

A KÁRPÁTOK ÉS ÁLTALÁBAN A LÁNCHEGYSÉGEK SZERKEZETÉNEK GEOMECHANIKAI SZINTÉZISE

Írta: DR SCHMIDT ELIGIUS RÓBERT

Már a merev rögök és táblák, az u. n. kratogének szerkezetének tanulmányozása során kimutathattam azt, hogy míg az orogénekre a csapásmenti, tehát a hegyképzőerőre merőleges tektonikai irányok a jellemzőek, addig a kratogénekben a hátóerőre átlós ú. n. főcsúsztató síkok, ill. az azok mentén kialakult törésvonalak az uralkodóak.

A kratogének esetében fenti mechanikai szabály általános érvényűségét, sőt törvényszerű voltát több tanulmányomban igazoltam. Ezek során kimutattam a merev testekre érvényes átlós töréses tektonika szerepét számos geológiai jelenség létrejöttében. Így a kőzeteket átjáró diaklázisok s jellegzetes rácsszerkezetűk, a vető- és hasadékkrendszerek, valamint ércikitöltéseik esetében, a széntelepek elválási lapjainak, a barlangjáratok, egyes vízhálózatok, továbbá sóbányáink pillér- és falrepedéseinek keletkezésében. Láttuk e hegyszerkezet szerepét Magyarország bányászati súlyvonalának és energiatengelyének kialakulásában, a tiszántúli gázmezők elhatárolásában, a gáz és víz földalatti vándorlásában, az Alföld geothermikus grádiensének kialakulásában, Csonka-Magyarország egész morfológiájának létrejöttében, országot alakító voltát Itália esetében, kontinensformáló erejét földrészeink háromszög alakjában, sőt valószínű érvényesülését más bolygók felszínének kialakításában, mint pl. a Mars-csatornák esetében is.

Míndezekben a geológiai jelenségekben, a hegyképzőerő irányát átlósan keresztelő főcsúsztató síkok hatását láthatjuk. Ezek domináló szerepe a Föld arculatának kialakításában tehát nyilvánvaló.

De természetesen más mechanikai igénybevételre visszavezethető rupturális formákkal is találkoztunk a kratogénekben. Így pl. forgatónyomaték okozta elválásokkal a krétakori hegyképződés idején a magyar közbenső tömegben, egyszelvénvű nyírás okozta deformációval a Hernád-törésvonal esetén, kétszelvénvű nyíróigénybevételre ke-

letkezett diszlokációkkal a Föld egész szilárd kérgét Afrika mentén É-D irányban átszelő nagy törésvonalak esetében. Vizsgálataim szerint tiszta húzóigénybevételre utal a Laurázia és Gondwana közötti geoszinklinálisok formája, az alpi orogén bölcsőjét képező tenger-vályuk elhelyezkedése és lefutási iránya, hajlítással kapcsolatos húzóigénybevételre vall a Vörös-tenger, a Rajna-árok keletkezése, a só-törmzseinkkel kapcsolatban fellépő tektonikai és morfológiai formák, valamint ezek egymáshoz való viszonya, a dolinák és poljék keletkezése stb.

Az utóbb felsorolt igénybevételek azonban, bár nem ritkák, mégis inkább helyi jelentőségűek a kratogéneknél. Létrehozott formáik éppen ezért nem olyan általánosak és jellegzetesek a merev táblákra, mint a fennebb tárgyalt, nyomás okozta átlós diszlokációk.

A kratogén tektonikával szemben áll az orogének tektonikája. Itt is a nyomás okozta deformációk a leggyakoribbak, de egyben a legszembetűnőbbek is. A nyomással való ok és okozati összefüggésük felismerése ezért már régi keletű és igen behatóan tanulmányozott. Az idetartozó hegyszerkezeti formák és elemek azonban a hegyképzőerőre nem átlósak — mint a kratogéneknél — hanem mindig merőlegesek rá. Így: a redők, az antiklinálisok és szinklinálisok tengelyei, a völgyek és a vízválasztó gerincek, a képződmények csapásirányai, az egyes rétegek határai, a takarók homlokvonalai, a flexurák, az áttolódási síkok, a törések és vetők csapásirányai — addig, amíg egyeneses nyomásra bekövetkezett gyűrődésről van szó — mind merőlegesek a hegyképző erő irányára és csak akkor torzulnak el, ha létrehozásukban a nyomáson kívül, más igénybevétel vagy geológiai tényező is szerepel, esetleg ha a nagymérvű nyomóigénybevétel a gyűrődés befejezte és az anyag plaszticitásának elvesztése után még mindig tartott, vagy újra éledt. Utóbbi esetben az orogén, a törések szempontjából már kratogén módjára viselkedik; nevezetesen átlós törések keletkeznek benne.

A Föld szilárd kérgében fellépő feszültségek és a hegyképző erők azonban nemcsak nyomásra vették igénybe az orogéneket, ill. nem csak ennek segítségével alakították ki, hozták létre a lánchegységeket. Különösen jól figyelhető ez meg, ha az orogének szerkezetét és mechanizmusát nem csak profilokban, hanem regionálisan is tanulmányozzuk. Kitűnően alkalmasak ily irányú szemlélődésre a mediterrán lánchegységek. Egyrészt, mivel a legismertebbek, de főképp mivel itt találjuk az alpi orogén legerősebben, valósággal hurokszerűen ívelt szakaszait.

Geomechanikai szemlélődésünket éppen ezért a Kárpátokon kezdjük, az Alpokon folytatjuk, majd az ott szerzett tapasztalatokat, megfigyeléseket és esetleg felismerhető törvényszerűségeket az alpi orogén többi tagjain ellenőrizzük és ha lehet kiszélesítjük.

Előljáróban azonban még néhány általános gondolatot kell megbeszelnünk.

Abban ma már egységes a geológusok felfogása, hogy az alpi orogén felgyűrését egy délről észak felé ható — és pedig az afrikai

tömb északra hatolásából származtatott — nyomás idézte elő. Ugyanakkor azonban a mediterrán lánchegységek sajátságos, hurokszerű íveltsége tekintetében még nagyon is szétágazóak a vélemények.

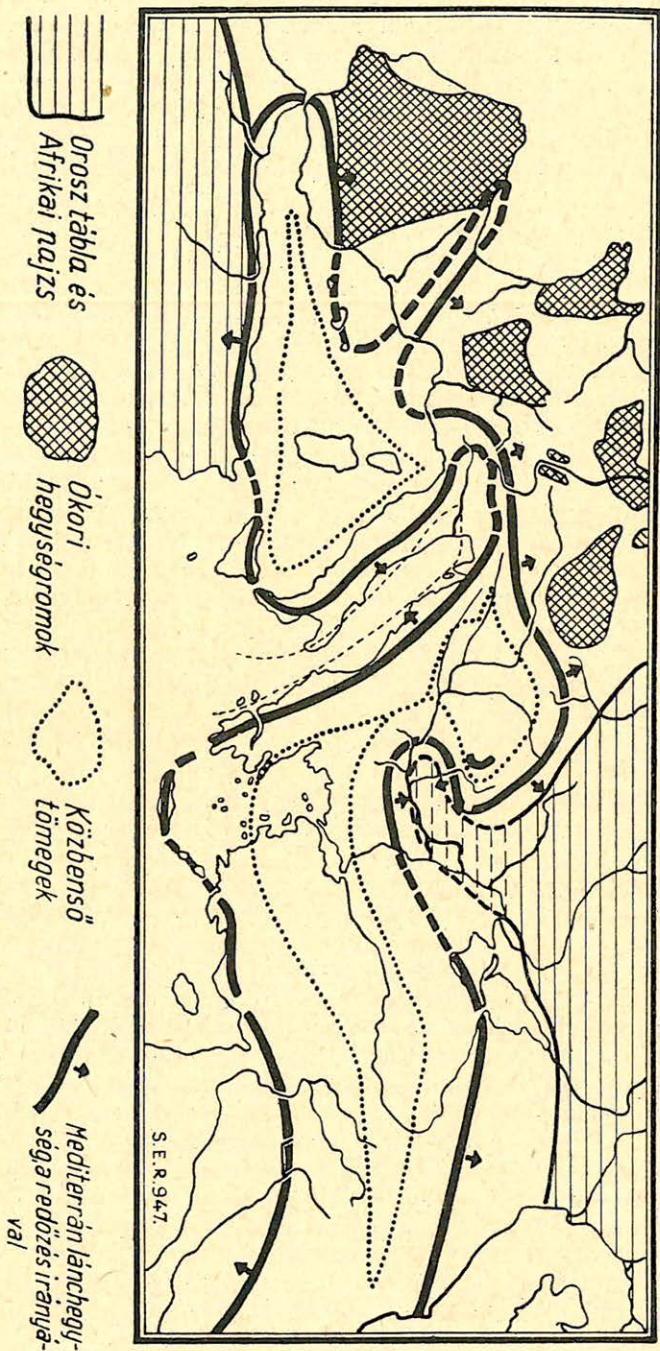
Pierre *Termier*, Emilie *Argand* és Rudolf *Staub* szerint a lánchegységek ívei nem jelentenek hajlítói igénybevételt, miután közel azonos elképzelésük szerint ezek úgy keletkeztek, hogy délről északra töduló tömegek, egyes ellenálló pillérek között, mintegy ráhőmpölyögtek az előtérre. Így *Argand* az Alpok és Kárpátok együttes ívében egy redőnyalábnak a francia és a kimmériai tömb által kétoldalt lefékezett nagyarányú előresiklását, mintegy az előtérre való ráözönlését látja.

Egészen más felfogást vall *Ampferer* és hozzá hasonló nézetben van *Kossmat* is.

Ampferer a mediterrán lánchegységöv sajátságos íveltségének magyarázatánál az alpi orogén — ma már általánosan helyesnek elismert — *Kober*-féle fogalmazásából indul ki. (1. sz. ábra.) És felteletezi, hogy itt eredetileg két K-Ny-i irányban közel párhuzamosan haladó hegyláncolatról volt szó, amelyeket a mai közbenső tömegek egykor összefüggő, egészen más felépítésű és viszonylag merev föld-sávja választott el egymástól. Horizontális és nyilván K-Ny-i irányúnak elképzelt kihajlásra véve igénybe ezt a háromrészes kéregsávot, a merev, középső mezőny erős deformációja várható. Ez a mezőny a kihajlásnak megfelelően, hol el fog keskenyedni, hol ki fog szélesedni. Az éles hajlatokban a középső mezőny teljes összenyomódására kerülhet sor, mint például szerinte az Alpokban, ahol az Északi és Déli Alpok oly közel kerültek egymáshoz, hogy a közbenső tömeg már csak sebhely formájában van meg, vagy erős kiszélesedésére, mint például a magyar medence-csoport esetében. A középső mezőnynek ez az elkeskenyedése, ill. kiszélesedése természetesen csak nagymérvű anyagvándorlás mellett mehet végbe. Ezért *Ampferer* főképp a mélyben végbemenő és a nyomott övek alól a kiszélesedő húzott övek felé tartó nagy anyagáramlást tételez fel. Ennek a végbement nagy anyagvándorlásnak bizonyításaként felhossa, hogy a nehézségi mérések a centrális Alpok alatt anyagihiányt, míg kelet felé, a magyar Alföld felé egyre növekvő anyagtöbbletet mutattak ki. A magyar medence-csoport fiatal vulkanizmusát is a fentvázolt erőhatás következtében felritkult kéregrézsz szakadásaiba feltóduló magma-működéssel magyarázza. Miután az Alpokban a hajlításnál fellépő külső: húzott, középső: neutrális és belső: nyomott öv nyomait nem ismerte fel, feltételezi, hogy a kihajlásra való igénybevétel nem a hegylánc egészét érte, hanem szá-lanként, úgy, hogy azok külön-külön egymás mellett elcsúszhattak.

Az *Ampferer*-féle fenti kéregmozgási elmélettel kapcsolatban felhozható ellenvetéseimet, — anélkül, hogy teljességre törekednék, vagy az alapgondolat helyességét kétségbevonám — a következőkben foglalhatom össze.

Valószerűtlen és mechanikailag semmiképpen sem indokolható két egymással sokezer kilométeren át párhuzamosan haladó tenger-



1. sz. ábra. Az alpi orogén mediterrán lánchegységei (Kober értelmezése szerinti).
 Abb. 1. Die mediterranen Kettengebirge des alpinen Orogens (im Sinne Kobers).

vályúból felgyűrődött lánchegység feltételezése. Ez még a Kober-féle hegyképződési elmélettel, a „merev tömegeket“ körülölelő „orogén gyűrűkkel“, sem pedig az előbbivel egyébként azonos, *Ampferer*-féle „rög és redőgyűrű“ elmélettel sem magyarázható.

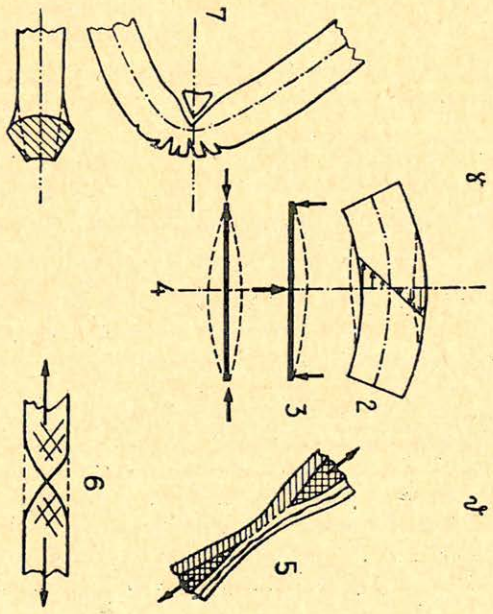
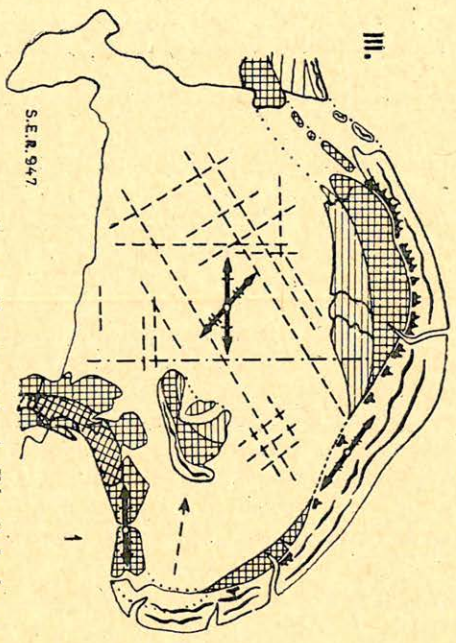
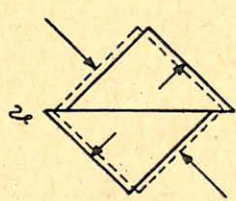
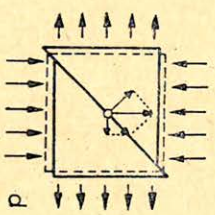
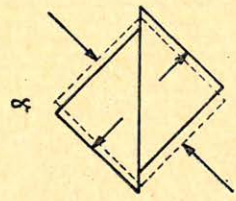
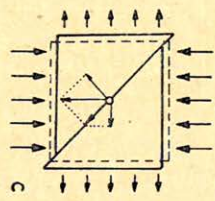
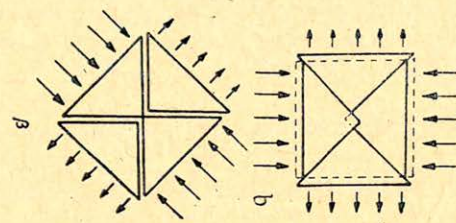
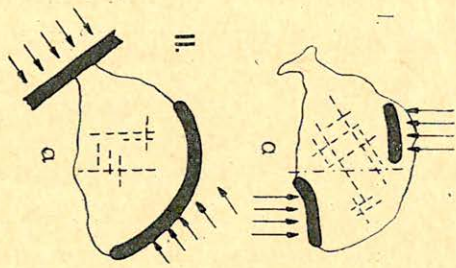
A mediterrán lánchegységek bölcsőjét képező tengervályuk — csakúgy, mint az általuk körülhatárolt közbelső tömegek — a kontinensek *Staub-féle*, az equator, majd újra a pólusok felé tartó mozgásából, ill. e mozgás nyomán bennük meridionális irányban, váltokozva fellépő nyomásra, ill. húzásra keletkeztek. Éspedig ezen igénybevételek folytán a kontinensekben szükségszerűen kialakuló, egymást keresztező u. n. csuszamlási felületek mentén. Ugy miként azt régebbi elképzeléseim alapján az 1944-ben megjelent Geomechanikai tanulmányaimban egyébként részletesen is kifejtettem. Az alpi orogén jellegzetes, hurokszerűen ívelt alakjának fővonásai tehát már a geosinklinálisok keletkezésekor adva voltak és az alpi hegyképződéskor dél-északi irányban ható, az orogént felgyűrő hegynyomásra csak szűkebb térre szorítottak és ezzel élesebben rajzolódtak ki. Nem kell tehát a redőzést előidéző meridionális irányú hegyképző erőre, utólag 90° szöggel elfordított, vagyis equatoriális irányú erőhatást feltételeznünk ahhoz, hogy az orogén hurokszerű formáját kapjuk. Utóbbi erőnek egyébként is elképzelhetetlenül nagyra kellett volna lennie ahhoz, hogy az orogénnel együtt a középső mezőny deformálódásával kapcsolatos nagy anyagvándoroltatást is létrehozassa. Eltekintve attól, hogy ez a folyamat a lánchegységek külső előtereit képező kratogének egyidejű deformálása nélkül nem is mehetett volna végbe. És nem szólvá arról, hogy az orogén hurokszerű görbültsége és undulálása folytán a szálaknak egymás melletti nagyobb mérvű elcsúszásához még az elméleti lehetőség sem volt meg.

A centrális Alpok és a magyar medence-csoport közötti nehézségi erő-különbség megmagyarázására elegendő az Alpok fel- és mélységbe gyűrődéséből származó, tehát lényegileg vertikális irányú magma-eltolódás és az ebből eredő laterális migráció. Nem kell tehát a középső mezőny szilárd kéregrésztetének — különben is nehezen elképzelhető — nagyarányú horizontális eltolódását, kisajtolódását feltételeznünk.

Az Alpok alatti nehézségierő-hiány az izosztatikus korrekciók elvégzése után különben is lényegesen kisebb, mint azt eredetileg gondolták.

A Kárpátok merész íve sokkal nagyobb hajlító és nyomóigénybevételről tanuskodik, mint az Alpok lényegesen enyhébb íveltsége, anélkül, hogy magjából a közbelső tömeg kiszorult volna.

Felfogásom szerint tehát a mediterrán lánchegységek geosinklinális csatornáin régi, de legalább is a variszki hegyképződés ideje óta kialakulóban lévő hegyszerkezeti formák mentén fejlődtek ki. Ezekből az üledékgyűjtő tengervályukból az alpi orogént a hegyképző erő délről észak felé ható nyomása gyűrte fel, mind szűkebb térre szorítva össze a geosinklinálist és még plasztikus kőzeteit, majd tovább



2. sz. ábracsoport. A Kárpátok és nyuggar közbelső tönégy hegyszerkezeti kialakulásának, geometriai, geometriai képi.
 2. Die geometrischen Schemen zur geotektonischen Entwicklung der Karpaten und der Ungarischen Zwischenmasse.

2. sz. ábracsoport. A Kárpátok és magyar közbenső tömeg hegyszerkezeti kialakulásának geomechanikai sémái.

I. a. A krétakori hegyképződés sémája. Az Északi Kárpátokban a kristályos maghegységek kettős övét és a Déli Kárpátokat felgyűrő hegyképző erő, forgatónyomatéokra és nyírásra veszi igénybe a közbenső tömeget (a Tisiát). A forgatónyomaték nyomássá alakul át az elfordulni nem tudó közbenső tömegben, amelyben az erő irányára átlós, u. n. hossz- és haránt-törések keletkeznek.

(A forgatónyomaték miként való átalakulását és a nyíróerő hatását lásd részletesen Schmidt E. R.: A magyar közbenső tömeg töréses szerkezete. Debreceni Szemle. 1931 júniusi számában és Eine theoretisch-mechanische Deutung der europäischen Bruchsysteme. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beil. Bd. 67. Abt. B. 1932 S. 413—437. 8—18. ábráin.)

b.—d. A D—É irányú hegyképző erő következményei és átalakulása a közbenső tömegben.

II. α. A harmadkori hegyképződés sémája. β — δ. A hegynyomás átalakulása a közbenső tömegben.

III. 1. A Kárpátok és a magyar közbenső tömeg változatos mechanizmusa. A vastag nyílak a közbenső tömeg (I. b—d ill. II. β — δ szerinti) tágulási irányát és a Kárpátok megfelelő szakaszaiban húzó-igénybevétellel való átalakulását jelképezik. A szakadozott nyíl a Kárpátok ívéből kinyíródott Bihar-hegycsoport mozgási irányát jelzi. 2—3. a hajlítóigénybevétel, 4. a kihajlásra való igénybevétel, 5—6. a húzóigénybevétel sémája. 7. a hajlító (esetleg kihajlásra való) igénybevétel következményei, merev, rideg anyagban.

*

Abbildungsgruppe 2. Die geomechanischen Schemen zur geotektonischen Entwicklung der Karpaten und der Ungarischen Zwischenmasse.

I. a. Schema der kretazischen Gebirgsbildung. Die gebirgsbildende Kraft, die die doppelte Zone der kristallinen Kerngebirge in den Nördlichen Karpaten sowie die Südkarpaten aufgefaßt hat, nahm die Zwischenmasse (die Tisia) auf Drehmoment und Scherung in Beanspruchung. Das Drehmoment geht in der Zwischenmasse, die sich nicht drehen kann, in einen Druck über. Daraufhin entstehen in der Zwischenmasse diagonal zu der Krafrichtung die sog. Längs- und Querbrüche.

(Die Art der Verwandlung des Drehmomentes und die Auswirkung der Scherkraft siehe detailliert in E. R. Schmidt: A magyar közbenső tömeg töréses szerkezete — Die Bruchstruktur der ungarischen Zwischenmasse — Debreceni Szemle, Juni-Nummer 1931 und in Eine theoretisch-mechanische Deutung der europäischen Bruchsysteme. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. 67. Abt. B. 1932, S. 413—437. Fig. 8—18.)

b—d. Folgen der gebirgsbildenden Kraft und ihre Umwandlung in der Zwischenmasse.

II. α. Schema der tertiären Gebirgsbildung.

β—δ. Die Umwandlung des Gebirgsdruckes in der Zwischenmasse.

III. 1. Der mannigfaltige Mechanismus der Karpaten und der Ungarischen Zwischenmasse. Die dicken Pfeile zeigen die Ausdehnungsrichtung der Zwischenmasse (nach I. b—d., bezw. II. β—δ) und ihre Umwandlung in Zugbeanspruchung in den entsprechenden Zonen der Karpaten an. Der gestrichelte Pfeil zeigt die Bewegungsrichtung der aus dem Karpatenbogen durch Scherung ausgeschiedenen Bihargebirgsgruppe, 2—3. Schema der Beanspruchung auf Biegung, 4. auf Knickung, 5—6. auf Zug, 7. die Folgen der Beanspruchung auf Biegung (eventuell auf Knickung) in einer starren, spröden Masse.

hatván, a kialakult és tömörülés folytán egyre merevebbé váló redőnyalábokat — a régi masszívumok által képviselt helyi ellentállásoknak megfelelően — hol hajlító, hol húzó, hol nyíró igénybevétellel a mai alak felvételére kényszerítette.

De nézzük közelebről az egyes orogén ágakat és vizsgáljuk meg, felismerhetők-e azokon azok a jelenségek, amelyek a mai alakjuk létrehozásához szükségelt és feltételezett mechanikai igénybevétel ismertető jelei.

A Kárpátok hatalmas, hurokszerű íve nem egységes. Már geometriai alapon is több szakaszra bontható. Az Északi Alpokból kiágazó Nyugati Kárpátok íve homorú oldalával a Cseh masszívum felé fordul. Majd ellentétes görbülettel az Északi Kárpátok íve következik. Ez folytatólagosan a Keleti és Déli Kárpátok alkotta, Erdély délkeleti sarkában erősen nyomott ívébe megy át. Végül az a szabályos patkóalak következik, amellyel a Déli Kárpátok a Balkán hegységbe ívelnek át.

Hajlításra igénybevett tartók külső övében húzó, belső övében nyomó feszültség lép fel, míg az őket elválasztó ú. n. neutrális tengely feszültségmentes. (2. sz. ábracsoport III/2. sz. ábra.). A húzott övben befűződés, anyagritkulás és szakadás, a nyomott övben tömörülés, végső esetben törés és anyagtorlódás következik be. Ezzel szemben a neutrális tengelyben fekvő, feszültségmentes szálak eredeti hossza nem változik, tehát rupturális deformációt nem szenvednek. Illetve, miután a neutrális tengely a valóságban csak egy elméleti vonal, amelytől távolodva a feszültségek úgy ki, mint befelé folyamatosan nőnek, a gyakorlatban inkább egy keskeny középső övről beszélhetünk, amelyben a feszültségek és így a rupturális deformációk is a legkisebbek lesznek.

Utóbbi esettel mingyárt a Nyugati Kárpátokban találkozunk. Ott jóformán csak a keskeny középső öv van meg, míg a külső öv teljesen, a belső öv pedig nagyrészt hiányzik. (L. a 2. sz. ábracsoport III/1. és a 3. sz. ábrát.)

A középső övet a Lajta hegység, a Hainburgi kis tömzs, majd a Kis Kárpátok kristályos vonulata képviseli. Haránt törések szabdalják fel, folyók (Lajta, Duna) szelik át ezt is — hiszen nem eszmei vonalról, hanem 10—15 km széles övről van szó — de nem oly mértékben, hogy az összefüggésük követhető ne lenne.

A külső, főképp kristályos kőzetekből álló öv, amely eredetileg kb. a Köszeget és Nyitrát összekötő vonalig terjedt, nyilván a húzó-igénybevétel következtében elszakadozott, majd a magyar medencecsoport utolsó nagy lezökkenésével a mélybe süllyedt. Kőzeteit a mihályi-i (Kapuvár mellett) és a mosonszentjánosi szénhidrogénkutató mélyfúrások közvetlenül a pannontakaró alatt 1602 m, ill. utóbbi esetben a 2564-től szereplő felső miocén alatt, 2651 m mélységben találták meg.

Hasonló az eset a nyomott övben. Itt a homokkő vonulat töredezett össze és süllyedt le utólag a mélybe, miként azt a bécsi medence

és a morvamezei szénhidrogénkutató fúrások tanúsítják. Hogy ebből a lényegesen kisebb szilárdságú kőzetekből álló övből aránylag több maradt a felszínen, míg a hajlítás szempontjából külső öv nagyobb szilárdságú kristályos palából jóformán semmi, annak többek között oka lehet az is, hogy a kőzetek nyomószilárdsága messze felülmulja szakítószilárdságukat.

Ugyanígy kimutathatók a hajlítóigénybevétel nyomai az Északi Kárpátokban is.

Az Északi Kárpátokban lényegében öt övet lehet megkülönböztetni. És pedig kívülről befelé: a homokkő- vagy flis övet,

a különböző mészkővekből álló ú. n. belső szirt övet,

a főképp kristályos kőzetekből (gránit és kristályos palákból) álló maghegységek kettős övét és

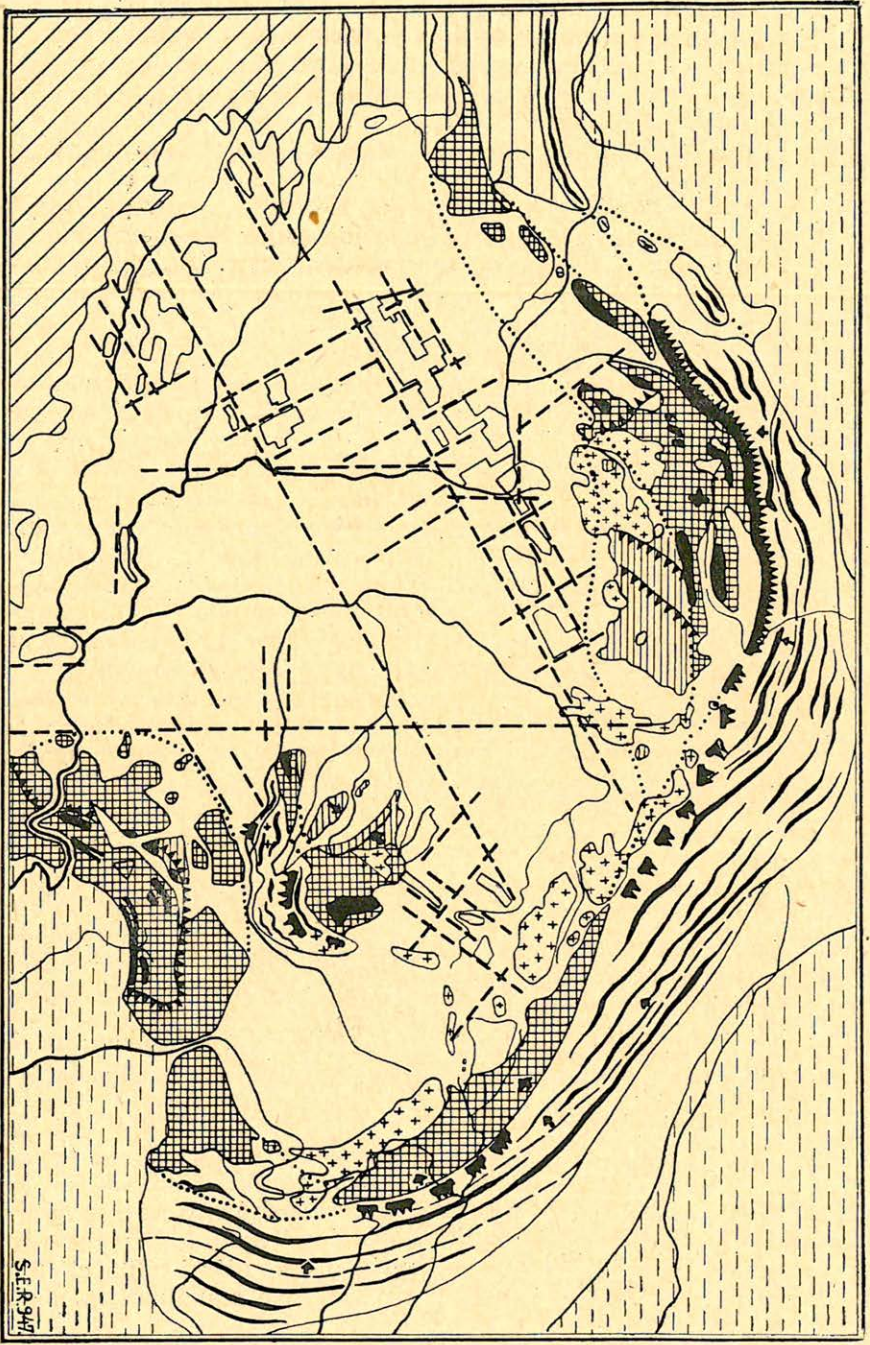
az őskőzetekből álló belső övet.

Ezekben belül helyezkedik el hatodik övként a belső vulkáni hegycsozorú, de ez már nem tartozik szorosan a Kárpátok hegyszerkezetéhez.

Hajlítás szempontjából kétségtelenül a külső, húzott övben fekvő 60—100 km széles flis-öv szerkezetéről — azonkívül, hogy 20—30 kilométeres áttolódási távolságokkal bíró hatalmas takaróredők (Magura és Krosno) építik fel — aránylag keveset tudunk. Ami nyilvánvalóan az övet felépítő s aránylag képlékeny kőzetek nagy egyhangúságának és így tektonikailag nehezebben tanulmányozható voltának tudható be. Mechanikai szempontból, helyzetéből kifolyólag azonban nem lehet vitás, hogy a szakítási formáknak itt is meg kell lenniök. Erre utal egyébként és többek között az a térképvázlat is, amelyet *Szalai* Körösmező környékéről készített és ahol a Fekete Tisza völgyében a Magura takarónak kifelé villa-alakban való szétágazása elsődlegesen nem eróziós, hanem mechanikai-tektonikai jelenség. Különben is egy kifelé ívelt csapásiránnyal bíró hegységben a takaró-redőnek kifelé történő mozgása radiálisan szétterjeszkedő lévén, az nyúlás és szakadás nélkül nem is mehet végbe.

Igen jellegzetesen tükrözi vissza a húzó-szakító igénybevételt a belső szirt-öv. Keskeny, ma legfeljebb 21 km széles és aránylag merev mészkővekből álló zónáját a húzóigénybevétel 5000-nél is több szirtté tépte széjjel és cca 550 km hosszú sávra húzta ki.

Húzó igénybevételre vall a maghegységek kettős öve is. Ennek tagjai, a külső övben és a Kis Kárpátok folytatásában: az Inovec, továbbá a Száraz Magura-, Kis Magura- és Zsdjár-ból álló csoport, a Kis Fátra (Mincsov és Fátra-Kriván), a Magas Táttra és végül a Branyiszkói-rög. A belső vonulathoz tartoznak: a Nyitra feletti Zobor, a Tribecs, a Lubochnai rög és az Alacsony Táttra. Valamennyi kristályos kőzetekből felépült maghegység. Szerkezetük, főképp azonban alakjuk és megjelenési formájuk, csapásirányú húzóigénybevételre vall. Tudjuk ugyanis, hogy húzóigénybevételnél, különösen a nem túl merev (képlékenyebb) anyagok még a szakadás beállta előtt befűződést szenvednek. Már pedig ennek jelei nem csak horizontális, hanem



S.E.R. 547

- 1 [Symbol: Horizontal lines]
- 2 [Symbol: Vertical lines]
- 3 [Symbol: Diagonal lines (top-left to bottom-right)]
- 4 [Symbol: Wavy lines]
- 5 [Symbol: Sawtooth pattern]
- 6 [Symbol: Grid pattern]
- 7 [Symbol: Horizontal lines with dots]
- 8 [Symbol: Square with four '+' signs]
- 9 [Symbol: Dotted pattern]
- 10 [Symbol: Sawtooth pattern (inverted)]
- 11 [Symbol: Square with diagonal lines and a triangle]
- 12 [Symbol: Square with diagonal lines and a triangle (rotated)]

3. sz. ábra. A Kárpátok hegyszertekeztenek térképezetü.
 Abb. 3. Kartenskitze der tektonischen Struktur der Karpaten.

vertikális irányban is felismerhetők az öv egyes tagjain. Húzásra utal azonkívül az egész maghegység-övnek a kontrachálása. Például az Inovec és a Kis Fáttra között. Itt a Száraz Magurából, a Kis Magurából és a Zsdjárból álló hármaskristályos rögcsoport egyes tagjai, a tengely felé, fokozatosan, kulisza-szerűen visszamaradoznak és még a folytatását képező Kis Fáttra déli vége, a Mincsov is befelé csap, mielőtt az öv rendes csapásirányába beállana.

A Kis Fáttra keleti vége, a Kis Kriván és a Magas Táttra között a gránit magok külső oldalát borító mezozoós burok, valamint az árvai szirttek övrészletének befelé türemkedése ugyancsak kontrakcióra, azaz

3. sz. ábra. A Kárpátok hegyszerkezetének térképvázlata.

1. Bohémiai, Podoliai és Kimmériai masszívum;

2. Alpok;

3. Dinaridák;

4—11. Kárpátok és pedig: 4. flis-öv, 5. belső szirt-öv, 6. kristályos-öv (a maghegységekkel), 7. belső-öv, 8. belső vulkáni koszorú, 9. övhatár, 10. áttolódási vonalak, 11. délési irányok, pikkelyeződés;

12. Magyar közbelső tömegben: törésvonalak a röghegységekkel.

*

Abb. 3. Die Kartenskizze der tektonischen Struktur der Karpaten.

1. Die Böhmische-, Podolische- und Kimmerische Masse.

2. Die Alpen.

3. Die Dinariden.

4—11. Die Karpaten, und zwar: 4. Flysch—Zone, 5. innere Klippenzone, 6. die kristalline Zone (mit den Kerngebirgen), 7. die innere Zone, 8. der vulkanische Kranz, 9. Zonengrenze, 10. Überschiebungslinien, 11. Fallrichtungen, Aufschuppung.

12. In der Ungarischen Zwischenmasse: Bruchlinien mit den Schollengebirgen.

húzóigénybevételre vall. (L. a 3. sz. ábrát, valamint t. Róth térképét és ugyanott a 67. oldal szövegét.)

Szemben az előbbiekkal a Kárpátok ú. n. belső öve már kétséget kizáró módon csapásirányú, tehát hajlításból származó nyomóigénybevétel bélyegeit viseli magán. *Rozlozsnik* szerint a Gömör-Szepesi Érc-hegység főtömegét alkotó porfiroidos sorozat Dobsina és Kassa, vagyis a Vepor és a Branyizsko kristályos tömege között, mintegy 70 km-es csapáshosszban, egy hasán fekvő lapos hármashoz hasonlóan, kettősen ívelt. Ez, valamint a csapásirányban elhelyezkedő gyakori mélységbeli kőzetelőfordulások, határozottan Ny-K-i nyomásra vallanak. Nyomásra, vagy kihajlásra igénybevett test, ugyanis a hatóerőre merőleges irányban fellazulni, kitágulni igyekszik. A szabad oldalak felé kipattogzik, nagyjából tengelyirányú, gyengén átlós vagy ívelt hasadékok képződnek benne, amelyekbe — nyomott hegységövek esetén — az alulról felfelé utat nyert magma anyaga tódul. A csapásirányú nyomást valószínűsíti Bindt-bánya környékéről adott kis térképe, továbbá az a számos hossz- és haránt törés, amelyről beszámol

és az a mód, ahogyan fűrészszerűen fogazott peremmel a Szepesi takaró a nyugaton szömszédos Vepor takaróra rá van tólva.

A Vepor hegyszerkezetével kapcsolatban *Andrusov* — részben *Rozlozsnikot* igazolva — erősen préselt, sajtolt tektonikáról (Quetsch-tektonik) beszél. Kristályos kőzetei, amelyek para- és othogneiszekből, amphibolitokból és valósággal szétpréselt gránitokból állanak, mind igen erős tektonikai igénybevételre, nevezetesen nyomásra valának. *Uhlighoz* hasonlóan innen, mint gyökérrégióból származtatja az északnak vándorolt szubttárai takarókat. Miután azonban ezek szélessége jelentékenyen nagyobb, mint a Vepor-zónáé, előbbieki kiszélesedését kihengerléssel, míg utóbbi csapásirányú összeszűkülését, utólagos megrövidülését, összesajtolódással magyarázza, sőt elnyelést (Verschluckung) is emleget.

Ugyancsak nagyarányú csapásmenti nyomóigénybevétel mellett tanuskodnak azok a többé-kevésbé radiális irányú áttolódási vonalak, illetve síkok is, amelyeket *telegdi Róth* irodalmi adatok alapján ebben az övben, térképen ábrázol. Ilyen a Tribecs északi szélén haladó Övedi vonal DNY-i dőléssel, a Vepor nyugati oldalán lévő áttolódási sík DK-i dőléssel, valamint a Vepor keleti oldalán látható és a Murányi vonal által képviselt, DK-i dőléssel bíró áttolódási sík. Ezek mentén az egyes takarók kétoldalt tetőcserépszerűen tolódtak reá a Selmec-Körmöci Érchegység vulkáni kőzetei által a fiatal harmadkorban elborított és mélyebben fekvő belső övrészletre.

A Vepor-Szepes-Gömöri Érchegység régi masszívumának északi és déli lejtőjére köpenyszerűen boruló mészkőtáblákban impozáns karsztjelenségek lépnek fel. Ilyenek a Rozsnói környékiek, továbbá a Dobsinai barlang, Pelsőcnél a „Domicai”-barlang, az Aggteleki-barlang, stb. Mindezekről tudjuk, hogy tektonikai jelenségek, és hogy nyomás okozta átlós törésvonalak mentén fejlődtek ki.

De hajlításra utal az Északi Kárpátoknak, különösen kelet felé, a kis Zempléni kristályos pala-sziget felé lencseszerűen kiékelődő formája is. Nevezetesen bizonyíték amellet, hogy a belső öv Ny-K-i irányban nyomás alatt állott, aminek következtében a szabad déli oldal felé kihasasodott.

A Keleti és Déli Kárpátok között foglal helyet az orogén ág legélesebb, délről valósággal behorpasztott íve.

Anyagvizsgálatok igazolják, hogy erős hajlítói igénybevétel mellett a próbatest a 2. sz. ábracsoport III/7. sz. ábrája szerint deformálódik, miközben — különösen merevebb anyag esetén — a külső, húzott öv radiálisan beszakadozik, a belső, nyomott övből pedig, ugyancsak főcsuszatósík mentén ékalakú test szorul, pattan ki.

Pontosan ez a helyzet itt is.

A Keleti Kárpátok aránylag egyszerű felépítésűek. A hozzájuk szorosan már nem tartozó belső vulkáni koszorú felől számítva: a kristályos öv, a csak nyomokban jelenlévő szirtöv és végül a Barcságig lehúzódnó flisöv építik fel. A kb 240 km hosszú, keskeny kristályos öv a Tisza forrásvidékétől Csikszeredáig terjed, ahol hirtelen

végészakad. Folytatását a Déli Kárpátok széles kristályos vonulatában, míg a kanyarban hiányzó részt a Bihar hegységben találjuk meg, az ív belső övéből kiszakadt és szinte teljes kárpáti sorozattal együtt. És pedig karéjszerű elrendezésben, kívülről befelé: a flisövet (Erdélyi Érchegység) a szirtöv maradványaival, a gránit magokból és kristályos palából álló kristályos övet (Gyalui havasok, Hegyes-Drócsa), majd a főképp perm-kori ősközetekből és rátelepült mezozoikumból álló belső övet (Király-erdő, Bihar, Kodru-Móma, vagy más néven Béli-hegység).

A magyar geológusok, többek között *id. Lóczy, t. Roth L., Pálfy, Szádeczky K. Gyula, Kutassy* és főleg *Rozlozsnik* érdeme, hogy ennek a hegységnek közzettani, fácies és szerkezetbeli hasonló, sőt azonos voltát a Kárpátokéval részleteiben is kimutatták. A Bihar-hegycsoport tehát idegen a környezetében! Tökéletesen más, mint Erdély Nyugati Határhegységének többi tagjai, amelyek között ma helyet foglal és amelyek ősi elrendezésű, nyugat-erdélyi küszöb néven ismert kristályos pala alapja a mezozoikumban, legalább is időközönként, sziget-sorozat formájában emelkedett ki a tengerből. De eltér a Magyar Középhegység (Bakony, Vértes, Gerecse, Esztergom-Budai hegység, Bükk) tagjainak kifejlődésétől és szerkezetétől is. Előbbiek a Magyar Középhegység felsorolt tagjaival együtt a *magyar közbenső* tömeg részei és így lényegében csak töréses szerkezetet mutatnak.

A Bihar-csoport környezetidegen és egyben a Kárpátokkal rokon voltának felismerése, természetesen a kettőjük közötti kapcsolat kérdését vetette fel.

Az összefüggés magyarázatakép a mai Bihar táján, vagy még inkább attól nyugatra, az elsüllyedt Alföld helyén egy kétágú rész-geoszinklinálist tételeztek fel, amely az Északkeleti Kárpátokból kiágazva, a mai Bihar táján az Erdélyi Kárpátok ívével párhuzamos, de természetesen az előbbivel együtt a mainál laposabb kanyarral haladt volna az Alduna felé.

Ebből a bihari geoszinklinálisból, mint gyökérrégióból *Uhlig* és újabban *Popescu Vojtești* szerint a takarók eredetileg egészen a Kárpátok külső ívébe nyomultak volna, ahol is ezek homlokrégióinak bizonyos egységei — a takarók középső részének lepusztulása után — ma is láthatók lennének. *Rozlozsnik* kétségbe vonta, hogy a bihari geoszinklinális kissugarú íve a jelentékenyen nagyobb sugarú külső kárpáti ív valamelyik egységét szolgáltathatta volna.

Mrazec-nek — a *Pálfy* és *Rozlozsnik*-féle adatok részbeni felhasználásával készült — szelvénye szerint, az Alföld felől, a rész-geoszinklinálisból áttölt takarók csak kevéssel haladták volna túl azok ma ismert, de erózió útján megcsönkült keleti határát. És lényegében ugyanezt a nézetet vallja *Rozlozsnik* is, bár részletes, s beható vizsgálatai alapján a hegység szerkezetéről és takarórendszereiről előbbi szerzőtől eltérő képet nyújt.

Már *Uhlignál* találkozunk tehát a rész-geoszinklinális feltételezésével és miután ez úgy a fácies-, mint a hegyképződésbeli azonos-

ságok megmagyarázását lehetővé tette, végig fenn is tartotta magát. Annak ellenére, hogy a két geoszinklinális közvetlen összefüggése nincs megnyugtató módon bizonyítva. Emellett nehézségeket okoz annak a ténynek a megokolása is, hogy míg a tágabb értelemben vett Biharban is a hegyképződés a kréta végével befejeződött, addig a Kápatok külső kereteinek kialakítása még a harmadkorban is tartott. És végül nem kapunk felvilágosítást arra a fontos körülményre nézve, hogy miért hiányzanak a Kápatok délkelet-erdélyi kanyarából a belső övek, amelyek pedig az ú. n. részgeoszinklinálisból kialakult Bihari hegy-csoportban oly szépen kifejlődtek.

Rozlozsnik e nehézségek egyrészét a következőképp próbálta kiküszöbölni. Szó szerint idézem, „— nézet dolga, hogy a Béli-hegységben és a Biharban a közbenső ősi magyar tömeg erősebben összetöltött külső, avagy a központi egység kevésbé bonyolult belső övének tekintsük-e. Véleményem szerint az utóbbi felfogás jogosultabb s ily értelemben a Béli-hegységet s a Bihart a krétavégi Kápatok ama belső öve egyik részének tekintem, amely az óalpesi hegyképződés után az ősi magyar tömeghez csatlakozott s ezen túl már utóbbinak további sorsában osztozott.“

Ez természetesen csak úgy lett volna lehetséges, ha a Béli-hegység és a Bihar közvetlenül a közbenső tömeg és a Kápatok között foglalna helyet. Tudjuk azonban, hogy a közbenső tömeg sokkal messzebbre terjed keleten, hisz az Erdélyi Medence területének nagy részét is felöleli úgy, hogy keleti határa valahol a Kápatok lábánál van.

Ha tehát elfogadjuk — és ezt az előzők alapján tökéletesen bizonyítottnak vehetjük —, hogy a Béli-hegységben és a Biharban a Kápatok belső öveit kell látnunk, akkor nemcsak felesleges, de lehetetlen is azokat távol fekvő, a közbenső tömeg egy jó része által elválasztott, külső részgeoszinklinálisból származtatnunk.

Felmerül azonban így is, úgy is a kérdés, hogyan és milyen okból szakadt ki ez a belső övrendszer a Kápatokból.

Erre ad feleletet az a kép, amelyet a délkelet-erdélyi kárpáti ívet tárgyaló rész elején a merevebb testek erősebb hajlítóigénybevételének mechanikai következményeivel kapcsolatban mondtam illetve adtam. (L. 2. sz. ábracsoport III/7. sz. ábráját).

Az ősi magyar tömeghez való csatlakozást sem kell feltétlenül úgy értelmeznünk, hogy a leszakadt Bihar stb. az ősi tömeghez oldalt hozzátapadt. Elég feltételeznünk, hogy például rácsúszott. Elég nevezetesen ahhoz, hogy megértsük a leszakadt belső öveknek tektonikai viselkedését, amely szerint azok az óalpesi hegyképződés után már az ősi tömeg további sorsában osztoztak és amely geológiai ténymegállapításból a csatlakozásra csak következettek.

Végeredményben tehát a Bihar-csoport keletkezését a következőképp lehet és kell elképzelnünk.

A délkelet-erdélyi ívben — a délről jövő nyomás hatására — már a jurában megindul a kristályos öv redőzése és kiemelkedése. Ezek a

redők az alsó krétában már magas lánchegységgé tornyosulnak, különválasztva és kifelé szorítva a flistengert. A középső kréta táján már az ívképződés is olyan nagymérvű, hogy a fellépő hajlítógénybevétele következtében a hegyvonulat külső húzott öve beszakad, majd nyomott, belső övéből egy jó darabot kilök magából. Az e helyen keletkezett u. n. brassói depresszió területére kívülről fokozatosan nyomul be a flis tenger, jellegzetes transzgressziós üledékei rakva le.*

A belső és pedig az alsó krétánál idősebb tagokat tartalmazó hegységrész megindulását tehát a hajlítás következtében, az ív két oldalán keletkezett főcsúsztatósíkok tették lehetővé. De elősegíthette egy másik nyírófelület is, amely a meredeken feltornyosuló hegység önsúlyának hatására, arra átlós, vagyis a hegység lába felé lejtő irányban fejlődik ki, a lejtő vagy halmozási szögnek megfelelően. Erre, mint a redőzést is előidéző geológiai tényezőre E. Reyer mutatott rá 1907-ben először. *Stiny* pedig csak nemrég igazolta számszerűen, hogy az ilyenfajta hegyecsuszamlások és suvadások mechanikai előfeltételei és jelei a természetben valóban megvannak.

A leszakadt és önállóult Bihar-hegycsoport ettől kezdve a lejtős és csuszamlós tengerfenéken lassan nyugat felé mozgott, míg nem a nyugat-erdélyi küszöbön megakadt. Ezalatt persze — a D-É irányú hegyképző erő hatására — a közbenső tömeg tovább deformálódott. Nagyjából átlós irányú törések mentén elcsúszva, Ny-K-i irányban kitágult és így az általa kifelé tölt Keleti Kárpátok ellentétes irányú — a moldó-besszarábiai depresszió felé tartó — mozgással maguk is egyre távolodtak a leszakadt röghegységtől.

Magát a Bihar-hegycsoportot azonban a középső kréta után, a harmadkorban már nem érte hegynyomás. Az utolsó nagyobb diszlokáció az, amelyet a kréta végén, nyilván már megmerevedett állapotban és a mai helyén elszenvedett. Lefolyási irányát a Király-erdőtől délre a Vlegyászádtól a marosmenti Soborsin-ig, sőt azon is túl, a D-DNy-i irányban követhető granodioritos kőzetsor jelzi. Ez már kratogén jelleget mutat és lehet, hogy az ősi tömeg elmozdulásával függ össze.

Ha már most a tágabb értelemben vett Bihar belső szerkezetét nézzük, *Rozlozsnik* leírása alapján, akkor azt kell megállapítanunk, hogy az a hajlítás folytán nyomott öv minden bélyegét magán viseli. A Fekete Kőrös völgye felől két irányba, egyrészt a Bihar, másrészt a Kodru-Mómára lenyírt takarók torlódnak. Dél felől a flis tolódik a béli és bihari egységekre. A legbelső részen, a Király-erdőben és a

* Fenti, G. Macovei által kimutatott aptien transzgressziót — és ezzel a Stille-féle időtörvényt — nagyon szépen igazolja telegdi Roth Károlynak a Bakonyban tett megfigyelése. Utóbbi szerint az Észak-Bakonyban a kb. a barremienbe helyezhető első gyűrődési fázis, valamint az azt követő szárazföldi denudáció által létrehozott egyenlőlen térszint az aptien transzgresszió üledékei borítják. (telegdi Roth Károly: Adatok az Északi Bakonyból a magyar közbenső tömeg fiatal mezozoos fejlődéstörténetéhez. Matematikai és Természettudományi Értesítő. 52. p. 205—252. Budapest, 1935.)

Kodru északi részén, a főcsapás irányára merőleges undulációk, tehát térszükülésre valló szerkezeti formák lépnek fel. Ilyen pl. a Belényestől nyugatra térképezett borzai antiklinális, amelyhez délfelé az úrmezői átbuktatott redő csatlakozik stb. Magának a Kodru-Mómának a helyzete pedig mintha csak megisméltése lenne annak a folyamatnak, amelyet az egész Bihari hegycsoport keletkezésével kapcsolatban elmondottam.

Mindezen jelenségek létrejöttét sokkal könnyebb megérteni, ha azokat a Kárpátok ívében keletkezetteknek képzeljük el. Mert ahhoz, hogy ez a hegyképződési folyamat két egymással párhuzamosan haladó ívben, egyidejűleg és teljesen azonos módon mehessen végbe, a geoszinklinálisokat elválasztó tömeg nagyfokú képlékenységet kellene feltételezni. Már pedig tudjuk, hogy az, közbenső tömeg létre, mereven viselkedett.

Még egy jelenséget kell megbeszelnünk a Déli- és Északkeleti Kárpátokkal kapcsolatban. A kárpáti hegylánc ezen szakaszai az egész hegyképződési folyamat alatt húzásnak is ki voltak téve. A magyar közbenső tömeg szerkezetének tárgyalásakor már láttuk, hogy az a krétakori hegyképződéskor lényegileg D-É irányú nyomás hatására ÉK-DNy és erre merőleges irányban összetöredezett, hogy ezen főcsúsztató síkok mentén elmozdulva, a nyomásra merőleges, tehát Ny-K-i irányban az erőhatás elől kitérhessen. Hasonló volt a helyzet a harmadkori hegyképződés idején, amikor azonban a nyomás inkább DNy-ÉK-i irányban hatott. Ez elől az É-D és K-Ny irányban összetöredező közbenső tömeg anyaga ÉNy-DK-i irányban tért ki. (L. 2. sz. ábracsoport I. és II. ábrásorozatát). Mindkét esetben tehát a közbenső tömeg, vagy *Prinz* találó hasonlata szerint az orogén kaptafája, lényegileg Ny-K-i irányban nyúlt el. Ezen tágulás közben, a szorosán rátekerődő kárpáti redőköteget húzásra vette igénybe. (2. sz. ábracsoport III/1. sz. ábrája).

A Déli Kárpátokban egészen frappáns az eset. Az orogén ág egyrészt a Kimmeriai tömbre, másrészt ellenkező görbülettel a Tisia tömbjére tekerődött, s miután ezeken elcsúszni nem tudott, e kötések közötti egyenes redőnyalábot, a Déli Kárpátokat a kaptafa Ny-K-i irányú tágulása, ugyanilyen irányú húzásra vette igénybe. A húzóigénybevétel félreismerhetetlen jelét tükrözi vissza a Déli Kárpátok közepe-táji nagymérvű befűződése, majd elszakadása a Vöröstoronyi szorosnál. *Vendl Aladárnak* a Szászvárosi és Szebeni Havasokról adott tektonikai térképén e terület hegyszerkezeti elemei: a törések, az antiklinálisok és szinklinálisok tengelyei is az Olt felé kontrachálnak, akárcsak egy húzott próbatest esetén annak elemi szálai. Ugyanezt láthatjuk a Magyar Földrajzi Társaság által 1922-ben *id. Lóczy* és *Papp Károly* szerkesztésében kiadott Magyarország színes földtani térképén, ahol az egyes kristályos pala és mészkőfeleségek kontrahálnak a Vöröstoronyi szoros felé.

Az Olt áttörése tehát ezek szerint húzóigénybevételre keletkezett szakadás mentén következett be és nem egyszerű hátráló erózióval

vágta át magát az ép kristályos pala hegységen, miként ezt *Cholnoky* véli. Ezzel egymagában nagyon nehéz lenne megmagyarázni az Olt-nak azt az egészen különc viselkedését, amellyel az erdélyi medencében eredve és jódarabig abban haladva, nem annak rendje és módja szerint a medence nyugaton nyitott kapuinak egyikén át távozik, mint a többi erdélyi folyó, hanem magát mintegy hirtelen megmondolva éles 90 fokos elfordulás után, egy 40 km széles és 2000 m magas kristályos kőzetekből álló óriási bérefalat szűk szorosban átvágva, azon át veszi útját. Ez a hegységnek tektonikai preformálása nélkül aligha lett volna számára lehetséges.

De nézzük mi történt ezalatt a Kárpátok délerdélyi éles kanyarának másik szárában, ahol a kaptafa kelet illetve délkelet irányú tágulása, terjeszkedése következtében ugyancsak húzófeszültségnek kellett fellépnie. Az előzők alapján valóban nem nehéz a befüződés jeleit, valamint az ok és okozat közötti összefüggést az Északkeleti Kárpátok húzott szerkezetében felismerni. Tudjuk, hogy az Északi Kárpátok belső övei kelet felé, a Zempléni szigetegység felé kontrachálnak. Ugyanezt látjuk a Keleti Kárpátok belső, kristályos pala övének északi nyúlványán, amely öv a húzás következtében teljesen elvékonyodott, sőt el is szakadt úgy, hogy az Északkeleti Kárpátokban nincs is meg. Megmaradt vékony foszlányai valószínűleg a magyar medence, az Alföld nagy süllyedésekor a mélybe szakadtak. Ez az oka annak, hogy — a belső vulkáni koszorún túl — az Északkeleti Kárpátok felépítésében, a teljesen széthúzott szirtövön kívül, csak a homokkő öv vesz ma részt.

A magyar közbenső tömeg belső szerkezetének, mozgásának, Ny-K-i irányban való kitágulásának fentebb ismertetett módján a geológiának egy minduntalan visszatérő általános problémája is megoldódik.

Közismert, hogy a hegyképző erő, a hegyképző nyomás irányának megadása körül eddig bizonyos mérvű bizonytalanság uralkodott. Ez a bizonytalanság híven tükröződik vissza *Rozlozsnik* akadémiai székfoglalójának következő soraiból is (11. p. 64): „Ismeretes, hogy a nyomás irányának megadása felfogás dolga. A francia iskola, amely közbenső tömeg létezését nem ismeri, úgy véli, hogy a nyomás általában D-ről É-felé hatott. Ha azonban a közbenső tömeg létezését elfogadjuk, elképzelhetetlen, hogy pl. az ősi magyar tömegeből jóformán minden oldal felé ható nyomás sugározhatott volna ki. Ennélfogva etekintetben *Stille* nézetét vallom, amely szerint a nyomás a merev keretből indult ki.“

A nyomás természetesen mindig legalább két, egy egyenesbe eső, de ellentétes értelmű illetve irányú erő következménye. Miután minden akciónak ellenakció, minden erőnek ellenerő, vagy más néven felszabadító erő felel meg. Enélkül nem nyomás, hanem mozgás keletkezik. A lánchegységekben azonban nem csak nyomás, hanem mozgás jeleit is megfigyelhetjük. Ez a mozgás a két egyvonalban, de ellentétes irányban működő erő egyenlőtlen voltából származik és

tapasztalat szerint, mindig a külső keret, az u. n. előtér felé irányul (L. 1. sz. ábrát). Jelezve ezzel egyben azt is, hogy mely irányból hatott az aktív és mely irányból a passzív hegynyomás. Ezek alapján kétséget kizáró módon megállapítható tehát, hogy a nyomás nem a külső keret, hanem a közbenső tömegekből „indult ki”.* És ezen nem változtat az sem, ha mint pl. a Kárpátok íve által hurokszerűen övezett ősi magyar tömeg esetében, abból kiinduló és „jóformán minden oldal felé ható nyomást” kell feltételeznünk. Még ez sem nevezhető elképzelhetetlennek. Mert miként fennebb láttuk, mechanikailag mi sem könnyebb annak elképzelésénél, hogy pl. a D-É-i irányban ható hegynyomás a közbenső tömegben, mint nyomást közvetítő közegben, akár az eredeti nyomás irányára merőleges nyomássá alakuljon át. Ehhez persze nem szabad — még tudat alatti sem — a merev közbenső tömeget egyben deformálhatatlannak feltételeznünk. Mint ahogy nem is az! Mert ha nem is plasztikusan, de rupturálisan — jól tudjuk — nagyon is deformálódott pl. a magyar közbenső tömeg. És pedig a kárpáti hegyképződés során és annak közvetlen folyományaként. (L. 2. sz. ábracsoportot).

Ha nem is lehetetlen, de mindenesetre sokkal nehezebb volna — a külső merev keretből kiinduló nyomás feltételezése mellett — arra magyarázatot találni, hogy miért irányulnak ezek az erők lokálisan és radiálisan — pl. a magyar közbenső tömeg esetében — egy centrális pont felé.

Igen szép, valósággal iskolapéldája a hajlítóigénybevételnek az az ív, amellyel a Déli Kárpátok nyugati része a Balkán-hegységbe hajlik át. Nem csak formailag, hanem a húzott és nyomott öv, valamint ezek jellegzetes deformációinak szabályos kifejlődése tekintetében is. Utóbbiak felismerését megkönnyíti a hegységnek aránylag egyszerű felépítése,

A Déli Kárpátokat lényegileg csak egy, a kristályos pala öv építi fel. Építő elemei főképp kristályos kőzetek, amelyek közé, nagyobb mérvben, csak a Lotrutól nyugatra fonódnak perm-mezozoos képződmények. Ezen kívül a hegység legkeletibb részén találunk a kristályos kőzetekre települve kevés mezozoikumot. A Királykövön, Brassó környékén és az erdélyi nagy kanyarban volt belső övekről leszakadt és visszamaradt Persányi hegységben.

Két, petrográfiailag és fáciesbelileg jól megkülönböztethető kőzetcsoporthoz tagjai vesznek részt a hegyszerkezet felépítésében. Az egyik csoport kőzetei autochtonok, míg a másik csoport, észak felől, egyetlen hatalmas takaró formájában tolódott rá előbbire. (*Murgoci*).

A hajlítás következtében a hegység külső, húzott öve Petroszényen túl tekintélyes radiális szakadások mentén feldarabolódott és valósággal magokra szakadozott széjjel. A Ruszkai havasokra, a

* A kiindulást itt persze lokálisan kell érteni, mert tudjuk, hogy végső fokon a hegynyomás a kontinensek mozgásából ered, tehát ilyen értelemben valóban a külső keretből indul ki.

Szárköre, a Szemenikre, a Krassó-Szörényi hegység tömegeire és a Verseci kristályos pala szigetre. Mindezek a takaró redő tagjai.

Ezzel szemben az ív belső, nyomott övében — az összesajtolás következtében összetöredezett, majd lepusztult takaró roncsai alól — már a mélyebb, az autochton kőzetsoport tagjai jelennek meg. A Pareng, a Vulkán, a Retyezát és az Almás hegység képében (Pareng ablak). Ez övben a lepusztult takarónak mintegy tanuhegyeiként csak a Godján-hegység, a Mehedinti fennsík és túl a Dunán a Miroč hegység tömegei maradtak meg, takarórögök formájában.

A belső öv csapásirányú nyomott volta mellett tanúskodnak azok a haránt illetve radiális irányú áttolódási vonalak is, amelyek a Lotru nyugati és a Bánáti hegyvonulat Dunán túli folytatásának déli végét határolják. Részben a mélységbeli kőzeteknek csapásmenti fellépése is, valamint a Kazánszoros, amelyről *Cholnoky* megállapította, hogy barlangjártat beszakadásából keletkezett. Szerző viszont kimutatta, hogy a barlangjártatok mindig a hegynyomás irányára átlósan kifejlődő törésvonalak mentén alakulnak ki, a szénsavas víz oldó és a folyó víz mechanikailag bontó hatására.

A neutrális tengely a Déli Kárpátokban kb. a hegység tengelyvonalában, a csapásmenti áttolódási vonal táján fekszik.

Hajlító igénybevétel mellett szóló, rendkívül érdekes és tanulságos, de amellet nagy gyakorlati jelentőségű a következő tünemény is.

Könnyű belátni, hogy erős hajlítás esetén a rupturális deformációk erősebben fejlődnek ki, mint gyengébb igénybevételnél. Merevebb anyagoknál erőteljesebben, mint plasztikusabbaknál. A húzott övben is általában hamarabb jelentkezik a deformáció, miután a kőzetek szakítószilárdsága lényegesen kisebb, mint azok nyomószilárdsága.

Ezek szerint tehát az orogén ág, a hegylánc erősebben hajlított íveiben, azokat teljesen harántoló töréseket várhatunk, amelyek a gyengébben hajlított ívrészletekben, feltehetően csak azok külső, húzott övében fognak jelentkezni. Ezzel szemben a még gyengébben hajlított ívek külső, húzott öveiben esetleg csak a szakadást megelőző befűződés jelei lesznek felismerhetők.

Vizsgáljuk meg ebből a szempontból előbb a Kárpátokat.

Az Al-Duna Kárpátokat egy ív kulminációjában harántolja. Itt találjuk a Kazánszorosot és a Vaskapút. Majd a Déli és Keleti Kárpátok ívében a szorosok egész sora következik, amely sorozatot csak itt-ott és inkább a hegylánc egyenes szakaszain tarkít egy-egy jelentéltelenebb hágó.

Így a Déli Kárpátokban egymás után következnek: a Vulkán hágó, a Szurdok, a Vöröstoronyi szoros, a Töröcsvári és a Tömösi hágó, amely utóbbin a Brassó—Bukarest-i vasútvonal is átvezet.

A Keleti Kárpátokban a Bodza, az Ojtoz, a Gyimesi, a Békás és végül a Tölgyesi szoros.

E szorosokon sorra a következő folyók és patakok hagyják el Erdély területét: a Zsil, az Olt, a Bodzás, az Ojtoz, a Tatros, a Békás

és a Kis-Beszterce. Valamennyi szoros egyben fontos közlekedési út is.

Túl a Tölgyesi szoroson, a Kárpátok gyengébb íveltségének megfelelően, már csak hágókkal találkozunk. Ilyenek, a Keleti Kárpátok északi részében a Borgói, a Radnai és a Borsai hágó, az Északkeleti Kárpátokban a Tatár, a Vereckei, az Uzsoki és a Duklai hágó, az Északi Kárpátok nyugati felében a Jablonkai és a Vlára hágó. Közben csak az Északi Kárpátok kulminációs pontján vágta át a hegység húzott övét a Poprád. A Nyugati Kárpátok ellentétes ívelésű szakasza ismét erőteljesebb hajlítást szenvedett. Haránttörések járják át, melyek széles kapukat vágtak a hegyvonulaton keresztül. Ezeket át kereszteljük hegységünket illetve a kristályos pala vonulatot pl. a Vág, a Duna és a Lajta.

A Kárpátok szorosai és hágói tehát pontosan ott és úgy szelik át a hegységet, ahol és miként azt mechanikai elképzelésünk alapján vártuk. Az Alpok problémájának vázlatos megismerése után pedig látni fogjuk, hogy ugyanezt a törvényszerűséget követi a többi lánchegység is.

A Kárpátok szerkezete és mechanizmusa között fennálló szoros kapcsolat illusztrálásának lezárásaképp még csak egy jelenségre kívánom a figyelmet felhívni. És pedig arra a jellegzetes itatós-hinta-szerű mozgásra (Tapper-Bewegung), amellyel a délről szorongatott magyar közbenső tömeg, a hozzátapadt belső lánchegység részletekkel együtt, az északi előtér régi masszívumainak (a Cseh masszívum, a Szudéták és az Orosz tábla) peremén végig gördült, egymás után hengerelve ki és gyűrve fel kettőjük között a flisöv nyugatról kelet felé egyre fiatalabb redőöveit. (3. sz. ábra).

Ez a billenő, gördülő mozgás természetes következménye annak a forgató nyomatékknak, amely a közbenső tömeget legjellegzetesebben az orogenezis elején, a kréta időszakban érte, amikor délkeleten a Déli Kárpátok, északnyugaton pedig a maghegységek övét gyűrte fel s amely erőhatás — éppen a homokkő-öv szerkezetéből kitűnően — bár elhaló intenzitással, de az egész harmadkoron végig tartott. (L. a 2. sz. ábracsoport I/a. jelű ábráját).

Seidl Erich nem csak az elsők között volt, akik a hegyszerkezetek elemzésébe az exakt mechanikai módszereket bevezették, hanem kétségtelenül az első, aki ezt a módszert egy egész lánchegység, az Alpok szintézisére felhasználni próbálta.

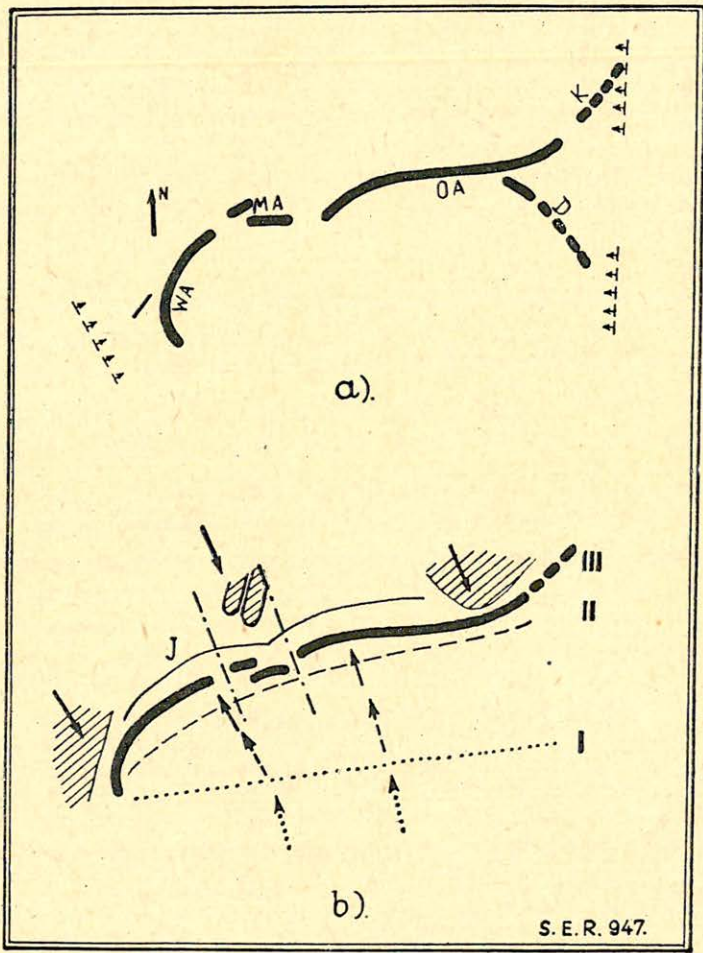
Szerinte a délről jövő nyomás hatására felgyűrődött Alpok íve K-Ny-i irányú hegynyomásra, tehát kihajlásra való igénybevétel következtében jött volna létre. Úgy, miként azt a 4/a. sz. ábra mutatja.

Seidl szerint, mechanikai feltevésének megfelelően, az Alpok délfelé is kihajolhattak volna. Ennek ellentmond az e kéregsávbán végbem ismert geológiai történések egész sora épp úgy, mint a mediterrán lánchegységek többi tagjainak és közbenső tömegeinek helyzete. Kihajlásra való igénybevételnél azon kívül inkább a mozgás, az ív kihajlása irányában volna a középső rész kibicsaklása várható. A

redőnyaláb felgyűrése után a hatóerőnek 90 fokkal való elfordítása pedig geológiailag semmivel sem indokolható, miként erre már *Ampferer* hipotézisének tárgyalásánál rámutattam.

Felfogásom szerint az Alpok redőit, ívét és középső részének visszamaradását egyazon erő hozta létre. És pedig a fenti idősorrendben, úgy, miként azt a 4/b. számú ábrán feltüntettem.

A délről ható hegynyomás tehát először a nagyjából Ny-K-i csapásirányú redőnyalábokat gyűrte fel (I.), majd mikor ezek nyugati



4. sz. ábracsoport. Az Alpok szerkezetének kialakulása.

a) Seidl szerint, b) Schmidt felfogásában.

Abbildungsgruppe 4 Die Entwicklung der tektonischen Struktur der Alpen.

a) nach Seidl, b) nach der Auffassung von Schmidt.

vége — észak felé való tolatásuk során — a Francia masszívumban ütközött, ÉNy-i irányban kissé el is forgatta az egész rendszert úgy, hogy a Cseh masszívumhoz érő keleti vége most már szintén ellenállásba ütközött. Az É-i illetve kissé ÉNy-i irányban tovább ható hegynyomás ebben a helyzetben már hajlításra vette igénybe az orogént, az tehát észak felé egyre jobban kihalasodott (II.), míg az ív közepetája a Schwarzwald és Vogesek ősi tömege elé nem ért, amely az Alpok ívét előbb behorpasztotta, majd ki is nyírta (III.). Az északnak irányuló hegyképző erő azonban még a pontusi időkben is hatott, az Alpok előterében, az alapjáról lenyírt üledékes kőzeteket, a Jura hegység enyhe redőibe gyűrve, amely redők a Schwarzwald déli csúcsán, mint valami hullámtörőn kissé összetorlódtak.

Közben azonban ennek a hullámtörőnek kisebb tömege maga is kárt szenvedett. A kissé ferde erőhatásra gyengén felboltozódott és felszakadt. Elősegítette ezt a felszakadást az a körülmény is, hogy ugyanekkor ebben az ősi, merev tömegben az É-ÉNy-i irányban ható hegyképző erőre átlósan kifejlődő főcsúsztatósík mentén nyírás is fellépett. Így szakadt és hullott széjjel az eredetileg egységes ősi tömb két részre: a Vogesek és a Schwarzwald ellentétes dőlésű tömegeire és keletkezett kettőjük között a Rajna árkos süllyedéke.

Az Alpok egyéb szerkezeti elemei szintén igen szépen tükrözik vissza a hajlítógénybevételt. Eltekintve a húzott és nyomott öv jellegzetességeitől, a nyugati, erősebben ívelt Alpok — a nagyobb igénybevételnek megfelelően — a legerősebben redőztek, s itt gyűrték fel a legmélyebb takaró (a Helvét takaró) kőzetei egyben a legmagasabb hegygerincekké. Itt darabolódott fél és puszult le legjobban — különösen a húzott övben — a legfiatalabb és egyben legmagasabb, az ausztriai takaró. Utóbbi maradványait egyes takarórögök formájában a legmélyebb a helvétiai takarón találjuk meg, mint pl. a Genfi tó mellett és ilyennek tartja *Kober* a középső alpi takarón, a pennini takarón fekvő Dent Blanche-t is. A Nyugati Alpok kristályos vonulatait sok folyó szeli át. És itt találjuk az Alpok legtöbb és legnevesebb hágóit is, mint pl. a Col di Tenda, a Mt. Cenis, a Kis Szt. Bernát, a Nagy Szt. Bernát, a Simplon, a Szt. Gotthárd és a Grimse hágókat.

Fontos szurdokokat és hágókat találunk még az összegörbített Közép-Alpok hegyvonulataiban is (Maloja hágó, Bernina hágó, Reschen-Scheideck hágó stb.)

Ellentétben a keleti Alpokkal, ahol túl a Brenner hágón, a Hohe Tauern 155 km hosszú, egyenesvonalú zárt hegyfalán egyetlen hágó sem vezet keresztül. Csak ott találkozunk újra hágóval, ahol a Mürzthali Alpok a Lajta hegységbe, ill. a Kárpátokba ívelnek át. Itt találjuk a Semmering hágót.

Látjuk tehát, hogy ugyanaz a kapcsolat áll fenn a hajlítás mérve és az átkelőhelyek: a hágók és szurdokok között, mint a Kárpátokban.

És pontosan ez a helyzet a többi orogéneken, ill. lánchegységeken is.

A Balkán hegységnek csak az ívelt részeit szelik át folyók szorosokkal. Ilyenek a Kazán szoroson túl a Dunába siető folyók: a szerb-bolgár határon a Timok és a Szófiánál elfolyó Iszker. Ezután a hegységnek egyenes szakasza következik, amelyen csak két magas hágó, a Sipka és a Demir-kapu vezet át.

A Balkán folytatása a Krími félsziget déli részén áthaladó Jajla hegység, amely széles ívben a Kaukázusba vezet át. Krím félszigetét átlós főcsúsztatósíkok alakították ki. Ettől keletre, a hegységív kulminációs pontján van a Kercsi szoros, amely az Azovi tengert a Fekete tengerrel köti össze. Itt kezdődik a Kaukázus 1250 km hosszú fenségesen zord és rendkívül egyenes hegylánca. Nem is keresztezi egyetlen folyó, de még hágó sem. Kivéve egy jelentéktelent közepe táján, ahol a Tifliszből Vladikavkazba átvezető u. n. grúz hadiút vonul át.

De lássuk a mediterrán orogén déli ágát is. És kezdjük talán mindjárt a kisázsiai lánchegységeken.

Az északnak magasan kiívelő iráni hegyláncokat csak az ív kulminációjában szeli át folyó, a mezopotámiai síkság felé törtető Tigris és Eufratesz. Ehhez nyugaton a Tauruszok unduláló vonulata láncolódik, amely viszont az Égei tenger szigetvilágán át a Balkán félsziget nyugati részén haladó orogén ághoz csatlakozik. A külső ív az, amely a Tauruszt Rodosz, Karpathosz, Kréta, Kithira szigetein és a Peloponneszosi félszigeten át a Dinaridák déli folytatásához, a Hellenidákhoz láncolja. Már a szép formájú hatalmas ív geometriai alakja is elárulja, hogy csak hajlításnak lehet az eredménye. Amiről tökéletesen meggyőző az a körülmény, hogy ez az ív a hajlítóigénybevételtől várható mechanikai követelményeknek is tökéletesen megfelel. A legnagyobb íveltségű részen — a fellépő húzóerők hatására — szigetekre szakadt széjjel. Ezen törés és vetők mentén keletkezhetett az Égei tenger fiatal süllyedéke is. Kifejezetten hajlítóigénybevételre mutat az a mód és forma, ahogyan Peloponneszosi félszigete a Balkán félszigetről leszakadt. A húzásra utaló Korinthoszi öblöt, keskeny földszáv, az Iszthmosz választja el, a feltételezhetően nyomott övben fekvő Eginai öböltől. Utóbbiban, helyzetének, az elszenvedett nyomásnak és a végbement süllyedésnek megfelelően erős vulkánosság jelentkezik: Eginai, Milosz és Szantorin szigetein.

A főképp mészkövekből álló és igen szép karsztos jelenségeket mutató Dinaridák meglehetősen egyenesvonalú szakasza különösebb tagoltságot nem mutat. Hiányzik azonban az az éles kanyar, amellyel a Dinári Alpok az Apenninekbe mennek át és amely kanyar, nyilván a rendkívül erős hajlítóigénybevétel következtében szét- és összetöredezve, Nyugat Lombardia táján a Pó síksága alá süllyedt.

Az Apenninek hegylánca megint példásan mutatja a hajlítóigénybevétel által támasztott követelményeket. Nevezetesen, hogy a hegylánc az élesebb kanyarokban mutatja a legnagyobb feldaraboltságot és ott jelennek meg építőelemei között a legidősebb, rétegtanilag a legmélyebb kőzetek a felszínen. Ilyen szakaszt képvisel jelesen az az ív,

amellyel az Apenninek Szicília szigetére kanyarodnak el. Itt a Sango völgyén túl kezdődő Déli Apenninekben lényegesen megváltozik a hegységnek eddig meglehetősen nyugodt szerkezete. Hatalmas törések szabdalják fel, amelyek tág kapukat nyitnak meg benne. A harmadkori rétegek alól egyre-másra bukkannak fel mezozoós, sőt paleozoós kőzetek. Kaláabriában pedig a hegység már csupa őskőzetből áll. Az egyes maghegységekre szakadt heglánc felépítésében főleg kristályos palák, gránitok, porfirok stb. vesznek részt. A kristályos kőzeteknek ez a vonulata még Szicília keleti részében is meg van, hogy nyugatabbra, a kanyar után, fiatalabb kőzeteknek adjon helyet. Kaláabriát és Sziciliát a kifelé trombitaszerűen kitáguló Messinai szoros választja el egymástól. Utóbbi árkos süllyedék és a hajlítás következtében fellépő csapásirányú húzóerők következménye. Az ív belső oldalán, szabályos, egymást derékszögben keresztelő sorokban helyezkednek el a vulkáni szigetek. Lényegileg már kratogénben és így az ennek megfelelő szerkezeti vonalak mentén, miként erről Múszaki geológiai problémák címén, 1943-ban megjelent tanulmányomban már részletesen beszámoltam. Sziciliáról az orogén ág északnak ívelve, Tuniszban idegen földre, az afrikai kontinensre lép, ahol Atlasz néven folytatódik. A lánchegység ívelt része, mint annyi más, a hajlítás következtében feldarabolódott és a mélybe süllyedt, hogy a Szicíliai szorosnak adjon helyet.

Az Atlasz 2000 km hosszú heglánca Afrika északi partján és annak megfelelően gyenge szinusz görbülettel halad végig. Különösebb harántzavargások nem ismeretesek benne. Mindössze két helyen keresztezi folyó. Algirnél a Chelif és a Kis Atlasz keleti határánál, Spanyol Marokkó határfolyója a Moulouya. Mindkét esetben a görbületek maximumaiban. Érdekesebb a hegység számunkra csak ott kezd lenni, ahol a Kis Atlasz hirtelen kanyarral északnak fordul, hogy az El Rif-en át összeköttetést teremtsen az Atlasszal csaknem parallel haladó baetiumi Kordillerákkal. Ennek a teljes félkörös ívnek szimmetria tengelyében lépnek fel — most már nem szerencsés véletlen folytán, miként még *Cholnoky* vélte, hanem immár következetesen, kivételt nem ismerő törvényszerűséggel — azok a törések és szakadások, amelyek mentén a hegység eldarabolódott és részben elsüllyedt és amelyek ilymódon közvetlenül a közlekedési szempontból oly rendkívül fontos Gibraltári szoros keletkezéséhez vezettek. A szoros formája — különösen kifelé, az Atlanti óceán felé, tehát a húzott övben fekvő trombitaszerű kitágulásával — maga is hajlítóigénybevételre mutat.

A baetiumi Kordillerák a Baleári szigeteken át, még nem egészen tisztázott módon — *Kober* szerint talán a Montes Universalesen keresztül — a Pireneusokhoz kapcsolódnak.

A Pireneusok mintegy 400 km hosszú, szokatlanul egyenesvonalú lánchegységét hajlítóigénybevétel nem deformálta. Ezért egyetlen völgy sem keresztezi, folyó nem vágja át, de még könnyebben járható hágó sem vezet rajta keresztül. Szabályos bércfala mindenütt

magas gerinccel fut végig úgy, hogy a vasútvonalak is kétoldalt megkerülni kényszerülnek.

Nyilvánvaló tehát, hogy e magányos hegyóriás töretlen és zárt egységét elsősorban a hajlító (és természetesen más rupturálisan deformáló, mint pl. húzó, nyíró stb.) igénybevétel elmaradásának köszönheti és csak jóval kisebb mértékben a hátráló erőzói hiányának, amelyre *Cholnoky* gondolt.

A Pireneusok hegylánca a már ismertetett Alpokhoz 80°-os, éles kanyarral csatlakozik. Be is szakadt! Helyén ma a Lioni öböl tátong, kifelé, a Földközi tenger felé radiálisan szétágazó partvonalakkal.

Az előzők alapján most már könnyen megérthetjük azt is, hogy miért hiányoznak csaknem mindig az alpi orogén egyes tagjait összekötő láncszemek. Azért, mert éles kanyarban fekszenek. Ott tehát, ahol a hajlítóigénybevétel következtében feldarabolódtak, összeroncsolódtak és így legtöbbször el is sülyedhettek. Geomechanikai szempontból is helytálló tehát *Kobernek* az alpi orogén tagozására, ill. összefüggésére vonatkozó elképzelése. (L. 1. sz. ábrát.)

Csábító feladat lenne ezek után az alpi orogént tovább követni. Mondjuk, Ázsia belsejébe, ahol pl. tudjuk, hogy a Himalája két oldalán a 90°-kal délnek forduló lánchegységet nyugaton az Indus és mellékfolyói, ill. keleten a Brahmaputra harántolja. Majd végig az ázsiai kontinens keleti partjain és az azokat kísérő szigetíveken. Vagy Hátsó India és Oceánia nagy ívekben felsorakozó szigetvilágán. Esetleg Észak és Dél Amerika hosszú szakaszokon egyenesvonalú nyugati partsávjain, valamint Középamerikán és a Nyugatindiai szigetvilágon át.

A hely szűkreszabottsága azonban ezt nem teszi most számomra lehetővé. De talán nem is fontos. Már a pusztá felsorolása ezeknek a vonulási irányoknak, nyilvánvalóvá teszi minden, a Föld térképét ismerő olvasóm előtt, hogy a kimutatott törvényszerűség ott is érvényes. Az elszenvedett hajlítás következtében ívelt hegyvonulatok feldarabolódtak, hágók keresztelik, törések, folyók, szorosok szelik át, esetleg vulkánok tarkítják, míg a hajlítás jeleit nem mutató egyenes szakaszok mentesek a harántzavargásoktól és legtöbbször szinte járhatatlan hegláncokat képeznek.

Fentiekkel — csatlakozva korábbi munkáimhoz — igazolni vélem, hogy nem csak a merev rögök és táblák, az ú. n. kratogének, hanem az orogének, a gyúrt lánchegységek öveinek egészen más hegyszerkezetét is, egyszerű, könnyen követhető, de szigorú mechanikai törvényszerűségek uralják. És ezzel azt, hogy a Föld arculatának legjellegzetesebb, legmélyebre szántó vonásait, egységes erőhatásra visszavezethető geomechanikai okok és törvényszerűségek hozták létre.

IDÉZETT IRODALOM (LITERATUR):

1. *Ampferer, Otto*: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 73—81. Wien 1923—1931.
2. *Andrusov, Dimitrije*: Die neuen Auffassungen des Baues der Karpathen, 1939. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. Band XXX—XXXI. 1937—38.
3. *Cholnoky Jenő*: A föld hegyei és vizei. (Die Gebirge und Gewässer der Erde. Nur ungarisch.) A Föld. Műveltség Könyvtára p. 441—626.
4. *Kober, Leopold*: Bau der Erde. 2. Aufl. Berlin 1928.
5. *Kober, Leopold*: Das Weltbild der Erdgeschichte. Jena 1932.
6. *Kober, Leopold*: Tektonische Geologie. Berlin-Zehlendorf. 1942.
7. *Kober, L.—Schmidt, E. R.*: Geomechanik der Erdoberfläche. Forschungen und Fortschritte. Nachrichtenblatt der deutschen Wissenschaft und Technik 8. Jahrg. No. 14. Berlin 1932.
8. *Mrazec, L.*: L'état de nos connaissances actuelles sur la structure des Carpathes roumaines. Sbornik X. Praha, 1933. Pl. II. 2-ème interprétation.
9. *Popescu—Voitești, I.*: Aperçu synthétique sur la structure des régions carpatiques. Revista Muz. Geol. Min. al Univ. din Cluj III. 1929.
10. *néhai Pálffy Mór és Rozlozsnik Pál*: A Bihar- és Béli-hegység földtani viszonyai. I. rész: Rozlozsnik: Alaphegység és palaeozoikum. (Geologie des Bihar- und Béler-Gebirges. I. Teil: Kristallin und Paläozoikum.) Geologica Hungarica. VII. köt. Budapest 1939.
11. *Rozlozsnik Pál*: A Bihar-hegycsoport tektonikai helyzete a Kárpátok rendszerében. Akadémiai székfoglaló értekezés. (Die tektonische Stellung der Bihar-gebirgsgruppe [Mti Apuseni] im Karpathensystem.) Matematikai és Természettudományi Értesítő. (Math. und Naturwissenschaftlicher Anzeiger) LV. köt. Budapest, 1937.
12. *Rozlozsnik Pál*: Dobsina környékének földtani viszonyai. (Die geologischen Verhältnisse der Gegend von Dobsina). Geologica Hungarica. Series Geologica. V. Budapest 1935.
13. *Seidl, Erich*: Ableitung der Knick- bzw. Biege-Form in Technik und Geologie aus ihren Elementen; Anwendung auf den Alpen-Bogen. «Gerlands Beiträge zur Geophysik». Bd. 22 Heft. ½. Leipzig 1929.
14. *Schmidt E. R.*: Műszaki geológiai problémák. (Technisch-geologische Probleme.) Bányászati és Kohászati Lapok. 1943. évi 21—23. számai.
15. *Schmidt E. R.*: Geomechanikai tanulmányok (Geomechanische Studien.) Bány. és Koh. Lapok 1944. évi 9—10. számai.
16. *Schmidt E. R.*: A barlang-, dolina- és polje-képződésről (Zur Höhlen-, Dolinen- und Poljenbildung.) Bány. és Koh. Lapok. 1944. évi 23. száma.
17. *Schmidt E. R.*: Magyarország ásvány-nyersanyagai. (Die Mineral-Rohmaterialien Ungarns. Nur ungarisch.) Faust könyvkiadó kiadása. Budapest, 1947.
18. *Schmidt E. R.*: Magyarország bányászati tájai. (Mining districts in Hungary.) Bány. és Koh. Lapok (Hungarian Journal of Mining and Metallurgy.) 1947. évi 7. száma.
19. *Staub, Rudolf*: Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin 1928.
20. *Stiny, Josef*: Faltungen und Überschiebungen durch Gleitung. (Rutschung grössten Masstabes). Centralblatt f. Min. etc. Jahrg. 1929. Abt. B. No. 4. S. 116—125.
21. *Szalai Tibor*: Rétegtani és szerkezeti tanulmányok Körösmező környékén. (Stratigraphische und tektonische Untersuchungen in der Umgebung von Körösmező.) Földt. Int. 1941/42. évi jelentései. (Jahresbericht der Geol. Anstalt von 1941/42.)

22. *telegdi Roth Károly*: Magyarország geológiája. I. rész. (Geologie von Ungarn. Nur ungarisch) Tudományos Gyűjtemény. Pécs, 1929.

23. *Uhlig, Viktor*: Bau und Bild der Karpaten, Wien 1903.

24. *Uhlig, Viktor*: Über die Tektonik der Karpathen. Sitzungsbericht. d. k. Akad. d. Wiss. CXVI. Wien 1907. p. 971.

25. *Vendl Atadár*: A Szászvárosi és Szebeni Havasok kristályos területe. (Das Kristallin des Sebeser- und Zibins-Gebirges.). Geologica Hungarica. Series Geologica. Tom. IV. Budapest, 1932.

Budapest, 1947. VI. 15.

ZUR SYNTHESE DER TEKTONIK DER KARPATEN UND DER KETTENGEIRGE IM ALLGEMEINEN

Von

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. E. R. SCHMIDT

Durch das Studium der Struktur der starren Schollen und Tafeln, der sog. Kratogene, konnte ich bereits beweisen, dass die Orogene durch die der Streichrichtung entsprechenden, d. h. durch die zu den gebirgsbildenden Kräften senkrechten tektonischen Richtungen gekennzeichnet sind, während in den Kratogenen die zu der gebirgsbildenden Kraft diagonal stehenden sog. Hauptgleitflächen bezw. die entlang derselben ausgebildeten Brüche vorherrschen.

Die allgemeine Gültigkeit, ja sogar Gesetzmässigkeit dieser mechanischen Regel im Falle von Kratogenen ist von mir in mehreren Abhandlungen bewiesen worden. Im Laufe meiner Untersuchungen konnte ich die Rolle der im Falle der starren Körper gültigen diagonalen Bruchtektonik in der Ausbildung zahlreicher geologischer Erscheinungen nachweisen. Unter den mannigfaltigen Erscheinungen, die durch die Bruchtektonik erklärt werden können, möchte ich die die Gesteine durchsetzenden Diaklasen und ihre charakteristische Gitterstruktur, die Verwerfungs- und Spaltensysteme mit ihren Erzausfüllungen, die Absonderungsflächen von Kohlenflözen, die Ausbildung von Höhlengängen, von manchen Wassernetzen und von Pfeiler- und Wandspalten in den Salzgruben erwähnen. Es konnte die Rolle dieser tektonischen Struktur auch in der Ausbildung der montanistischen Schwerlinie und Energieachse Ungarns, in der Abgrenzung der Gasfelder jenseits der Tisza (Theiss), in der unterirdischen Wanderung von Gas und Wasser, in der Ausbildung des geothermischen Gradienten der Grossen Ungarischen Tiefebene, in der ganzen Morphologie Rumfngarns, in der Ausbildung der Landesgrenzen Italiens, in der kontinentformenden Kraft, durch welche die Dreieck-

form der Festländer entstand, ja sogar ihre wahrscheinliche Gültigkeit in der Gestaltung anderer Planeten (Mars-Kanäle) dargelegt werden.

In all diesen geologischen Erscheinungen ist die Wirkung der Hauptgleitflächen zu erkennen, welche die Richtung der gebirgsbildenden Kräfte diagonal durchsetzen. Ihre dominierende Rolle in der Ausbildung der Morphologie unserer Erde ist also offensichtlich.

Wir fanden aber in den Kratogenen natürlich auch rupturale Formen, die auf eine andere Art von mechanischer Beanspruchung zurückzuführen sind. Zu diesen gehören z. B. die durch das Drehmoment hervorgerufenen Veränderungen der Ungarischen Zwischenmasse zur Zeit der kretazischen Gebirgsbildung, die durch einschnittige Scherung zustandegebrachte Deformation im Falle der Hernád-Bruchlinie, die durch zweischnittige Scherungsbeanspruchung entstandenen Dislokationen, die entlang Afrikas als N-S-lich ablaufende mächtige Bruchlinien die ganze Erdkruste durchsetzen. Laut meinen Untersuchungen entspricht auch die Form der Geosynklinalen zwischen Laurasia und Gondwana sowie die Lage und Richtung der Meereströge, die die Anfänge des alpinen Orogens darstellen, einer reinen Zugbeanspruchung, während die Entstehung des Roten-Meeres und des Rheingrabens, die in Verbindung mit Salzkörpern auftretenden tektonischen und morphologischen Formen sowie ihr gegenseitiges Verhältnis, ferner die Ausbildung von Dolinen und Poljen auf durch Biegung entstandene Zugbeanspruchung zurückzuführen sind.

Die zuletzt erwähnten Beanspruchungen, obwohl sie keinesfalls selten sind, besitzen in den Kratogenen eher eine örtliche Bedeutung. Die durch sie hervorgerufenen Formen sind gerade deshalb nicht so allgemein und charakteristisch in den starren Tafeln wie die oben erwähnten, durch Druck entstandenen diagonalen Dislokationen.

Der Tektonik der Kratogene steht die Tektonik der Orogene gegenüber. Auch hier sind die durch Druck herforgerufenen Deformationen am häufigsten, zugleich auch die auffallendsten. Die Erkenntnis ihres ursächlichen Zusammenhanges mit dem Druck ist daher bereits seit langem bekannt und die Erscheinungen sind schon eingehend erörtert worden. Die hierher gehörigen tektonischen Formen und Elemente stehen aber nicht diagonal zu der Richtung der gebirgsbildenden Kraft — wie im Falle der Kratogene — sondern immer senkrecht dazu. So stehen die Falten, die Achsen der Antiklinalen und Synklinalen, die Täler und Wasserscheiden, die Streichrichtungen der einzelnen Bildungen, die Grenzen der verschiedenen Schichten, die Stirnlinien der Decken, die Flexuren, die Überschiebungsflächen, die Streichrichtungen der Brüche und Verwerfungen — solange es sich um durch gleichmässigen Druck herforgerufene Faltung handelt — alle senkrecht zur Richtung der gebirgsbildenden Kraft und diese Richtungen werden nur dann verzerrt, wenn in ihrer Ausbildung ausser dem Druck irgend eine andere Beanspruchung oder ein weiterer geologischer Faktor mitgespielt hat, oder aber even-

tuell eine Druckbeanspruchung grossen Masses auch nach Beendigung der Faltung und Verlust der Plastizität der Gesteinskomplexe fort-dauerte oder wieder auflebte. Im letzteren Falle benimmt sich aber das Orogen vom Gesichtspunkte der Brüche aus bereits wie ein Kratogen: es entstehen diagonale Brüche in ihm.

Die Spannungen der festen Erdrinde sowie die gebirgsbildenden Kräfte nahmen die Orogene nicht allein auf Druck in Beanspruchung bezw. sie bildeten nicht allein dadurch die Kettengebirge aus. Besonders deutlich ist das zu erkennen, wenn man die Struktur und den Mechanismus der Orogene nicht nur in Profilen sondern auch regional untersucht. Hervorragend geeignet sind zu diesen Untersuchungen die mediterranen Kettengebirge, einerseits weil sie am besten bekannt sind, andererseits — und hauptsächlich — weil man hier die stärksten, sozusagen schlingenartig gebogenen Zonen des alpinen Orogens antrifft.

Aus diesem Grunde beginnen wir also unsere geomechanischen Erörterungen in den Karpaten, setzen sie in den Alpen fort, um die dort gewonnenen Erfahrungen, Beobachtungen und eventuell erkennbaren Gesetzmässigkeiten in den anderen Gliedern des alpinen Orogens nachzuprüfen und, wenn möglich, zu erweitern.

Vor allem möchte ich hier aber noch einige allgemeine Gedanken behandeln.

Die Auffassung der Geologen ist heutzutage darin bereits einheitlich, dass die Faltung des alpinen Orogens durch einen von Süden nach Norden wirkenden — und zwar durch den Nordschub der afrikanischen Masse herforderufenen — Druck zustande kam. In Bezug auf die schlingenartige Biegung der mediterranen Kettengebirge gehen aber die Anschauungen noch beträchtlich auseinander.

Nach der Auffassung von Pierre *Termier*, Émile *Argand* und Rudolf *Staub* brauchen die Bogenformen der Kettengebirge nicht eine Biege-Beanspruchung zu bedeuten, da diese nach ihrer fast gleichen Vorstellung dadurch zustande gekommen sind, dass die sich von Süden nach Norden fortbewegenden Massen, zwischen einzelnen Widerstand leistenden Pfeilern den Vorraum überflutet haben. So sieht *Argand* im einheitlichen Bogen der Alpen und Karpaten ein durch die Französische und Kimmerische Masse auf beiden Seiten abgebremstes Vorwärtsgleiten grossen Masses eines Faltenbündels oder ein Überfluten auf den Vorraum.

Ampfere vertritt eine ganz andere Auffassung und einen seiner Meinung ähnlichen Standpunkt nimmt auch *Kossmat* ein.

Ampfere geht bei der Erklärung der eigentümlichen Bogenform der mediterranen Kettengebirgszone von der — heutzutage schon im allgemeinen angenommenen — Definition *Kobers* aus. (Abb. 1.) *Ampfere* nimmt an, dass es sich hier ursprünglich um zwei in W-Olicher Richtung beinahe parallel ablaufende Gebirgsketten handelt, die voneinander durch den einst zusammenhängenden, ganz anders aufgebauten und verhältnismässig starren Streifen der heutigen Zwi-

schenmassen getrennt waren. Wenn dieser dreiteilige Streifen der Erdkruste in horizontaler und offenbar zur O-W-lich gehaltener Richtung auf Knickung beansprucht wird, so ist eine starke Deformation des starren, mittleren Feldes zu erwarten. Der Knickung entsprechend wird dieses Feld an manchen Stellen schmaler, an anderen Stellen dagegen breiter. In den scharfen Bogen kann eine vollkommene Zusammenpressung des mittleren Feldes zustandekommen, wie, nach *Ampferers* Meinung, in den Alpen, wo die Süd- und Nordalpen einander so nahe zusammengedrückt sind, dass die Zwischenmasse nur noch als eine Narbe vorhanden ist, oder aber es kann eine bedeutende Erweiterung entstehen, wie im Falle der ungarischen Beckengruppe. Eine solche Verengung oder Verbreiterung des mittleren Feldes kann nur durch eine Stoffumlagerung grossen Masses stattfinden. Darum nimmt *Ampferer* an, dass hauptsächlich in der Tiefe eine grosse Strömung stattfindet, und zwar aus den unter Druck stehenden Zonen gegen die sich verbreitenden unter Zug stehenden Zonen. Als einen Beweis dieser Stoffwanderung grossen Masses erwähnt er, dass die Schwermessungen unter den Zentralalpen einen Massenabgang und gegen Osten, gegen die Grosse Ungarische Tiefebene zu, einen ständig zunehmenden Massenüberschuss gezeigt haben. Auch den jungen Vulkanismus der ungarischen Beckengruppe erklärt er durch eine Wirkung des Magmas, das in die Spalten des durch die oben geschilderte Kraftwirkung aufgelockerten Krustenteiles eingedrungen ist. Da er in den Alpen die Kennzeichen der Biegebeanspruchung in der äusseren: auf Zug in Anspruch genommenen, der mittleren: zentralen und inneren: unter Druck stehenden Zone nicht erkannte, setzt er voraus, dass die Knickbeanspruchung nicht das Ganze der Gebirgskette sondern deren Stränge einzeln getroffen hat, sodass sie nebeneinander vorbeigleiten konnten.

Unsere Einwendungen gegen die oben geschilderte Krustenbewegung *Ampferers* — ohne eine Vollständigkeit erreichen oder die Richtigkeit des Grundgedankens bezweifeln zu wollen — können im folgenden zusammengefasst werden.

Unwahrscheinlich und mechanisch nicht zu erklären ist die Annahme eines Kettengebirges, das aus zwei mehrere tausend Kilometer parallel verlaufenden Meereströgen aufgefaltet worden sein soll. Diese Annahme kann weder mit der Orogentheorie *Kobers*, mit den die „starrten Massen“ umrändernden „orogenen Ringen“ noch mit der der vorigen übrigens ähnlichen „Scholle- und Faltenring-Theorie“ *Ampferers* erklärt werden.

Die Meereströge, die die Wiege der mediterranen Kettengebirge darstellen, wie auch die von ihnen umgrenzten Zwischenmassen, entstanden durch die nach dem Aequator und dann wieder nach den Polen gerichteten *Staub'schen* Bewegung der Kontinente bzw. durch den in ihnen infolge der Bewegung in meridionaler Richtung alternder auftretenden Druck bzw. Zug. Sie entstanden entlang sog. Gleitflächen, die in den Kontinenten infolge dieser Beanspruchungen,

einander durchquerend, zwangmässig zustande gekommen sind. Diesen ganzen Vorgang legte ich übrigens in meinen „Geomechanische Studien“ (1944) ausführlich dar. Die charakteristischen, schlingenartig gebogenen Hauptzüge des alpinen Orogens waren also bereits zur Zeit der Entstehung der Geosynklinalen gegeben und sie wurden bei der alpidischen Gebirgsbildung durch den in süd-nördlicher Richtung wirkenden und das Orogen auffallenden Druck nur in ein engeres Gebiet gezwungen, wodurch sie schärfer ausgeprägt zum Ausdruck gekommen sind. Um die schlingenartige Form des Orogens zu erklären, muss man also nicht nach der in meridionaler Richtung wirkenden orogenetischen Kraft auch eine um 90° gedrehte, also äquatoriale Kraftwirkung annehmen. Letztere hätte sowieso enorm gross sein müssen, um samt den Orogenen auch die mit der Deformierung des mittleren Feldes verbundene mächtige Massenumlagerungen dadurch erklären zu können. Ganz abgesehen davon, dass dieser Vorgang ohne eine gleichzeitige Deformierung der Kratogene, die die äusseren Vorräume der Kettengebirge bildeten, nicht hätte stattfinden können. Ausserdem war infolge der schlingenartigen Biegung und Undulierung des Orogens nicht einmal die theoretische Möglichkeit einer Gleitung grösseren Ausmasses der einzelnen Stränge gegeben.

Zu einer Erklärung der Differenz von der Schwerkraft in den Zentralalpen und der ungarischen Beckengruppe genügt die durch die Faltung der Alpen nach oben und in die Tiefe entstandene, im wesentlichen also vertikale Magmaverschiebung und die daraus entspringende Unterströmung. Man braucht also nicht eine grossartige horizontale Verschiebung, eine Auspressung, des starren Krustenteiles vom mittleren Feld anzunehmen, was sowieso schwer vorzustellen ist.

Der Mangel an Schwerkraft unter den Alpen ist nach der Abrechnung der isostatischen Korrekturen ohnehin wesentlich geringer als er ursprünglich angenommen wurde.

Der kühne Bogen der Karpaten weist auf eine viel bedeutendere Biege- und Druck-Beanspruchung hin als der wesentlich sanftere Bogen der Alpen, ohne dass aus seinem Kern die Zwischenmasse verdrängt worden wäre.

Meiner Auffassung nach sind also die geosynklinalen Tröge der mediterranen Kettengebirge entlang alter, aber zumindest seit der Zeit der variszischen Gebirgsbildung sich in Ausbildung befindender tektonischer Formen zustande gekommen. Aus diesen Ablagerungströgen wurde das Orogen der Alpen durch einen von Süden nach Norden wirkenden tektonischen Druck aufgefaltet, wobei die Geosynklinale und ihre noch plastischen Gesteine in einen immer engeren Raum zusammengedrückt wurden. Als die Kraft dann noch weiter wirkte, zwang sie die entstandenen, sich versteifenden Faltenbündel — entsprechend den durch die alten Massen vertretenen örtlichen Widerständen — infolge der Beanspruchung auf Biegung oder auf Zug oder aber auf Scherung die heutige Form anzunehmen.

Wir wollen nun näher die einzelnen orogenen Äste betrachten

und nachprüfen, ob an ihnen jene Erscheinungen anzutreffen sind, die als Merkmale der notwendigen und angenommenen mechanischen Beanspruchung, durch welche die heutige Form ausgebildet wurde, vorhanden sind.

Der mächtige schlingenartige Bogen der Karpaten ist nicht einheitlich. Er lässt sich auch schon auf geometrischen Grundlage in mehreren Zonen zerteilen. Der Bogen der Westkarpaten, als die Fortsetzung der Nordalpen, wendet seine konkave Seite der Böhmisches Masse zu. Dann folgt mit einem entgegengesetzten Biegen der Bogen der Nordkarpaten. Dieser geht dann in den Bogen der Ost- und Südkarpaten über, der in der südöstlichen Ecke Siebenbürgens stark zusammengepresst ist. Zum Schluss folgt die regelmässige Hufeisenform, durch die die Südkarpaten mit dem Balkan verbunden ist.

In der äusseren Zone der auf Biegung beanspruchten Träger tritt Zugspannung, in der inneren Zone dagegen Druckspannung auf, während die dieselben trennende, sog. neutrale Achse spannungsfrei ist (S. Abbildungsgruppe 2, Abb. III/2.). In der unter Zugbeanspruchung stehenden Zone treten Kontraktion, Zerrung, Auflockerung und Risse, in der unter Druckbeanspruchung stehenden Zone dagegen Verdichtung, im äussersten Falle Bruch und Stauung ein. Die ursprüngliche Länge der in der neutralen Achse liegenden spannungsfreien Fäden ändert sich aber nicht, sodass sie auch keine rupturale Deformationen erleiden. Die neutrale Achse stellt jedoch in Wirklichkeit nur eine theoretische Linie dar. Wenn man sich von ihr entfernt, nehmen sowohl nach innen wie auch nach aussen hin die Spannungen allmählich zu, sodass man praktisch eigentlich eher nur von einem schmalen mittleren Streifen sprechen kann, in welchen die Spannungen und so auch die rupturalen Deformationen am geringsten sind.

Den letzteren Fall finden wir z. B. in den Westkarpaten vor. Hier ist fast ausschliesslich der schmale mittlere Streifen vorhanden, während die äussere Zone vollkommen und die innere grösstenteils fehlt (s. Abbildungsgruppe 2, Abb. III/1 und 3).

Die mittlere Zone wird durch das Leithagebirge, durch die kleine Hainburger Scholle und durch den kristallinen Zug der Kleinen Karpaten repräsentiert. Sie wird von Brüchen durchsetzt, von Flüssen (Leitha, Donau) durchbrochen — es handelt sich doch nicht um eine theoretische Linie, sondern um eine 10—15 km breite Zone — jedoch zeigt diese Zergliederung nicht solche Ausmasse, dass man dabei den Zusammenhang nicht wiedererkennen könnte.

Die äussere, hauptsächlich von kristallinen Gesteinen aufgebaute Zone, die sich ursprünglich wahrscheinlich bis zu der Linie Kőszeg—Nyitra erstrecken dürfte, ist infolge der Zugbeanspruchung zerrissen und dann in Hand mit dem letzten grossen Abbruch der ungarischen Beckengruppe in die Tiefe gesunken. Ihre Gesteine wurden durch die Tiefbohrungen auf Kohlenwasserstoffe bei Mihályi (in der Nähe von Kapuvár) und Mosonszentjános direkt unter der Pannon-

decke in 1602 m bzw. im letzteren Falle unter dem in 2564 m angefahrenen Obermiozän in 2651 m Teufe aufgefunden.

Ähnlich ist der Fall auch im Druckbereich. Hier ist die Flyschzone zerbrochen und dann nachträglich in die Tiefe gesunken, wie das durch die Öhlbohrungen im Gebiete des Wiener Beckens und Marchfeldes bewiesen wird. Die Tatsache, dass von dieser Zone, die aus entschieden weniger festen Gesteinen bestand, verhältnismässig viel mehr an der Oberfläche blieb, als von den festeren kristallinen Schiefen der vom Gesichtspunkte der Biegung aus äusseren Zone, kann unter anderem auf die Ursache zurückgeführt werden, dass die Druckfestigkeit der Gesteine deren Zugfestigkeit weit übertrifft.

Ähnlich sind auch die Spuren einer Biege-Beanspruchung in den Nordkarpaten nachzuweisen.

In den Nordkarpaten lassen sich im wesentlichen fünf Zonen unterscheiden, und zwar von aussen nach innen:

die Sandstein- oder Flysch-Zone;

die von verschiedenen Kalksteinen aufgebaute sog. innere Klippen-Zone;

die doppelte Zone der hauptsächlich aus kristallinen Gesteinen (Granit und kristallinen Schiefen) bestehenden Kerngebirge, sowie die innere Zone der Urgesteine.

Innerhalb dieser liegt dann als sechste Zone der innere vulkanische Kranz, der aber nicht mehr eng der Struktur der Karpaten angehört.

Über die Struktur der 50—100 km breiten Flyschzone, die vom Gesichtspunkte der Biegung aus zweifelsohne in der äusseren, gezogenen Zone liegt, wissen wir — ausserdem, dass sie von mächtigen Deckfalten (Magura, Krosno) von 20—30 km Überschiebungen aufgebaut wird — verhältnismässig wenig. Dieser Umstand kann durch die Tatsache erklärt werden, dass die ziemlich plastischen Gesteine, aus denen diese Zone besteht, sehr eintönig und so tektonisch recht schwierig zu gliedern sind. Infolge ihrer Lage kann aber vom mechanischen Gesichtspunkte aus nicht bezweifelt werden, dass die Zerrungsformen auch hier vorhanden sein müssen. Darauf weist übrigens unter anderem die Kartenskizze hin, die von Szalai über die Umgebung von Körösmező zusammengestellt wurde, in welcher die im Tale der Fekete-Tisza nach aussen gerichtete gabelförmige Verzweigung der Magura-Decke primär keine Erosions-, sondern eine mechanisch-tektonische Erscheinung darstellt. Es kann in einem Gebirge, das eine nach aussen gebogene Streichrichtung aufweist, die nach aussen gerichtete Bewegung der Deckenfalte, da diese sich radial ausbreiten muss, nicht ohne Dehnung und Riss vor sich gehen.

Sehr charakteristisch wird die Zug- und Zerrungsbeanspruchung in der inneren Klippenzone widerspiegelt. Ihre schmale, heutzutage höchstens nur noch 21 km breite Zone, die aus verhältnismässig sprö-

den Kalksteinen besteht, ist durch die Zugbeanspruchung in mehr als 5000 Klippen zerrissen und in einen etwa 550 km langen Streifen ausgezogen worden.

Auf eine Zugbeanspruchung weist auch die Doppelzone der Kerngebirge hin, deren einzelne Glieder in der äusseren Zone und zwar in der Fortsetzung der Kleinen Karpaten: der Inovec, ferner die Gruppe, die vom Száraz-Magura, Kis-Magura und Zsdjár aufgebaut wird, sowie die Kis Fáttra (Mincsov und Fáttra-Kriván), die Hohe Tatra und zum Schluss die Scholle von Branyiszko sind. Zu der inneren Zone gehören: der Zobor über Nyitra, der Tribecs, die Scholle von Lubochna sowie die Niedere Tatra. Sie alle stellen von kristallinen Gesteinen aufgebaute Kerngebirge dar. Ihre Struktur, hauptsächlich aber ihre Form und Erscheinung, weist auf eine Zugbeanspruchung hin. Wir wissen wohl, dass bei einer Zugbeanspruchung hauptsächlich die nicht zu spröden (also die plastischeren) Körper noch vor den Eintritt des Bruches eine Kontraktion erleiden. Die Merkmale einer solchen Kontraktion sind aber nicht allein in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung in den einzelnen Gliedern der Zone zu erkennen. Auf einen Zug weist auch die Kontraktion der ganzen Kerngebirgszone hin, wie es z. B. zwischen dem Inovec und der Kleinen Tatra zu sehen ist. Die einzelnen Glieder der kristallinen Schollen-Gruppe, die aus den drei Teilen: Száraz-Magura, Kis-Magura und Zsdjár besteht, bleiben gegen die Achse zu allmählich kulissenartig zurück und auch das Südende der in der Fortsetzung liegenden Kleinen Fáttra, der Mincsov, streicht zuerst nach innen, ehe es sich in die regelmässige Streichrichtung der Zone einstellt.

Auch das östliche Ende der Kleinen Fáttra, die mesozoische Hülle, die die Aussenseite der Granitkerne zwischen dem Kis-Kriván und der Hohen Tatra bedeckt sowie die nach innen gerichtete Einbuchtung der Klippenzonenpartie von Árva weist auf eine Kontraktion bzw. Zugbeanspruchung hin (s. Abb. 3 sowie die Karte *Roth von Telegd* und ebenda den Text auf S. 67).

Dem obigen gegenüber zeigt aber die sog. Innenzone der Karpaten zweifelsohne solche Merkmale, die einen in der Streichrichtung erfolgten Druck — infolge einer Biege-Beanspruchung — erkennen lassen. Nach den Angaben von *Rozlozsnik* ist die Porphyroidserie, d. h. Hauptmasse des Zipser Erzgebirges, zwischen Dobsina und Kassa, d. h. zwischen der kristallinen Masse des Vepors und der Scholle von Branyiszko in etwa 70 km Streichlänge doppelt gebogen, ähnlich wie eine liegende 3. Dieser Umstand sowie das häufige Vorkommen von Tiefengesteinen in der Streichrichtung bezeugen zweifelsohne einen O-W-lich gerichteten Druck. Ein auf Zug oder Knickung in Anspruch genommener Körper will sich nämlich senkrecht zu der wirkenden Kraft auflockern, erweitern. Nach den freien Seiten hin berstet er sich auf, es entstehen in ihm im grossen und ganzen in der Achsenrichtung ablaufende, schwach diagonale oder gebogene Spalten, in welche — im Falle von unter Druck stehenden Gebirgszonen — das

Magma, das von unten nach oben seinen Weg gefunden hat, eindringt. Die Wahrscheinlichkeit des in der Streichrichtung erfolgten Druckes wird auch durch *Rozlozsniks* kleine Karte von der Umgebung von Bindt-bánya betont, ferner durch die zahlreichen Längs- und Querbrüche, die er erwähnt, sowie die Art, in der die Zipser Decke im Westen mit ihren zackigen Rand auf die benachbarte Vepordecke geschoben ist.

Im Zusammenhange mit der tektonischen Struktur des Vepors spricht *Andrusov* — teilweise *Rozlozsnik* rechtfertigend — von einer stark gepressten Struktur, von einer Quetschtektonik. Seine Gesteine, die aus Para- und Orthogneisen, Amphiboliten und tatsächlich zerquetschten Graniten bestehen, bezeugen alle eine äusserst kräftige tektonische Inanspruchnahme, d. h. einen Druck. Ähnlich wie *Uhlig*, nimmt auch er an, dass die subtatrischen Decken von hier, als einer Wurzelregion aus, nach Norden gewandert sind. Da aber die Breite derselben bedeutend grösser ist als die der Vepor-Zone, erklärt er ihre Erweiterung durch Auswälzung, während er die in der Streichrichtung erfolgte Verengerung, die nachträgliche Verkürzung der Vepor-Zone auf eine Zusammenpressung zurückführt, ja sogar auch Verschluckung erwähnt.

Auch die mehr oder minder radial gerichteten Überschiebungslinien bezw. Flächen, die von *Roth v. Telegd* auf seiner Karte auf Grund von Literaturangaben in dieser Zone dargestellt werden, weisen auf eine Druckbeanspruchung grossen Grades in der Streichrichtung hin. Eine von diesen ist die Linie von Ölved am Nordrand des Tribecs mit einem SW-lichen Einfallen, dann die Überschiebungslinie an der Westseite des Vepors mit einem SO-lichen Einfall sowie die durch die Murányer Linie repräsentierte Überschiebungslinie an der Ostseite des Vepors, die eine SO-liche Fallrichtung aufweist. Entlang derselben sind die einzelnen Decken beiderseits wie Dachziegel auf die von vulkanischen Gesteinen des Selmec—Körmöcer—Erzgebirges, im Jungtertiär bedeckte und tiefer liegende innere Zonenpartie überschoben.

Die Kalksteintafeln, die den nördlichen und südlichen Abhang des alten Massivs vom Vepor—Zips—Gömörer—Erzgebirges mantelartig bedecken, zeigen imposante Karsterscheinungen. Solche finden sich in der Umgebung von Rozsnyó und zu ihnen gehören die Eishöhle von Dobsina, der Domicca gennante Teil der Baradla Höhle bei Pelsóc sowie die Baradla von Aggtelek selbst usw. Von allen diesen ist bekannt, dass sie tektonische Erscheinungen sind, die entlang diagonalen, durch Druck hervorgerufener Bruchlinien entstanden.

Die vor allem nach Osten gegen die kleine Zempléner kristalline Schiefer-Insel linsenartig ausgekeilte Form der Nordkarpaten weist aber auch auf eine Biegung hin. Dadurch wird nämlich bewiesen, dass die innere Zone in W-O-licher Richtung unter Druck stand, infolge dessen sie sich nach der freien Südseite ausgebogen hat.

Zwischen den Ost- und Südkarpaten liegt der schärfste, von Süden her eingedrückte Bogen des orogenen Astes.

Die Materialsuntersuchungen beweisen, dass sich der Probekörper bei einer starken Biege-Beanspruchung in der Weise verhält, wie das in Abbildung III/7 der Abbildungsgruppe 2 gezeigt wird, wobei — besonders im Falle spröderen Körpers — die äussere, gezogene Zone radial einreissst und aus der inneren, unter Druck stehenden Zone, ebenfalls entlang der Hauptgleitflächen, ein keilförmiger Körper sich auspresst.

Genau denselben Fall haben wir auch hier vor uns.

Die Ostkarpaten besitzen einen verhältnismässig einfachen Aufbau. Von dem inneren, ihnen eigentlich nicht mehr eng angehörenden vulkanischen Kranz nach aussen zu gerechnet werden sie von der kristallinen Zone, von der nur noch in Spuren vorhandenen Klippenzone und von der sich bis zu der Barcaság hin erstreckenden Flyschzone aufgebaut. Die etwa 240 km lange, schmale kristalline Zone kann man vom Quellengebiet der Tisza bis Csikszereda verfolgen, wo sie plötzlich aufhört. Ihre Fortsetzung lässt sich im breiten kristallinen Zug der Südkarpaten auffinden, während der Teil, der im Bogen fehlt, zusammen mit der aus der inneren Zone des Bogens ausgerissenen und fast vollständigen karpatischen Bildungsserie, im Bihargebirge wiederzuerkennen ist. In einer segmentartigen Anordnung finden wir hier von aussen nach innen: die Flyschzone (Siebenbürger Erzgebirge) samt den Resten der Klippenzone, die aus Granit-Kernen und kristallinen Schiefen bestehende kristalline Zone (Gyaluer Gebirge, Hegyes-Drócsa) und dann die innere Zone, die hauptsächlich aus permischen und darüber gelagerten mesozoischen Gesteinen besteht (Királyerdő, Bihar, Kodru-Moma oder anders Béler Gebirge genannt).

Es ist ein Verdienst von ungarischen Geologen, unter anderem von L. Lóczy sen., L. Roth v. Telegd. Gy. Szádeczky-Kardoss, E. Kuttassy und hauptsächlich von Rozlozsnik, dass die petrographische, faziologische und strukturelle Ähnlichkeit, ja sogar Identität dieses Gebirges mit den Karpaten auch im einzelnen nachgewiesen werden konnte. Die Bihargebirgsgruppe ist also fremd in ihrer Umgebung! Sie ist ganz anders aufgebaut als die anderen Glieder des Siebenbürgischen Westlichen Grenzgebirges, zwischen denen sie heute liegt und deren kristalliner Schiefer-Grund von alter Anordnung, der als Westsiebenbürgische Schwelle bekannt ist, während des Mesozoikums, zumindest zeitweise, als eine Inselreihe über das Meer auftrug. Der Aufbau der Bihargebirgsgruppe weicht aber auch von der Ausbildung und Struktur des Ungarischen Mittelgebirges (Bakony, Vértes, Gerecse, Esztergom-Budaer-Gebirge, Bükk) ab. Die vorher erwähnten zusammen mit den aufgezählten Gliedern des Ungarischen Mittelgebirges bilden Teile der Ungarischen Zwischenmasse und weisen in wesentlichem nur eine Bruchstruktur auf.

Die Erkennung der Allochthonie der Bihar-Gruppe und ihrer

Verwandtschaft mit den Karpaten warf natürlich das Problem ihres Zusammenhanges auf.

Zur Erklärung der Verbindung wurde an der Stelle des heutigen Bihars oder noch mehr westlich davon, an der Stelle des versunkenen Teiles von der Grossen Ungarischen Tiefebene eine zweiästige Teilgeosynklinale angenommen, die von den Nordostkarpaten ausgehend etwa in der Umgebung des heutigen Bihars eine mit dem Bogen der Siebenbürger Karpaten parallele, aber natürlich samt diesem eine viel sanftere Biegung bildete und sich gegen die Untere Donau zu ausstreckte.

Nach der Ahnahme von *Uhlig* und neuerdings auch von *Popescu-Voitești* sollen die Decken aus dieser Biharer Geosynklinale, wie aus einer Wurzelregion, ursprünglich bis in die Aussenzone der Karpaten vorgedrungen und dort gewisse Einheiten ihrer Stirnregionen — nach der Abtragung des mittleren Teiles von den Decken — auch heute noch zu sehen sein. *Rozlozsnik* bezweifelte, dass der Bogen von kleinem Radius der Biharer Geosynklinale irgendeine Einheit des äusseren Karpatenbogens von bedeutend grösserem Radius hätte bilden können.

Nach dem Profil von *Mrazec* das mit der teilweisen Benutzung von Angaben von *Pálfy* und *Rozlozsnik* zusammengestellt wurde — sollen die von der Grossen Ungarischen Tiefebene her aus der Teilgeosynklinale überschobenen Decken ihre heute bekannte, aber durch die Erosion bereits etwas abgetragene Ostgrenze nur wenig überschritten haben. Im wesentlichen vertritt auch *Rozlozsnik* dieselbe Auffassung, obwohl er auf Grund seiner Detailuntersuchungen über die Struktur und Deckensysteme des Gebirges ein Bild entworfen hat, das von dem des früher erwähnten Verfassers abweicht.

Die Supposition von einer Teilgeosynklinale ist also bereits bei *Uhlig* vorhanden und da diese sowohl die faziologischen als auch die tektonischen Übereinstimmungen erklären liess, galt sie lange Zeit hindurch als richtig, obwohl der unmittelbare Zusammenhang zwischen den beiden Geosynkinalen nicht in beruhigender Weise bewiesen wurde. Ausserdem verursacht eine Schwierigkeit auch die Begründung der Tatsache, dass im Bereiche des in weiterem Sinne genommenen Bihars die Gebirgsbildung bereits zu Ende der Kreide aufgehört hat, während die Ausbildung der Aussenränder der Karpaten auch im Tertiär noch fort dauerte. Und zum Schluss wird uns keine Erklärung über den wichtigen Umstand gegeben, warum die inneren Zonen aus dem südostsiebenbürgischen Bogen der Karpaten fehlen, obwohl sie in der aus der sog. Teilgeosynklinale hervorgegangenen Bihargebirgsgruppe so schön ausgebildet sind.

Einen Teil dieser Schwierigkeiten versuchte *Rozlozsnik* folgendermassen zu eliminieren. Ich wiederhole ihn hier wörtlich: „Es ist eine Auffassungssache, ob man das Béler-Gebirge und den Bihar als die stärker zusammengepresste äussere Zone der Ungarischen Zwischenmasse oder als die weniger komplizierte Innenzonen der

zentralen Einheit betrachtet. Meines Erachtens ist die letztere Auffassung berechtigter und so sehe ich im Béler-Gebirge und Bihar einen Teil jener Innenzonen der spätkretazischen Karpaten, die nach Beendigung der altalpinen Gebirgsbildung sich dem alten ungarischen Massiv anschloss und im weiteren bereits das Schicksal desselben teilte.“

Dieses wäre natürlich aber nur in dem Falle möglich gewesen, wenn das Béler-Gebirge und der Bihar unmittelbar zwischen der Zwischenmasse und den Karpaten gelegen wäre. Wir wissen aber, dass sich die Zwischenmasse nach Osten viel weiter erstreckt, da sie auch einen bedeutenden Teil des Siebenbürgischen Beckens einnimmt, nachdem ihre Ostgrenze etwa am Fusse der Karpaten liegt.

Wenn wir also annehmen — und das muss auch auf Grund des vorhergesagten als völlig bewiesen betrachtet werden — dass wir im Béler-Gebirge und im Bihar die inneren Zonen der Karpaten zu sehen haben, so ist es nicht nur überflüssig, sondern direkt unmöglich, ihre Herkunft aus weitliegenden, durch einen bedeutenden Teil der Zwischenmasse abgetrennten Teilgeosynklinalen ableiten zu wollen.

Die Frage, wie und warum dieses innere Zonensystem aus den Karpaten ausgerissen wurden, taucht aber so oder so doch auf.

Und diese Frage wird durch das Bild beantwortet, dass ich am Anfang des Kapitels über den südostsiebenbürgischen Karpatenbogen im Zusammenhange mit den mechanischen Folgen der stärkeren Biege-Beanspruchung von späteren Körpern gegeben habe (s. Abbildungsgruppe 2, Abb. III/7.).

Die Anschliessung an das alte ungarische Massiv braucht auch nicht unbedingt in der Weise gedeutet zu werden, dass sich der abgeschorene Bihar usw. dem alten Massiv an der Seite angeschweisst hat. Es genügt, wenn man annimmt, dass er auf die Zwischenmasse gerutscht ist. Diese Vorstellung genügt nämlich, um damit jene Verhältnisse der abgeschorenen inneren Zone zu erklären, nach denen diese nach der altalpinen Orogenese bereits das weitere Schicksal der alten Zwischenmasse mitgemacht haben. Aus dieser geologischen Tatsache hat man bis jetzt an die Anschliessung gefolgert.

Letzten Endes also kann und muss man sich die Entwicklung der Bihargebirgsgruppe folgendermassen vorstellen.

Im Südostsiebenbürgischen Bogen — infolge des von Süden her wirkenden Druckes — fing die Faltung und Hebung der kristallinen Zone bereits im Jura an. Die Falten bildeten in der unteren Kreide schon ein hohes Kettengebirge, wodurch das Flyschmeer getrennt und nach aussen gedrängt wurde. Etwa zur Zeit der mittleren Kreide ist auch die Bogenbildung so weit fortgeschritten, dass die äussere, gezogene Zone des Gebirgszuges infolge der Biege-Beanspruchung zerriss und aus der inneren, unter Druck stehenden Zone ein grosses Stück ausgeschieden wurde. In das Bereich der an dieser Stelle entstande-

nen sog. Brassóer Depression drang das Flyschmeer von aussen allmählich ein und setzte charakteristische Transgressionsablagerungen ab.¹

Die Bewegung des inneren Gebirgstalles, der die vorunterkretazischen Glieder enthält, wurde also durch die Hauptgleitflächen ermöglicht, die an den beiden Seiten des Bogens infolge der Biege-Banspruchung entstanden sind. Die Bewegung konnte aber auch durch eine andere Scherfläche befördert werden, und zwar durch jene, die unter dem Selbstgewicht des hoch aufragenden Gebirges diagonal, d. h. in der nach dem Bergfuss einfallenden Richtung zustande kam. Auf diese Möglichkeit, als auf einen die Faltung herforrufenden geologischen Faktor, hat zuerst im Jahre 1907 E. *Reyer* hingewiesen. Vor kurzem hat dann *Stiny* zahlenmässig bewiesen, dass in der Natur die mechanischen Vorbedingungen und Merkmale solcher Abrutschungen tatsächlich vorhanden sind.

Die ausgeschorene und von nun an selbständig gewordene Bihargebirgsgruppe bewegte sich auf dem geneigten und rutschigen Meeresboden allmählich so lange nach Westen, bis sie von der westsiebenbürgischen Schwelle aufgehalten wurde. Inzwischen hat sich natürlich die Zwischenmasse auf die Einwirkung der S-N-lich gerichteten gebirgsbildenden Kraft weiter deformiert. Sie dehnte sich, nachdem sie entlang diagonalen Brüchen wegglied, in W-O-licher Richtung aus, wodurch auch die von ihr nach aussen geschobenen Ostkarpaten selbst in einer entgegengesetzten Richtung — gegen die moldo-bessarabische Depression zu — sich von dem abgeschorenen Schollengebirge allmählich entfernten.

Die Bihargebirgsgruppe selbst wurde aber nach der mittleren Kreide, im Tertiär, bereits von keinem Gebirgsdruck betroffen. Die letzte, Dislokation von grösserer Masse war diejenige, die die Gebirgsgruppe am Ende der Kreide, offenbar schon in ihrem starren Zustand und an ihrer heutigen Stelle, erlitten hat. Ihre Ablafrichtung wird S-lich des Királyerdő, vom Vlegyásza bis Soborsin am Maros, ja sogar noch weiter, durch eine in SSW-licher Richtung verfolgbare granodioritische Gesteinsreihe gekennzeichnet. Diese Erscheinung zeigt aber schon einen kratogenen Charakter und es ist wohl möglich dass ihre Entstehung mit einer Bewegung des Grundmassivs zusammenhängt.

Wen wir nun auf Grund der Beschreibung von *Rozlozsnik* die innere Struktur des im weiteren Sinne genommenen Bihars betrachten, müssen wir feststellen, dass sie alle Merkmale einer durch Bie-

¹ Diese von *Macovei* nachgewiesene aptische Transgression — und damit im Zusammenhange das orogenetische Zeitgesetz von *Stille* — wird auch durch die im Bakony-Gebirge gewonnene Feststellung von *K. Roth v. Telegd* bekräftigt. Nach ihm wird nämlich in Nordlichen Bakony, die unebene Oberfläche, die nach der darauffolgenden terrestrischen Denudation ausgebildet wurde, von den Transgressionsablagerungen des Aptiens bedeckt. (*K. Roth von Telegd*: Daten aus dem nördlichen Bakonygebirge zur jungmesozoischen Entwicklungsgeschichte der ungarischen Zwischenmasse. *Mathem. und Naturw. Anzeiger d. Ung. Ak. d. Wiss.* Bd. 52. S. 205—252. Budapest 1935.).

gung auf Druck beanspruchten Zone aufweist. Vom Tale des Fekete-Körös-Flusses stauen sich in zwei Richtungen, einerseits auf den Bihar, anderseits auf das Kodru-Móma, Scherdecken auf. Von Süden her wird Flysch auf die Béler und Biharer Einheiten geschoben. Im innersten Teil, im Királyerdő und im nördlichen Kodru, treten Undulationen auf, die zu der Hauptstreichrichtung senkrecht stehen, also Formen, die auf eine Raumverengerung hinweisen. Zu diesen gehört z. B. die westlich von Belényes kartierte Antiklinale bei Borza, der sich nach Süden hin die überkippte Falte von Urmező anschliesst. Es sind aber auch andere solche Formen bekannt. Die Lage des Kodru-Móma selbst macht den Eindruck, als wenn sie eine Wiederholung des Vorganges wäre, den ich im Zusammenhange mit der Entstehung der ganzen Bihargebirgsgruppe beschrieb.

Das Zustandekommen von allen diesen Erscheinungen lässt sich viel leichter erklären, wenn wir annehmen, dass sie sich im Bogen der Karpaten ausgebildet haben. Wenn diese Gebirgsbildung in zwei parallel ablaufenden Bogen, gleichzeitig und in gleicher Weise vor sich gegangen wäre, müsste man annehmen, dass die Masse, die die Geosynklinalen voneinander trennte, in grossem Grade plastisch war. Da sie aber eine Zwischenmasse ist, wissen wir darüber, dass sie starr sein musste.

Im Zusammenhange mit den Süd- und Nordostkarpaten haben wir noch eine Erscheinung zu besprechen. Diese Partien der karpatischen Gebirgskette waren während des ganzen Vorganges der Gebirgsbildung auf Zug beansprucht. Anlässlich der Behandlung der Struktur von der Ungarischen Zwischenmasse (dem Ungarischen Zwischengebirge) haben wir bereits gesehen, dass sie an Hand der kretazischen Gebirgsbildung auf die Einwirkung eines im wesentlichen S-N-lichen Druckes in NO-SW-licher und dazu senkrechter Richtung zerbrach, um sich entlang dieser Hauptgleitflächen bewegend, der zu der Krafrichtung senkrechten, also in W-O-licher Richtung ausweichen zu können. Ähnlich war die Lage auch zur Zeit der tertiären Gebirgsbildung, als aber der Druck eher in SW-NO-licher Richtung gewirkt hat. Dieser Kraft weichte das Material der N-S-lich und O-W-lich zerbrechenden Zwischenmasse in einer NW-SO-licher Richtung aus (s. Abbildungsgruppe 2, Abb. III./1.).

In beiden Fällen dehnte sich also die Zwischenmasse, oder, nach dem zutreffenden Worte von *Prinz*, der Leisten des Orogens, in wesentlichem in W-O-licher Richtung aus. Während dieser Ausdehnung wurden die sich um die Leisten schlingenden Faltenbündel der Karpaten auf Zug in Anspruch genommen (s. Abbildungsgruppe 2, Abb. III./1.).

In den Südkarpaten haben wir es mit einem ganz frappanten Fall zu tun. Der orogene Ast umschlingt einerseits die Kimmerische Masse, anderseits, mit einem entgegengesetzten Bogen, das Massiv der Tisia und nachdem er an diesen nicht vorbeigleiten konnte, wurde zwischen diesen beiden Bindungen der gerade Faltenbündel,

d. h. der Gebirgszug der Südkarpaten, infolge der W-O-lichen Erweiterung des Leistens in derselben Richtung auf Zug in Anspruch genommen. Die unverkennbaren Merkmale der Zugbeanspruchung werden etwa in der Mitte der Südkarpaten in Form von einer Kontraktion grossen Masses und dann von einem Riss beim Vöröstoronyer-Pass widerspiegelt. In der tektonischen Karte von Aladár Vendl über das Sebeser- und Zibins Gebirge kontrahieren die tektonischen Einheiten des Gebietes, die Brüche und die Achsen der Antiklinalen und Synklinalen alle gegen den Olt zu, gerade so wie im Falle eines unter Zug stehenden Probekörpers dessen Elementarfäden. Dasselbe sieht man auch in der kolorierten geologischen Karte Ungarns, die im Jahre 1922 im Verlag der Ungarischen Geographischen Gesellschaft, redigiert von L. v. Lóczy sen. und K. von Papp, erschienen ist, in welcher die verschiedenen Bildungen des kristallinen Schiefers und des Kalksteins alle nach dem Vöröstoronyer Pass eingeschnürt sind.

Der Olt-Durchbruch bildete sich also entlang eines Bruches aus, der infolge von Zugbeanspruchung zustande kam und entstand nicht infolge der rückschreitenden Erosion durch das rupturrell nicht deformierte kristalline Schiefergebirge, wie das von Cholnokys angenommen wurde. Mit dieser Annahme Cholnokys liesse sich dieses ganz eigenartige Verhalten des Olt-Flusses sehr schwer erklären. Es ist schwer sich vorzustellen, dass dieser Fluss, der im Siebenbürgischen Becken entspringt und eine lange Strecke darin dahinfliesst, nicht durch irgend ein vorhandenes westliches Tor des Beckens hinausfliesst, wie die übrigen Flüsse Siebenbürgens, sondern nach einer Biegung um 90° eine etwa 40 km breite und 2000 m hohe kristalline Felsenwand in einer engen Schlucht durchbricht. Ohne eine tektonische Präformierung wäre dies wohl kaum möglich.

Was ist aber inzwischen im anderen Ast des scharfen südsiebenbürgischen Karpaten-Bogens vor sich gegangen? Dort nämlich, wo infolge der östlichen bzw. südöstlichen Erweiterung des Leistens ebenfalls eine Zugspannung auftreten musste. Auf Grund des vorhergesagten ist es tatsächlich nicht schwer, die Spuren einer Kontraktion sowie den kausalen Zusammenhang in der auf Zug beanspruchten Struktur der Nordöstlichen Karpaten zu erkennen. Wir wissen wohl, dass die Innenzonen der Nordkarpaten nach Osten, nach dem Zempléner Inselgebirge, kontrahieren. Das selbe sieht man auch am nördlichen Fortsatz der inneren kristallinen Schieferzone der Ostkarpaten. Diese Zone ist infolge des Zuges ganz schmal geworden, ja sogar auch zerrissen, sodass sie in den Nordostkarpaten garnicht mehr vorhanden ist. Die erhalten gebliebenen, schmalen Fetzen sind wahrscheinlich anlässlich des mächtigen Abbruch der Grossen Ungarischen Tiefebene in der Tiefe versunken. Das ist die Erklärung dafür, warum im Aufbau der Nordöstlichen Karpaten — über den inneren vulkanischen Kranz — ausser der völlig zerrissenen Klippenzone heutzutage nur noch die Flyschzone teilnimmt.

Mit der oben geschilderten Art und Weise von innerer Struktur,

Bewegung und W-O-licher Ausdehnung der Ungarischen Zwischenmasse kann auch ein ständig wiederkehrendes allgemeines Problem der Geologie gelöst werden.

Es ist wohl allgemein bekannt, dass in der Angabe der Richtung von gebirgsbildender Kraft und gebirgsbildendem Druck bis jetzt eine gewisse Unsicherheit herrschte. Diese Unsicherheit widerspiegelt sich auch im akademischen Antrittsvortrag von *Rozlozsnik* (11. p. 64.), in dem er folgendes sagt: „Es ist bekannt, dass die Angabe der Druckrichtung eine Auffassungssache ist. Die französische Schule, die das Vorhandensein einer Zwischenmasse nicht anerkennt, meint, dass der Druck im allgemeinen von Süden nach Norden wirkte. Nimmt man aber die Existenz einer Zwischenmasse an, so ist es unvorstellbar, dass z. B. aus der alten Ungarischen Zwischenmasse nach jeder Richtung hin ein Druck hätte ausstrahlen können. Von diesem Gesichtspunkte aus schliesse ich mich also der Auffassung *Stilles* an, nach welcher der Druck aus dem starren Rahmen ausgeht“.

Der Druck ist natürlich in jedem Falle das Resultat von mindestens zwei in einer Geraden aber in entgegengesetzter Richtung wirkenden Kräften, da einer jeden Aktion Reaktion und jeder Kraft eine Gegenkraft entspricht. Ohne dies kommt kein Druck, sondern Bewegung zustande. In den Kettengebirgen kann man aber nicht allein die Spuren vom Druck, sondern auch die von Bewegung beobachten. Diese Bewegung ist auf die Ungleichheit der zwei in der selben Geraden liegenden aber in entgegengesetzter Richtung wirkenden Kräfte zurückzuführen und richtet sich, nach Erfahrung, immer nach dem äusseren Rahmen, dem sog. Vorraum (s. Abb. 1.). Dadurch wird sogleich auch der Umstand angeben, aus welcher Richtung der aktive und aus welcher der passive Gebirgsdruck gewirkt hat. Auf diese Weise lässt sich also zweifelsohne feststellen, dass der Druck nicht aus dem äusseren Rahmen, sondern aus den Zwischenmassen „ausging“.* Und daran ändert auch das nichts, wenn wir z. B. im Falle der vom Karpatenbogen schlingenartig umrahmten alten Ungarischen Zwischenmasse einen aus ihr ausgehenden und „fast nach allen Seiten hin ausstrahlenden Druck“ annehmen müssen. Aber auch diese Annahme ist nicht als unvorstellbar zu bezeichnen. Denn wie wir weiter oben gesehen haben, ist nichts einfacher als sich mechanisch vorzustellen, dass sich der S-N-liche Gebirgsdruck in der Zwischenmasse, als in einem druckvermittelnden Medium, in einen zur ursprünglichen Richtung senkrechten Druck verwandelt. Dabei dürfen wir aber natürlich nicht — nicht einmal im Unterbewusstsein — die starre Zwischenmasse für undeformierbar halten. Sie ist es auch gar nicht. Denn wir wissen nur zu gut, dass sie zwar nicht plastisch, so doch rapturell deformiert wurde, wie z. B. auch die

* Das Ausgehen ist hier natürlich als lokal zu verstehen, denn wir wissen, dass letzten Endes der Gebirgsdruck von den Kontinent-Bewegungen her stammt, in Wirklichkeit und in solchem Sinne also doch aus dem äusseren Rahmen ausgeht.

Ungarische Zwischenmasse und zwar im Laufe der karpatischen Gebirgsbildung und als unmittelbare Folge derselben (s. Abbildungsgruppe 2.).

Allerdings wäre es — im Falle der Annahme eines aus dem starren Rahmen ausgehenden Druckes — viel schwerer, wenn auch nicht unmöglich, zu erklären, warum diese Kräfte — z. B. im Falle der Ungarischen Zwischenmasse — lokal und radial gegen einen zentralen Punkt gerichtet sind.

Ein sehr schönes Beispiel für die Biege-Beanspruchung ist der Bogen, mit dem der Westteil der Südkarpaten in den Balkan übergeht und zwar nicht nur der Form nach, sondern auch vom Gesichtspunkte der gezogenen und gedruckten Zone und von dem der regelmässigen Ausbildung der charakteristischen Deformationen dieser Beanspruchung aus. Die Erkennung der Deformationen wird auch durch den verhältnismässig einfachen Aufbau des Gebirges erleichtert.

Die Südkarpaten werden im wesentlichen nur von einer, und zwar von der kristallinen Schiefer-Zone aufgebaut. Die Bauelemente sind hier also hauptsächlich kristalline Gesteine, zwischen denen in grösserem Masse nur im Gebiet westlich des Lotru perm-mesozoische Bildungen anzutreffen sind. Ausserdem finden wir nur im östlichen Teil des Gebirges ein wenig Mesozoikum über den kristallinen Gesteinen gelagert vor, so am Királykő, in der Umgebung von Brassó und im Persányer Gebirge, das von den einst im grossen siebenbürgischen Bogen vorhanden gewesen inneren Zonen abgerissen und zurückgelassen ist.

Im Aufbau der Gebirgsstruktur nehmen die Glieder von zwei Gesteinsgruppen teil, die voneinander sowohl petrographisch als auch faziologisch deutlich zu unterscheiden sind. Die Gesteine der einen Gruppe sind autochton, während die andere Gruppe von Norden her in Form einer mächtigen Decke auf die erste Gruppe geschoben wurde (*Murgoci*).

Hinter Petrozsény ist die äussere, gezogene Zone des Gebirges, infolge der Biegung, entlang bedeutender radialer Risse zerstückelt und sozusagen in Kerngebirge: Ruszkaer Gebirge, Szárkő, Szemenik, Krassó-Szörényer Gebirge und kristalline Schieferinsel von Versec zerrissen.

Dagegen treten in der inneren, auf Druck beanspruchten Zone des Bogens — unter den Schollen der infolge Zusammenpressung zerbrochenen und dann abgetragenen Decke — die Glieder der tieferen, der autochtonen Gesteinsgruppe auf. Sie treten im Bilde des Pareng, Vulkán, Retyezát und Almás-Gebirges (Pareng-Fenster) auf. Sozusagen als Zeugenberge der abgetragenen Decke sind in dieser Zone in Form von Deckschollen die Massen des Godian-Gebirges, des Mehedinti-Plateaus und jenseits der Donau die des Miroč-Gebirges erhalten geblieben.

Für einen in der inneren Zone in der Streichrichtung erfolgten Druck sprechen auch die quer bezw. radial ablaufenden Überschie-

bungslinien, die das westliche Ende des Lotru und jenseits der Donau das Südende des Banater Gebirges begrenzen und teilweise auch das Auftreten von Tiefengesteinen in der Streichrichtung, sowie die Kazán-Schlucht, über die *Cholnoky* feststellte, dass sie durch das Einbrechen eines Höhlenganges entstanden ist. Der Verfasser dieser Zeilen konnte aber bereits beweisen, dass die Höhlengänge immer entlang zur Druckrichtung diagonalen Bruchlinien durch die lösende Wirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers und die mechanische Tätigkeit des fließenden Wassers entstehen.

Die neutrale Achse verläuft in den Südkarpaten etwa in der Achsenlinie des Gebirges, im Bereiche der sich in der Streichrichtung hinziehenden Überschiebungslinie.

Auch die folgende ausserordentlich interessante und sehr lehrreiche Erscheinung, die auch vom praktischen Gesichtspunkte aus von grosser Bedeutung ist, spricht für eine Biege-Beanspruchung.

Es ist wohl leicht einzusehen, dass im Falle einer stärkeren Biegung auch die rupturellen Deformationen sich stärker entwickeln als bei einer schwächeren Beanspruchung und bei starrerem Materien kräftiger als bei plastischeren Massen. Auch in der unter Zug stehenden Zone tritt die Deformation früher ein, da die Zugfestigkeit der Gesteine wesentlich geringer ist als ihre Druckfestigkeit.

Demgemäss sind also in den auf Biegung stärker in Anspruch genommenen Bogen des orogenen Astes der Gebirgskette dieselben ganz durchquerende Brüche zu erwarten, welche in den schwächer gebogenen Bogenpartien, vorausgesetzt nur in der äusseren, gezogenen Zone, auftreten werden. Demgegenüber werden in der äusseren gezogenen Zone der noch weniger gebogenen Bogen vielleicht nur die Spuren einer dem Bruch vorangehenden Kontraktion zu erkennen sein.

Betrachten wir nun die Karpaten von diesem Gesichtspunkte aus.

Die Untere-Donau durchquert die Karpaten in der Kulmination eines Bogens. Hier finden wir die Kazán-Schlucht und das Eiserne Tor. Dan tritt im Bogen der Süd- und Ostkarpaten eine ganze Reihe von Schluchten auf, zwischen denen nur hier und da, und hauptsächlich nur in den geraden Strecken der Gebirgskette weniger bedeutende Pässe vorkommen.

So folgen in den Südkarpaten hintereinander: der Vulkán Pass, der Szurdok, die Schlucht von Vöröstorony, der Törösvärer und Tömöser Pass; über letzteren führt auch die Eisenbahnlinie Brassó-Bukarest durch.

In den Ostkarpaten befinden sich die Bodza-, Ojtoz-, Tatros-, Békás- und Tölgyeser-Schluchten. Durch diese Schluchten verlassen das Bereich Siebenbürgens folgende Flüsse und Bäche: Zsil, Olt, Bodzás, Ojtoz, Tatros, Békás und der Kleine-Beszerce. Sämtliche Schluchten stellen gleichzeitig auch wichtige Verkehrswege dar.

Nach der Tölgyeser-Schlucht, entsprechend dem sanfteren Bogen der Karpaten, finden sich nur noch Pässe. Solche sind im Nordteil der

Ostkarpaten die Borgóer, Radnaer und Borsauer Pässe, in den Nordöstlichen Karpaten die Tatár-, Vereckeer-, Uzsoker- und Dukla-Pässe. Im Westteil der Nordkarpaten der Jablonkaer und der Vlára-Pass. Inzwischen wurde die auf Zug beanspruchte Zone des Gebirges nur am Kulminationspunkt der Nordkarpaten vom Poprád-Fluss durchbrochen. Die in entgegengesetzter Richtung gebogene Strecke der Westkarpaten erlitt wieder eine kräftigere Biegung. Sie wird von Querbrüchen durchsetzt, die in die Gebirgskette breite Tore eingeschnitten haben. Durch diese Tore durchqueren das Gebirge, bezw. die kristalline Schieferzone, die Flüsse Vág, Donau und Leytha.

Die Schluchten und Pässe der Karpaten durchqueren also genau dort und auf der Weise das Gebirge, wo und wie es auf Grund unserer mechanischen Erörterungen zu erwarten ist. Nach einer Skizzierung des Problems von den Alpen werden wir dann noch sehen, dass auch die übrigen Kettengebirge dieser Gesetzmässigkeit folgen.

Zum Schluss der Illustrierung der engen Verbindung zwischen der Struktur und dem Mechanismus der Karpaten möchte ich nur noch auf eine Erscheinung hinweisen. Und zwar auf jene charakteristische Tapperbewegung, mit der die von Süden her auf Druck beanspruchte Ungarische Zwischenmasse, zusammen mit den bereits angeschweissten Teilen des inneren Kettengebirges, am Rande der alten Massive des nördlichen Vorraumes (Böhmische Masse, Sudeten, Russische Tafel) entlangrollte und die von Westen nach Osten immer jüngere Faltenzonen der Flyschzone nacheinander ausgepresst und aufgefaltet hat (s. Abb. 3.).

Diese rollende Bewegung ist eine natürliche Folge jenes Drehmoments, von dem die Zwischenmasse, am charakteristischsten am Anfang der Orogenese, in der Kreide, getroffen wurde, als im Südosten die Südkarpaten und im Nordwesten die Zone der Kerngebirge aufgefaltet wurden. Diese Kraftwirkung dauerte — wie es gerade aus der Struktur der Flyschzone hervorgeht — wenn auch mit einer absterbenden Intensität, so doch durch das ganze Tertiär fort (s. Abb. I/a der Abbildungsgruppe 2.).

Erich *Seidl* war nicht nur unter den ersten, die für die Analyse der Gebirgsstrukturen die exakten mechanischen Methoden eingeführt haben, sondern er war zweifelsohne der erste, der diese Methode für ein ganzes Kettengebirge, die Alpen, anzuwenden versucht hat.

Nach ihm soll der Bogen der von einem südlichen Druck aufgefalteten Alpen infolge eines O-W-lich gewirkten Gebirgsdruckes, also einer Knickbeanspruchung, zustande gekommen sein, so wie das die Abbildung 4/a zeigt.

Nach *Seidl*, entsprechend seiner mechanischen Supposition, hätten die Alpen sich auch nach Süden ausbiegen können. Dieser Annahme widerspricht aber sowohl eine ganze Reihe geologischer Geschehnisse, die sich in diesem Krustenteil abgespielt haben, wie auch die Lage der übrigen Glieder der mediterranen Kettengebirge und der Zwischengebirge. Ausserdem wäre bei einer Knickbeanspruchung eher

in der Richtung der Bewegung, d. h. in der der Knickung des Bogens ein Knick des mittleren Teiles zu erwarten. Eine Umdrehung der Wirkungskraft um 90° nach der Faltung des Faltenbündels lässt sich geologisch nicht motivieren, wie ich darauf bereits anlässlich der Besprechung der Theorie von *Ampferer* hingewiesen habe.

Meiner Auffassung nach sind die Falten, der Bogen und das Zurückbleiben des mittleren Teiles der Alpen auf ein und dieselbe Kraft zurückzuführen, und zwar in der obigen zeitlichen Reihenfolge, so wie das in der Abbildung 4/b gezeigt wird.

Der von Süden her wirkende Gebirgsdruck faltete also zuerst die im grossen und ganzen W-O-lich streichenden Faltenbündel auf (I), und dann, als das Westende derselben — infolge ihres Schubes nach Norden — an das Französische Massiv anstoss, drehte er in NW-licher Richtung das ganze System etwas um, sodass das Ostende nun in der Böhmisches Masse ebenfalls einen Widerstand fand. Der in N-licher bzw. in NW-licher Richtung weiter wirkende Gebirgsdruck nahm nun in dieser Lage den orogenen Ast auf Biegung in Beanspruchung, sodass er sich nach Norden immer mehr ausbuchtete (II), bis etwa die Mitte des Bogens vor die alte Masse der Vogesen und des Schwarzwaldes vorgerückt ist, die den Alpen-Bogen zuerst eingedrückt und dann auch ausgeschoren hat (III). Die nach Norden gerichtete gebirgsbildende Kraft wirkte aber auch während des Ponts noch weiter und faltete im Vorraum der Alpen die vom Grund abgeschorenen Ablagerungsgesteine in die sanften Falten des Juragebirges auf, die dann an der Südspitze des Schwarzwaldes, wie an einem Wellenbrecher, aufgestaut wurden.

Inzwischen aber erlitt die kleine Masse dieses Wellenbrechers auch selbst Schaden. Infolge der etwas schiefen Kraftwirkung ist er schwach aufgewölbt und auch aufgerissen worden. Das Aufreißen wurde auch durch den Umstand bevorzugt, das zu gleicher Zeit in diesem alten, starren Massiv, entlang der zu der NNW-lich wirkenden gebirgsbildenden Kraft diagonal entstehenden Hauptgleitflächen auch Scherung auftritt. So ist der ursprünglich einheitliche alte Block in zwei Teile zerrissen worden: in die entgegengesetzt einfallenden Massen der Vogesen und des Schwarzwaldes, während zwischen diesen beiden Teilen die Senke des Rheingrabens entstand.

Die übrigen Strukturelemente der Alpen widerspiegeln ebenfalls sehr deutlich die Biege-Beanspruchung. Abgesehen von den charakteristischen Merkmalen der auf Zug und Druck beanspruchten Zonen, sind, entsprechend der grösseren Beanspruchung, die stärker gebogenen Westalpen am kräftigsten gefaltet und auch die Gesteine der tiefsten, der Helvetischen Decke, sind hier zu den höchsten Gebirgsgraten aufgestaut. Und hier ist — besonders in der auf Zug beanspruchten Zone — die jüngste und gleichzeitig auch höchste Decke, die austrische, am meisten zerstückelt und abgetragen. Ihre Reste findet man in Form von Deckschollen über der tiefsten Decke, der helvetischen Decke, wie z. B. am Genfer-See. *Kober* sieht auch im

Dent Blanche einen solchen Rest, der über der mittleren alpinen Decke, der penninischen, liegt. Die kristallinen Gebirgszüge der Westalpen werden von vielen Flüssen durchquert. Auch die meisten und berühmtesten Pässe der Alpen befinden sich hier, wie Col di Tenda, Mt. Cenis, der Kleine und der Grosse St. Bernhard, Simplon, St. Gotthard und Grimse-Pass.

Wichtige Schluchten und Pässe sieht man auch in den Gebirgszügen der verbogenen mittleren Alpen (Maloja-Pass, Bernina-Pass, Reschen-Scheideck-Pass usw.).

Das alles steht im Gegensatz zu den Ostalpen, wo hinter dem Brenner über die 155 km lange gerade geschlossene Felsenmauer der Hohen Tauern kein einziger Pass hinüberführt. Ein Pass trifft man erst dort wieder an, wo die Mürzthaler Alpen sich in das Leithagebirge bezw. in die Karpaten umbiegen. Hier liegt der Semmering-Pass.

Man sieht also, dass hier derselbe Zusammenhang zwischen dem Grad der Biegung und den Übergängen, Pässen und Schluchten vorhanden ist, wie wir es in den Karpaten bereits erkannt haben.

Und genau mit demselben Fall haben wir es auch in den übrigen orogenen Ästen bezw. Kettengebirgen zu tun.

Der Balkan wird nur in seinem gebogenen Teil von Flüssen in Schluchten durchbrochen. Solche sind nach der Kazán-Schlucht die in die Donau fliessenden Flüsse: an der serbisch-bulgarischen Grenze der Timok und der bei Sofia vorbeifliessende Isker. Nachher folgt eine gerade Strecke des Gebirges, durch die nur zwei hohe Pässe: der Sipka und das Demir-Tor durchführen.

Die Fortsetzung des Balkans wird am Südteil der Krimer-Halbinsel vom Jajla-Gebirge gebildet, das mit einem breiten Bogen in den Kaukasus hinüberführt. Die Halbinsel Krim ist von diagonalen Hauptgleitflächen ausgebildet. Östlich von ihr, im Kulminationspunkt des Gebirgsbogens, liegt die Meerenge von Kertsch, die das Azovische Meer mit dem Schwarzen Meer verbindet. Hier fängt die 1250 km lange, majestätisch finstere und auffallend geradlinige Gebirgskette des Kaukasus an. Sie wird weder von einem Fluss noch von einem Pass durchquert, nur der Grusische Heeresweg, der etwa in der Mitte des Gebirges von Tiflis nach Vladikavkas hinüberführt, führt hindurch.

Betrachten wir nun aber auch den Südast des mediterranen Orogenes und besprechen wir zuerst die kleinasiatischen Kettengebirge.

Die nach Norden hoch ausgebuchteten iranischen Gebirgsketten werden nur in der Kulmination des Bogens von Flüssen durchbrochen und zwar vom Tigris und Euphrat, die nach der Mesopotamischen Ebene zu fließen. Daran schliesst sich im Westen der undulierende Gebirgszug vom Taurus, der sich wieder dem orogenen Ast angliedert, der über das Archipel des Ägäischen-Meeres und im westlichen Teil der Balkanhalbinsel dahinzieht. Der äussere Bogen ist das Glied, das den Taurus über die Inseln Rhodos, Karpathos, Kreta und Kithira und die Halbinsel Peloponnesos mit der südlichen Fortsetzung

der Dinariden, mit den Helleniden, verbindet. Schon die geometrische Form des schön gestalteten mächtigen Bogens verrät, dass sie nur infolge einer Biegung zustandekommen konnte, wovon uns auch der Umstand vollkommen überzeugt, dass dieser Bogen auch den mechanischen Erfordernissen einer Biege-Beanspruchung vollkommen entspricht. Wo die Biegung am stärksten war, ist das Gebirge — infolge der auftretenden Zugkräfte — in Inseln zerrissen. Auch die junge Senkung des Ägeischen Meeres dürfte entlang dieser Brüche und Verwerfungen entstanden sein. Die Art und Weise, wie die Peloponnesos-Halbinsel von der Balkan-Halbinsel abgerissen ist, weist ausdrücklich auf eine Biege-Beanspruchung hin. Die Bucht von Korinth, die auf eine Zugbeanspruchung hinweist, wird von der Eginabucht, die vermutlich in der Druckzone liegt, durch eine schmale Enge, den Isthmos, getrennt. In der Bucht von Egina tritt, entsprechend ihrer Lage, dem erlittenen Druck und der vor sich gegangenen Senkung, ein starker Vulkanismus auf: auf den Inseln Egina, Milos und Santorin.

Die ziemlich geradelinige Strecke der Dinariden, die hauptsächlich aus Kalkstein besteht und sehr schöne Karsterscheinungen aufweist, zeichnet sich durch keine besondere Zergliederung aus. Es fehlt aber der scharfe Bogen, mit dem die Dinarischen Alpen in die Apenninen hinübergehen. Dieser Bogen ist — offenbar infolge der ausserordentlich starken Beanspruchung auf Biegung zerbrochen und zerrissen — etwa im Gebiete der West-Lombardei unter der Po-Ebene versunken.

Die Gebirgskette der Apenninen zeigt wieder musterhaft jene Erscheinungen, die von einer Biege-Beanspruchung hervorgerufen werden. So sieht man, dass die Gebirgskette gerade in den schärferen Bogen am meisten zerstückelt ist und von ihren Bauelementen die ältesten, auch stratigraphisch tiefsten Gesteine hier an der Oberfläche erscheinen. Eine solche Strecke wird besonders charakteristisch durch den Bogen repräsentiert, mit dem die Apenninen auf Sizilien hinüberziehen. In den hinter dem Sango-Tal beginnenden Süd-Apenninen ändert sich sehr wesentlich das bis hierher ziemlich ruhige Bild des Gebirges. Es wird von mächtigen Brüchen durchquert, die in ihm breite Tore eröffnen. Unter den tertiären Schichten treten immer wieder mesozoische ja sogar paläozoische Bildungen auf. In Kalabrien besteht das Gebirge nur noch aus Urgesteinen. Am Aufbau der in einzelne Kerngebirge zerbrochenen Gebirgskette nehmen hauptsächlich kristalline Schiefer, Granite, Porphyre usw. teil. Dieser Gebirgszug der kristallinen Gesteine ist auch im östlichen Teil Siziliens noch vorhanden, um weiter nach Westen, hinter dem Bogen, jüngeren Gesteinen Platz zu machen. Kalabrien und Sizilien werden voneinander durch die nach aussen zu sich trompetenförmig ausbreitenden Meerenge von Messina getrennt. Sie ist eine Grabensenke und eine Folge der infolge der Biegung in Streichrichtung auftretenden Zugkräfte. An der inneren Seite des Bogens liegen die vulkanischen Inseln in regelmässigen, sich senk-

recht durchquerenden Reihen. Sie liegen, dem Wesen nach, bereits im Bereiche des Kratogenes und demzufolge entlang solcher Strukturlinien, die dem Kratogen entsprechen, wie ich darüber in meiner im Jahre 1943 erschienenen Studie „Technisch-geologische Probleme“ bereits berichtet habe. Von Sizilien geht der orogene Ast mit einer nördlichen Biegung nach fremden Boden, nach Tunis, hinüber und tritt dort auf dem afrikanischen Kontinent über, wo er sich unter dem Namen Atlas fortsetzt. Der gebogene Teil des Kettengebirges, wie wir schon in vielen Fällen gesehen haben, ist infolge der Biegung zerstückelt und in der Tiefe versunken, um der Sizilischen Meerenge Platz zu machen.

Der Atlas bildet am nördlichen Ufer Afrikas eine 2000 km lange Gebirgskette und läuft dementsprechend in einem leichten Sinusbogen ab. Auffallendere Querstörungen sind in ihr keine vorhanden. Sie wird nur an zwei Stellen von Flüssen durchquert, und zwar bei Algir vom Chelif-Fluss und an der Ostgrenze des Kleinen Atlas vom Mouluya, dem Grenzfluss von Spanisch-Marokko. Beide Stellen liegen in den Maxima des Bogens. Das Gebirge wird für uns erst dort interessanter, wo der Kleine Atlas sich mit einem scharfen Bogen nach Norden biegt, um, über den El Rif mit der betischen Kordillere, die mit dem Atlas beinahe parallel verläuft, eine Verbindung herzustellen. In der Symmetrieachse dieses vollkommenen Halbkreisbogens treten — und zwar nicht als ein glücklicher Zufall, wie dies von *Cholnoky* angenommen wurde, sondern wie wir gesehen haben, zwangsmässig, mit einer Gesetzmässigkeit ohne Ausnahme — die Brüche und Risse auf, entlang deren das Gebirge zerstückelt wurde und teilweise versank und die auf diese Weise zur Entstehung der von Gesichtspunkte des Verkehrs aus so bedeutenden Gibraltarer Meereseenge geführt haben. Die Form dieser Meereseenge — besonders mit ihrer nach aussen, dem Atlantischen Ozean zu gerichteten, also in der Zugzone liegenden trichterförmigen Erweiterung — weist selbst auf eine Biege-Beanspruchung hin.

Die betische Kordillere schliesst sich dann über die Balearen, in einer noch nicht ganz geklärten Weise — nach *Kobers* Auffassung vielleicht über die Montes Universales — an die Pyrenäen an.

Das etwa 400 km lange, auffallend geradlinige Kettengebirge der Pyrenäen wurde durch keine Biege-Beanspruchung deformiert. Deshalb durchquert es kein einziges Tal, kein Fluss, ja sogar kein leichter gangbarer Pass führt darüber. Seine regelmässige Felswand läuft überall mit einem hohen Grat ab, sodass auch die Eisenbahnstrecken das Gebirge an beiden Seiten umgehen müssen.

Es ist also offenbar, dass dieser einsame Riese der Gebirge seine unzerbrochene und geschlossene Einheit in erster Linie dem Umstand verdankt, dass hier keine Biege-Beanspruchung (und natürlich auch keine rupturrell deformierende z. B. Zug- oder Scher-Beanspruchung) stattfand und nicht dem Umstand, dass hier die rückschreitende Erosion fehlt, woran *Cholnoky* gedacht hat.

Die Gebirgskette der Pyrenäen schliesst sich den bereits besprochenen Alpen mit einem 80^o-igen scharfen Bogen an. Deshalb ist dieser Bogen aber auch eingerissen. An seiner Stelle liegt heutzutage die Bucht von Lyon, mit nach aussen, dem Mittelmeer zu, radial divergierenden Uferlinien.

Auf Grund des oben gesagten ist es nun leicht zu verstehen, warum die Kettenglieder, die die einzelnen Gebirge des alpinen Orogens verbinden, fast immer fehlen. Einfach darum, weil sie in scharfen Bogen liegen, also dort, wo sie infolge der Biege-Beanspruchung zerbrochen, zerrissen, zerstückelt sind und so meistens auch in die Tiefe sinken konnten. Die Vorstellung *Kobers* über die Gliederung bezw. den Zusammenhang des alpinen Orogens ist also auch vom geomechanischen Gesichtspunkte aus richtig (s. Abb. 1.).

Es wäre allerdings eine verlockende Aufgabe, das alpine Orogen auch weiter zu verfolgen, z. B. nach dem Inneren Asiens, wo, wie wir wissen, das an beiden Seiten des Himalajas um 90^o nach Süden gebogene Kettengebirge im Westen vom Indus und seinen Nebenflüssen und im Osten vom Brahmaputra durchquert wird, sodann weiter, entlang des Ostufers des asiatischen Kontinents und der diesem folgenden Inselbogen, oder aber über die in grossen Bogen liegenden Inselwelt Hinterindiens und Ozeaniens; allenfalls über die lange Strecken hindurch gerade ablaufende westliche Uferlinie Nord- und Südamerikas sowie über Mittelamerika und die Westindische Inselwelt.

Der beschränkte Raum ermöglicht mir aber nicht dieser Verlockung zu folgen. Es ist aber vielleicht auch nicht von Bedeutung. Allein die Aufzählung dieser Linien macht es für jeden, der die Erdkarte einigermaßen kennt, offenbar, dass die nachgewiesene Gesetzmässigkeit überall zur Geltung kommt. Infolge der Biege-Beanspruchung sind die gebogenen Gebirgszüge zerstückelt, von Pässen durchquert, von Brüchen, Flüssen, Schluchten durchbrochen, eventuell sind hier auch Vulkane vorhanden, während die geraden Strecken, die die Spuren von Biegung nicht aufweisen, von Querdeformationen frei sind und meistens fast völlig unbegangbare Gebirgsketten bilden.

In Verbindung mit meinen früheren Studien hoffe ich mit den oben ausgeführten Gedanken bewiesen zu haben, dass nicht nur die Tektonik der starren Massen und Tafeln, der sog. Kratogene, sondern auch die ganz abweichende Struktur der Orogene, der Zone gefalteten Kettengebirge von einfachen, leicht verständlichen aber strengen mechanischen Gesetzmässigkeiten beherrscht wird. Damit wird es klar, dass die charakteristischsten und markantesten Züge im Antlitz der Erde durch auf einheitliche Kraftwirkung zurückzuführende geomechanische Ursachen und Gesetzmässigkeiten zustande gebracht wurden.

К СИНТЕЗИСУ ЦЕПНЫХ ГОР ВООБЩЕ И КАРПАТСКИХ ГОР В ЧАСТНОСТИ

В порядке изучения структуры окоченелых жестких глыб и плоскостей, так называемых кратогенов, автор в нескольких своих работах доказывает, что если эти силы на образование гор действуют диагональным давлением, тогда орогенные силы характеризуются отвесным тектоническим направлением.

По мнению автора, геосинклинальные каналы медитеранских цепных гор (смятые горы) образовались вдоль таких горных структур, какие создавались очень давно, но хотя бы с варискозовского времени горного образования. По сути они создавались вследствие усилия волочения или давления юго-северного направления.

Из этих морских глубин, являющимся сборниками осадков (синклинали) отложения века медитеран смялись в силу горообразования (горсжимающий дождь) юго-северного направления.

Как пласты заполняющие геосинклинала так и самого геосинклинала, силы горообразования смяли и сжали на более узком пространстве.

В соответствии оказываемому местному сопротивлению старых массивов (горных масс) местами выгибающие, местами волочения или работающим на срез образующим силам горообразования, медитеранские отложения вынудили к тому, чтобы принять существующее в настоящее время положение.

Автор подробно приводит способы механического действия в Карпатах и в Альпах, на медитеранских цепных горах и на других членах Альпийской (ороген) горной структуры.

Он на основании механических действий сил доказывает теоретически ожидаемые и изысканиями на деле подтверждаемую аналогичность геологических деформаций.

Как автор доказывает, в горах века медитерана (ороген) горные породы, перевалы, морские проливы являются законными последствиями механической работы. Так само петрографическое, стратиграфическое и тектоническое построение цепных гор является ясно доказанным последствием действия этих сил.

Возвращаясь к прежним своим работам, автор считает изложенным в книге доказанным, что не только в кратогенных но и в орогенных структурах гор доминируют простые, легко доказываемые, но очень строгие механические законности.

И этим считает доказанным что самые характерные и типичные черты земной поверхности создались в силу таких геомеханических причин, действий одной или той же силы и законности.

La synthèse de la structure des Carpathes et des chaînes de montagnes en général.

Étudiant la structure des massifs rigides de l'écorce terrestre — dits cratogènes — l'auteur a en plusieurs travaux démontré que les failles de ces cratogènes s'effectuent diagonalement par rapport au sens de la pression, tandis que les failles des orogènes sont caractérisées plutôt par des lignes tectoniques parallèles à la direction des couches, c'est à dire rectangulaires par rapport à la force tectonique.

D'après l'interprétation de l'auteur les canaux géosynclinaux des chaînes méditerranéennes furent formés suivantes les structures tectoniques anciennes, du moins aux temps varisques, du à des forces poussants respectivement tirantes de direction Sud-Nord.

De ces auges maritimes — réservoirs de sédiments — fut plié l'orogène alpin par la pression de la force pliante méridionale, agissant en sens septentrional. Les géosynclinaux et ses couches plastiques furent comprimés sur une étendue reserrée. La résistance locale des massifs anciens a guidé la direction des forces orogéniques en tirent ou bien déterminent la forme actuelle des faisceaux de plis.

L'auteur démontre en détail les caractéristiques des influences mécaniques agissantes sur les Carpathes, les Alpes, les chaînes méditerranéennes et sur les autres membres de l'orogène alpin et constate l'identité entre les déformations produits par l'expérience et celle nées par voie naturelle. Selon l'auteur la structure pétrographique, stratigraphique et tectonique des cols et des gorges des détroits maritimes et même des chaînes de montagnes dans le cadre de l'orogène méditerranéenne doit être conforme aux lois de ces influences mécaniques.

En se rapportent à ses travaux précédents l'auteur espère d'avoir démontré en son étude que les structures, des cratogènes et des orogènes seraient soumises à des lois mécaniques simples, exacts et faciles à suivre. En conséquence les traits caractéristiques et marquants de la face terrestre dépendent des effets et des lois géomécaniques dirigentes des forces élémentaires.

Synthesis of the Carpathians and generally of the tectonics of chain-mountains.

In the course of study of the rigid blocks and tables, the so called Cratogenes, author showed in several papers that these break diagonally to the pression. Lines parallel with the strikes, i. e. orthogonal directions to the pression, are on the other hand characteristic for the Orogenes.

In his interpretation the geosynclinal channels of Mediterranean chain-mountains developed since the Variscian age effected by S—N pression or draw following old tectonic forms.

From these sedimentation-troughs the Mediterranean Orogene was folded up by the S—N pression of the mountain-forming force, which first compressed the geosyncline and its plastic rocks, then it compelled the stiffening bundles of folds to form their present shape by means of bending, tensile, shearing stresses — accordingly to the local resistances which were presented by the old massives.

Author demonstrates the qualities of mechanic stresses on the Carpathians, the Alps, the Mediterranean chain-mountains, and at last on the other members of the Alpic Orogene, and relying on these facts, the identity of theoretically expected and actually observed geological deformation and the shapes taken.

In the author's opinion the petrographic, stratigraphic, and tectonic structure of the defiles and passes of mountains, of the straits, and even of the chain-mountains in the Mediterranean Orogenes are explained as a result of fraction, and evidently are the fonction of mechanical stresses.

Joining to his former publications author believes to have demonstrated that the tectonics of the Cratogenes as well as those of the Orogenes, are ruled by simple, easily deducible, and exact mechanic laws. Consequently the most characteristic and profound traits of the earth's face effected by geomechanical principles which control uniform forces.

TARTALOMJEGYZÉK—CONTENTS

	Oldal Page Seite
1. <i>Dr Szalai Tibor</i> : Az Északkeleti Kárpátok geológiája	3
<i>T. Szalai</i> : Geology of the Northeastern Carpathians	37
2. <i>Dr Schmidt Eligius Róbert</i> : A Kárpátok és általában a lánc hegységek szerkezetének geomechanikai szintézise	69
<i>E. R. Schmidt</i> : Zur Synthese der Tektonik der Karpaten und der Kettenbirge im allgemeinen	97
<i>E. R. Schmidt</i> : К синтезу цепных гор вообще и Карпатских гор в частности	121
<i>E. R. Schmidt</i> : La synthèse de la structure des Carpates et des chaînes de montagnes en général	122
<i>E. R. Schmidt</i> : Synthesis of the Carpathians and generally of the tectonics of chain-mountains	123

**AZ ÉSZAKKELETI KÁRPÁTOK UNG VOLGYTÓL K-RE ESŐ SZAKASZÁNAK,
VALAMINT A FELSŐ-TISZAI MIOCÉN MEDENCE
FOLDTANI TÉRKÉPE**

Földtanlag újra felvettve 1939-1943 években: Horvitzky F., Kulházy Gy., Papp F., Scherl E., Szédeczky-Kardoss E., Szalai T., Szabényi L., Szentés F. és Wein Gy.

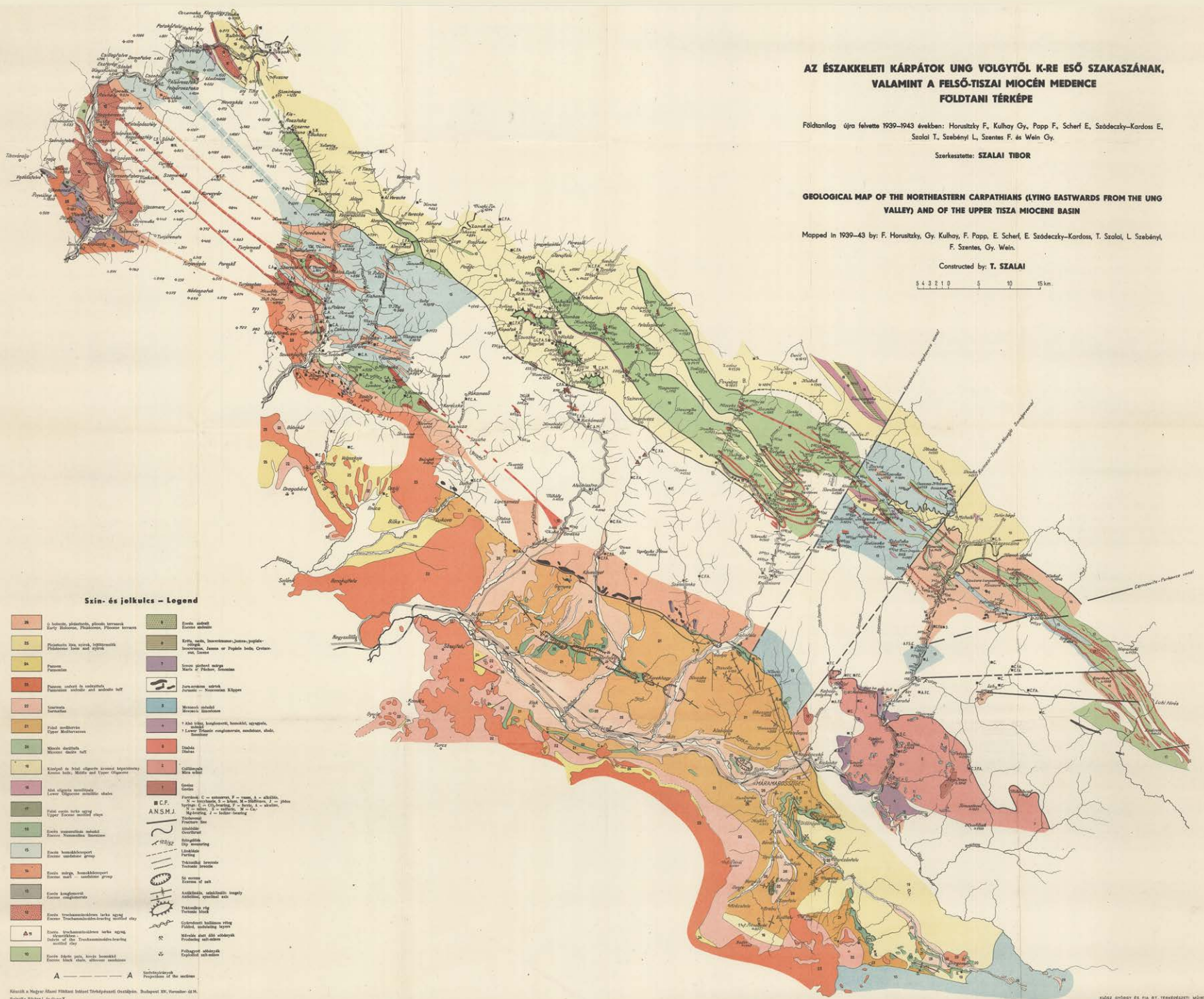
Szerkesztette: SZALAI TIBOR

GEOLOGICAL MAP OF THE NORTHEASTERN CARPATHIANS (LYING EASTWARDS FROM THE UNG VALLEY) AND OF THE UPPER TISZA MIOCENE BASIN

Mapped in 1939-43 by: F. Horvitzky, Gy. Kulházy, F. Papp, E. Scherl, E. Szédeczky-Kardoss, T. Szalai, L. Szabényi, F. Szentés, Gy. Wein.

Constructed by: T. SZALAI

0 4 8 12 16 km



Szín- és jelkulcs - Legend

- | | | | |
|----|--|---|---------------|
| 28 | 0. kőzetek, időrendjük bizonytalan | 3 | Erdős terület |
| 27 | Early Miocene, Pliocene, Pannonic terraces | 2 | Erdős terület |
| 26 | Pliocén, Pliocén, Pannonic terraces | 1 | Erdős terület |
| 25 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 24 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 23 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 22 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 21 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 20 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 19 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 18 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 17 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 16 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 15 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 14 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 13 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 12 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 11 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 10 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 9 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 8 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 7 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 6 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 5 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 4 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 3 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 2 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 1 | Pannonic | 0 | Erdős terület |
| 0 | Pannonic | 0 | Erdős terület |

Mészáros György által felvett térkép alapján. Budapest, 20. November 1943. Rajzolta: Szalai Tibor és Wein Gy.