© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien
63. Band, 1970

S. 1—21

Angaben zur Kenntnis der Tiefenstruktur des Pannonischen Beckens

Von **L. Bendefy** *)

Mit 9 Abbildungen

Summary

The knowledge of the crustal structure has been considerably promoted by the researches of the latest 10—15 years. So it became possible by the geological disclosures lead in the Pannonian Basin, the complex geophysical and geokinetical investigations aswell to give the main features of the deep-structure system of the Basin and its coherence with the trend of the petroleum and natural gas occurences in Hungary and Yugoslavie.

The frame of this synthese is served by the curious shaped izoseizmal curves of the 8. 4. 1893 catastrophal earthquake at Jagodina. Investigating the causes of the individual seizmological phenomenon the author gives informations on more newly discovered deep-structure formations. Among the formations treated are the hungarian, czechoslovakian and german section of the archaeo-european coat-crest, the deep-structure evolving the Drava-plain and the Moho-conditions of the Hungarian Basin which is shown on a Moho cart calculated first in the world by computer. Finally it is proved by the author that the results gained by K. Kántás from gravity-, by E. Bisztricsány from seizmological-, and A. Ádám from telluro-frequency sounding measurements are in the closest harmony with the statements relating the archaeo-european coat-crest. This deep-structure formation of ancient origine is governing the movements which take place in the depth of the Basin up to our days and so it is one of the main determinators of origine and migration of petroleum and natural gas beds.

In den letzten Jahren führten die Untersuchungen der Tiefenstruktur des Pannonischen Beckens zu überraschenden Resultaten. Nachfolgend werden diese kurz zusammengefaßt. Die zu behandelnden Themen beziehen sich größtenteils nicht auf das epidermale Niveau der Erdkruste, das ja den Geologen gut bekannt und durch Bohrungen erreichbar ist, sondern ich werde mich bemühen, vielmehr die Massenverteilungsverhältnisse der tieferen Stockwerksstrukturen, d. h. des Meso- und Bathy-Dermas (van Bemmelen, 1966), und durch diese die Tiefenstrukturzusammenhänge der alpin-karpathischen und dinarischen Gebirgssysteme zu beleuchten.

Am 8. April 1893 ereignete sich in Serbien, im Morava-Tal, in der Umgebung von Jagodina ein katastrophales Erdbeben, welches seinen

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Geol., Dr. Ing. L. Bendefy, Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Rákóczi út 41, Budapest VIII, Ungarn.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Herd in 120 km Tiefe hatte (Schafarzik, 1893; Réthly 1952). Seine Wirkung erstreckte sich in E—W-Richtung nicht auf große Entfernungen; in der N—S-Richtung war es aber umso besser in beträchtlicher Weite spürbar (Abb. 1). Die Isoseiste, die das Gebiet des Bebens begrenzt, umgibt die Große und Kleine Ungarische Tiefebene, berührt Wien und das Salzbecken von Nagymihály (Mihalovce), nach NNE hin Szatmárnémeti (Satu Mare) und Nagybánya (Baia-Mare), nach NW hin Pécs und Slovenski Brod, nach NE hin die Gebiete jenseits des Oberlaufes der Maros, den Fuß der Görgényer Schneeberge — Borszék, weiter unten Brassov und

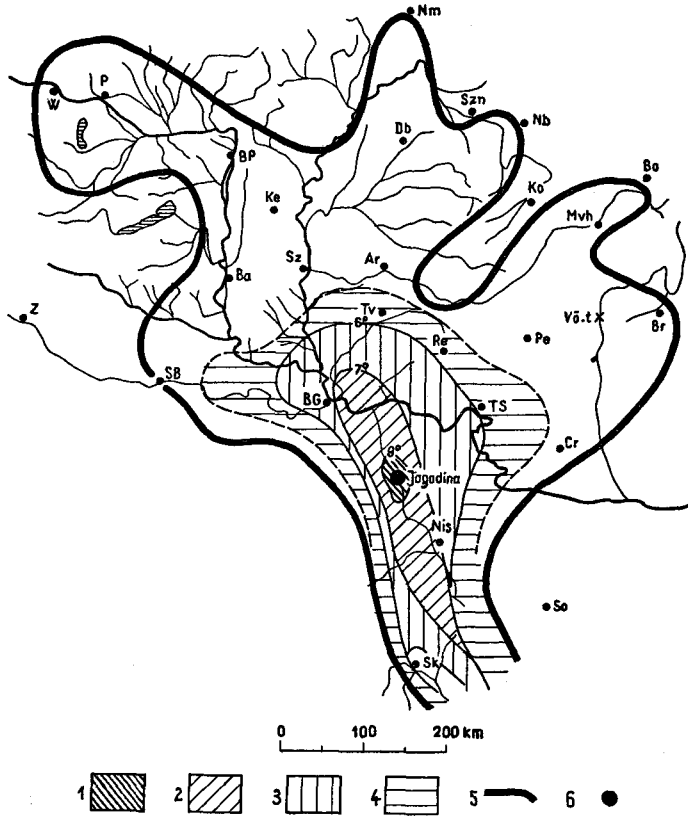

Abb. 1. Isoseisten des Erdbebens von Jagodina am 8. April 1893. = 1. Katastrophal —, 2. sehr stark —, 3. stark erschüttertes Gebiet; 4. Grenze der hörbaren unterirdischen Tonerscheinungen; 5. Grenze der noch gut merkbaren Beben; 6. Das Epizentrum. (Nach den Angaben von F. Schafarzik und A. Réthly skizziert von L. Bendefy 1971.) Städte: Ar = Arad; Ba = Baja; Be = Ó-Becse; BG = Beograd; Bo = Borszék; BP = Budapest; Br = Brassó; Bu = Buzsák; Cr = Craiova; Db = Debrecen; Ke = Kecskemét; Ko = Kolozsvár (Klausenburg); Mcs = Mezőcsokonya; Mvh = Marosvásárhely; Nb = Nagybánya; Nm = Nagymihályi; P = Pozsony (Preßburg); Pe = Petrozsény; Re = Resica; SB = Slavonski Brod; Sk = Skoplje; So = Sofia; Sz = Szeged; Szn = Szatmárnémeti; TS = Turnu Severin; Tv = Temesvár; Vöt = Vöröstorony(Roter Turm)-Paß; W = Wien; Z = Zagreb.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

die Umgebung von Craiova; das Beben verursachte nach S hin große Schäden auch in der Umgebung von Niš und Skoplje. Dagegen blieben Faltungen herzynischen bzw. erzgebirgischen Streichens vom Beben verschont. Eine komplexe Untersuchung dieser merkwürdigen Erscheinung führte zur Erkennung von bisher unbekannten Tiefenstrukturelementen.

Es ist nicht schwer festzustellen, daß das Hypozentrum in der Achse des durch Bončev (1965) definierten, von Thessaloniki in Richtung Pančevo in Form eines schmalen Streifens ziehenden Serbo-Mazedonischen Massivs zu liegen kam. Dieses Massiv wird vom Osten durch die Kraištiden, vom Westen her durch die Vardariden begleitet. Dieses dreiteilige Struktursystem ähnelt den Strukturformen, die sich in den ozeanischen Tiefen, am Kontakte mit den kontinentalen Platten herausbildeten (Berthois 1970). In der Achsenlinie der ozeanischen Schwellen, am Kontakte der Platten entstanden diefe Gräben; senkrecht zu diesen bildeten sich mit tertiären Vulkanismus begleitete, durch Sog hervorgerufene Spalten. Die Spuren eines ähnlichen Strukturaufbaus zeigen sich auch in der schmalen Zone, die sich von Svalbard nach Aden hinzieht, und inmitten dieser Zone im Pannonischen Becken. Diese Zone kann vom Ägäischen Meer bis Beograd auch an der Oberfläche beobachtet und verfolgt werden (Bončev 1965). Bei Beograd aber geht sie in die Tiefe. Die seismotellurischen Tiefensondierungen, die detaillierten Gravitationsaufnahmen, die durch Tiefbohrungen aufgeschlossene Lage der quartären und pannonischen Schichten, weiterhin die geologischen und geomorphologischen Aufnahmen, sowie die Untersuchungen der rezenten Erdkrustenbewegungen ermöglichten die weitere Verfolgung der Zone.

Der archäoeuropäische Mantelkamm

Es wurde festgestellt, daß die genannte Zone, die für uns als ein von Thessaloniki bis Beograd hinziehendes, im höchsten Niveau der Kruste liegendes Massiv erschien, von Beograd bis zum Archeo-Skandischen Massiv in den bathy- und meso-dermalen Stockwerken der Kruste — als ein Zeuge der urältesten Erdgeschichtszeiten — aufgefunden werden kann. Wir wollen diesen tiefenstrukturellen Bergzug als „archäoeuropäischen Mantelkamm" bezeichnen.

Diese Benennung wird wie folgt begründet: Schon Closs (1925, 1959) und Stille (1950) hatten erwiesen, daß vom archeo-skandischen Raum die grönländisch-norwegischen Nord-Meere hindurch bis zu den deutschen Küsten eine seismisch recht unruhige Zone hinzieht, die dann die Elbelinie entlang bis zum Tschechischen Massiv zu verfolgen ist. Bončev (1965) stellte im Balkanraum eine ähnlich aufgebaute, aber an der Oberfläche liegende Struktur fest. Auf Grund der Gravitationsaufnahmen konnte Scheffer (1957) nachweisen, daß die Moho-Fläche im Pannonischen Bekken etwa 10 km höher zu liegen kommt, als es ihrer durchschnittlichen Höhenlage entsprechen würde. Dieser Umstand hängt damit zusammen, daß die Masse des oberen Mantels, die vom tschechischen Massiv, dem

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

podolischen und russischen Massiv umfaßt wird, vor dem auf sie ausgeübten Seitendruck nicht ausweichen kann, vielmehr muß sie sich in die Höhe bewegen. Die Größe der Bewegung konnte zu Beginn vielleicht nur Hundertstel-, später Zehntelmillimeter ausmachen; seit dem Pliozän aber beträgt sie — nach den Untersuchungen von STEGENA (1967) und BENDEFY (1968) 1,0 mm Hebung pro Jahr. Die Untersuchungen der Niveauveränderungen mit Hilfe der regionalen geokinetischen Karten beweisen, daß dieser Vorgang auch heute noch anhält.

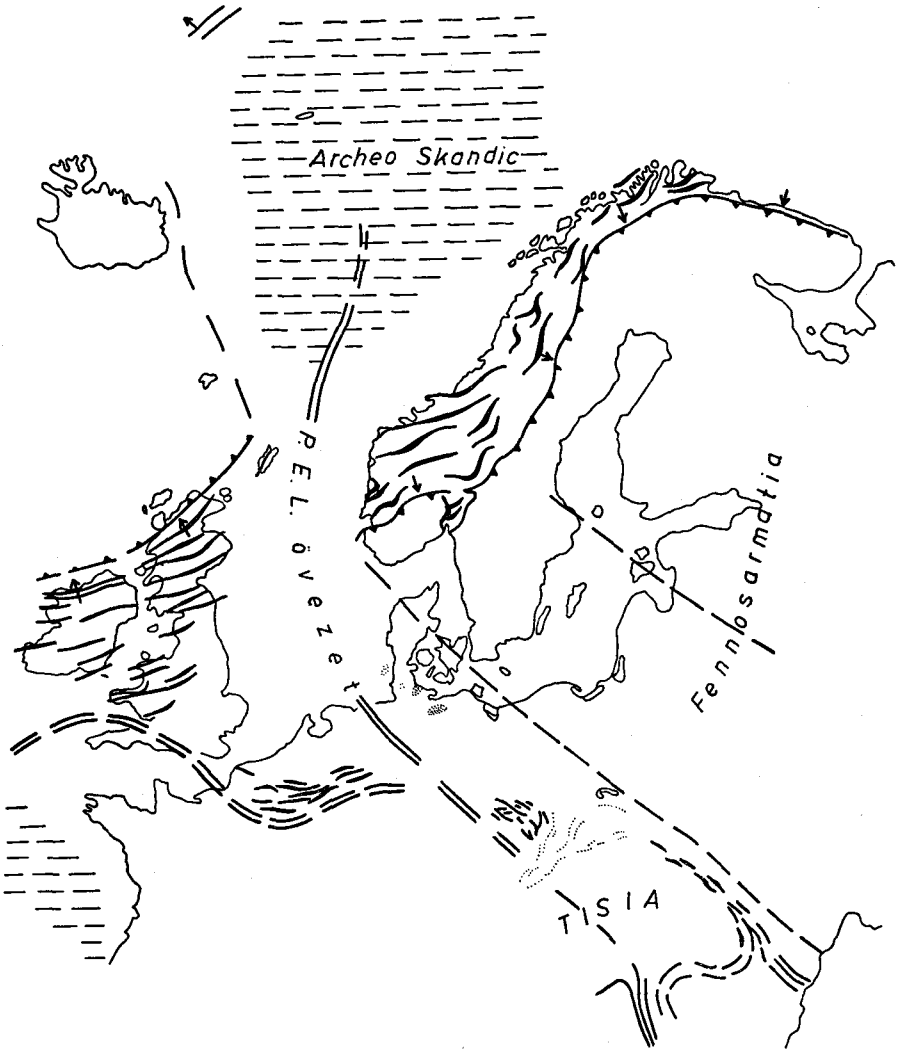

Abb. 2. Der paläoeuropäische Mantelkamm-Zug (nach den Daten von Closs, Stille und Bončev vereinheitlicht und ergänzt von L. Bendefy, 1970).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Unter den ebenen Flächen des Pannonischen Beckens befindet sich also eine Mantelaufwölbung (SZÁDECZKY-KARDOSS, 1968), die zwangsläufig zu einer Verjüngung des Epidermas und zur langsamen allmählichen Senkung des Pannonischen Beckens führte (STEGENA, 1967).

Die Senkung des Beckens war aber kein einfacher und einheitlicher Vorgang. Der Umfang der Senkung ist von der Hebung der Aufwölbung abhängig. Aber das Fundament des Pannonischen Beckens wurde immer sehr uneinheitlich gehoben. Der Mantelkamm selbst, welcher sich im Donau-Theiss-Zwischenstromland hinzieht (Abb. 2), senkte sich im Süden, in der Umgebung von Algyő und Hódmezővásárhely stark und die Senkungstendenz hält bis zur Umgebung von Kecskemét an. In der Nähe von Budapest erhebt sich der Kamm fast bis zur Oberfläche, um bei Esztergom wieder in die Tiefe zu sinken; er vertieft sich allmählich, wenn wir uns den Kleinen Karpathen nähern. Das alles kann am Profil von M. PÉCSI (1967) verfolgt werden.

Die Randteile östlich von diesem Rücken heben sich regional beinahe überall; die Kruste ist hier dünner, das Becken tiefer. Das Gebiet westlich des Rückens dagegen senkt sich im allgemeinen regional. Die Kruste ist hier dicker, das Becken im allgemeinen seichter als im Gebiet jenseits der Theiss. Bei der Bewertung der regionalen Hebung des Gebietes jenseits der Theiss müssen wir beachten, daß die Kompaktion in der Tiefebene auf etwa 1 mm pro Jahr geschätzt werden kann. D. h., daß z. B. eine Niveauänderung der Oberfläche, die + 10 cm pro 100 Jahre beträgt, am Beckengrund etwa einer Hebung von 10 + 10 = 20 mm entspricht. In Zusammenhang mit der rezenten Senkung des Raumes jenseits der Donau lohnt es sich aber zu bemerken, daß dieser Teil der Kruste mit der Masse der Mittelgebirge jenseits der Donau überladen ist; seine Senkung ist daher isostatischen Charakters; die Möglichkeit tektonischer Bewegungen ist aber selbstverständlich nicht auszuschließen. Im Gegenteil, die kräftigsten rezenten tektonischen Bewegungen sind gerade im Bakony und in der Balaton-Hochfläche im Gange (Bruch von Litér und Überschuppung, dreifache Schuppung von Bük usw.). SZENTES (1958) und WEIN (1971) teilten mit, daß Spuren von Überschuppungen auch im Budaer-Gebirge aufzufinden seien.

Eine über Mutmaßungen hinausgehende, mit Karten belegte Übersichts-Darstellung der Existenz dieser eigenartigen Struktur des Mantelkammes wurde von HEISKANEN gegeben (1962). Die geophysikalische Daten liefernden Satelliten gaben solche Werte über die Verteilung der Gravitation auf der Erde, die nicht mit dem aus den erdoberflächlichen Messungen abgeleiteten Anomalienbild übereinstimmten.

Der Ungarn berührende Teil der Heiskanen-Karte — so wie die ganze Karte — spiegelt die Massenverteilung des oberen Mantels wieder. Gleichzeitig zeigen die Isanomalienkurven der zu den Werten der Bouguer-Anomalien des Gravitations-Grundnetzes ersten und zweiten Ranges nach

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

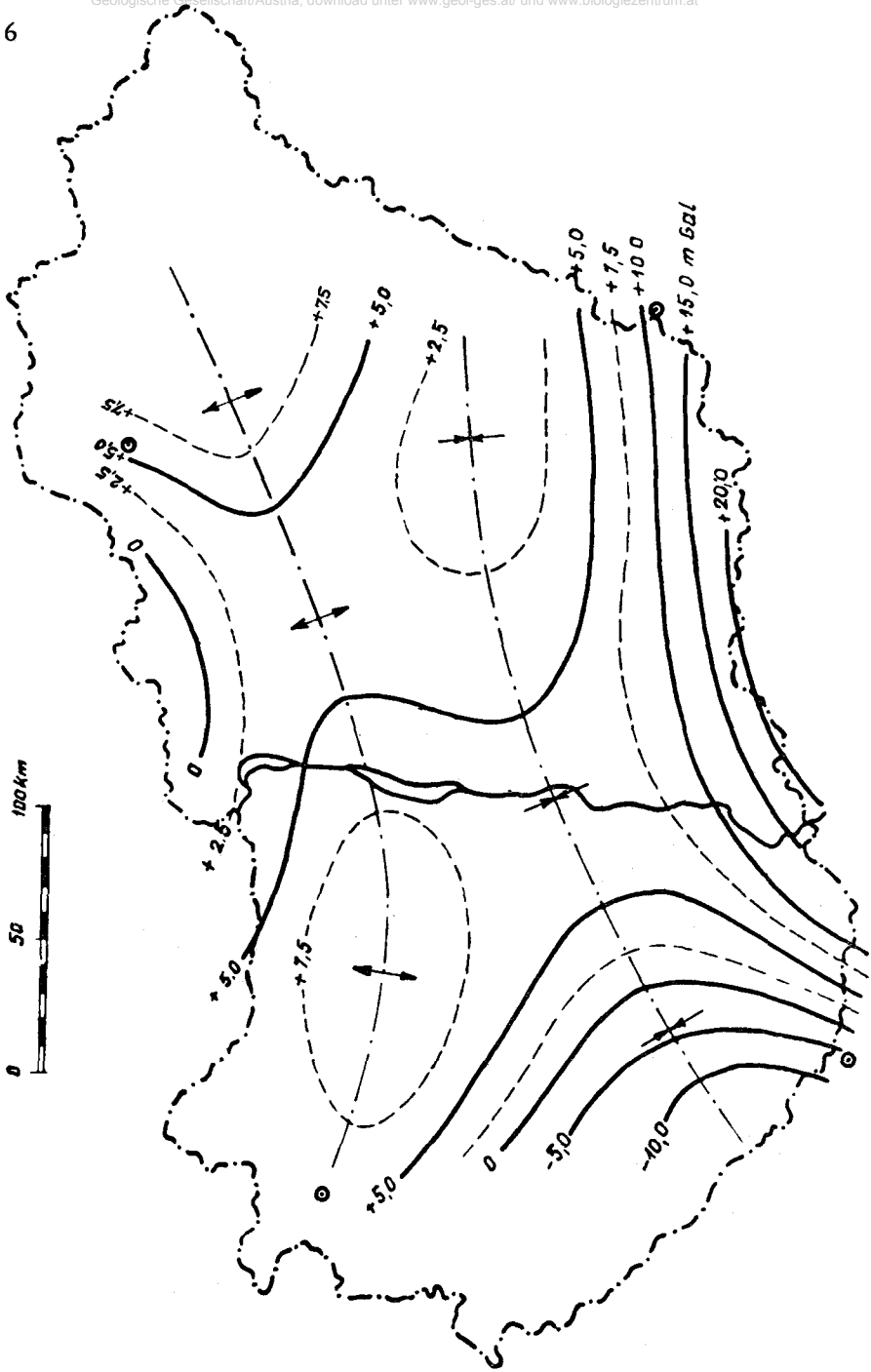

Abb. 3. Die für diejenige Fläche dritten Grades charakteristischen Isoanomalien, die sich den Bouguer-Anomalien des gravitationellen Grundnetzes ersten und zweiten Ranges am besten anschmiegt (K. Kántás, 1965).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

dem von K. KANTAS angegebenen Verfahren angepaßten Fläche dritter Ordnung (Abb. 3) schon ein besser differenziertes Bild (BENDEFY, 1968).

Es scheint so, daß in den obersten Lamellen der Erdkruste, deren Mächtigkeitsverhältnisse für das Pannonische Becken von BISZTRICSÁNY (1970) festgestellt wurden, eine langsame Drehung gegen die Masse des inneren Mantels stattfindet. Dieser Vorgang wird sehr gut durch die in den regionalen Gravitationsanomalien bemerkbaren Änderungen repräsentiert (Abb. 4 u. 5). Davon sind besonders jene bemerkenswert, in welchen die für die Quartärtektonik bezeichnenden Hauptstrukturlinien erscheinen. Diese Tendenzen der Massenverteilung und Massenströmung zeigen sich schon in den Stockwerken unter der Moho-Schicht.

Die Moho-Karte des Pannonischen Beckens fußt — nach L. STEGENA bearbeitet — auf den Ergebnissen der seismotellurischen Tiefensondierungen. Unter der Leitung von KARATAEW (1969) und SETSCHKOW hat man bei der Rechenzentrale von Novosibirsk die Daten programmiert und ausgewertet, indem man auch die Gravitations-, sowie die magnetischen, geoelektrischen, geothermischen, Krustenbewegungs- und orographischen Verhältnisse, sowie die Tiefe des Beckengrundes berücksichtigte. Die Resultate der in drei verschiedenen Koordinatensystemen ausgeführten Operationen wurden von BENDEFY ausgewertet und in der Form einer Moho-Karte dargestellt (Abb. 6). Diese Karte ist die erste, mit Hilfe einer Computer-Auswertung erstellte Moho-Karte der Welt.

Auf der Karte erscheint der Rückenzug des archäoeuropäischen Mantelkamms von Beograd über Kecskemét, Budapest, nach Érsekujvár (Nové Zamky) mit besonderer Deutlichkeit. In der mittleren Tiefe der Mohoschicht in Ungarn — etwa 25 km betragend— repräsentiert dieser Bergzug mit seinen — 3,3 km bzw. + 3,0 km — Anomalien eine Bergkette in der Tektonosphäre von Himalaja-Charakter. Diese Kette richtet die vom Balkan ankommenden Erdstöße gegen Wien hin. Ihre ungewohnte Mobilität im Gebiete Ungarns hängt damit zusammen, daß der Kamm sich von Pécs angefangen schrittweise hebt. In den äußeren Bezirken der ungarischen Hauptstadt und in ihrer Umgebung ergibt sich eine Aufwölbung, während im Donaubogen die Gräben von Békásmegyer-Pilisszentkereszt, Solymár und der Ördögárok-Graben (Teufelsgraben) die eigenartige, NW—SE-streichende Struktur dieses Gebietes zeigen, die in der hier hochliegenden Lage des archäoeuropäischen Mantelkammes bedingt ist.

Im Raume zwischen Esztergom und dem Kohlenbecken von Dorog geht die Mantelkamm-Zone wieder in die Tiefe: ihre Mobilität ist hier recht groß. Der Donauabschnitt zwischen Esztergom und Tát geht in ein Gebiet starken Sinkens über. Das Maß der Senkung ist hier 15 cm pro 100 Jahre. Das Mosaikboden-Niveau der hier aufgeschlossenen römischen Villen wurde in einer Tiefe von 2,50—2,70 m aufgefunden.

In den Kohlenrevieren von Dorog und Tatabánya sind wegen der hohen Mobilität des Mantelkammes Karstwassereinbrüche sehr häufig. Dabei kann man eine ausgeprägte Periodizität bemerken. Die durch Erdbeben

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

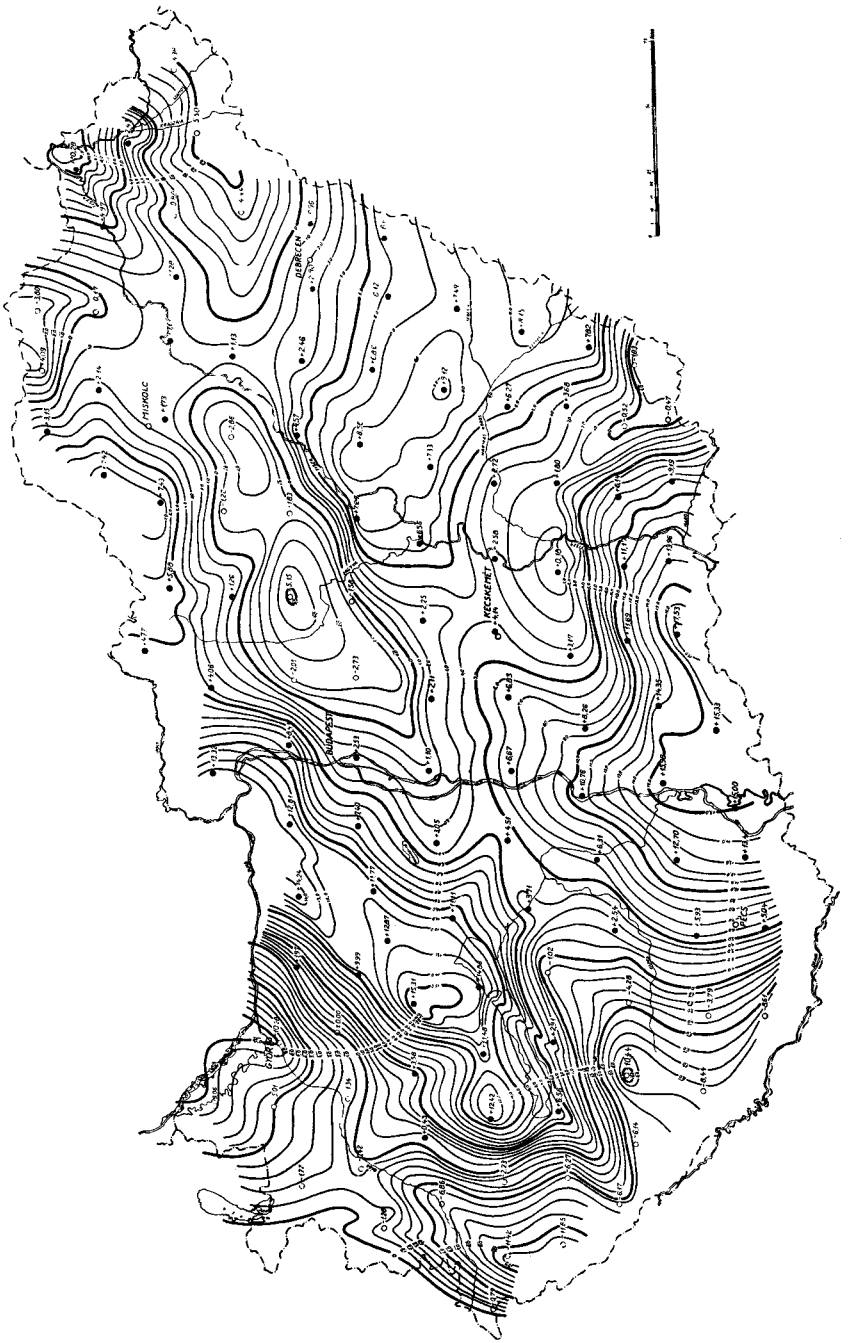

Abb. 4. Regionale Gravitationsanomalien Ungarns nach der ersten Reduktion (L. Bendefy, 1966).

© Österreichische Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

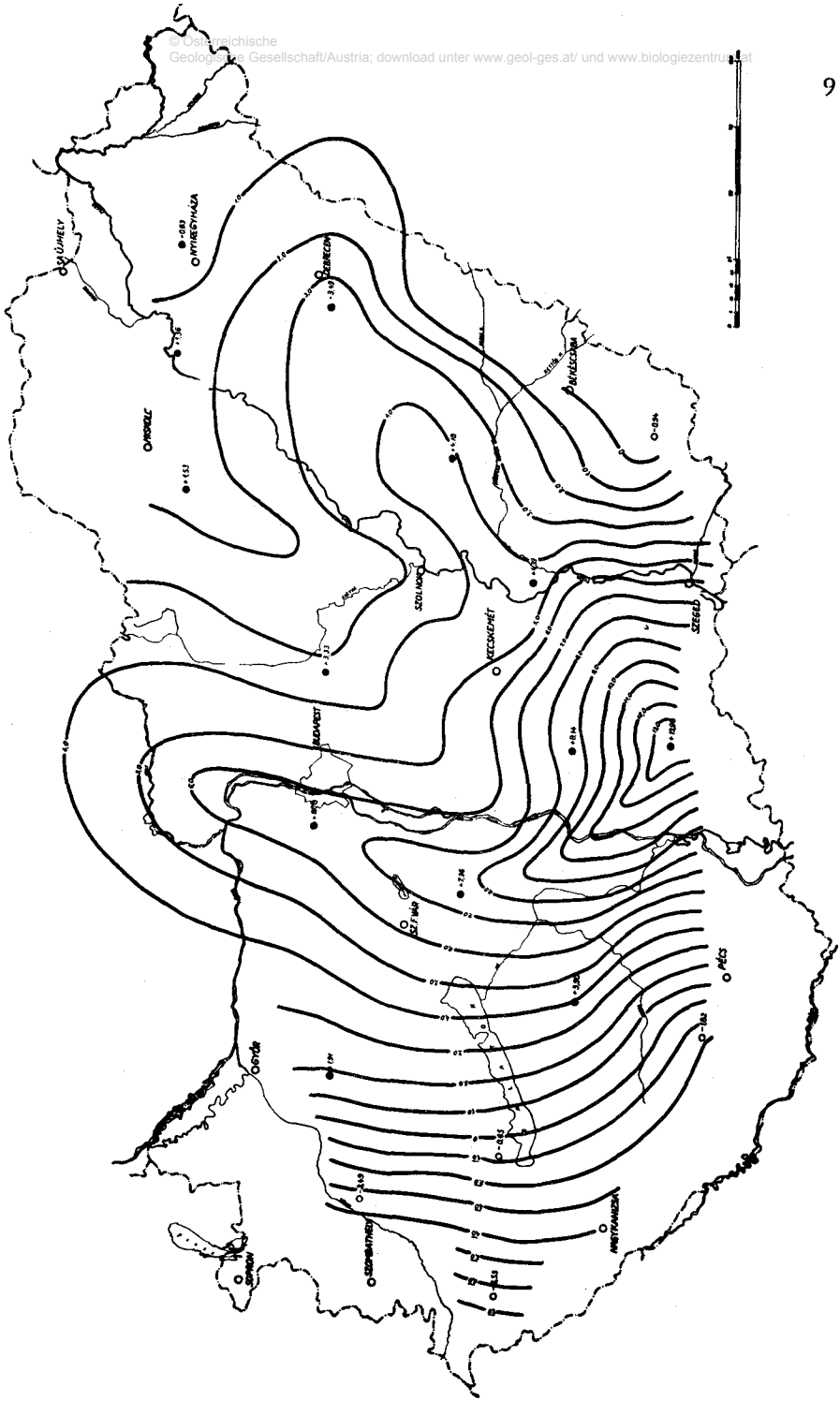

Abb. 5. Regionale Gravitationsanomalien Ungarns nach der dritten Reduktion (L. Bendefy, 1966).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

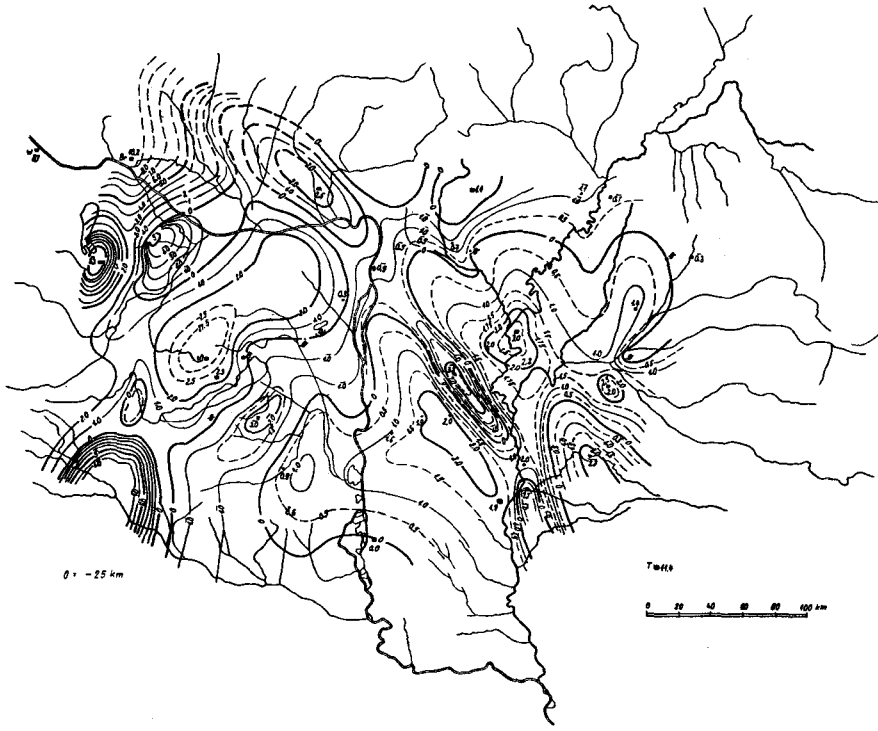

Abb. 6. Moho-Karte von Ungarn, auf Grund der Resultate von Stegena—Karataew—Setschkow konstruiert von L. Bendefy, 1968.

hervorgerufenen, katastrophalen Wassereinbrüche zeigen eine Wiederkehr in 9,2 Jahren, was auf eine Gravitationswirkung hinweist, und zwar in Zusammenhang mit den Gravitationsmaximas, die in Zeitpunkten der Minimalentfernung Erde—Mond auftreten (Bendefy 1970).

Die außerordentliche Mobilität des Mantelkammes ruft in den Deckschichten eine so günstige Entwicklung hervor, daß sich die meisten höffigen Erdöl- und Erdgas-Gebiete in dieser Zone befinden.

Das präkambrische Massiv im Bereiche der Drau

Südlich der sich nach Wien hinziehenden Bebenzone berührt die Grenze einer anderen Bebenzone Pécs und Slavonski Brod. Die Art ihrer Ausbildung kann gleichfalls auf tiefentektonische Ursachen zurückgeführt werden. Die Hauptachse des erschütterten Gebietes liegt in NW—SO-Richtung, d. h. ihre Streichrichtung stimmt mit dem Abschnitt der Drau zwischen Varasdin und Osijek zusammen. Aber die Streichrichtung der Drau wurde durch die gleichfalls NW—SO-Streichrichtung des präkambrischen Massivs bestimmt. Diese ältesten Formationen des Untergrundes des südöstlichen Gebietes jenseits der Donau wurden durch die Erz- und Kohlen-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

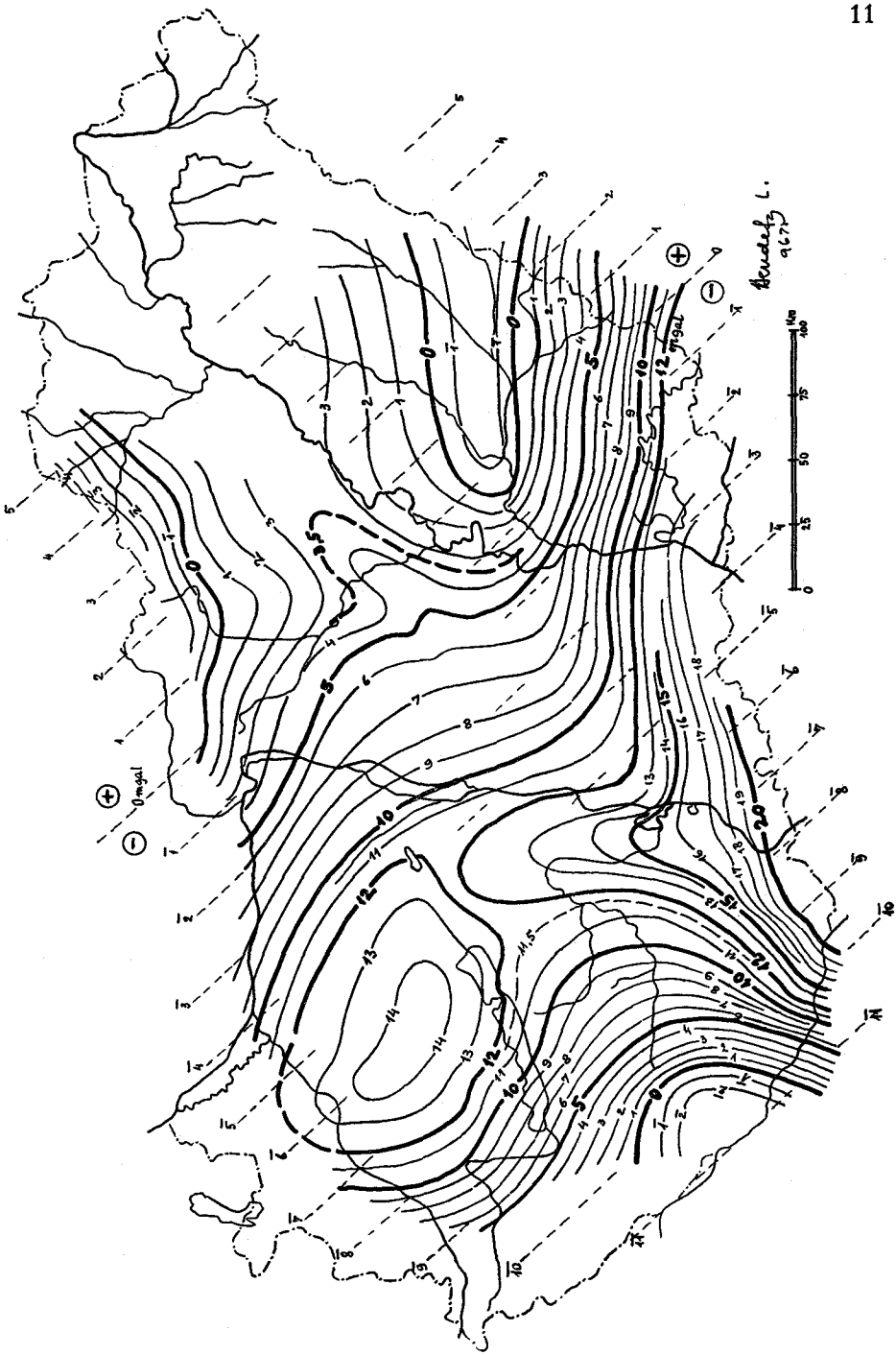

Abb. 7. Residual-Anomalien-Karte; konstruiert auf Grund der Anschmiegungsfläche dritten Grades nach Kantas von L. Bendefy, 1967.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Schürfungsbohrungen der letzten Jahre aufgeschlossen. Diese kata- und mesozonalen Gesteine sind an der Oberfläche nirgends aufzufinden. Über die Anordnung der Tiefenmassen geben teils die Daten der Gravitationskarte von HEISKANEN, teils die Streichrichtung der präkambrischen Serpentinit-Züge Gy. WEIN (1967) Aufschluß. Ähnlich dem früher beschriebenen archäo-europäischen Mantelkamm bildeten sich die Erdöl- und Erdgas-Horizonte des Gebietes jenseits der Donau über dem präkambrischen Massiv entlang der Drau (L. KÖRÖSSY 1968).

Den präkambrischen gebirgsbildenden Phasen folgte die takonische Phase. WEIN (1967) reiht hierher — hypothetisch — jene einheitlich als „Epigneis" bezeichneten Gesteine ein, welche im Migmatitmantel und im Granit selbst als Marmor hervorkommen. Unter den präkambrischen Kristallinserien und der oben erwähnten „Epigneis-Schichtfolge" kann man auch die Formationen der algonkisch-assyntischen Gebirgsbildungsphase annehmen. Wenn das Vorkommen dieser erwiesen wird, wie einige Indikationen es wahrscheinlich machen, dann können auch gewisse Beziehungen zu den Ostalpen angenommen werden. Darauf haben schon R. SCHWINNER (1951), E. KRAUS (1951) und H. FLÜGEL (1964) hingewiesen.

Die variscische gebirgsbildende Periode bildete in der Linie Pécs—Szekszárd den durch oberkarbonischen Granit-Magmatismus charakterisierten kristallinen Bergzug von Morágy aus. Südlich von diesem erstreckt sich die breite mesozoische Zone von Villány bis zur südlichen Landesgrenze; dann folgt der südöstliche kristalline Rücken, welcher auch auf der Karte der Gravitations-Anomalien scharf von den nördlich von ihm liegenden fremden Zonen zu unterscheiden ist.

Das Beben von Jagodina erschütterte den Zug des präkambrischen Massivs bis zu der nördlichen Grenze des Massivs von Morágy. Demgegenüber aber blieben an demselben Massiv viele Teile, wie die mesozoische Synklinale der Mecsek, der kristalline Bergzug von Mágócs, der paläozoische Trog von Igal, die sich entlang die Südküste des Balatons hinziehende paläozoische Zone, sowie die ganze Masse des Bakonywalds und der Balaton-Hochfläche unberührt, ganz bis zu der Linie der Raab. Die Nordostgrenze des unerschütterten Gebietes stimmt mit der SW-Grenze des archäo-europäischen Mantelkamms zusammen.

Die Bebenzone jenseits der Theiss

Die am meisten nach Osten liegende Isoseiste des Bebens von Jagodina reicht in die Richtung einer Achse durch Szeged und Debrecen nordwärts bis zur nördlichen Grenze des Nagymihály-Beckens, bzw. bis Nagybánya. Es kann zweifellos festgestellt werden, daß die nördliche Grenze des erschütterten Gebietes durch die wohlbekannte Großstrukturgrenze der „Szamos-Linie" repräsentiert wird. Die Ausbreitung des Bebens erstreckt sich wohldefinierbar auf den von WEIN (1968) und T. SZALAI (1970) beschriebenen kristallinen Gebirgszug von Kaposfő-Mágócs (Lóczy-Rük-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

ken), und auf die Zonen der Eugeosynklinale von Mecsek-Kiskörös und des kristallinen Gebirgszuges von Morágy-Püspökladány (Tiefebenenschwelle). Dadurch kann als erwiesen betrachtet werden, daß die Tiefebenenschwelle mit dem kristallinen Gebirgszug von Mórágy eine ununterbrochene, zusammenhängende strukturelle Einheit repräsentiert.

Einen interessanten und überzeugenden Beweis bietet dafür die Karte von A. Réthly aus dem Jahre 1937, wo er auf Grund der Lufttemperaturdaten der Jahre 1870—1920 die Mitteltemperaturen der Zeitspanne zwischen dem 1. April und 30. September angibt. Auf dieser Karte sondert sich die Masse der kristallinen Grundgebirge der Tiefebenenschwelle von der kristallinen-halbkristallinen Entwicklung des benachbarten Südungarn ab, ohne daß dabei das Vorhandensein der sich zwischen den beiden befindlichen mesozoischen Zone durch die Temperaturverteilung sichtbar geworden wäre. Daraus können wir folgern, daß die Entwicklung der mesozoischen Schichtenfolge in den südöstlichen Landesteilen — annehmbar erwiesen — schwach sei.

Daß die Grenzen des vom Beben erschütterten Gebietes eine solche Form angenommen haben, kann nicht den geologischen Verhältnissen der Oberfläche zugeschrieben werden, sondern ist eine Folge der in tieferen Niveaus der Tektonosphäre sich einstellenden Massenverteilung und Massenströmungstendenz.

Am Diagramm der regionalen gravimetrischen Bouguer-Anomalien — gewonnen nach der dritten Reduktion — (Abb. 5), biegen die Tiefenmassen, die im Gebiet zwischen Donau und Theiss eine N—S-Streichrichtung befolgten, von der Gegend von Csongrád und Hódmezővásárhely an in eine NE—SW-Achse ein. In der Symmetrie-Achse dieser Massenverteilung — wie dies aus den magnetischen Untersuchungen von Posgay (1963) bekannt ist — steht eine wirkende Masse, die sich in einer ungefähren Tiefe von 5—6 km befindet und von Lakitelek bis in die Umgebung von Debrecen erstreckt.

Nach den Ergebnissen von Tiefbohrungen befindet sich der tertiäre Beckengrund in einer durchschnittlichen Tiefe von 1000 m. In der Nachbarschaft des Gebirgszuges von etwa 20 km Breite treffen wir aber — sowohl vom N, als vom S her — eine Tiefe von 2000—2500 m an. Wir haben also hier, tief unten im Pannonischen Becken mit einer solchen — etwa bis zu 1000—1500 m hinaufragenden — Strukturbildung zu tun, welche — nach der Fassung von K. Szepesházy (1968) — aus altpaläozoischen kristallinen Gesteinen und auf „innerkarpatischen Flysch-Formationen" gebildet wird. Das altpaläozoische kristalline Grundgebirge wurde nur in diesem Gebirgszuge, und zwar bei Rákóczifalva in einer Tiefe um 3000 m, sowie bei Nádudvar in einer Tiefe unter 3000 m, angetroffen. An allen anderen Stellen wurde die Grenzfläche schon um 2000 m durchbohrt. Die Mächtigkeit der Flyschserien schwankt also zwischen 1000 und 2000 m und enthält reiche Erdgashorizonte (Dank 1968, Körössy 1968).

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Der Flysch-Zug biegt bei Lakitelek mit einem N—S-Streichen nach Süden um und kann bis zur unteren Donau oder teils darüber hinaus verfolgt werden (Bendefy, 1965). Dieser Abschnitt der Zone enthält bereits nicht nur Erdgas, sondern auch Erdöl (Szolnok, Törtel, Nagykörös, usw.).

Diese Erscheinung ist nach unseren Ansichten wie folgt zu erklären: Vom Mesozoikum an bildete sich ein Bruch im Laufe der im Becken stattfindenden gebirgsbildenden Vorgänge in den obersten Stufen der Erdkruste entlang der Tisza-(Theiss)-Linie von der unteren Donau bis gegen Lakitelek, weiterhin von dort nach Debrecen einbiegend. Infolge der entlang dieser Bruchfläche erfolgten — und auch heute noch erfolgenden — lateralen Verschiebungen konnten die altpaläozoischen Gesteine in das von den Bohrungen erreichbare Niveau heraufkommen. Die periodischen gebirgsbildenden Bewegungen wurden von einer periodischen Migration der Kohlenwasserstoffe begleitet.

Im Teil jenseits der Donau der Karte von Posgay befolgen die zwischen 0 und 1 km tief liegenden, wirkenden Massen den Gang der Isanomalien der Abb. 5, während dies für die Landesteile jenseits der Theiss bei jenen in 2—3 km Tiefe der Fall ist. Aus dieser Korrelation ergibt sich, daß der in der Tektonsphäre erfolgte Massenumsturz, der zur Ausbildung der in Abb. 5 zu sehenden Tiefenstrukturverhältnissen führte, wahrscheinlich inmitten der jüngsten gebirgsbildenden Bewegungen stattfand und, wie das Beben von Jagodina zeigt, heute noch anhält.

Die Transsylvanische Bebenzone

Das vom Beben betroffene Gebiet jenseits der Theiss wird vom Süden her durch eine sackartige, bebenfreie Zone begrenzt. Am Südende dieser befindet sich das Südgebirge; in der Mitte befindet sich das Bihargebirge, am NE-Ende — am Fuße des Meszes-Gebirges — Kolozsvár (Klausenburg). Die großstrukturelle Streichrichtung der bebenfreien Zone wird durch die regionale Flußrichtung des Szamos bestimmt (Abb. 1).

Südlich dieser bebenfreien Zone erstreckte sich das größte Bebengebiet, welches nach Osten in einer doppelten Spitze auskeilte. Die Hauptachse des nördlichen Teiles wird durch das Réz (Kupfer) —, Zaránd-Gebirge und durch das transsylvanische Erzgebirge gebildet. Die Grenze des vom Beben erfaßten Gebietes liegt am Nordrand der Transsylvanischen Kotwiese. Das Gebiet umfaßt das berühmte Gebiet von Kissármás und berührt Borszék (Borsec), dessen Sauerwasserquellen allgemein bekannt sind.

Die Hauptachse des erschütterten südlichen Teils wird durch die Südkarpathen selbst gebildet, wohin die vom Süden her kommenden Erdstöße durch Vermittlung der sich bis zur Resica erstreckenden Kraištiden zugeführt wurden. Die äußerste Grenze des Gebietes lag im Barcaság (Burzenland) und bei Brassó (Hermannstadt). Auf Grund des Katalogs von Réthly untersuchte ich auf 1000 Jahre zurückgehend die ungarischen Erd-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

beben, die stärker als 6 Mercalli-Stufen waren. Ich habe gefunden, daß 60 Prozent von diesen sich im Barcaság entspannten, oder daß sie die Gegend von Brassó berührten. Die Ursache dieses Umstandes ist meiner Ansicht nach wie folgt zu erklären: Zwischen den Süd- und Südost-Karpathen wird die morphologische Bindung durch den schmalen Bergzug des Persányi-Gebirges aufrechterhalten.

Der Karpathenbogen wird aber strukturell in der Gegend von Brassó durch eine breite Depression unterbunden, inmitten welcher im Pliozän die vulkanische Masse des Hargita zur Oberfläche gelangte. Die kristalline Masse der Csiker Schneeberge ändert ihre N—S-Streichrichtung am Südende des Hargita in eine NW—SE-Richtung um, und erreicht die Küste des Schwarzen Meeres südlich vom Donaudelta (Dumitrescu u. a., 1962).

Dort, wo die Zone der kristallinen Schiefer nach SE umbiegt, folgen die Schneeberge von Háromszék und Fogaras einer gerade entgegengesetzten Richtung. Das bei der Bifurkation der beiden Gebirgszüge zu liegen kommende Vrancea-Gebirge ist ein von Erdbeben am stärksten heimgesuchtes Gebiet des Karpathenraumes von Mitteleuropa. Diese Beben greifen auch auf das Burzenland über. Die häufigen Erdbeben deuten darauf hin, daß die Bergzüge der Süd-, Südost- bzw. Ost-Karpathen — in horizontalem Sinne — ihre Lage gegeneinander auch heute verändern. Dadurch entstehen innere Spannungen in der obersten Lamelle der Kruste, der Auslösung die störenden Erdbeben verursacht. Von einer anderen Seite betrachtet: die andauernde Bewegung des Krustenteiles verursache Einstürze und Senkungen; daher konnte das an Salz- und Erdgas-Horizonten reiche Transsylvanische Becken entstehen.

Der Zusammenhang zwischen Erdgas- und Erdölhorizonten und den beschriebenen Tiefenstrukturen

Die hier vorgetragenen Gedanken werden durch die auf Grund der Karte von K. Kántás (Abb. 3) vom Jahre 1965 ausgearbeitete Residualanomalien-Karte gut beleuchtet (Abb. 7), wo alle wesentlichen Elemente der bisher besprochenen Tiefenstrukturen erscheinen.

Zu noch eingehenderen, detaillierten Ergebnissen gelangen wir mit Hilfe der Karte der Bisztricsány-Fläche; die vorgestellte Karte ist auf Grund der Meßergebnisse von A. Ádám von L. Bendefy konstruiert worden (Abb. 8).

Zuerst sehen wir den archäoeuropäischen Mantelkamm, welcher in der Mitte des Gebietes zwischen der Donau und der Theiss mit einer Streichrichtung NW—SE in breitem Streifen hinwegzieht. Seine Erscheinungsform auf der Karte weicht von der auf seismischem Wege gewonnenen Tiefenstruktur nur südlich von Csongrád ab.

An der Nordwestgrenze dieser Großstruktur wurde das Erdölvorkommen von Egbell aufgeschlossen; ebenfalls an sie sind gebunden die reichen Erdöl-Vorkommen von Cegléd, Szank, Tázlár, Üllés, Algyő, Dorozsma und Deszk, sowie jene jenseits der Staatsgrenze, bei Nagy-(V.)-Kikinda, Szabadka (Subotica), Nagybecskerek (N. Bečej) und Palić.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Außer den auf dem Gebiet des präkambrischen Massivs entlang der Drau aufgeschlossenen kroatischen Erdölvorkommen finden wir auf diesem Hochrücken alle unsere Ölfelder des Gebietes jenseits der Donau, so die produktiven Bohrungen von Bank, Budafa, Nagyrécse, Belezna, Barabásszeg, Babócsa, Vizvár, usw. Alle diese Bezirke produzieren auch — zusammen mit den früher erwähnten — Erdgas.

Über dem zwischen Lakitelek—Debrecen gelegenen, gehobenen altpaläozoischen Bergzug finden wir nur Bohrungen, die Kohlenwasserstoff-Gase liefern, während wir in den Aufwölbungen und auskeilenden Schichten über dem hohen Bergzug aus kristallinen Schichten von Mihályi—Répcelak —Ikervár—Ölbő (Mihályi-Struktur) schon Lagerstätten finden, die gemischt CO_2 und Erdgas enthalten.

Die früher in mehreren Gruppen eingeteilten ungarischen Erdöl- und Erdgas-Lagerstätten (Körössy 1968) können wir auf Grund der oben skizzierten tektonogenetischen Betrachtungsweise in wenige Großstruktur-Einheiten wie folgt einordnen:

1. Hochrücken der kleinen Tiefebene.
1. Präkambrischer Hochrücken entlang der Drau.
3. Faltungsstrukturen über dem archäoeuropäischen Mantelkamm.
4. Flysch-Zone des gehobenen altpaläozoischen Bergzugs entlang der Theiss und jenseits der Theiss.
5. Die Kristallin-Scholle von Battonya, als Nordende des Serbo-mazedonischen Massives und der sie umgebende Trog.
6. Der kristalline Rücken des Südostens, inklusive das Gebiet der Voivodina.
7. Das Gebiet am Fuße der Mátra und Bükk.

Nicht zu dieser Gruppe gehört Őrszentmiklós und Umgebung, die früher auch hierher eingereiht wurde, sondern gehört der Gruppe 3 (Abb. 9) an.

Diese Gruppierung fußt auf der Morphologie des Beckenuntergrundes, die aber auch mit der Tektogenetik, weiterhin mit den Struktur-, Massenverteilungs- bzw. mit den petrogenetischen Verhältnissen der — in einer Tiefe von 8—13 km existierenden — Bisztricsány-Fläche (Abb. 8) und mit den rezenten geokinetischen Verhältnissen der Oberfläche in Übereinstimmung steht. Einige von den hier aufgezählten Einheiten wurden von uns bisher nicht behandelt.

Die CO_2-liefernden Bohrungen der kleinen Tiefebene sind an den Rükkenzug gebunden, welcher sich zwischen Mihályi und Ölbő in einer durchschnittlichen Tiefe von 1200—1600 m dahinzieht. Nördlich von diesem finden wir einen Strukturgraben von 4000—4500 m maximaler Tiefe, während nach Süden ein solcher von 6000—6500 m maximaler Tiefe zu finden ist. Diese Struktur ist also gerade dem Rückenzug zwischen der

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

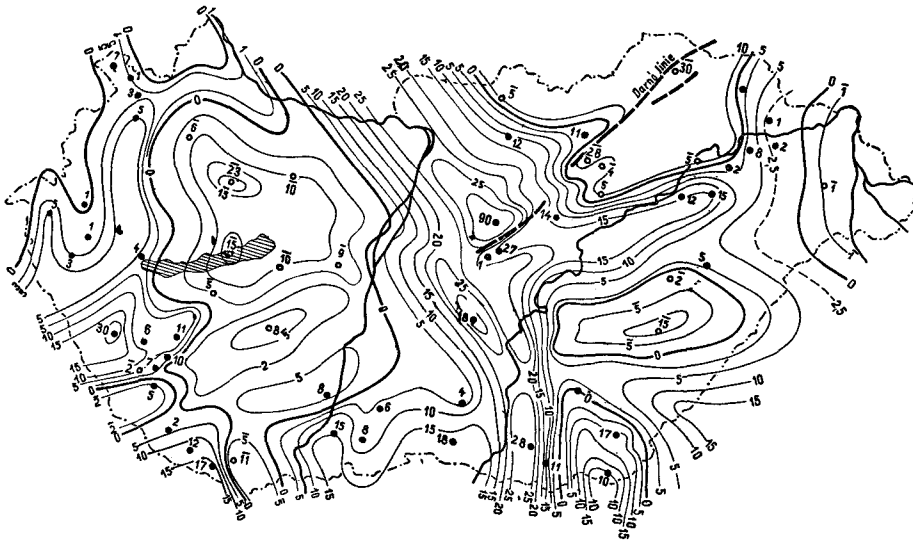

Abb. 8. Karte der strukturellen und petrographischen Verhältnisse der Bisztricsány-Fläche, in der Tiefe von etwa 8—13 km. Auf Grund der Telluro-Frequenz-Sondierungs-Resultate von A. Ádám konstr. L. Bendefy, 1971.

Donau und Theiss entgegengesetzt ähnlich. Da haben wir auf der Moho-Fläche, zwischen zwei in die Höhe gehobenen Rückenzügen einen sehr tiefen Graben, während hier eine langgestreckte, hochgebliebene Struktur von zwei sehr tiefen Gräben in geringer Tiefe in die Mitte genommen wird.

Die Kristallin-Scholle von Battonya repräsentiert das Nordende des Serbo-mazedonischen Massivs. Vor ihr erstreckt sich ein mehr als 7000 m tiefer Trog, begrenzt durch den Körös und die Theiss. Der Kern der kristallinen Masse von Battonya wird an der Oberfläche durch einen kleinen, im Halbkreis laufenden Bach, das Szárazér (Trockenbächlein) bezeichnet.

Am W- bzw. S-Fuße des Mátra- und Bükk-Gebirges werden durch den lateralen Druck gravitativen Ursprungs der Gebirgsmassen gefaltete Strukturen bedingt. Das Erdöl häuft sich in diesen Gerinnen und Fallen an. Die erdgasfördernden Bohrungen in der Umgebung der ungarischen Hauptstadt werden von einigen Forschern auch hierher eingeordnet; diese gehören aber nicht diesem System an, sondern sind der Grenzzone des Mantelkammes in der Gegend zwischen Donau und Theiss zuzuordnen.

Außer dem bisher Gesagten wird die Ausbildung der räumlichen Lage der Kohlenwasserstoff-Vorkommen noch durch eine weitere Gesetzmäßigkeit geregelt. Während die bisher beschriebenen Einheiten mit der höchsten, epidermalen Stufe der Kruste in Verbindung stehen, gibt die nachfolgend zu erklärende Gesetzmäßigkeit einen Aufschluß über die enge Beziehung der Lagerstätten und der Krustenstruktur des Bathydermas.

© Österreichische Akademie der Wissenschaften/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

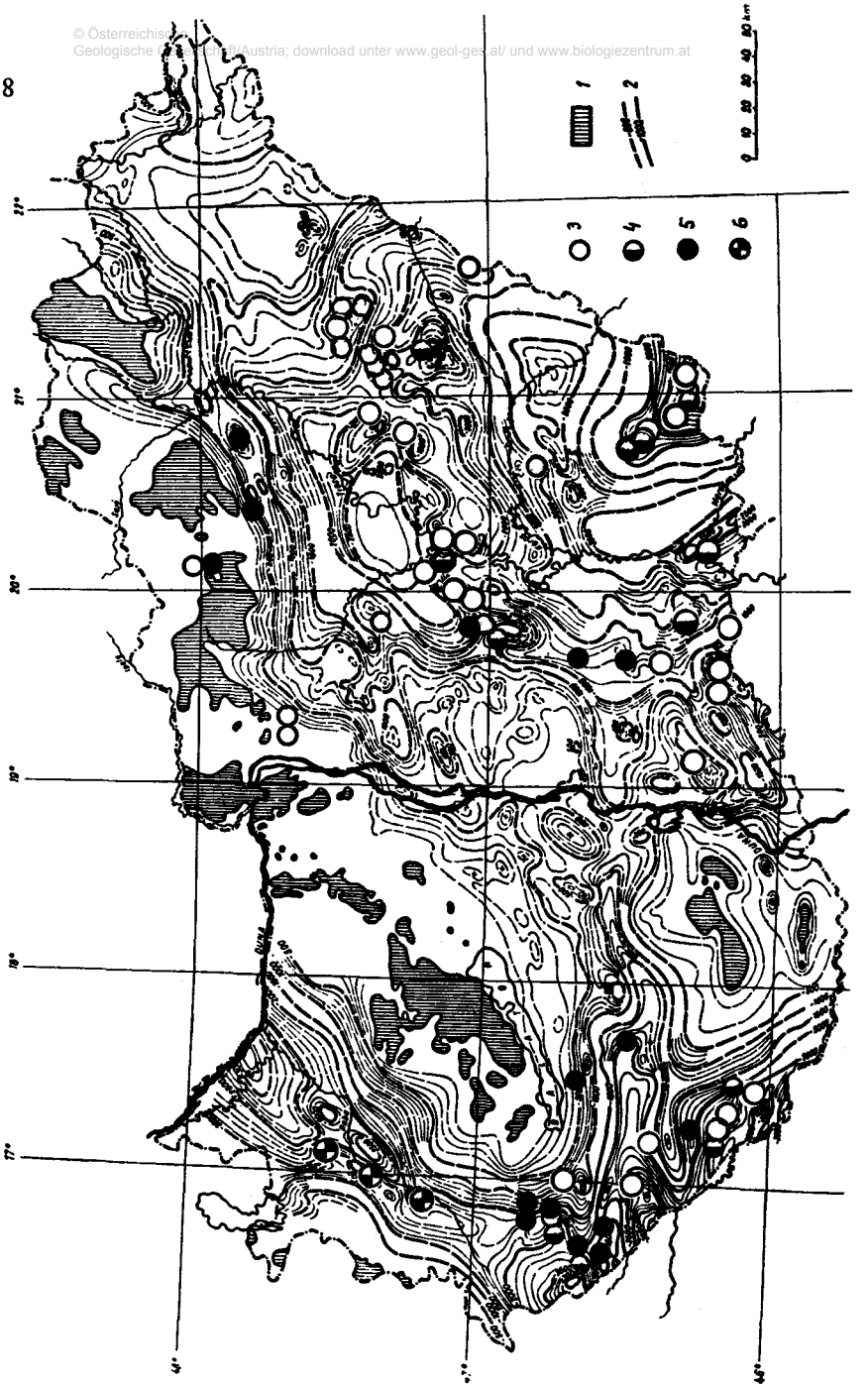

Abb. 9. Zusammenhang zwischen den Kohlenwasserstoff-Vorkommen und den tektogenetischen Verhältnisse des tertiären Beckengrundes. Die Tiefenkarte des Pliozän-Beckens ist von L. Körössy zusammengestellt (1970). 1. vorpliozäne Formationen an der Oberfläche 2. Tiefenlinien des Pliozän-Beckens unter dem Meeresspiegel; 3. Bohrung mit Erdgas; 4 — mit Erdgas und Erdöl; 5. — mit Erdöl; 6. — mit Kohlensäure. (Bendefy L. 1971.)

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Anstatt einer langen Beschreibung haben wir die Stellen der produktiven Bohrungen auf der Karte des tertiären Beckenuntergrundes aufgetragen (Abb. 9). Daraus können wir die folgende Gesetzmäßigkeit ablesen:

1. Die Genese der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten ist mit den sich stärker hebenden Bergzügen und Rücken verknüpft.

2. Der stärkste Massenstrom des oberen Mantels geht annähernd senkrecht auf diese Rückenzüge vor sich. Die Massenverschiebung an der Moho-Fläche verursacht bedeutende Deformationen, die ihrerseits in den oberen Niveaus und an der Oberfläche wahrnehmbare Krustenbewegungen hervorrufen.

3. Das großstrukturelle System dieser Züge weicht von der Tektonik des im geophysikalischen Sinne als fest zu betrachtenden tertiären Beckengrundes ab.

4. Man kann solche regionale Zonen bestimmen, innerhalb welcher die geochemischen Grund-Charakteristika des dort angehäuften Erdöls und Erdgases dieselben sind. Die Gruppierung von Körössy (1968) ist auf diesem Gesichtspunkt begründet. Es gibt nämlich solche regionale Zonen, innerhalb deren nur Erdgas, in anderen wieder nur Erdöl, in einigen aber Erdöl und Erdgas zusammen vorkommen. Diese Anhäufungsweise wird — nach meinen Untersuchungen — durch die im oberen Mantel vor sich gehenden und die Form der Moho-Fläche modifizierenden tektonogenetischen, also durch jüngere und rezente Krustenbewegungs-Vorgänge bestimmt.

5. Die Tiefenstruktur des oberen Mantels im Pannonischen Becken ist — nach der oben zitierten Karte von Heiskanen — NW—SE-gerichtet. Dieselbe Streichrichtung ist auch in der räumlichen Lagerung der produktiven Bohrungen augenfällig. Wo im oberen Mantel die hohen Schollenzüge des Beckengrundes durch schon früher ausgebildete Züge durchquert werden, dort werden die stärksten Krustenbewegungen stattfinden. Infolgedessen wird hier die laterale, und auch die vertikale Migration — bei günstigen stratigraphischen Bedingungen — am stärksten; d. h. hier kann man in erster Linie eine Anreicherung von Erdöl- und Erdgas-Vorkommen erwarten.

Literatur-Hinweise

Bemmelen, R. W. van (1966): Stockwerktektonik sensu lato. Étages Tectoniques. Coll. Neuchâtel, 18—21 avril 1966. Baconnière, p. 19—40, Neuchâtel.

Bendefy, L. (1965): The Balkan, Dinaric and East-Alpine relations of the deep structure of the Hungarian Basin = Földrajzi Értesitő **14/4**. Budapest; and ibid.: Ann. Acad. Sc. Fennicae; Ser. A. III. Geolog.-Geogr. Tom. **90**, pp. 47—55. Helsinki, 1966.

— (1968): Zur Frage des Ausgleiches geokinetischer Netze = Geodézia és Kartográfia, **20/3**. Budapest.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

— (1970): Bányabeli karsztvizbetörések és földrengések kapcsolata. Relationship between karstic water inrushes in mines and earthquakes = VI. Konferenz über Grubenwasserschutz, Budapest 28—30. Okt. 1970; Heft II. — 1. S. 1—50, Abb. 7, Tf. I—V. Budapest.

Berthois, L. (1970): Oceanographie Sedimentologique = Centre de Documentation Univ. Paris.

Bisztricsány, E. (1970): Analysis of codas of Shallow-focus Earthquakes. = Geofizikai Közlemények, **19**/3—4. Budapest.

Bončev, E. (1965): Probleme der Lineamenttektonik im östlichen Teil der Balkanhalbinsel. = Bull. of the „Strasimir Dimitrov" Inst. of Geology, **14.** p. 5—31. Sofia.

Closs, H. (1925): Einführung in die tektonische Behandlung magnetischer Erscheinungen. Berlin.

— (1939): Grundschollen und Erdnähte (Entwurf eines konservativen Erdbildes). = Geol. Rundschau **50.** Stuttgart.

Dank, T. (1968): Results and tasks of hydrocarbon prospecting in Hungary. = Földtani Közlöny **98**/1. Budapest.

Dumitrescu, I. — Sandulescu, W. — Lazarescu, V. — Mirauta, O. — Pauliuc, S. — Greorgescu, C. (1962): Mémoire à la carte tectonique de la Roumanie. = Ann. Comm. Geol.; Inst. Geolog. **32,** p. 5—73. Bucureşti.

Flügel, H. (1964): Das Paläozoikum in Österreich. = Mitt. d. Geol. Ges. in Wien. Bd. **56,** pp. 401—443. Wien.

Heiskanen, W. A. (1962): Report on gravimetric computation of the Geoid and of the Gravity Anomaly Field and related quantities in higher elevations. = Traveaux de l'Assoc. Intern. de Geodésie; Tom. **21.** Paris.

Karataev, G. I. — Shechkov, B. N. — Stegena, L. (1969): A complex interpretation of geophysical data on the deep structure of Hungary, I. = Ann. Univ. Sc. Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sec. Geol. Tom. XII. 1968. pp. 57—66. Budapest.

Körössy, L. (1968): Distribution of oil and natural gas in Hungary — A magyarországi kőolaj — és földgáztelepek elhelyezkedésének néhány törvényszerüsége. = Földtani Közlöny. **98**/1. Budapest.

Kraus, E. (1951): Die Baugeschichte der Alpen. I.—II. Teil. Berlin.

Pécsi, M. (1967): szerk. (Red.): A dunai Alföld. = Der W-Teil der Ungarischen Tiefebene (Alföld). S. 215, Abb. 70 = Akad. Verlag. Budapest.

Posgay, K. (1963): A comprehensive map of the magnetic masses in Hungary and its interpretation. = Acta Technica Acad. Sc. Hung.; **43**/3—4. Budapest.

Réthly, A. S. (1937): Karte; neue Ausgabe: Bendefy, L. (1971): Diskussionsbeitrag zum Vortrag von B. Béll: „Über die Probleme der planetarischen Circulation in der Paläoklimatologie." = Arbeiten der II. Enquete über die Stoff- und Energiecirkulation; — Acta Geolog. Acad. Sc. Hung. **21**/1—2. Budapest.

— (1952): A Kárpát-medencék földrengései — 455—1918. Die Erdbeben der Karpaten-Becken. = Akad. Verlag, Budapest.

Schafarzik, F. (1893): Az április 8.-i földrengés; das Erdbeben am 8. April. = Természettudományi Közlöny, **25,** pp. 257—265. Budapest.

Scheffer, V. (1957): Angaben zur regionalen Geophysik des Karpaten-Becken. = Gravit. Anomalien-Karte des mittleren Teils von Mittel-Europa. = Geofizikai Közlemények **6.** pp. 73—103. Budapest.

Schwinner, R. (1951): Die Zentralzone der Ostalpen. In: Geologie von Österreich; Schaffer, F. X. Wien.

Stegena, L. (1967): A Magyar-medence kialakulása. Die Entwicklung des Ungarischen Beckens. = Földtani Közlöny, **97.** pp. 278—285. Budapest.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Stille, H. (1950): Die Kaledonische Faltung Mitteleuropas im Bilde der gesamteuropäischen Tektonik. = Z. d. Deutsch. Geol. Ges. **100**, pp. 223—266. Hannover 1948.

Szádeczky-Kardoss, E. (1968): A Föld szerkezete és fejlődése. — Über die Struktur und Entwicklung der Erde. = Akad. Verlag, Budapest.

Szalai, T. (1970): Die Pannonische Masse (Tisia). = Acta. Geol. Acad. Sc. Hung. **14**, pp. 71—82. Budapest.

Szentes, F. (1958): Budapest földtani viszonyai. = Über die geolog. Verhältnisse von Budapest. — In: Budapest természeti képe. (Red. Pécsi, M. — Marosi, S. — Szilárd, J.) = Akad. Verlag. Budapest.

Szepesházy, K. (1968): Miozänablagerung im zentralen Raum von Tiszántul (Gebiet östlich von der Theiß) anhand Tiefbohrungen auf Kohlenwasserstoff. = Magyar Allami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1968. évről. Budapest.

Wein, Gy. (1968): Die Tektonik von Südosttransdanubien = Jb. Geol. B. A. Bd. 111, S. 91—113. Wien, 1968.

— (1971): Mündliche Mitteilung auf Grund der neuen geolog. Aufnahme des Buda-Gebirges.

Eingegangen bei der Schriftleitung am 12. Mai 1971.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Austrian Journal of Earth Sciences

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: 63

Autor(en)/Author(s): Bendefy László

Artikel/Article: Angaben zur Kenntnis der Tiefenstruktur des Pannonischen Beckens 1-21