

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTES RENDUS DE LA DIX-NEUVIÈME SESSION

ALGER 1952

Section XIII

QUESTIONS DIVERSES
DE GÉOLOGIE GÉNÉRALE

DEUXIÈME PARTIE
BASSINS SÉDIMENTAIRES, TECTONIQUE
ET CARTOGRAPHIE

FASCICULE XIV



EXTRAIT

ALGER

1954

Arthur WINKLER von HERMADEN.

ERGEBNISSE ÜBER ZEITLICHE GLIEDERUNG UND ABLAUF JUNGTERTIÄRER TEKTONISCHER VORGÄNGE UND IHRER BEZIEHUNGEN ZUR LANDFORMUNG

ZUSAMMENFASSUNG

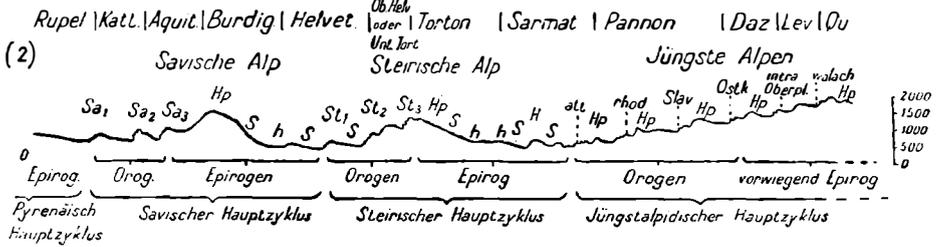
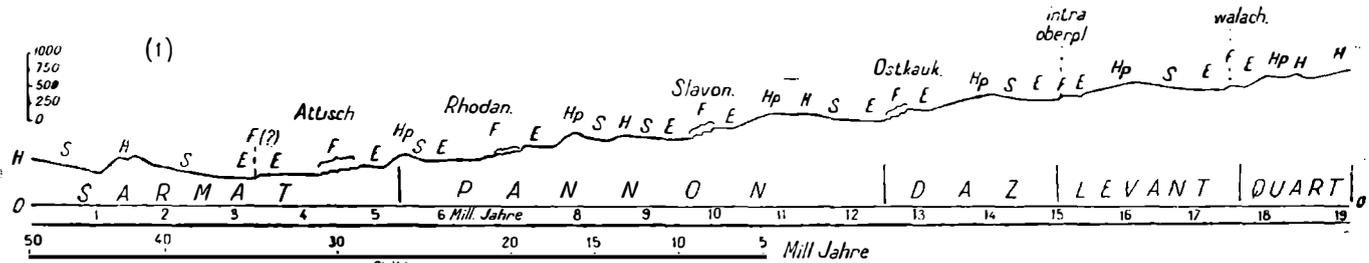
Ergebnisse vieljähriger Untersuchungen in Ostalpen, Randgebieten, Pannonien u. a. Tektonische Phasenlehre Stille's wird im Prinzip anerkannt, aber wesentlich umgestaltet : 1) Die Episodizität der *Orogenese* gilt nur für die *tangentiale Tektonik*. Bruchbildung ist kontinuierlich. Echte Zerrungsbrüche auf *epirogenetische Zeiten* beschränkt. 2) Zahl der tertiären Faltungsphasen ist zu vergrössern. 3) 8 oberstmiozäne-pliozäne Teilphasen sind zu einem *jüngstalpidischen Hauptzyklus* zu vereinigen und ähnlich gliederbaren, älteren (steirischen, savischen usw.). Hz. gegenüberzustellen. Aufgliederung eines jeden Hauptzyklus in Vor-, Haupt- und abklingende Nachphasen der Faltung. Dazu starke räumliche und zeitliche Differenzierungen. 4) Faltungen gehen oft im Streichen in synorogene Aufwölbungen epirogener Art über.

Morphologie : 1) Die noch erhaltenen Landflächenreste an den jungalpinischen Orogenen gehen *nicht* über die Zeit des obersten Miozäns (Sarmat) zurück. 2) Primärrumpfbildung wird als gestaltender Grossvorgang abgelehnt. 3) Hauptrümpfe schliessen sich entstehungsgeschichtlich an Abschluss der Hauptzyklen, Teilrumpfe besonders an ältere Teilphasen der letzteren an. 4) Rumpfflächenbildung erfolgt weder in Zeiten epirogenetischer Hebungen und Senkungen, noch während der (Faltungs-) Orogenesen, sondern in jenen tektonischer Inaktivität, jeweils unmittelbar vor und nach den Faltungsphasen.

Aus den Ergebnissen langjähriger Untersuchungen über das jungtektonische, vulkanologische und geomorphologische Geschehen, die insbesondere in den östlichen Alpen und in Westpannonien gewonnen wurden und die in einem umfangreichen Buchveröffentlichung beim Verlag Springer, Wien ~~demnächst~~¹⁹³⁷ in Druck gehen, wird nachstehend ein kurzer Auszug mitgeteilt.

1. DIE TEKTONISCHEN PHASEN.

Die Frage nach der Berechtigung der Annahme eines episodischen, auf



bestimmte Phasen beschränkten orogenetischen Geschehens, welche von H. STILLE (1928, 1950), von R. SCHWINNER (1923, 1942), W. H. BUCHER (1933, 1939) und vielen anderen in positivem Sinne beantwortet, dagegen von E. KRAUS (1927, 1936), K. KREJCI-GRAF (1950), J. GILLULY (1950) u. a. in letzter Zeit abgelehnt wurde, konnte an der Hand ausgedehnterer geologischer und geomorphologischer Befunde geprüft werden. H. STILLE hatte bekanntlich unter *orogenetischen* Bewegungen alle gefügestörenden verstanden, also sowohl Faltungen und Ueberschiebungen, wie Brüche und Flexuren. Aus unseren Untersuchungen ergab es sich, dass die Annahme H. STILLE's einer ausgesprochenen **E**pisodizität der tektonischen Vorgänge nur für die *tangentialen Bewegungen* (Faltungen, Ueberschiebungen, Bruchfaltung) zutrifft, *nicht* aber für echte Bruchbildungen (Zerrungsbrüche). Aus neuen Erdölgeologischen Untersuchungen im Wiener Becken, in Südmähren und in anderen Gebieten, sowie aus eindeutigen morphologischen Befunden ergab es sich, dass die Wirksamkeit bedeutender Bruchzonen (mit Zerrungscharakter) eine *kontinuierliche Aktivität*, gerade während der Hauptzeiträume *ohne* Einwirkungen tangentialer Kompression, also ohne Faltungen und Ueberschiebungen, erkennen lässt, dass sie somit im wesentlichen *epirogenetische Phasen* kennzeichnet. Während der Phasen der Kompression beschränkte sich die Weiterbildung der Tektonik, an den Bruchzonen auf, unter seitlichem Druck vor sich gehende Bruchfaltung, auf Flexuren, die mit einer Raumverminderung verbunden waren, und auf Steilstellungen entlang der Störungszonen.

Es erscheint vorteilhaft, den Begriff *Orogenese* auf jenen tektonischen Vorgänge *einzu*schränken, welche sich unter dem Einfluss und der Mitwirkung tangentialer Spannungen, als Faltung, Bruchfaltung, Flexuren, Schuppung, Ueberschiebung und Deckenbildung, vollzogen haben.

2. DIE AUFGLIEDERUNG UND GRUPPIERUNG DER TERTIÄREN TEKTONISCHEN PHASEN, AUF GRUND DER EIGENEN ERGEBNISSE.

Drei tektonische Phasen, welche H. STILLE innerhalb des jüngsten Neogens (im obersten Miocän und im Pliocän) unterschieden und als *attische*, *rhodanische* und *walachische* bezeichnet hatte, lassen sich — unter Hinzufügung von 2 weiteren, (einer intrahöherpannonischen slavonischen und einer intraoberpliocänen) — zusammen mit den jeweils anschliessenden epirogenetischen Zeiträumen, zu einem einzigen, letzten *Hauptzyklus* (= *jüngst alpidischen* H.) zusammenfassen. Ebenso lassen sich die orogenetischen Teilphasen der 4 mittel- und alttertiären Orogenesen, mitsamt den zugehörigen epirogenetischen Zwischen- und jeweiligen Anschlussepirogenesen, welche letztere zeitlich noch länger ausgedehnt erscheinen, zu je

einem Hauptzyklus vereinigen. Es werden somit im Tertiär 5 Hauptzyklen unterschieden: Der *laramische*, der *pyrenäische*, der *savische*, und der *steirische* und der *jüngstalpidische* H. Z. Die Aufgliederung der Hauptzyklen in Teilzyklen ist teilweise schon von H. STILLE und anderen Forschern eingeleitet worden, kann aber nach eigenen Untersuchungen erweitert werden.

Innerhalb des *jüngstalpidischen Hauptzyklus* lässt sich, nach einem raschen Anschwellen der Bewegungsintensität von der 1. zur 2. Teilphase, dann, besonders bei den beiden letzten Teilphasen, (bei der intraoberpliocänen und bei der walachischen), ein Abflauen der Faltungstärke und eine räumliche Einengung der davon betroffenen Bereiche der mitteleuropäischen jungorogene feststellen. Die Teilphasen der Hauptorogenesen selbst erscheinen wiederum, wie insbesondere an den synorogenen Sedimenten erkennbar ist, aus einzelnen *Faltungsstößen* (orogenetischen *Subphasen*) zusammengesetzt. Mit diesen Feststellungen ist eine gewisse Ähnlichkeit zwischen dem Ausdruck des Entwicklungsbilds der orogenetischen Vorgänge und den Erdbedendiagrammen gegeben, indem Vorläufer Hauptphasen, Nachphasen und anschliessende Zeiträume der Inaktivität (der Kompression bei der Orogenese) unterschieden werden können ⁽¹⁾. Die durch Faltungsteilphasen (jeweils in bestimmten Gebieten) gekennzeichneten Zeiträume sind — auch unter Mitberücksichtigung der Ruhepausen zwischen den einzelnen Faltungsstößen (Subphasen) —, wie sich aus meinen Ermittlungen ergibt, von nicht unwesentlich *kürzerer* Zeitdauer, als die faltungsfreien, jeweils an die orogenetischen Teilphasen anschliessenden *epirogenetischen* Zeiten. Immerhin erscheint die zeitliche Ausdehnung der ersteren doch grösser, als nach der ursprünglichen und auch nach der neuen, revidierten (1950) bezüglichen Annahme von H. STILLE. Mit diesen Feststellungen soll nur ein allgemeiner Rahmen abgesteckt werden, ohne dass etwa eine volle Gleichwertigkeit und eine gleiche Länge der einzelnen Haupt- bzw Teilzyklen vorausgesetzt wird.

3. DIE ZEITLICHE EINORDNUNG DES VULKANISMUS IN DAS TEKTONISCHE GESCHEHEN.

Der Oberflächenvulkanismus des Tertiärs ist, besonders auf Grund seines Auftretens in den Savefalten (Jugoslawien), in Steir⁷mark, in Venezien und am innerungarischen Vulkakranz, *nicht* so sehr in den Zeiten der Faltungen (orogenetischen Phasen) zur Entwicklung gelangt, sondern besonders in den längerdauernden epirogenetischen Zeiträumen, mit zerrender Bean-

(1) Vgl. die ähnliche Auffassung von J. S. LEE (1939).

spruchung der Kruste (1). Seine Hauptausbreitung findet er daher in den ausgedehnten Senkungs- und Hebungsphasen zwischen den jeweiligen orogenetischen Hauptphasen (zwischen den einzelnen Hauptzyklen). Ein weiteres Auftreten des Oberflächenvulkanismus, speziell des *pazifischen* Typus, knüpft sich an die *Zwischenzeiten* der orogenetischen Teilphasen. Er ist häufig — im nahen Anschluss an eine vorangegangene Faltung (2) — mit einer stärkeren postorogenetischen Hebung verbunden, in welchen Zeiten ebenfalls ausgesprochene Bruchbildungen feststellbar oder zu vermuten sind.

4. DIE EPIROGENETISCHEN HEBUNGEN.

Für die Höhershaltung des alpinen (karpathischen-dinarischen) Gebirgskörpers im jüngeren Tertiär sind epirogenetische Hebungen von besonderer Bedeutung, darunter speziell solche, die sich in mässigem zeitlichem Abstand von einer vorangegangenen Faltung ereignet hatten, in welchen Zeiten ein besonders aktives Aufleben von isostatischen Ausgleichsbewegungen (nach Störung des Gleichgewichts durch die Orogenese!) zu verzeichnen war.

5. DAS RÜCKSINKEN DER JUNGOROGENE.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Feststellungen über ein jeweilig wiederkehrendes, zeitweiliges *Rücksinken der alpinen Gebirge* in bestimmten Phasen der epirogenetischen Entwicklung im vorherrschend aufsteigenden, jungen Werdegang u. zw. nicht nur ihrer Randgebiete. Im Bereiche der östlichen Alpen prägen sich diese Erscheinungen speziell in der die ganze östliche Zentralzone überziehenden Transgression des Mittel-eocäns, in der Obereocänen Ueberflutung des östlichen Nordalpenbereichs, in bedeutenden oligocänen Meeresübergriffen, tiefer in die Alpen hinein (gesamte Savefalten, lessinische Alpen-Valsugana, unterer tirolischer Inntalbereich u. s. w.), an alt-mittelmioicänen Meeresvorgriffen und limnischen fluviatilen Verschüttungen in den östlichen Zentralalpen (steirische Bucht, Lavantaler und südkärntner Senke, nördliche Kalkalpen) und noch in den pliocänen marinen, limnischen und fluviatilen Uebergriffen in ausge dehntere, alpine Randbereiche, zum Ausdruck. Im einzelnen lassen sich diese Vorgänge positiver und negativer Bodenschwankungen noch weitergehend aufgliedern und entsprechen einem vielgestaltigen Rythmus der Vertikalbewegungen der alpinen Zonen.

(1) Als *subsequenter* und *finaler* Vulkanismus im Sinne von H. STILLE (1939).

(2) Nach der Auffassung von H. P. CORNELIUS (1949) als nachhinkender synorogener Vulkanismus deutbar.

6. ZWISCHENPHASEN TEKTONISCHER INAKTIVITÄT.

Aus dem morphologischen Entwicklungsgang und aus der Feststellung und Altersfestsetzung jungtertiärer Brandungsterrassen lässt sich nachweisen, dass sich in das zeitliche tektonische Wechselspiel ausgesprochene *Phasen längerdauernden tektonischen Stillstands der Kruste*, u. zw. sowohl der faltenden Kräfte, wie der zerrenden und vertikale Schollenbewegungen erzeugenden, zwischengeschaltet haben. In diesen letzteren sind mehr oder minder ausgedehnte *flächenhafte Denudationen der Landschollen* erfolgt. Diese stellten sich in den Zeiten jeweils *unmittelbar vor und unmittelbar nach einer Teilfaltungsphase* ein, wofür eine besondere Erklärung versucht werden kann. Diese besteht in der Annahme eines, jeweils allmählichen Anwachsens der tangentialen Anspannungen in der Erdkruste bis zum Höhepunkt einer Faltungsphase. Sie erreichten vermutlich zunächst nur eine solche Grösse, um das Getriebe der isostatischen oder durch Unterströmungen veranlassten, vorherrschend *vertikalen* Bewegungen auszuschalten, aber sie waren, vorerst noch nicht ausreichend, um eine Faltung von hierzu prädestinierten Schollenteilen zu erzeugen, woraus sich phasenhaft eintretende *Stillstände der Erdkrustenbewegungen* zur Geltung bringen mussten. Umgekehrt ist beim Abflauen der faltenden Kompression eine Teilphase zu erwarten, in welcher zwar die Vertikalbewegungen, bei abgeschwächter tangentialer Zusammenpressung, noch nicht zur Wirksamkeit gelangen könnten und daraus ebenfalls ein Stillstand der Kruste resultierte.

7. ZUM ENTWICKLUNGSBILD DER JÜNGSTALPIDISCHEN TEILZYKLEN.

Der jüngstalpidische Hauptzyklus wird hier als Beispiel für den Ablauf des tektonischen Geschehens innerhalb eines solchen Hz. kurz besprochen. Bei einem jeden Hauptzyklus haben sich, in mehreren Teilphasen (und innerhalb letzterer in Subphasen) die Faltungen, Schuppungen und grösseren Schubbewegungen, besonders jeweils in der ersten Hälfte derselben, vollzogen. Hierbei wurde das schon bestehende aber meist mehr oder minder verebnete oder zumindest *irgendlich* eingerumpfte Gebirge in den der Faltung unterliegenden Bereichen *beträchtlich*, in den schon früher faltenerstarten aber nur *mässig* in die Höhe gebracht und dadurch in seinem Höhenrelief mehr oder minder verstärkt. Die epirogenetischen Bewegungsvorgänge der Zwischen- und Nachphasen sind es dann gewesen, welche als *postorogenetische* Hebungen eine stärkere Herauswölbung der schon faltenerstartet gewesenen Gebirgsschollen, jedoch meist eine nur schwächere der unmittelbar vorher gefalteten Schollenstreifen bedingt haben. Nach-

folgende, aber von sekundären Hebungen unterbrochene *Rücksenkungsvorgänge* haben dann jeweils den Hebungseffekt der vorangegangenen Faltungen und epirogenetischen Hebungen und Aufwölbungen im allgemeinen nur *teilweise*, aber in bestimmten Zonenstreifen wieder gänzlich rückgängig gemacht oder sogar — durch absolute Senkungen — ins Gegenteil verkehrt. In Fällen, wo noch nach einer jugendlichen Auffaltung die Tendenz zur *geosynklinalen Einbiegung* wieder aufgelebt ist, erscheint die postorogenetische Hebung unterdrückt und schloss sich in diesem Falle die neuerliche Senkung einer Teilgeosynklinale enger an den vorausgegangenen Faltungsvorgang an, von letzteren nur durch eine Teilphase der Einebnung geschieden. Wenn auch die Gebirgshöhen in den Alpen, Karpathen und Dinariden, innerhalb des jüngstalpидischen Hauptzyklus, von Teilzyklus zu Teilzyklus, im Durchschnitt zugenommen hatten, so erfolgte dies doch mit zahlreichen und z. T. sehr bedeutenden Rückläufigkeiten im Werdegang und mit wesentlichen Differenzierungen von Zone zu Zone. Eine ähnliche Entwicklungsfolge kann, wenn auch meistens nicht mehr so deutlich, aus dem Ablauf der Ereignisse der Mittel- und alttertiären Hauptzyklen ermittelt werden.

8. DAS ENTWICKLUNGSBILD DER TEKTONIK IM RAHMEN EINES GESAMTÜBERBLICKS DER TERTIÄREN HAUPTZYKLEN.

Abgesehen von obiger Entwicklungsrichtung *innerhalb* eines jeden Hauptzyklus, lässt *das Gesamtbild der tertiären Geschichte der jungalpinen Gebirge* Mitteleuropas und ihrer Randbereiche erkennen, dass ihrem Werdegang noch eine *übergeordnete Entwicklungstendenz* aufgeprägt ist : Stärkere Auswirkung tangentialer Bewegungen in den älteren (laramischen, pyrenäischen, savischen Teilzyklen), mässigere im steirischen Hauptzyklus, sich noch abschwächend im Laufe des jüngstalpидischen (pliocänen). Die Gerbirgshöhen scheinen besonders bei den alttertiären Hauptzyklen (laramischen, pyrenäischen), trotz bedeutender tangentialer Bewegungskomponente, nur sehr *mässige* gewesen zu sein, sich erst im savischen und steirischen Zyklus schärfer ausgeprägt zu haben, um im jüngstalpидischen allmählig den grössten Wert zu erreichen. Dieser letztere Hauptzyklus umfasst nicht nur die Zeit ausklingender Faltung, sondern besonders das *Maximum der vorwiegend epirogenetischen Schwellung*. Die alpinen Gebirge haben damit offensichtlich ein Altersstadium in ihrer Entwicklung erreicht.

An diese Resultate schliesst sich eine Reihe solcher an, deren Schwergewicht auf dem Gebiete der *geomorphologischen Forschung* gelegen ist. Die Hauptergebnisse über die Entwicklungsgeschichte der Landformung beziehen sich auf den jüngstalpидischen Hauptzyklus da für die Enträt-

selung der morphologischen Geschichte in den älteren Hauptzyklen nur wenige Anhaltspunkte (aus dem Studium begrabener Reliefs!) vorliegen. Mit den erzielten Auffassungen erscheint zwar eine wesentliche Umgestaltung der tektonischen Zyklenlehre von H. STILLE in Vorschlag gebracht. Aber einer seiner Grundgedanken, jener der Gleichzeitigkeit und der weiten Verbreitung der orogenetischen Phasen, kann, auf Grund der allerdings in räumlich beschränkteren Bereichen-gewonnenen Ergebnisse durchaus bestätigt werden, wobei an anderer Stelle versucht wird, die triftigen, insbesondere von L. M. R. RUTTEN (1949), K. KREJCI-GRAF (1950), and J. GILLULY (1950) erhobenen bezüglichen Einwände zu entkräften. Die eigenen Resultate bedeuten andererseits eine Anerkennung der in letzter Zeit besonders von H. W. BUCHER (1935, 1939 *a*, *b*) entschieden vertretenen Scheidung von zeitlich getrennten Tensions- und Kompressionsphasen in der Erdentwicklung.

9. ZUR FRAGE DER ALPINEN « RUMPFSTREIFE ».

Von den morphologischen Problemen, welche bei den Untersuchungen besonders berücksichtigt wurden, stand zunächst die strittige Frage nach der *zeitlichen Einheitlichkeit* der die östlichen Alpen und die anschliessenden jungen Gebirge überziehenden jungtertiären Abtragsflächen oder die einer *mehrfachen Wiederholung ausgedehnter Einrumpfungen* zur Beantwortung offen. Ein Teil der Forscher (N. LICHTENECKER (1930, 1938), C. RATHJENS (1948) und andere) haben im wesentlichen ein einziges, auf einen (oligocänen oder ältermiocänen) Einebnungsvorgang zurückführbares Hauptalpenrelief vorausgesetzt, während andere (R. v. KLEBELSBERG, (1922, 1925, 1935), F. LEYDEN (1923), J. SÖLCH, H. SPREITZER (1950) der Schreiber dieser Zeilen und in gewissem Sinn auch F. MACHATSCHKEK, 1938, 1940), für eine mehrfache, wenn auch ihrer Bedeutung nach abgestufte Wiederholung der Einrumpfungsvorgänge eingetreten sind. Letztere Auffassung erscheint mir aus folgenden Ermittlungen erwiesen:

a) Eingreifen *jüngerer* Altflächen zwischen ältere, in Form eingekerbter Talböden.

b) Die Feststellung, dass in den meisten Fällen der Abfall von höheren zu tiefer gelegenen Altfluren *nicht* durch Brüche oder steile Flexuren markiert ist.

c) Stärkere Modellierung höhergelegener Flächensysteme gegenüber tieferen, noch besser erhaltenen.

d) Einheitliche Verbreitung der in verschiedenen Höhenlagen auftretenden Flächensysteme in ähnlichen Niveaubständen auf weite Erstreckung hin in verschiedenen Gebirgszügen, mit ähnlichen Formengemeinschaften.

e) Nachweis enger genetischer Beziehungen zwischen den einzelnen Stufen der Flurentreppe und feinkörnigen, als korrelat anzusehenden Sedimenten des Pliocäns (obersten Miocäns).

f) Das Auftreten pliocäner Talverschüttungen in mehreren Phasen, die auf Rekurrenzen in der morphologischen Entwicklung grosser Teile der östlichen Alpen und auf eine vielgestaltigere Entwicklung des Gebirgsantlitzes innerhalb des jüngsten Tertiärs hinweisen.

10. ZUR ALTERSFRAGE DER ALPINEN FLURENTREPPE.

Auf Grund vielfältiger Befunde konnte sichergestellt werden, dass der Hauptteil der in den östlichen Alpen auftretenden Abtragungssysteme, im Sinne der Vermutungen von J. STINY, W. KLÜPFEL und eigener, seit mehr als 20 Jahren vertretener Deutungen, der Hauptsache nach pliocänen Alters ist, entgegen ihrer zeitlichen Einordnung ins Altmiocän durch andere (1). Nur für die höchsten, an fossilen *Inselbergen* auftretende, schon meist stärker umgestaltete Flächenreste wird noch ein oberstmiocänes (höhersarmatisches) Alter angenommen. Die Beweise ergeben sich aus der bedeutenden Höhenlage schon der jungdazischen Oberfläche am Gebirgssaum im steirischen Becken (erkennbar an datierbaren Landmarken an Vulkanbergen); aus dem ungestörten Uebergreifen hochgelegener Landoberflächen über einen postsarmatischen bzw. postpannonischen (also pliocänen) Faltenbau, hauptsächlich in den Savefalten; aus den räumlichen Beziehungen höhergelegener, aber an den Beckenrändern herabgebogener Abtragsflächen zu Schichtkomplexen des jüngeren und älteren Pannons (höheren Sarmats), mit ihren, als korrelat anzusprechenden Sedimenten; aus der Unvereinbarkeit mächtiger miocäner Aufschüttungen am östlichen Alpenrand mit den morphologischen Verhältnissen, der Pliocänzeit; aus dem gedachten Auftrag der durch Tiefbohrungen, nach Mächtigkeit und Ausdehnung, roh abschätzbaren pannonischen und nachpannonischen Sedimente der kleinen ungarischen Tiefebene auf das heutige alpine Relief, wobei die unmittelbar vorpliocäne Oberfläche schon in die höchsten Niveaux des Gebirgs verwiesen wird; aus der Rückrechnung des Abtrags nach jenem der Gegenwart, unter Zugrundelegung der neuen Daten über die Dauer von Pliocän und Quartär, und aus der daraus erhaltenen Grösse flächenhafter Denudation seit Beginn des letzten Tertiärabschnitts. Auf Grund dieser Feststellungen erscheint ein höheres, als ein jüngstmiocänes Alter auch für die höchsten, noch im Landschaftsbild hervortretenden Flurenreste als *ausgeschlossen*.

(1) L. KOBER'S. — Auffassung (1926-1947) eines Fortlebens miocäner Denudationsflächen im Pliocän bedeutet eine mittlere Linie in der Altersbewertung der alpinen Hochflächen.

11. TEKTONIK UND RUMPFFLÄCHENBILDUNG.

Auf die zeitlichen und genetischen Beziehungen der Rumpfflächen bzw. der einzelnen Staffel einer Rumpftreppe zu den Phasen beginnender und zu jenen wieder abfallender tangentialer Impulse in der Kruste der Jung-orogene ist bereits verwiesen worden. Für die *vor* einer Faltungsteilphase eingetretenen Einebnungen wird die Bezeichnung *Initialrumpf*, für jene *nach* einer Faltungsphase *Sequenzrumpf* in Vorschlag gebracht. Ersterer entspricht meist dem Abschluss einer Senkungs- und Transgressionsphase.

Auch in den Fällen, wo eine tektonische Zerlegung einer Scholle während eines längeren, in Betracht gezogenen Zeitraums erfolgt, ist eine *Uebersarbeitung* derselben durch die formengestaltenden Kräfte u. zw., in bestimmten Phasen auch durch die *einebnenden*, zu erwarten. Für eine solche morphologisch umgestaltete Bruchschollentreppe wird die Bezeichnung *überarbeitete Bruchschollentreppe* vorgeschlagen. Dagegen wäre eine erst nachträglich tektonisch verstellte Flurentreppe (exogener Entstehung), in Anlehnung an den von O. BAKKER (1938) geprägten Begriff der *Verbiegungsriedel*, als *verbogene Rumpftreppe* zu bezeichnen. Ersterer Typus tritt — bei alternierenden Wiederholungen von Bruchbildung und Entstehung von Rumpfflächenstaffeln — meist in komplexer Form auf, während letzterer — bei einem Alternieren von Verbiegungen und der Bildung von Rumpfflächenstaffeln — zu einer *Verbiegungsrumpftreppe* führt. Schliesslich wird der Begriff der *Grossflurentreppe* aus den Verhältnissen am östlichen Alpensaum abgeleitet. Ihr Kennzeichen besteht in der flächenhaft sehr bedeutenden Ausdehnung der (meist nur wenigen und vielfach schon stärker modellierten) Flurentstaffeln, in der relativ geringen nachträglichen Verstellung und in der Lokalisierung der hauptsächlichlichen Verbiegungen an flache Flexuren an den äusseren Säumen der Niveaus.

12. ZEITLICHER MORPHOLOGISCHER ENTWICKLUNGSGANG IM LETZTEN (JUNGTALPIDISCHEN) HAUPTZYKLUS UND DAS MORPHOLOGISCHE GESAMTBILD DER TERTIÄREN HAUPTZYKLEN.

Innerhalb des vom obersten Miocän bis zur Gegenwart reichenden jüngstalpidischen Hauptzyklus hat das Formenbild der alpinen Gebirge Mitteleuropas sich von einem Einrumpfungsrelief, mit aufgesetzten ausgedehnteren unterjochten Inselberglandschaften den Resten eines mitelmiocänen; *steirischen* Gebirgs, in der Zeit des mittleren Sarmats, schrittweise zum Hochgebirge der Gegenwart entwickelt. In den Zonen junger tangentialer Kompression haben phasenhaft einsetzende Faltungen

schon eine Höherschaltung und eine *Reliefverjüngung* in den davon betroffenen Zonen bedingt. Aehnliche morphologische Auswirkungen haben in denselben Zeiten Grossfaltungen mit Hebungen in den bereits falten-erstarten Bereichen der Jungorogene zur Geltung gebracht. In diesen letzteren Gebirgstteilen, aber auch in den Faltenzonen selbst, ist es dann, in bestimmten Zeiträumen *zwischen* den Teilphasen der Orogenese, zu *epirogenetischen Schwellungen* gekommen, welche einen sehr wesentlichen, ja überwiegenden Anteil an der Höhenlage der Gebirgszonen und damit an der morphologischen Ausgestaltung und Ausformung des Gebirgscharakters genommen haben.

In diesem, im wesentlichen *aufsteigenden tektonischen und morphologischen Werdegang* des Pliocäns (und obersten Miocäns) waren ferner etwa 6 *Hauptphasen* zeitweilig eingreifender, längerdauernder *Rücksenkungen* zwischengeschaltet, welche jeweils eine Verminderung der Gebirgshöhe und z. T. weitengreifende Verschüttungen der Gebirgstalungen zur Folge hatten. Im Anschluss daran (bzw. nochmals — weniger ausgeprägt — nach Abschluss einer sich noch zwischenschaltenden Faltungsteilphase) wurde erst das randlich versenkte und bis in seine innere Teile mehr oder minder niedergebogene und dadurch schon in seiner Reliefenergie reduzierte Gebirge jeweils einer *Einrumpfung* zunächst seiner Hauptbereiche, später nur mehr seiner randlichen Zonen unterworfen. Aber infolge des etappenweise Ueberwiegens der Hebungen über die Senkungen, speziell in den jüngeren Teilphasen des letzten Hauptzyklus hat das orographische Höhenwachstum der jungen Gebirge im allgemeinen vom Pliocänbeginn bis zur Gegenwart, wenn auch mit Rückläufigkeiten, etappenweise zugenommen.

Bei dem Ueberblick über die morphologischen Auswirkungen der *Gesamtheit der tertiären Orogenesen* gelangt man zur Schlussfolgerung, dass besonders die beiden ältesten Hauptphasen (Iaramische, pyrenäische) von der Schaffung einer, nur sehr mässigen Reliefenergie der Gebirge begleitet waren. Die steirische Orogenese hat schon die Entstehung höherer und geschlossener Gebirgszüge in den östlichen Alpen (dinarischen Alpen, Karpathen) zur Folge gehabt, aber erst durch die Bewegungen des *jüngst-alpidischen Hauptzyklus* ist das Hochalpenrelief geschaffen worden. Im Abschluss eines jeden Hauptzyklus der Tertiärzeit war, wie aus einwandfreien Befunden abgeleitet werden kann, das am Beginn desselben entstandene bzw. stärker neubelebte Gebirge durch Senkungen und Denudationen wiederum einer weitgehenden, wenn auch nicht völligen Einebnung unterworfen worden. Mehr oder minder bedeutende Teile desselben wurden damals unter marinen und limnischen Transgressionen und deren Sedimenten begraben. Man kann daher mit Fug und Recht die in den einzelnen Hauptphasen entstandenen Gebirge jeweils als *Neuschöpfungen* ansehen,

welche freilich mit ihren Vorläufern, nach räumlicher Anordnung und Genese, enger verknüpft erscheinen.

DIE HAUPTRESULTATE.

Faltungsvorgänge (tangentele Tektonik) und Epirogenese sind, im Sinne STILLE's, BUCHER's und anderer, zwei grundsätzlich verschiedene, zeitlich getrennt voneinander ablaufende Vorgänge. Die Annahme zeitlich begrenzter orogenetischer Phasen erscheint damit begründet. Echte Brüche (Zerrungen) sind jedoch *epirogenetischer* Entstehung, sie können aber während der Faltungsphasen umgeformt und der tangentialen Tektonik eingepasst werden. Die Episodizität der orogenetischen Phasen bezieht sich nur auf die *tangentialen* Bewegungsvorgänge. Die Bruchbildung (Zerrungsbrüche) setzen während letzterer aus uns begleiten die länger dauernden *epirogenetischen* Bewegungsphasen. Die von H. STILLE im Tertiär unterschiedenen und einige weitere orogenetische (Faltungs-) Phasen lassen sich in 5 *Hauptzyklen* einordnen, welche ihrerseits dem tertiären Anteil eines cretazischen-tertiären *Grosszyklus* entsprechen. Jeder Hauptzyklus umfasst — soweit dem pliocänen Entwicklungsbild der untersuchten Bereiche entnommen werden kann — kurze Vorläuferphasen, Hauptphasen und, an Faltungsintensität sich immer mehr abschwächende, überwiegend von Epirogenese beherrschte Nachphasen. Zeiten postorogenetischer (epirogenetischer) Hebungen, solche langdauernder Rücksenkungen und des tektonischen Stillstands schalten sich zwischen die einzelnen orogenetischen Phasen der Teilzyklen gesetzmässig ein.

Während die Teilzyklen jeweils mit einer Faltungsteilphase (zusammengesetzt aus den Faltungsstößen der Subphasen) beginnen und dann zu einem länger dauernden, überwiegend epirogenetischen Entwicklungsgang hinüberführen, lässt die *Gesamtheit der tertiären Zyklen* der östlichen Alpen und der angrenzenden Jungorogene eine *übergeordnete Tendenz* erkennen. Sie prägt sich in einer, von Phase zu Phase, fortschreitend abnehmenden tangentialen Bewegungsintensität, in einem immer mehr zur Geltung kommenden Zurücktreten der Rücksenkungsvorgänge und stärkerer Betonung der epirogenetischen Aufwölbungen, vom Eocän bis zum Quartär aus. Den Alpen des Pliocäns (obersten Miocäns), in dieser Zeit entstanden und weiter entwickelt, sind schon 4 *ältere, tertiäre Alpen*, als orographische Körper, welche nachher jeweils der Zerstörung anheimgefallen waren, vorausgegangen gewesen, die nur durch morphologische Bindeglieder geringer orographischer Höhe und stark eingeschränkter, räumlicher Ausdehnung miteinander verknüpft waren.

In *morphologischer Hinsicht* war die Gebirgsentwicklung weitgehend von

tektonischen Vorgängen (Faltungen, Hebungen, Senkungen und Stillstandsphasen) beherrscht. Die zahlreichen nachweisbaren, weitausgreifenden oder auch nur randlichen Einrumpfungen der Gebirgszüge knüpfen sich an Zeiten fehlender tektonischer Kraftauswirkungen, jedoch — nach der hier vertretenen Auffassung — an solche schwacher, beginnender oder abflauer tangentialer Kompression. Schon die Faltungszeiten sind gleichzeitig zonenweise Perioden mehr oder minder ausgesprochener Aufwölbung und Modellierung der Landschaft. Die grössten Reliefenergien sind jedoch jeweils in den *epirogenetischen Zwischenzeiten* zwischen den einzelnen Teilphasen der Orogenese, insbesondere den jüngsten derselben geschaffen worden. Mehrfach eingreifende und grosse Teile des Gebirges, wenn nicht das ganze, umfassende Rücksenkungen haben den Entwicklungsgang der alpinen Gebirge zum Hochgebirge sehr wesentlich verzögert.

WICHTIGER LITERATUR

- BUBNOFF S. v. — Das Alter der Erde und der Gang der Erdgeschichte. *Die Naturwissenschaften*, **23**, 1935.
- Rythmen, Zyklen und Zeitrechnung in der Geologie. *Geol. Rundschau*, **35**, 1947.
- BUCHER W. H. — The deformation of the earth's crust. Princeton, 1933.
- Deformation of the earth's crust. *Bull. Geol. Soc. of America*, **50**, 1939.
- Versuch einer Analyse der Grossbewegungen der Erdkruste. *Geolog. Rundschau*, **30**, 1939.
- CLOOS H. — Tektonische Geologie. Verlag Bornträger. Berlin, 1936.
- KLEBELSBERG R. von — Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen. *Verh. d. geol. Bundesanstalt*, Wien, 1922.
- Die Erhebung der Alpen. *Zeitschr. d. geol. Gesellschaft*, **77**, 1927.
- Das Antlitz der Alpen. *ebendort*.
- Geologie von Tirol. Innsbruck, 1935.
- CORNELIUS H. P. — Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengeologie. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I*, 1949.
- Zum Betrag der jugendlichen Hebung der Alpen. *Mitt. d. geogr. Ges. Wien*, **92**, 1950.
- KRAUS E. — Der orogene Zyklus und seine Stadien. *Zbl. f. Mineral., Geol. u. Paläont.*, 1927.
- Der Abbau der Gebirge. Verlag Bornträger Berlin, 1936.
- KREJCI-GRAF K. — Die Phasen der Gebirgsbildung. *Geol. Rundschau*, **38**, 1950.
- LEE J. S. — Geology of China. The Murby Co., London, 1939.
- LICHENECKER N. — Das Bewegungsbild der Ostalpen. *Die Naturwissenschaften*, **35**, 1925.
- Beitrag zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der Ostalpen, I. *Geogr. Jahresbericht aus Oesterreich*, **19**, 1938
- LOUIS H. — Probleme der Rumpfflächen und Rumpftreppen. *Verh. u. wissenschaftll. Abh. d. 25. Deutschen Geographentag*, Bad Nauheim, 1934.
- MACHATSCHKE F. — Neue Ergebnisse der Hochgebirgsmorphologie. *Geographischer Anzeiger*, 1930.

- MACHATSCHEK F. — Das Relief der Erde. I. Band Berlin, 1938; II. Band Berlin, 1940.
- PENCK A. — Die Gipfelflur der Alpen. *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*, Berlin, 1919 (I).
- Das Antlitz der Alpen. *Die Naturwissenschaften*, 1924.
- PENCK W. — Morphologische Analyse. Stuttgart, 1924.
- RATHJENS C. Jr. — Neuere Untersuchungen von Flachformen der Höhe in den Alpen. *Erdkunde*, 2, 1948.
- RICHTER M. — Zum Problem der Gipfelflur. *Ztsch. f. Geomorphologie*, 1929.
- RUTTEN L. M. R. — Frequency and periodicity of orogenetic movements. *Bull. of Geol. Soc. of America*. 60, 1949.
- SCHWINNER R. — Lehrbuch der physikalischen Geologie I. Berlin.
- Die geologische Zeittafel. *Neues Jahrbuch f. Mineral., Geol. und Paläont., Monatshefte*, Abt. B., H. 7/9, 1944.
- El ritmo del proceso geol. *Rev. Euclides*, 8, 1947.
- SÖLCH J. — Grundfragen d. Landformung in den nordöstlichen Alpen. *Geogr. Annaler*, Stockholm, 1922.
- Die Landformung der Steiermark. Graz, 1928. *Verlag des naturwiss. Ver.*
- Fluss- und Eiswerk in den Alpen. *Petermanns geogr. Mitteilungen*, Ergänzungsband, 1935.
- SPREITZER H. — Zum Problem der Piedmontreppe. *Mitteil. geogr. Ges.*, Wien, 75, 1932.
- Die Grossformung im obersteirischen Murgebiet. *Geogr. Studien* (Festschrift J. Sölch), Wien, 1950.
- Die Entstehung der Grossformung der Hohen Gurktaler Alpen. *Carinthia*, II, 141, (61), 1951.
- STILLE H. — Grundlagen der vergleichenden Tektonik. Verlag Bornträger, Berlin, 1924.
- Der derzeitige tektonische Erdzustand. *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*, 13, Berlin, 1935.
- Zur Herkunft der Magmen. *Abhandl. d. preuss. Akad. d. Wiss.*, math.-nat. Kl., 10, 1939.
- Bemerkungen zu J. Gilluly's : Distribution of mountain building in geological time. *Geol. Rundschau*, 38, 1950.
- WINKLER VON HERMADEN A. — Die junge Eruptiva am Ostrande der Alpen. *Zeitschr. f. Vulkanologie*, 1, 1914.
- Ueber junge Abtragung und Aufschüttung am Ostrande der Alpen. *Jahrb. der geol. Bundesanstalt Wien*, 83, 1933.
- Die jungtertiäre Entwicklung der Ostabdachung der Alpen. *Zentralbl. f. Mineral., Geol. u. Paläont.*, Stuttgart, 1940.
- Grundsätzliches zur Erforschung des Jungtertiärs am Ostabfall d. Alpen. *Mitt. d. Reichsamts f. Bodenforsch.*, Zweigstelle Wien, 3, 1942.
- Die jungtertiären Ablagerungen am Ostsäum der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. In : F. X. SCHAFFER, Geologie von Oesterreich, Wien, Verlag F. Deuticke, 1951.
- Zum Entstehungsproblem und zur Altersfrage ostalpiner Oberflächenformen. *Mitteil. d. geogr. Ges. Wien*, 1950.
- WURM A. — Morphologische Analyse und experimentelle Schichtstufenlandschaft. *Zeitschr. f. Geomorphologie*, 9, 1935.

ACHEVÉ D'IMPRIMER A MACON (FRANCE) LE 15 AVRIL 1954
SUR LES PRESSES
DE L'IMPRIMERIE PROTAT FRÈRES

PAPIER LISSÉ PUR ALFA D'ALGÉRIE 90 GRAMMES
FABRIQUÉ A BABA-ALI (ALGER)
DANS LES USINES DE LA CELLUNAF
(COMPAGNIE NORD-AFRICAINE DE CELLULOSE)

DÉPOT LÉGAL 2^e TRIMESTRE 1954
N^o D'ORDRE IMPRIMEUR : 5648-XIV ; ÉDITEUR : 214.