichen Koralpe, auf welche Kieslinger (12) und ich hingewiesen haben, hängen meiner Meinung nach zum Teil mit den erwähnten jungen Einwalmungen, zum Teil mit der raschen Tiefenerosion, die sich von der tektonisch tief hinab-

gebogenen Drausenke her (Marburg—Pettauerfeld) geltend macht, zusammen.

Das Gesamtgebiet der Koralpe hat zweifelsohne bei diesen tektonischen Bewegungen durchaus keine gleichartigen Schicksale erfahren. So wie sich eine Abbiegung der Scholle nach Osten hin gegen die hinabtauchende weststeirische Senke vollzogen hat, so muß das Bewegungsausmaß auch vom Zentralgebiet gegen Norden und Süden hin, speziell bei der mittelmiozänen Bewegungsphase, ein bedeutend schwächeres gewesen sein. Es ist also eine stärkere Aufbiegung der zentralen Teile der Koralpe gegenüber ihren Flanken vorauszusetzen.

## VI. Zusammenfassung und allgemeine Schlußfolgerungen.

Das morphologische Studium am Ostrande der Zentralalpen hat einige Ergebnisse von allgemeinerer Bedeutung gezeitigt:

1. Den Nachweis, daß die ältesten, an der Koralpe und vermutlich am Ostrande der Zentralalpen überhaupt feststellbaren Landoberflächen nicht über die Mittelmiozänzeit zurückreichen, somit altmiozäne oder gar oligozäne Landformen morphologisch nicht mehr erkennbar sind.

2. Den Nachweis stärkerer tektonischer Bewegungen am Ende der mittleren Miozänzeit, welche die ältest noch erkennbaren mittelmiozänen Landoberflächen höher aufgewölbt und überhaupt die stärkere Individualisierung der einzelnen Gebirgszüge bedingt haben.

3. Die Feststellung des Alters der breiten Vorstufe des Gebirges, deren Hauptentwicklung in die pontische Zeit fällt.

4. Die Feststellung der pontischen Landformung vorausgehender tektonischer Bewegungen, welche die weitere Höhershaltung des Gebirges veranlaßt und die randlichen Beckenteile mitergriffen haben.

5. Die Festlegung noch weiter ausgreifender Aufwölbungen, welche vermutlich schon spätpontisch markanter eingesetzt und unmittelbar nachpontisch sich noch schärfer akzentuiert haben, von welchen Randgebirge und steirisches Becken einheitlich ergriffen, jedoch im einzelnen ungleichmäßig verbogen wurden. Erst unter dem Einfluß dieser, offenbar bis in die Gegenwart fortwirkenden Bewegungen ist das junge Landrelief entstanden.

Diese an der Koralpe erzielten Ergebnisse finden in den benachbarten zentralalpinen Randgebieten ihre Bestätigung und Erweiterung. Die mittelmiozänen Bewegungen mit ihrem Gefolge von Blockschottern und groben fluviatilen Schottern prägen sich in ähnlicher Weise, wie in Südweststeiermark, so auch in den Randgebieten des nordoststeirischen Beckens (Sinnersdorfer Konglomerate, Friedbergschotter des Friedberger Beckens und am Ostfuße des Wechsels) aus, die nach meinen Studien von vermutlich gleicher stratigraphischer Position sind und eine analoge Aufwölbung der Randgebirge andeuten, welche mit einer Höhershaltung mittelmiozäner Landflächen verbunden war. Hier wäre ferner auf jene mächtigen, von mir jüngst beschriebenen Schuttmassen am Südostsaum des Wiener Beckens hinzuweisen, welche bis an den Rand der kleinen ungarischen Ebene heran einen mächtigen, z. T. aus

kalkalpinem Material bestehenden Schuttfächer bilden. Wir finden schließlich analoge Schuttbildungen über mittelmiozänen Süßwasserschichten im oberen Lavanttal in der Wölch (aufgefunden vom Chefgeologen Dr. Beck [8]), im südlichen Fohnsdorfer Becken (W. Petrascheck [32] und eigene Beobachtungen), im Leobener Becken, im Trofaiacher Becken, im Aflenzer Becken (E. Spengler [38]) und in anderen Gebieten, häufig nachweisbar durch eine Diskordanz von den mittelmiozänen Süßwasserschichten geschieden. Diese Erscheinungen deuten uns an, daß auf eine Zeitphase langandauernder, flacher Aufwölbung und Einmuldung, wodurch ausgedehnte Süßwasserbecken (auch im Innern der Zentralalpen) entstanden waren, eine Epoche gesteigerten Schutttransports mit fluviatiler Verknüpfung der Abtragsräume getreten ist. Von der bedeutend verstärkten Transportkraft der Gewässer legt die Größe der Geröllkomponenten ein beredtes Zeugnis ab.

In morphologischer Hinsicht muß diese höhermiozäne Epoche von einer ausgesprochenen Neubelebung des Reliefs begleitet gewesen sein, wodurch an Stelle von Süßwasserseen längere, einheitliche Flußsysteme in den östlichen Alpen getreten sind. Voraussichtlich ist die schärfere, orographische Individualisierung unserer höheren, östlichen alpinen Randmassive ganz allgemein in ihrer Grundlage schon in diese Zeit zu verlegen (Hochwechsel, Stuhleck, Hochlantsch, Schöckel, Stubalpe, Gleinalpe, Koralpe, Saualpe usw.).

Große sarmatische Deltakegel im südlichen steirischen Becken (55) und am Südsaum des Wiener Beckens (Urtriesting, Seite 64), sowie Diskordanzen zwischen Sarmat und Pont und im ersteren (Friedberger Becken, Wiener Neustadt—Ödenburger Pforte usw.) zeigen an, daß im höheren Sarmat Bewegungen eingetreten waren, die einen neuen, morphologischen Zyklus eingeleitet haben.

So wie sich an den höheren Massiven die Reste mittelmiozäner Landflächen vermuten lassen, so erscheint mir die am Ostabfall der Zentralalpen weitverbreitete Vorstufe der pontischen Zeit zu entsprechen. Beobachtungen am Nordostsporn der Zentralalpen lassen angesichts ihres ungestörten Übergreifens über dislozierte, höhermiozäne Blockschotter und durch ihre Beziehung zu den feinkörnigen, pontischen Sedimenten ihr altplozänes Alter voraussetzen.

Ganz regional erscheint schließlich auch das Auftreten einer nachpontischen (spätpontischen) Bewegungsphase verbreitet, die im steirischen Becken durch die von mir (47, 53), im Wiener Becken durch die speziell von W. Petrascheck (34, 32) erwiesenen Brüche und Wölbungen ihren Ausdruck findet und erst die gegenwärtige Reliefgliederung bedingt hat. Am Ostende der Südalpen (Savefalten) ist es damals sogar zur Entstehung eines kräftigen Faltenbaus gekommen.

Die hier kurz dargelegten Ergebnisse über die geologisch-morphologische Entwicklung des östlichen Alpenrandes, mit besonderer Berücksichtigung dessen Südostsaums (Koralpe), finden in Resultaten ihre weitere Ergänzung, welche das nähere Studium der inneralpinen Tertiärreste im oberen Mur-Mürzgebiete, im Ennsgebiete, sowie im

Unterinntal ergeben hat, wobei auch das Phänomen der Augensteine der nördlichen Kalkalpen in den Kreis der Betrachtung einbezogen wurde. Mit Rücksicht darauf, daß die Untersuchungen über diese Fragen noch nicht abgeschlossen sind, daß über bisher gewonnene Resultate im Anzeiger der Akademie der Wissenschaften, Wien 1927, Nr. 24, eine vorläufige Notiz veröffentlicht wurde und eine Studie über dieses Thema in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften, Wien 1928 erschienen ist (65), soll hier auf diese Fragen nicht näher eingegangen werden<sup>1)</sup>.

Ich glaube, daß meine Ausführungen die Bedeutung erkennen lassen, welcher das genaue Studium und eingehende Berücksichtigung der geologischen Ergebnisse über die jungtertiäre Gliederung, Tektonik und spezielle Beschaffenheit der alpinen Randsedimente für die Erfassung auch der alpinen Morphologie zukommt, und wie sich aus Anwendung dieser Forschungsmethode noch weitere, wichtige Resultate erhoffen lassen.

### Literaturverzeichnis.

1. Aigner, A., Die geomorphologischen Probleme am Ostrande der Alpen. Zeitschr. f. Geomorph., Bd. I., 1925—1926.
2. Aigner, A., Zur Morphologie des Ostrandes der Alpen. Zeitschr. f. Geomorph., Bd. II, 1927.
3. Aigner, A., Vorzeitformen in den ostalpinen Zentralketten. „Zur Geographie der deutschen Alpen“, Festschrift f. Prof. Dr. R. Sieger, Wien 1924. L. Seidel u. Sohn.
4. Ampferer, O., Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol und quartäre Verbiegungen der Alpentäler. Jahrb. d. Geol. R. A., 1921, 71. Bd., H. 1 u. 2.
5. Ampferer, O., Über das Verhältnis von Aufbau und Abtrag in den Alpen. Jahrb. d. Geol. Bund. A., Wien, 74. Bd., 1923, H. 3 u. 4.
6. Ampferer, O., Über größere, junge Formveränderungen in den nördlichen Kalkalpen. Zeitschr. f. Geomorph., Bd. I, 1926.
7. Beck, H., Bericht über geolog. Aufnahmen am Blatte Unterdrauburg. Verh. d. geol. St. A., Wien 1921, S. 14—15.
8. Beck, H., Bericht über geolog. Aufnahmen am Blatte Unterdrauburg. Verh. d. geol. Bund. A., 1928, Nr. 1, S. 35—36.
9. Brückner, E., Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde Berlin, Jg. 1923, Nr. 3/4.
10. Friedl, K., Über die jüngsten Erdölforschungen im Wiener Becken. Zeitschr. f. Petroleum, Jahrg. 1922, Nr. 6.
11. Göttinger, G., u. Vettters, H., Der Alpenrand zwischen Neubergbach und Kogl. Jahrb. d. Geol. B. A., Wien 1923.
12. Heritsch, F., Die Kare der Koralpe. „Zur Geographie der deutschen Alpen.“ Wien 1924, L. Seidel u. Sohn.
13. Heritsch, F., Morphologie des Alpenostrandes in der Grazer Bucht. Petermanns Geogr. Mitt. 1923, H. 5/6.
14. Hießleitner, G., Das Wieser Bergrevier. Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb., Jg. 1926, 74. Bd.
15. Kieslinger, F., Zur Hydrographie des Koralpengebiets. Mitt. der Geogr. Ges., Wien 1927.
16. Kieslinger, F., Alte und junge Verwitterung im Koralpengebiet. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Math. Nat. Kl. Abt. I, 136. Bd., 3. u. 4. H., 1927.
17. Kieslinger, F., Die vormiozäne Oberfläche des Osthanges der südlichen Koralpe. Verh. d. Geolog. B. A., Wien 1924, Nr. 9.

<sup>1)</sup> Die Richtung, in welche meine Ergebnisse bezüglich des Augensteinproblems weisen, habe ich in dieser Zeitschrift (Jg. 1926 Nr. 9/10 schon auf S. 393—395) angedeutet.

18. Klebelsberg, R. v., Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen. Verh. d. Geol. B. A., Wien 1922, Nr. 2—3.
19. Klebelsberg, R. v., Das Antlitz der Alpen. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 77. Bd., Abt. Nr. 3, Jg. 1925.
20. K ü p p e r, H., und B o b i e s, K. A., Das Tertiär am Ostrande des Anningers. Jahrb. d. Geol. B. A., Wien 1927, H. 1. u. 2.
21. L e h m a n n, O., Die große Eishöhle im Tennengebirge (Salzburg). IV. Morphol. Beobachtungen. Spelaeologisches Jahrb., Wien 1922.
22. L e y d e n, F., Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. Geolog. Rundschau, XIII. Bd., Berlin 1923.
23. L i c h t e n e c k e r, N., Das Bewegungsbild der Ostalpen. Die Naturwiss., 13. Jg., H. 35.
24. L i c h t e n e c k e r, N., Die Rax. Geogr. Jahresber. aus Österreich, XIII. Bd., Wien 1926.
25. M a c h a t s c h e k, F., Morpholog. Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalp. Formenstudien, Abt. 1, H. 4, Gebrüder Borntraeger, Berlin 1922.
26. M a c h a t s c h e k, F., Morpholog. Probleme in den Alpen. Mitt. d. geogr.-ethnogr. Ges., Zürich 1924—1925.
27. P e n c k, A., Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Interglazialzeit in den Nordalpen. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., Berlin 1922, XIX., XX.
28. P e n c k, A., Alte Breccien und junge Krustenbewegungen in den bairischen Hochalpen. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., Berlin 1925, XVII. Bd.
29. P e n c k, A., Die letzten Krustenbewegungen in den Alpen. Geol. Föreningens i Stockholm. Förhandl. Mai 1922.
30. P e n c k, A., Das Antlitz der Alpen. Die Naturwiss., Jg. 1924, H. 47, S. 1000—1007.
31. P e n c k, W., Die morphologische Analyse. Geogr. Abh., 2. Reihe, H. 2, Stuttgart 1924.
32. P e t r a s c h e c k, W., Kohlengeologie der österr. Teilstaaten. Berg- und Hüttenmänn. Jahrb., 72. Bd., 1924.
  - a) VI. Braunkohlenlager der österr. Alpen, 1. Teil.
  - b) VI. Braunkohlenlager der österr. Alpen, 2. Teil.
  - c) VII. Die tertiären Senkungsbecken am Fuße der Alpen.
  - d) VII. 2. Die Kohlenlager im Wiener Becken.
33. P e t r a s c h e c k, W., Tektonische Untersuchungen am Alpen- und Karpathenrande. Jahrb. d. Geol. St. A., 1920, 70. Bd., 3. u. 4. H.
34. P e t r a s c h e c k, W., Der geologische Bau des Wiener Beckens. Eine geolog. Betrachtung zu Schumanns grav. Untersuchungen.
35. P u r k a r t h o f e r, Das Korallengebiet. In „Steirisch Land und Leute“, Graz 1924.
36. S c h w i n n e r, R., Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganergebiets (Südtirol). Ostalp. Formenstudien, Abt. 3, H. 2, Berlin 1923.
37. S c h w i n n e r, R., Geologisches aus den Niederen Tauern. Zeitschr. d. D. u. Oest. Alpenvereins, München 1924.
38. S p e n g l e r, E., Die tertiären und quartären Ablagerungen des Hochschwabgebiets und deren Beziehung zur Morphologie. Zeitschr. f. Geow., Bd. II. 1926.
39. S ö l c h, J., Grundfragen der Landformung in den nordöstlichen Alpen. Geograf. Annalen, Stockholm 1922, H. 2.
40. S p i t z, A., Nachgosauische Störungen am Ostende der Nordkarawanken. Verh. d. geol. St. A., 1919, S. 280—288.
41. S t i l l e, H., Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Gebr. Borntraeger, Berlin 1924.
42. S t i n y, J., Hebung oder Senkung? Petermanns Geogr. Mitt., 1924, H. 9/10.
43. S t i n y, J., Beziehungen zwischen Talnetz und Gebirgsbau in Steiermark. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1922. Math. Nat. Kl., Abt. 1, 131. Bd., 6. H.
44. W i n k l e r, A., Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Jahrb. d. geol. R. A., Wien 1919. LXIII. Bd.
45. W i n k l e r, A., Versuch einer tektonischen Analyse des mittelsteirischen Tertiärgebiets und dessen Beziehungen zu den benachbarten Neogenbecken. Verh. d. Geol. R. A., Wien 1913, Nr. 13.
46. W i n k l e r, A., Über jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen. Mitt. d. Geol. Ges., Wien 1914, III. Bd.
47. W i n k l e r, A., Das Eruptivgebiet von Gleichenberg in Oststeiermark. Jahrb. d. Geol. R. A., Wien 1913, LXIII. Bd.

48. Winkler, A., Beitrag zur Kenntnis des oststeir. Pliozäns. Jahrb. d. geol. R. A., Wien 1921. LXXI. Bd., 1. u. 2. H.
49. Winkler, A., Das jüngere Entwicklungsbild der Ostalpen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin, Jg. 1926, Nr. 9/10.
50. Winkler, A., Zur geomorphologischen und geologischen Entwicklungsgeschichte der Ostabdachung der Zentralalpen in der Miozänzeit. Geol. Rundschau, 1926, Bd. XVII, H. 1, 3 u. 4.
51. Winkler, A., Das Abbild der jungen Krustenbewegungen im Talnetz des steirischen Tertiärbeckens. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Berlin, Bd. 78, Jg. 1926, Abh. H. 4.
52. Winkler, A., Über die Beziehungen zwischen Sedimentation, Tektonik und Morphologie in der jungtertiären Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. Sitzungsbericht d. Akad. d. Wiss., Wien 1923, Math. Nat. Kl., Abt. I, 132. Bd., 9. u. 10. H.
53. Winkler, A., Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich. Blatt Gleichenberg, Wien 1927, Geolog. Bundesamt.
54. Winkler, A., Der jungtertiäre Vulkanismus im steirischen Becken. Zeitschr. f. Vulkanol., Berlin 1927, Bd. XI.
55. Winkler, A., Die sarmatischen und pontischen Schichten im Südostteil des steirischen Beckens. Jahrb. d. geol. B. A., 1927, H. 3—4.
56. Winkler, A., Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. Denkschr. d. Akad. d. Wiss., Wien 1927, Math. Nat. Kl., 101. Bd.
57. Winkler, A., Untersuchungen im Tertiärgebiet von Südweststeiermark. Anz. d. Akad. d. Wiss., 1921, Nr. 3.
58. Winkler, A., Das kohlenführende Miozänbecken in Südweststeiermark. Mont. Rundschau, Jahrg. 1926, Nr. 5.
59. Winkler, A., Studienergebnisse im Tertiärgebiet von Südweststeiermark. Verh. d. geol. B. A., 1924, Nr. 5.
60. Winkler, A., Über neue Studienergebnisse im inneralpinen Tertiär. Sitzung d. Math. Nat. Kl. d. Akad. d. Wiss. vom 24. Nov. 1927, Akad. Anzeiger, Nr. 24.
61. Winkler, A., Bericht über geolog. Aufnahmen am Blatte Unterdrauburg und Marburg. Verh. d. geol. B. A., Wien 1928., Nr. 1.
62. Winkler, A., Zur Morphologie des Ostalpenrandes. Zeitschr. f. Geomorph., 1927, Bd. II.
63. Winkler, A., Entgegnung an A. Aigner. Zeitschr. f. Geomorph., 1928, Bd. II.
64. Winkler, A., Über neue Probleme der Tertiärgeologie im Wiener Becken. Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal., 1928, Abt. B. H.

#### Nachtrag.

65. Winkler, A., Über Studien in den inneralpinen Tertiärablagerungen und über deren Beziehungen zu den Angensteinfeldern der Nordalpen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math. nat. Kl. Abt. I, 137 Bd., 3. und 4. H. 1928.
66. Sölch, J., Die Landformung der Steiermark. (Grundzüge einer Morphologie.) Verlag d. Naturw. Vereins f. Stat. Geogr. 1928.