

mehreren Stellen solche junge lokale Faltungen und Fältelungen, sprach aber diesen bezüglich des regionaltektonischen Baues nur eine sekundäre Rolle zu. Eine ganz andere Frage wäre aber die Existenz eines regionalen Faltungsbaues in den südlich vom Balatonsee liegenden Gebieten. Ist das Neogenland wirklich ein postpliozänes junges Faltenland, wie dies von PÁVAI behauptet wird, so muss zwischen Bruch- und Faltenland irgendwo eine Grenze existieren, weil die mesozoischen Schollen des Balatonoberlandes, wie ich es schon oben auseinandergesetzt habe, nicht durch diese postpliozäne Faltung mitgefaltet wurden.

Ganz anders steht es bezüglich der Tektonik jener Neogengebiete, die sich entlang des Saveflusses hinziehen. Hier besteht wohl die Möglichkeit, dass die jungen, in WNW—OSO Richtung streichenden kroatisch-slavonischen Antiklinalketten der mächtigen Neogenablagerungen über die Save treten und in den südlichen Teilen der Komitate Zala, Somogy und Baranya ihre Fortsetzung finden. Die Streichrichtung dieser Faltungen stünde alsdann senkrecht zur Streichrichtung der tertiären Bruchstruktur der Mittelgebirge.

Über die Ergebnisse der ungarischen Erdölforschung erwarten wir aber *von den ungarischen Erdölgeologen vorerst mit Karten und Profilbelegen reichlich versehene detaillierte Publikationen*, um dann ein positiveres Bild über die Tektonik der bisher noch so wenig erforschten Somogy-Tolnaer Neogengebiete zu gewinnen.

ÜBER DIE JÜNGSTEN TEKTONISCHEN BEWEGUNGEN DER ERDRINDE.

— Mit einer tektonischen Kartenbeilage und der Figur 2. —

Von FR. V. PÁVAI VAJNA.*

Schon im Jahrgang 1917. des *Földtani Közlöny* habe ich unter demselben Titel meiner, übrigen in der Literatur nicht neuen Überzeugung kurz Ausdruck verliehen, dass jene tektonischen Kräfte, welche während der längstvergangenen geologischen Zeiten mehrere tausend Meter hohe Bergriesen emporhoben, auch heute noch unverändert obwalten und dass ihre Wirkung an den jüngeren und jüngsten Ablagerungen deutlich zu beobachten sei.

Vorliegende Studie umfasst eigentlich auch die wissenschaftlichen Resultate der *ung. staatlichen Kohlenwasserstoff-Forschung* und es benimmt nichts von ihrer Selbständigkeit, wenn ich hervorhebe, dass

* Vorgetragen in der Fachsitzung der Ung. Geol. Gesellsch. am 15. April 1925.

wir diese Forschungen im ungarisch-kroatischen Becken unter der Leitung HUGO v. BÖCKH's begonnen und bis 1921 fortgesetzt haben, wo ich dann grössere Gebiete begangen habe und nun schon seit Jahren diese Forschungen selbst leite.

Die folgenden, das *ungarisch-kroatische Neogenbecken* bezüglich den Feststellungen sind das Resultat meiner ca 10 Jahre währenden Studien und sind mit Benützung zahlreicher, von meinen Mitarbeitern: SIMON PAPP, DESIDERIUS PANTÓ, ALADÁR VENDL und STEFAN FERENCZI gesammelten und kartierten Daten zustande gekommen.

Die tektonischen Verhältnisse des in ca 80% durch jüngste Bildungen (Neogen-Pleistozän-Holozän) bedeckten ungarisch-kroatischen Tertiärbeckens kann ich heute bereits einheitlich darstellen. (S. die Kartenbeilage am Ende des Bandes.) Wir erhalten dadurch ein solches Generalsystem der Tektonik, welches nicht nur *jenseits der Donau*, sowie auch weiter SW-lich in *Kroatien-Slaronien* und östlich auf dem *Grossen Ungarischen Alföld* (Tiefebene) einheitlich zum Ausdruck gelangt, sondern auch mit jenem unter der Leitung H. v. BÖCKH's im *siebenbürgischen Becken* festgestellten System übereinstimmt. Diese Tektonik ist unseren Erfahrungen und den Literaturangaben nach mit jener des *Wiener* und *oberösterreichisch-bayrischen Tertiärbeckens* (welches sich mit dem Kleinen Alföld jenseits der Donau in organischem Zusammenhang befindet) übereinstimmend, sie ist aber vielen Beziehungen auch analog mit der gefalteten Struktur der *südfranzösischen, italienischen, albanischen, rumänischen, galizischen, der Baku-Gegend, der kleinasiatischen, persischen, indischen* etc., Kohlenwasserstoffe enthaltenden, neogenen Becken.

Da wir es ja mit am Fusse gleichförmig gebauter Kettengebirge liegenden Teilen einer Geosynklinale (die eigentlich bloss die Reste der noch umfangreicheren paleogen-mesozoischen Geosynklinale darstellen) zu tun haben, dürfte dies auch nicht anders zu erwarten sein.

Den ungarischen Kohlenwasserstoff-Geologen gelang es, *die allgemeine Faltung der siebenbürgischen, ung.-kroatischen, Wiener, österreichisch-bayrischen und südfranzösischen Neogenbecken zu beweisen, wodurch die früheren, durch lückenhafte Beobachtungen entstandenen Ansichten über die ungestörte Lage dieser Beckenausfüllungen als ungenügend erkannt wurden.* Unsere heimischen Arbeiten wurden von auf gleichem Gebiet bewanderten englischen (CUNNINGHAM CRAIG) und amerikanischen (F. G. CLAPP) Geologen revidiert und mit voller Anerkennung gutgeheissen. Die ungarischen Kohlenwasserstoff-Geologen werden jetzt schon von englischen, französischen u. a. Interessenten in Anspruch genommen.

Die siebenbürgischen Resultate wurden i. J. 1911 und 1913 publiziert.¹ Meine das ung.-kroatische Becken bezüglich Feststellungen habe ich kurz schon in mehreren Vorträgen und Aufsätzen angedeutet.² A. VENDL³ und S. FERENCZI⁴ besprachen bereits einige Details ihrer Aufnahmen, auch dürfen die weiteren Publikationen und lehrreichen Diskussionen H. v. BÖCKH's nicht unerwähnt bleiben.

Vorerst sollen nun einige Daten aufgezählt werden, um zu beweisen, *dass die tektonischen Vorgänge mit dem Erscheinen des Menschen auf der Erde noch nicht zum Abschluss gekommen sind, sondern auch gegenwärtig mit unveränderter Intensität, wenn auch unendlich langsam, doch immerhin mechanisch messbar fortwirken.* Diese Beweise müssen demnach in den jüngsten Erdschichten aufzufinden sein. Die Aufzählung solcher *ist in gewisser Hinsicht ein Novum*, da diese Daten meines Wissens bis jetzt weder vom Standpunkte der allgemeinen Tektonik zusammengefasst wurden, noch ihre Benützung zur Ergründung tektonischer Verhältnisse vorgeschlagen wurde, obwohl die jüngsten Krustenbewegungen zum Nachweis gefalteter Strukturen sehr gut zu verwenden sind.

Betrachten wir die tektonische Karte des ungarisch-kroatischen Neogenbeckens, so wird es sofort ersichtlich, dass dort — obwohl sich auf mehr als $\frac{2}{3}$ der Oberfläche levantinische und jüngere Schichten ausbreiten — eine derartig gefaltete Struktur mittels mehrerer tausender an der Oberfläche, in Handschächten und Bohrungen gemessenen Einfallwinkel nachgewiesen ist, welche sich der bekannten *gefalteten* Tektonik der benachbarten *Alpen, Dinariden, Karpathen vollständig anpasst.*

Einzelne Faltungen der mesozoischen Gesteine setzen nicht nur in gut aufgeschlossenen tertiären, sondern *auch in pleistozänen Schichten* fort, um nach einigen Kilometern wieder in älteren Gesteinen weiterzuziehen. Es konnten derartige Faltungen fixiert werden, die am Fusse der Gebirge, in älteren Schichten bereits bekannt waren, doch bisher in den durch jüngere Sedimente verdeckten Becken nicht verfolgt wor-

¹ Jelentés az erdélyi medence földgáz-előfordulásai körül eddig végzett kutató munkálatok eredményeiről. I.—II. rész. Kiadja a M. kir. Pénzügyminisztérium (Ungarisch).

² A Dunántúl földgáz-petroléum-kincseiről. Bány.-Koh. Lapok, 1919. p. 195. (Ungarisch).

Über die jüngsten tektonischen Verschiebungen der Erdrinde. Földt. Közl. 1917. p. 348.

Beiträge zur Kenntnis der pleistozänen Ablagerungen von Kroatien-Slavonien. Földtani Közöny, 1917. p. 353.

A magyar földgáz és petroléum geológiájáról. Bány.-Koh. Lapok, 1921. p. 141. (Ungarisch).

Reply to the criticism on prospecting work for gas in Hungary. Földtani Közöny 1921—22. p. 95.

³ Hydrologische und tektonische Beziehungen. Vorgetragen in der Sitzung der Hydrologischen Sektion der Ung. Geol. Gesellschaft im April 1923.

⁴ Geomorphologische Studien in der südl. Bucht des kleinen Ung. Alföld. Földt. Közl., 1924. p. 137.

den sind. Die Berücksichtigung der jüngsten Krustenbewegungen erlaubte vorerst eine tektonische Untersuchung der bisher unenträtselten, allerjüngsten Beckenausfüllungen. Jedoch sind dieselben ausser dem wissenschaftlichen Standpunkt auch wirtschaftlich äusserst wichtig, *da hiedurch die Erdgas-Mineralöl-Forschungen auch auf ganz flachem Terrain ermöglicht werden.* Ich möchte nun kurzgefasst wenigstens einen Teil meiner Beweise vorbringen.

Die *Erdbeben* müssen grösstenteils ebenfalls als Folgen gegenwärtiger Erdkrustenbewegungen aufgefasst werden. *Unsere Erdbeben sind durchwegs tektonische Beben, sie bedeuten also eine örtliche Auslösung der durch geosynklinale, graduelle Emporwölbungen bedingten fortwährenden Spannung, oder sie sind durch unsere Sinne wahrnehmbare Ausserungen der Risse und Brüche in den gefalteten oder sich faltenden Gesteinen.* Zwar werden diese Erdbeben schlechthin auch mit anderen tektonischen Vorgängen in Verbindung gebracht, da sich diese Beben jedoch stets an denselben Stellen erneuern (Ungvár, Eger, Laibach), dürfen sie nicht als unzusammenhängende, isolierte Erscheinungen betrachtet werden, sondern vielmehr als die Folgen jener tektonischen Vorgänge, welche zur Ausbildung der bekannten tektonischen Linie führten und welche *auch heute unentwegt in gleichem Sinne wirken.*

Was ist nun aus dem Faltensystem der ung.-kroatischen, siebenbürgischen, Wiener, österreichisch-bayrischen, südfranzösischen u. a. Becken zu schliessen? *Laut unseren Kartierungen sind ihre Schichten am Rande der Becken und in anderen Aufschlüssen in steilen, oft sogar überkippten, nach innen zu immer mehr abflachenden Faltungen gelagert, welche nicht nur untereinander, sondern auch mit dem Faltensystem der Randgebirge oft mehrere 100 Kilometer weit parallel verlaufen* (Siebenbürgen etc.). Die Kernschichten sind wegen der langsam fortdauernden Emporwölbung viel steiler gelagert, als die äussere Schichtenhülle der Antiklinalen.

Die im Kern liegenden, älteren Schichten wurden an den Ufern der später in die Synklinalen regredierenden Meeresbuchten oft erodiert (z. B. in Siebenbürgen der mediterrane, salzführende Ton und die sarmatischen Schichten), oder kommen die Kernschichten arg denudiert unter die jüngeren, sich posthum weiterfaltenden Sedimente, wie in Südfrankreich (Trias) oder in Deutschland (Zechstein). *Die späteren, jüngeren Schichten sind dementsprechend stufenweise immer schwächer gefaltet.*

Auf diese Weise folgen in Siebenbürgen die jüngeren, pannonischen Ablagerungen durch das ganze Becken hindurch dem Streichen der mediterranen und sarmatischen Schichten mit von 30—40° auf 3—4° herabsinkenden Einfallswinkeln, um in den tieferen Aufschlüssen oder am

gegenüberliegenden Beckenrand in den steileren, älteren Kern der Faltung zu übergehen. Dieselbe Erscheinung kann auch an den in regelmässigen Abständen auf den Falten sitzenden *brachiantiklinalen Wölbungen* beobachtet werden. Sobald diese gut aufgeschlossen sind, können steilere Schichtenlagerungen gemessen werden, die Einfallswinkel der zwischenliegenden Relativ-Synklinalen sind selbstverständlich flacher. *Sollten die parallele Züge andeutenden, widersinnig liegenden Einfallswinkel-Serien noch so geringgradig sein, so repräsentieren sie doch immerhin Faltungen*, deren steilere, oft sogar mehrfach gefaltete Lage in den eventuellen Aufschlüssen älterer Schichten konstatiert werden kann.

Die levantinischen Sedimente sind, wie auch die pannonischen, gleichfalls parallel gefaltet, einerlei, ob sie die ganzen Becken ausfüllen (Gegend der *Save-Kulpa*), oder nur in die Synklinalen hineinreichen (*Bilo-Gebirge* und *Transdanubien*).

Das ungarisch-kroatische Becken ist also, wie auch die schon erwähnten ausländischen, in mit den angrenzenden Gebirgen ungefähr übereinstimmenden Richtungen parallel gefaltet, was eben *eine logische Folge der Emporwölbung jener mittel- und südeuropäisch-asiatischen, mesosoisch-tertiären Geosynklinale war und auch ist*.

Wenn aber eine deutliche Faltung der levantinischen Ablagerungen häufig zu konstatieren ist, so kann diese erst nach ihrer Sedimentation, d. h. *in pleistozänen und holozänen Zeiten erfolgt sein*. POPESCU-VOITESTI bezeichnete i. J. 1921⁵ die Faltungen des siebenbürgischen Beckens — im Gegensatz zu den miozänen Faltungen der Karpaten — als „subkarpathisch *postpliozän*“. Ich betonte schon i. J. 1916, dass im *Bilo-Gebirge* Faltungen pleistozäner Schichten verfolgt werden können.

Die Ermittlung der Einfallswinkel in den lockeren, unebenen, sich oft auskeilenden, pleistozänen Sand- und Tonschichten ist freilich nicht so leicht, wie das die Mitarbeiter H. v. BÖCKH's an sich selbst erfahren konnten. Man braucht viel *Übung, Erfahrung und ein gewisses Verständnis* dazu. Die amerikanischen, in ähnlichen Gebieten geschulten Geologen konnten jedoch die Falten-Tektonik jenseits der Donau und in Siebenbürgen sofort erkennen.

Die *Umgebung von Wels in Oberösterreich* ist ein schon lange bekanntes Erdgasgebiet, von dessen die Oberfläche bedeckenden Schlier- und jüngeren Ablagerungen bis 1920 jeder Geologe behauptete, dass *sie sich in ursprünglicher, ungestörter Lage befänden*.

Da wir mit BÖCKH die Faltung des Wiener Beckens schon i. J. 1913

⁵ J. P. VOITESTI: Aperçu général sur la géologie de la Roumanie.

bei der geologischen Untersuchung des *March-Tales* aus Autopsie konnten und in den dortigen Antiklinalen zu *Egbell* am linken Marchufer schon eine blühende Erdölgewinnung errichtet hatten, schien der Gedanke einer Faltung des oberösterreichisch-bayrischen Beckens sehr naheliegend. Im J. 1920 konnte ich tatsächlich feststellen, dass durch *Wels* in NO—SW-licher Richtung eine Antiklinale zieht, welche bis über *Bachmainingen* verfolgt werden konnte und auf welcher zwei brachiantiklinale Wölbungen nachzuweisen waren. Südlich, in der Richtung von *Steinhaus* und *Lambach* fand ich die entsprechende Synklinale vor. Bei *Wiusbach* liegt eine weitere Antiklinale, in deren Fortsetzung die Wölbung bei *Vöklabruck* fällt. NW-lich von der Welser Linie ist in der Richtung *Schwieding—Altenhof* wieder eine, und weiter durch *Grafing—Haiding—Grieskirchen—Meggenbach* eine dritte Antiklinale zu finden. An der letzteren konstatierte ich drei brachiantiklinale Wölbungen, zwischen den zwei östlichen befindet sich bei *Schallerbach* eine 479 m. tiefe Bohrung, die Schwefelwasserstoff und etwas Methan-haltiges, warmes Wasser liefert. Die nächste Synklinale fand ich bei *Neumarkt—Pram*, die Antiklinale dagegen bei *Riedau*, auf welcher ich bei *Lambrecht* eine Brachiantiklinale feststellen konnte. Nördlich ist wieder zwischen *Andorf* und *Sicharting* eine Synklinale, welche aber durch eine O—W-liche schmale Querfaltung gekreuzt wird. In dem an das Böhmisches Massiv angelehnten Schenkel der Randsynklinale wurde bei *Taufkirchen* eine etwas ölführende Bohrung abgeteuft.

Ich konnte also in dieser Gegend *fünf Antiklinalen und fünf Synklinalen feststellen*, deren Richtung bei *Wels* eine NO—SW-liche ist, während sie weiter östlich etwas nach W—NW umzubiegen scheinen. *Die Richtung der Synklinalen kann mit dem Streichen der alpinen Faltungen in Einklang gebracht werden.*

Es ist besonders wichtig, das die staatliche Tiefbohrung zu *Wels* i. J. 1903 in der Tiefe von 1037 m. den Granit erreichte, ohne inzwischen mesozoische Schichten durchquert zu haben. Auch der in *Schallerbach* erbohrte, grobe Sand ist nichts anders als Granitgrus. Wenn wir also die bei *Wels* erreichten, tiefsten Sedimente ebenfalls als oligozän annehmen (wie SCHUBERT u. A.), *so fehlt in den oberösterreichischen Neogenbecken das Mesosoikum ebenso, wie in Galizien*, wo unter der überschobenen Flyschdecke und dem Miozän Gesteine karbonischen Alters erbohrt worden sind.

In *Südfrankreich* wo ich mit Herrn H. v. BÖCKH gearbeitet habe breitet sich zwischen den *Pyrenäen* und dem *Plateau Central* eine Geosynklinale aus, in welcher auch das Mesosoikum gut vertreten ist; S—SO-lich von *Dax* liegt die triadische Salzformation, Jura, Kreide und Eozän zu Tage. Bei *Goujacq* (SO-lich von *Dax*) wölbt

sich die obertriadische Salzformation Salzquellen, Ophite und ölige Asphaltspuren enthaltend empor. Im Hangenden fanden wir in der Nähe der durch prähistorische Funde berühmten Höhle von *Brasempouy* u. a. O. ölhältige, eozäne Kalksteine. Weiter SO-lich liegt eine aus aquitanien, bourdigalien und jüngeren, schotterig-sandigen Bildungen aufgebaute Hügellage, in der wir bei *Brasempouy* eine relative Synklinale und bei *Castelner* eine gestreckte, grossartige Brachiantiklinale feststellen konnten in bisher als ungefaltet geltenden, neogenen Sedimenten, was ausser den Einfallwinkeln auch durch morphologische Formen bestätigt wird. N-lich, bei *Audignon* konnte wieder auf einer NW—SO-lichen Faltungslinie eine gestreckte Brachiantiklinale der eozän-miozänen Schichten konstatiert werden, zwischen denen eine natürliche Synklinale vorhanden ist. Die nächste NO-liche Synklinale und Antiklinale konnte nur mangelhaft festgestellt werden, zwischen *Arthez* und *Maupass* liegt jedoch wieder eine deutliche Synklinale, darüber bei *Estang* eine parallele Brachiantiklinale und zu *Monclar* eine weitere Synklinale. Weiter nördlich (*Roquefort—S. Julien*-Linie) deutet das Zutagetreten eozäner Schichten eine Faltung an, was wir überdies auch durch Messungen der Einfallwinkel nachweisen konnten.

Auf unsere weiteren Beobachtungen *am Fusse der Pyrenäen, in der Gegend von Biarritz, Lyon usw.* will ich nicht näher eingehen, im Sammelgebiet des Flusses *Adour* jedoch konnten auch wir die mit dem Streichen der Pyrenäen parallele, geosynklinale Emporfaltung feststellen. Die *durch das ganze Tertiär zu verfolgende* Emporwölbung der Geosynklinale wurde durch einzelne Falten zergliedert, und diese Tektonik ist es, die an die Strukturverhältnisse des ung.-kroatischen Beckens erinnert.

Während meiner i. J. 1924 nach *Italien* unternommenen Reise beobachtete ich, dass die *Miozän- und Pliozän-Ablagerungen sowohl in der Umgebung von Rom, wie auch bei Ancona und Bologna mit den älteren Ablagerungen parallel gefaltet sind.* Am südlichen Rand der *Po-Ebene* weisen die Faltungen ein NW—SO-liches Streichen auf, welches der Richtung der eozänen und kretaceischen Faltungen entspricht. Die konnte ich nicht nur bei *Firenze* selbst sehen, sondern fand es auch auf einer Kartenskizze des Naphtagebietes von *Veleja* die ich den Herrn Ing. A. BUSACHI zu verdanken habe bestätigt. Hier sind die Falten nach der geologischen Karte im Eozän, während eine Kartenskizze des NO-lich gelegenen, ähnlich gebauten *Salsomaggiore*-Gebietes schon Faltungen miozäner und pliozäner Sedimente vermerkt.

Im demselben Jahre studierte mein Kollege S. PAPP die Faltungen neogener Schichten in *Albanien*. Die gefaltete Beschaffenheit der neogenen Naphtagebiete Runäniens und des weiteren Ostens ist zur Ge-

nüge bekannt. Wenn aber in Mittel- und Südeuropa überall ein gefaltetes Neogen zu finden ist, kann eine gleiche Tektonik des siebenbürgischen und ungarisch-kroatischen Beckens gar nicht überraschend wirken.

Biege ich meinen Arm ein, so muss der Rockärmel dieser Biegung folgen. Wenn mehrere tausend Meter mächtige ältere Schichten gefaltet werden, müssen dann die pleistozänen, meistens nicht einmal 100 m mächtigen Schichten nicht ebenfalls dieser Faltung folgen?! Freilich muss man diejenigen Schichten herausfinden können, an denen überhaupt etwas zu beobachten ist, *man muss das Einfallen beurteilen können und muss die Mittelwerte der Einfallwinkel entschlossen berechnen lernen*. Wenn trotzdem keine Resultate zu erzielen waren, sucht man eben andere Stützpunkte zur Ergründung des tektonischen Aufbaues.

Schon in Siebenbürgen konnte oft die *Richtung und die Form der Flussbetten* zur Bestimmung des Streichens und Einfallens, zur Ergründung heute noch andauernder, tektonischer Bewegungen vorzüglich verwendet werden.

Infolge des, wenn auch schwachen Einfallens der Schichten wird das Flussbett asymmetrisch eingeschitten, weil der Talboden parallel zum Einfallen in diagonalen Richtung eingesenkt wird. *Die Richtung des Wassers kopiert somit das jeweilige Streichen des Untergrundes. Wenn dieser also einen brachiantiklinalen Aufbau aufweist, wird dem Fluss ein halbkreisförmiger Verlauf vorgeschrieben*, wie z. B. bei *Gadány* jenseits der Donau. In anderen Fällen fungieren die Brachiantiklinalen als Wasserscheiden, und manchmal werden sie durch Talvereinigungen angedeutet. Die bedeutenden Krümmungen grösserer Flüsse und die dahin zufließenden Nebengewässer lassen ebenfalls auf solche Wölbungen schliessen (z. B. die Krümmungen der *Kapos* bei *Kurd* oder *Szárzd*).

Von der permisch-triadischen Brachiantiklinale des *Mecsek-Gebirges* an finden wir bis zum mesosoisch-paleogenen Gebiet der *Karpathen* zahlreiche Beispiele dafür, dass die Flüsse die Formen der Brachiantiklinalen widerspiegeln. Im mediterranen Gebiet von *Torda*, oder im sarmatischen bei *Melegföldvár*, im pannonischen bei *Pusztacelina* usw. können wir überall sehen, wie genau sich die morphologischen Formen der Täler der gefalteten Struktur des Untergrundes anschmiegen. — Im levantinischen Terrain kommt es sogar öfter vor (Kroatien-Slavonien), dass die abfließenden Wässer auch dann dem Einfallen und Streichen folgen, wenn ihnen der orographische Abhang auch eine andere Richtung zuweisen könnte. So wird z. B. das erdgas- und erdölreiche Gewölbe von *Bujavica* durch den *Pakra-Bach* bogenförmig umflossen.

Auf pleistozänen Gebieten stehen uns noch weit mehr Beispiele

zur Verfügung. Südlich der bereits erwähnten Antiklinale von *Gadány* wird die Brachiantiklinale der nächsten Faltung bei *Felsőseged* durch den *Sió*-Graben von W, N und O, von einem Nebenzweig auch noch von S—SO umschlossen. Meine an dem geschichteten Sand und Ton (Ablagerungen des mittleren Pleistozäns), sowie an dem im Zentrum der Wölbung zu Tage tretenden, konkretionenführenden, grauen Ton gemessenen Einfallwinkel entsprechen ganz der Krümmung des Grabens. Diese älteren Bildungen werden von dem jüngsten pleistozänen Glied, dem Löss, fast gänzlich umhüllt. In diesen Falle wurde also die Wölbung *durch Messungen, durch stratigraphische und morphologische Beobachtungen festgestellt.*

In dem in der südlichen Fortsetzung des *Nagyberek* liegenden breiten Deflationstal befinden sich die Brachiantiklinalen von *Kak*, *Csököly*, *Nagyatád*, *Magyarlad*, *Szulok* und *Háromfa*, bei deren jeder ausser den Einfallwinkeln auch morphologische Formen zur Feststellung herangezogen werden konnten. In diesem flachen Gebiet sind die tiefsten pleistozänen Schichten auf den emporgehobenen Wölbungen aufzufinden (auf der Brachiantiklinale zu *Kak* sind in Handschächten sogar schon wahrscheinlich levantinische Schichten aufgeschlossen worden), über welchen an beiden Tallehnen vom *Balaton* bis zur *Drau* das jüngste Glied, der Löss aufgelagert ist.

Durch diesen, bisher unberücksichtigten, *stratigraphischen Aufbau wird die LÓCZY-CHOLNOKY'sche Theorie der Verwerfungsgräben zweifelsohne widergelegt.* In diesem Falle sollten ja gerade umgekehrt die jüngsten Schichten tief in den Mulden und die älteren auf den Lehnen erschlossen sein, oder dürften die älteren pleistozänen Schichten wenigstens nicht in ca derselben Höhe im Tal und am Talabhang liegen.

Übrigens sehen wir heute auf Grund der Profile und Karten die Tektonik des Beckens jenseits der Donau deutlich vor uns, diese wird eben *weder durch eingehend beschriebene, noch kartierte Brüche*, sondern durch eine parallele Faltung charakterisiert. Die nicht tektonisch, sondern durch Deflation entstandenen Täler von N—S-licher Richtung werden durch diese Faltungen gekreuzt. Es sind dies tatsächlich Deflationstäler, wie dies PENK schon i. J. 1892 in seiner Arbeit „*Morphologie der Erde*“ betonte, doch ist dieses Erkennen durch die Verwerfungs-Theorie ganz ins Vergessen geraten.

In der *Zagreber Ebene* konnte ich ebenfalls sehr lehrreiche Beobachtungen anstellen. Mit Hilfe einer Reihe von Bohrungen (von ca 30 m Tiefe) konnte ich in der Nähe des vor 12 Jahren erbohrten, ständig Erdgas liefernden artesischen Brunnen von *Prečec* das beistehende Profil entwerfen. (Fig. 2.) Daraus wird nicht nur die Faltung zu einer breiteren Haupt- und einer schmalen Nebenfalte, sondern auch *ein Fortdauern*

dieser Bewegung ersichtlich, da besonders am NO-lichen Schenkel die jüngeren Schichten sich auskeilend an die Nebenfalte anschmiegen. Später konnte ich in Handschächten tatsächlich feststellen, dass die pleistozänen Schichten in derselben Richtung, jedoch flacher einfallen, als die tieferen Bildungen. In gewisser Entfernung von dem erwähnten Brunnen konnte ich eine kleinere Brachiantiklinale konstatieren, deren Längsachse durch den vor 30 Jahren ausgehobenen Graben des Zelina-Baches gekreuzt wird. An dieser Stelle ist mir nun die höchst interessante Tatsache aufgefallen, dass das Wasser im Kanal sehr schnell abfließt und zugleich sehr seicht ist: die ca $\frac{1}{2}$ m tiefe Cunette, wie man solche am Boden ähnlicher Kanäle auszuheben pflegt, wurde hier schon ganz ausgewaschen. In den Synklinalen dagegen bewegt sich das

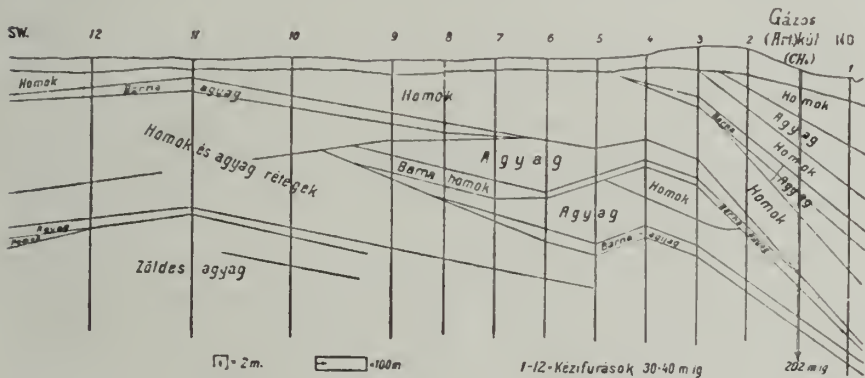


Fig. 2.

Gázos (Art.) kút = Gas. (Art.) Brunn. — 1—12 Bohrungen. — Homok = Sand. — Aggyag = Ton. — Rétegek = Schichten. — Barna = braun. — Zöldes = grünlich.

Wasser sehr langsam und ist so tief, dass der noch erhaltene (stellenweise vollgeschwemmte) Leitgraben nur eben noch gesehen werden kann. Als Kuriosum habe ich noch jene Stelle des Grabens besichtigt, wo nach meinen Berechnungen die nächste Antiklinale gekreuzt werden sollte und fand hier dieselben Verhältnisse vor: Das Wasser fließt wieder schnell, ist seicht und schneidet ein!

Nun genug der Beispiele. Vor tektonisch geschulten Fachgenossen bedarf es keiner weiteren Erklärung, dass auf gefaltetem Gebiet die Antiklinalen samt ihren brachiantiklinalen Wölbungen und die Synklinalen, Vertiefungen jedes geologischen Alters *nicht nur durch ihr Einfallen, sondern auch durch morphologische Formen und ihren stratigraphischen Aufbau charakterisiert werden. Wenn also auf pleistozänem Gebiet die Morphologie und Stratigraphie Faltungen bedingt, so müssen die Einfallwinkel, seien sie auch noch so gering, ebenfalls auf das Vorhandensein dieser Faltungen hinweisen und umgekehrt.*

Nun möchte ich noch auf die Beziehungen zwischen den *geophysischen Messungen* und den geologisch bestimmten Faltungen unserer von pleistozänen Bildungen überdeckten Gebiete zu sprechen kommen. Diese Messungen gestatten nämlich auch auf flachen Terrain eine Orientierung über die Verteilung der spezifisch mehr-weniger schweren Gesteine in der Tiefe. Wo sich Gesteine grösserer Dichte anhäufen, wo sie der Oberfläche näher lagern, dort werden *geophysische Maxima* gemessen. Zwischen diesen befinden sich *geophysische Minima*, ausgenommen den Fall, dass sich in der Tiefe grössere Massen eines Gesteins kleinerer Dichte anhäufen. Wenn sich also zwischen den emporgewölbten, jüngeren (nicht dichten, also spezifisch leichteren) Sedimenten z. B. *Steinsalz* befindet, wird hier ein Minimum entstehen. Deshalb sind auf der geophysischen Karte Siebenbürgens die Steinsalz bergenden Brachiantiklinalen durch Minima bezeichnet. *Unter normalen Verhältnissen aber entsprechen den Brachiantiklinalen Maxima, den Synklinalen dagegen Minima. Im ungarisch-kroatischen Becken führt den ganz östlichen Teil ausgenommen die mediterrane Salzformation nur salziges Wasser und keine grösseren Salzstöcke, ähnlich wie im Wiener, österreichisch-bayrischen oder im südfranzösischen Becken, weshalb hier geophysisch normale Verhältnisse bestehen.*

Es ist nun leichtverständlich, dass die Längsachsen der nacheinander folgenden Maxima und Minima Antiklinalen bzw. Synklinalen oder eigentlich deren parallelen Verlauf darstellen können, weshalb ein Vergleich der geophysischen und geologischen Aufnahmen sehr wünschenswert erscheint. Leider aber sind wir noch weit davon entfernt eine zusammenhängende geophysische Karte des Grossen Ungarischen Alföld, wo bisher die meisten geophysischen Messungen vorgenommen wurden, zu entwerfen, weshalb vorläufig nur vereinzelt Gebiete zur Vergleichung herangezogen werden können.

Das Grosse Ungarische Alföld ist ebenfalls ein sich faltendes Gebiet, da es ja schon wegen seiner Lage kein anderes sein kann, es bildet ja einen organisch zusammenhängenden Teil des jenseits der Donau und in Kroatien sich ausbreitenden gefalteten Tertiärbeckens. Wo am Rande des Alföld die tertiären Schichten noch zu Tage treten (in der Umgebung von Budapest, im Komitat Szilágy), konnte ich die Faltung tatsächlich feststellen. In der Richtung Ecsér—Pécel—Isaszeg—Valkó fand ich eine Antiklinale pannonischer Bildungen mit zwei ziemlich grossen Wölbungen, die Synklinale kann auf der N-W-lichen Seite noch in den tertiären Schichten verfolgt werden. Weiter südlich fand ich auf pleistozänem Gebiet zwei Faltungen. Die südlichste der bisher konstatierten Antiklinalen liegt in der Richtung Pilis—Tápiószentmárton. Verlängern wir deren SW-liche Richtung über Sári—Döm-

söd hinweg, so gelangen wir zum südlichen Teil der Insel *Csepel*. Zwischen *Dömsöd* und *Sári* wurde aber geophysisch ein längliches Maximum festgestellt, dessen Längsrichtung gerade in die erwähnte Antiklinale hineinzieht. *Bis zur Gegend von Kecskemét sind die Längsachsen der Maxima überhaupt mit den Richtungen der Antiklinalen parallel.* Die unregelmässigen, hie und da verzweigten Minima rangieren sich ganz in derselben Weise zwischen die Maxima ein, wie überhaupt die Mulden zwischen Emporwölbungen. Leider haben in dieser Gegend die geophysischen und geologischen Forschungen noch nicht dasselbe Gebiet erreicht.

Doch besitzen wir ein gemeinschaftlich untersuchtes Terrain in der östlichen Ecke des jetzigen Ungarns, nämlich in der Gegend der *Szamos—Tisza*, östlich der *Nyir-Ebene* und des *Ecseder Moors*. Bei den benachbarten, schon ausser den Trianon'schen Grenzen liegenden Gemeinden *Huszt*, *Nevetlen falu*, *Turterebes* und weiter bei *Turvékonyafürdő* wurden im Tertiär SO--NW-liche Faltungen ermittelt, die Öl-, Gas- und Salzwasserspuren führen. Parallel dieser Faltungen konstatierten wir innerhalb der gegenwärtigen Grenzen drei Antiklinalen und zwei Synklinalen. Die Oberfläche wird hier von pleistozänen Schichten gebildet, die sich auch stratigraphisch gliedern lassen, weshalb die Brachiantiklinalen nicht nur durch die Lage der Schichten, sondern auch stratigraphisch und morphologisch fixiert werden konnten. Hier finden wir nun *an den Stellen antiklinaler Züge geophysische Minima (Ricse—Kölcse)*, während den Synklinalen Maxima entsprechen (*Kisnamény—Gulács*). In dieser Gegend liegen also die Verhältnisse umgekehrt, wie in der Umgebung von Budapest, wo die geophysischen Maxima Antiklinalen bezeichnen. Dieser scheinbare Widerspruch wird dadurch aufgehoben, dass — wie bereits erwähnt — *im östlichen Teile des Alföld ein mit der Siebenbürgischen Salzformation identisches, salzführendes Mediterran vorhanden ist.* Dies wird durch die vielen Salzquellen und die Salzstöcke von *Sóvár* und dem *Máramaroser Komitat* bestätigt. *Westlich der Nyir-Ebene führen diese Schichten schon keine Salzstöcke mehr.* Die Tiefbohrungen und die geologischen Aufnahmen bei *Hajdúszoboszló* ergaben an der Stelle des Maximums bereits eine Wölbung, während das *Hortobágyer* Minimum auf Grund der Tiefbohrung eine synklinale Vertiefung darstellt. Die hier zwischen dem salzstockführenden und nur salzwasserführenden Mediterran beobachtete Grenzlinie scheint derjenigen zu entsprechen, die zwischen dem Eozän von östlichem und westlichem Typus gezogen werden kann.

Nach den angeführten, verschiedenartigen Beweisen kann es nicht mehr zweifelhaft sein, dass also *das ganze ungarisch-kroatische Becken — ein Teil einer sich emporfaltenden Geosynklinale — ebenfalls all-*

gemein gefaltet wurde und dieser Faltungsprozess in den tertiären und auch pleistozänen Ablagerungen nachzuweisen ist, also auch bis heute fort dauert.

Derartige tektonische Bewegungen sind ja auch in anderen Becken von ähnlichem Bau bekannt.

Der nördliche Teil des *Bottnischen Meerbusens* hat sich in 100 Jahren um 1·6 m, der südliche bei der Insel *Allan* um 1 m gehoben. Die benachbarten Gebiete aber sinken, wie man dies beim Emporwölben älterer Geosynklinalen feststellen kann. Gerade der durch das Sinken alter Gebirge entstehende Druck führt ja zur Aufwölbung und Faltung der emporgehobenen Geosynklinalen und ihrer Teile. Die nach der pleistozänen Vereisung eingetretenen Hebungen und Senkungen der Umgebung des Bottnischen Meeres wurden auch paläontologisch durch die Niveaus von *Yoldia arctica*, *Ancylus lacustris* und *Litorina litorea*, sowie durch prähistorische Funde bekräftigt.⁶

Die Hebungen bzw. Senkungen am östlichen Ufer der *Skandinavischen Halbinsel*, in *Holland* und der *Bretagne* dürften als allgemeinen bekannt gelten. Die Städte *Istad*, *Malmö*, *Telleborg* sinken augenscheinlich; seit den Beobachtungen LINNÉ's ging hier ein 30 m breiter Uferstrich verloren. Weiter nördlich dagegen sind die *südschwedischen Seen* ebenso im Emporheben begriffen, wie NO-lich der *Bottnische Busen*. Es sind also *zwischen sinkenden Gebieten auch anderswo sich gegenwärtig hebende und wahrscheinlich auch sich faltende Becken zu finden.*

Dass derartige Hebungen mit Faltungen Hand in Hand gehen, kann in Sedimentationsgebieten, wie z. B. die *Po-Ebene* eine ist, beobachtet werden. Letztere ist als die Fortsetzung des adriatischen Beckens samt der tertiär-pleistozänen Beckenausfüllung im Emporheben und Faltenbildung begriffen. Solche Faltungen sind am Rande der Ebene bekannt, in der Umgebung von *Bologna* konnte ich sie selbst sehen. An der *Südseite des variscischen Kernes der Alpen* sind die *Sedimente aller Formationen* von der Trias an bis zum Pleistozän hinauf vertreten, wir haben es hier also mit einem sich fortwährend hebenden Teil einer Geosynklinale zu tun. Der *westliche Teil der Alpen* schwenkt aber beim *Golf von Genua* nach Osten ab und die kristallinen Massen treten bei *Genua* auch noch heute zu Tage. In ihrer Fortsetzung, den *Apenninen* aber sind hier und da höchstens permische und triadische Bildungen abgeschlossen; ein Beweis, dass dieser SW-liche Rand der Geosynklinale viel tiefer gesunken ist, als der nördliche. Dieses Sinken verursachte die monumentalen, südwärts überkippten Emporfaltungen des alpinen

⁶ HILLEBRAND-BELLA: Az őskor embere és kultúrája (ungarisch) Budapest, 1921.

Mesozoicums und Paleogens. Zwar könnte dessen Ursache nach den Analogien unseres heimischen Gebietes (Kristallines Gebirge von *Pécs—Morágy* oder *Polgárdi—längs des Balaton*) auch auf ein in der Po-Ebene gelegenes, später versunkenes, altes Gebirge zurückgeführt werden.

Zwischen *Torino* und dem *Garda-See* fehlen die eozen-oligozänen Ablagerungen, das Miozän besitzt eine sehr geringe Mächtigkeit und pliozäne Sedimente sind nur im Osten und Westen bekannt. Nach der geologischen Karte Italiens zu schliessen sollte also gegenwärtig dieses Randgebiet ein sinkendes sein, *worin ich die Ursache zur Faltung der Po-Ebene zu entdecken glaube*. Der Grund zur Umbildung einiger Alpentäler zu fjordähnlichen, tiefen Seen (*Garda-See, Lago di Como, Lago di Maggiore*) könnte ebenfalls in einer Querfaltung dieser Täler gesucht werden. Unter der verhältnismässig dünnen Moränenschichte sind ja in dem Walle dieser Seen auf den geologischen Karten ältere Bildungen angegeben.

Vielleicht könnte das Entstehen der *nordalpinen Seen* auch mit der Emporwölbung des österreichisch-bayrischen Randgebietes und der sinkenden Tendenz des Gebirges in Zusammenhang gebracht werden.

Schliesslich möchte ich nochmals auf das *Grosse Ungarische Alföld* zurückkommen. Das *Ung. Ackerbauministerium* hat die längs der *Theiss-Tisza* i. J. 1890 festgestellten Fixpunkte letzterer Zeit (1914, 1921) neu vermessen lassen, da aus den Überschwemmungen auf Niveauschwankungen geschlossen werden konnte. Aus den mir zuvorkommend überlassenen Daten folgt, dass an der Tisza (innerhalb der gegenwärtigen Landesgrenze) an 18 Stellen eine Bodenhebung stattgefunden hat, und zwar bei *Tiszabecs, Mezövári, Halábor, Tiszakerecsény, Órladány, Benk, Mogyorós, Komoró, Timár, Kardos, Sajókesznyéte, Tiszakeszi, Tiszabábolna, Tiszapüspöki, Szolnok, Tiszavezsény, Újkécske, Tiszkürt, Csongrád, Szentes*. Zwischen diesen Orten wurden Senkungen festgestellt. Dagegen konnte nur an verhältnismässig wenigen Stellen keine Niveauänderung wahrgenommen werden.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch am *nördlichen Fusse der Alpen* gemacht, wo sich durch eine neue Nivellierung der Fixpunkte nicht nur binnen verhältnismässig kurzer Zeit erfolgte vertikale, sondern auch horizontale Verschiebungen beobachten liessen.⁷

Die grösste Niveahebung längs der Tisza wurde bei *Szentes* konstatiert: + 103 und + 85 mm. Bei *Újkécske* ergibt die Differenz + 40 und + 38 mm, bei *Szolnok* + 33 mm. Die tiefste Senkung ist bei

⁷ M. SCHMIDT: Erdkrustbewegungen in Oberbayerischen Alpenvorland. Ergänzungsmessungen z. bayr. Präzisionsnivellement. Heft 2, No. 6. (Veröff. bayr. Komm. f. d. intern. Erdmessung. München, 1919.)

Tiszaszöllös wahrgenommen worden: — 222 mm. An mehreren Stellen wurden noch Differenzen bis über 100 mm festgestellt (z. B. ober *Szajól* — 101 mm). Die Senkungen und Hebungen wechseln längs des Ufers ziemlich regelmässig.

Die Antiklinale von *Ricse—Tákos* kreuzt den Tisza-Fluss bei *Halábor*. Da hier eine Niveauhebung konstatiert wurde, schien der Gedanke, dass die Fixpunkthebungen in den Achsen der Antiklinalen liegen dürften, sehr naheliegend. Wir untersuchten also die Umgebung von *Szolnok* und *Szentes* und waren garnicht überrascht, an den Stellen dieser relativ grossen Niveauhebungen Antiklinalen vorzufinden. Bei *Szolnok* sind die pleistozänen Ablagerungen ziemlich deutlich geschichtet. Auf der Wölbung kommen auch die unter dem Löss liegenden, älteren Bildungen zum Vorschein, die (warscheinlich doppelte) Faltung kann dadurch auch stratigraphisch bestätigt werden. In der Gegend der 101 mm Senkung, zwischen *Tiszapüspöki* und *Szajól* ist in der durch eine jüngere, humose Tonbank charakterisierten Schichtenreihe die Synklinale gut zu beobachten. SW-lich von *Tenyői—Felső tanya* kommen unter dieser Schichtenreihe noch erst geschichteter, dann ungeschichteter Löss, nachher eine sandige Schichtenfolge und noch tiefer ein Limonit-Konkretionen führender, grauer Ton zum Vorschein. Weiter SW-lich, der Eisenbahnbrücke von *Szolnok* zu verschwindet dieser Schichtenkomplex mit ziemlich starkem Einfallen ganz unter dem Wasserniveau. Hier beträgt die Niveausenkung 18 mm. Zwischen der Brücke und der Stadt *Szolnok* liegen im regulierten Flussbetteinschnitt die älteren, pleistozänen Schichten wieder an der Oberfläche (Hebung 33 mm), um von dem östlichen Ende der Stadt an, wo eine Senkung festgestellt wurde, unter den jüngeren Schichten unterzutauchen. Das Einfallen und Streichen deutet auf eine NW—SO-liche Faltenrichtung hin.

Um eine Andeutung des Alters der „jung“ genannten Schichten zu geben, will ich erwähnen, dass aus der ober dem Löss liegenden, humosen Schichtenreihe schon zahlreiche, prähistorische Funde bekannt geworden sind (Feuerherde, primitive Gefässe, Knochen). Wenn also seit der Ablagerung alljährlich nur Bodenschwankungen von 1 mm erfolgten, so ergeben sich schon Niveaudifferenzen einiger Meter, gerade genug, um Einfallwinkel von 2—3° zu verursachen.

Bei *Szentes* konnten wir die Faltung dieser „jungen“ Schichten gleichfalls an solchen Stellen feststellen, wo eine Hebung der Fixpunkte stattgefunden hat. Die Vermessung der Niveauschwankungen besitzt auf diesem Gebiet eine hohe geologische Bedeutung.

Die Donau und ihre Nebenflüsse werden von Uferterrassen begleitet, von einer Senkung kann also in diesem Gebiet nicht gesprochen

werden. Überdies baut die Donau ein Delta und senkt sich ihre Erosionsbasis nicht. Die Tisza und ihre Nebengewässer schwimmen nur in den Synklinalmulden auf, wo aber die Antiklinalen gekreuzt werden, ist bereits ein Einschneiden wahrzunehmen. Das sich emporfaltende Grosse Alföld ist in Hebung begriffen, eine allgemeine Senkung dieses Gebietes kann durchaus nicht in Rede kommen.

Nach dem gesagten dürfen wir also nicht nur von Erdkrustenbewegungen der geologischen Vergangenheit sprechen, — sondern wir dürfen auf Grund genauer Beobachtungen und Messungen auch feststellen, dass die ehemals Faltungen, Risse und Brüche erzwingenden Kräfte mit unendlicher Langsamkeit und Beständigkeit auch noch heute fortwirkend sind.

Der Aufbau des ungarisch-kroatischen Beckens wird nicht durch Brüche, sondern durch Faltungen charakterisiert. Aus den Erdbebenerscheinungen, den Niveauschwankungen vermessener Fixpunkte und morphologischen Beobachtungen muss auf noch heute andauernde, tektonische Bewegungen dieses Gebietes geschlossen werden. Diese bringen Hebungen und Senkungen mit sich, welche zu Faltungen und Rissen führen. Wie wir sahen, können diese Vorgänge bei günstiger Schichtenbildung durch das Einfallen, durch die stratigraphischen Schichtenfolge, durch morphologische Formen und Niveauschwankungen schon in den pleistozänen und noch auffallender in neogenen Schichten sicher festgestellt werden.

Die neogenen Sedimente treten an den Beckenrändern mit den in ähnlicher Richtung, doch meist intensiver gefalteten paleogenen und mesozoischen Beckenausfüllungen in Berührung, wie dies in den nördlichen und südlichen Geosynklinalen der Alpen und Karpaten, in Siebenbürgen oder im ungarisch-kroatischen und österreichisch-bayerischen Becken zu beobachten ist. Dies bedeutet aber ein Wandern, eine Verlegung der Gebirgsbildung: Auf den Resten der sich emporwölbenden, mesozoischen Geosynklinale werden die tertiären Geosynklinalen immer enger und immer mehr ausgefüllt, sie befinden sich in fortwährender Emporwölbung und Hebung. Diese Vorgänge sind auch in den grosse Gebiete bedeckenden, leztentstandenen pleistozänen Bildungen zu verfolgen, es können also auch diese Schichten in tektonische Untersuchungen miteinbezogen werden, was bis jetzt undurchführbar schien. Die mitgeteilten Ergebnisse beweisen unzweifelhaft, dass die Untersuchung des tektonischen Aufbaues flacher, durch mächtige pleistozäne Schichten bedeckter Becken gut möglich ist, wodurch sich auf diesen riesengrossen Gebieten ein gewaltiges Feld für die geologische Erschürfung von in der Tiefe liegenden Mineralstoffen, in erster Reihe Erdgas und Erdöhl, eröffnet.