

JÁN SLÁVIK*

GIPS UND ANHYDRIT AUS DEN SALZFÜHRENDEN FORMATIONEN
DES MIOZÄNS DER OSTSLOWAKEI

(Abb. 1–7)

Zusammenfassung: Die Lagerstätten und Vorkommen von Salz im ostslowakischen Miozän sind von Akkumulationen der Sulfate — Anhydrit und Gips — begleitet, denen bisher keine Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Sulfate wurden im ostslowakischen Miozän in acht Bereichen festgestellt, die hauptsächlich am Nordrand der ostslowakischen Ebene, zwischen Prešov und Michalovce, konzentriert sind (Abb. 1). Die Salzlagerstätten sind in zwei stratigraphischen Horizonten entwickelt — im Karpat und im marinen oberen Torton. In vorliegender Arbeit führt Verf. Erkenntnisse an, aus denen hervorgeht, dass die Salzhorizonte die Optima des Evaporisationsprozesses darstellen, während die Sulfate — vertikal und auch lateral — über die Salzhorizonte hinausreichen. Es lässt sich schliessen, dass die Evaporite in zusammenhängender Entwicklung vom Karpat (Gebiet von Prešov) über das untere marine Torton, Zone der *Spiroplectamina carinata*, bis an die Bolivina-Bulimina-Zone heranreichen. Das primäre Sulfat in dem Becken ist Anhydrit, der z. T. in situ hydratisierte und z. T. in gelöstem Zustand ummigrierte und in die klaffenden Spalten ausgeschieden wurde, die sich zur Zeit der in dieser Region herrschenden tektonischen Unruhe öffneten. Der Anhydrit tritt in Gestalt reiner Konkretionen und Lamina auf, deren Zusammensetzung der stöchiometrischen nahe ist, oder als Imprägnation, resp. Bindemittel der pelitischen bis Silt-Gesteine, wo der SO_3 -Gehalt bis 14 % erreicht. In der Arbeit werden die mineralogisch-chemischen Eigenschaften der Sulfate charakterisiert, besonders was den Bereich Zbudza und Sarišská Poruba betrifft.

Einleitung

Durch weitreichende geologische Erkundungsarbeiten in der Region des ostslowakischen Neogens wurde eine grosse Menge geologischer Erkenntnisse über die evaporitischen Formationen angesammelt. Bisher schenkte, man grössere Aufmerksamkeit dem Steinsalz, wie aus dem vollständigen, diese Problematik betreffenden Verzeichnis geologischer Literatur hervorgeht.

Mit den geologischen und bergbautechnischen Verhältnissen des älteren (Karpat) Salzhorizontes (Bereich des Beckens von Prešov) befassten sich bereits mehrere Autoren wie A. Gessel 1886, S. Fischer 1887, L. Urbanek 1937, J. Koblic 1939, A. Prokopovský 1938, D. Andrusov 1950, 1951, M. Vašíček 1955, A. Polák 1955, V. Homola 1954, V. Kantorová 1954, Ferner berührt eine ganze Reihe von Autoren diese Problematik in Zusammenhang mit dem geologischen Bau der Umgebung, in letzter Zeit namentlich T. Buday 1959, I. Cicha 1954, I. Cicha, J. Kheil 1962.

Der obere Salzhorizont, welcher östlich des Prešov-Tokaj-Gebirges festgestellt wurde, lenkte ebenfalls die Aufmerksamkeit mehrerer Autoren auf sich. Seit seiner Entdeckung beschäftigten sich mit ihm J. Janáček 1958, 1959, 1960, T. Buday, J. Janáček, M. Dostálek 1964, A. Džubera 1961, 1963, 1964, J. Čverčko, D. Ďurica 1965, V. Gašparíková 1963, T. Mocik, J. Valušiak 1965, Račický M., T. Repka 1964, J. Švagrovský 1960. In den angeführten Arbeiten schenkte man den Sulfaten fast gar keine Aufmerksamkeit, weder von mineralogisch-geochemischem, noch vom geologisch-positionalen Standpunkt.

Das theoretische und praktische Interesse, welches die Evaporite der ostslowakischen

* Ing. J. Slávik, Geol. Forschung N. U., Geol. Zentrale Košice, Ul. SNP 21.

Molasse erregen, erforderte auch eine übersichtliche Bearbeitung der Sulfate. Die diesbezügliche Forschung führte auch zu einigen wichtigen Ergebnissen über die Stellung der evaporitischen Formationen in den miozänen Schichtfolgen des ostslowakischen Beckens.

Geographische Verteilung der ostslowakischen Evaporite

Die Sulfat-Akkumulationen im Miozän der Ostslowakei stehen in genetischem Zusammenhang mit den Salzformationen. Da sich aber die Sulfate innerhalb eines weiteren Bereichs der physikalisch-chemischen Bedingungen ausscheiden können, überschreiten sie sowohl vertikal als auch horizontal die Salzsedimentation und in mehreren Regionen alternieren sie mit ihr. Wie aus dem beigefügten Kärtchen ersichtlich ist, finden sich gegenwärtig die meiste Sulfat-Vorkommen längs des Nordrandes des miozänen Sedimentationsbeckens (Abb. 1). Die in dieser Region vorkommenden Evaporite gehören beiden angeführten Salzhorizonten an. Bei dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse ist man der Ansicht, dass die erwähnte Konzentration der Evaporite am Nordrand der miozänen Molasse eine primäre, paläogeographisch-genetische Bedeutung hat.

1. Die Evaporite des unteren salzführenden Horizontes wurden in zwei Bereichen festgestellt, und zwar im Karpat des Beckens von Prešov und im Karpat zwischen Strážske und Vranov.

Bereich A. Becken von Prešov. Am nordöstlichen Ende des Prešov-Beckens finden sich Salzkörper, die bereits seit 1000 Jahren bekannt sind. Die Salz-Lage, die

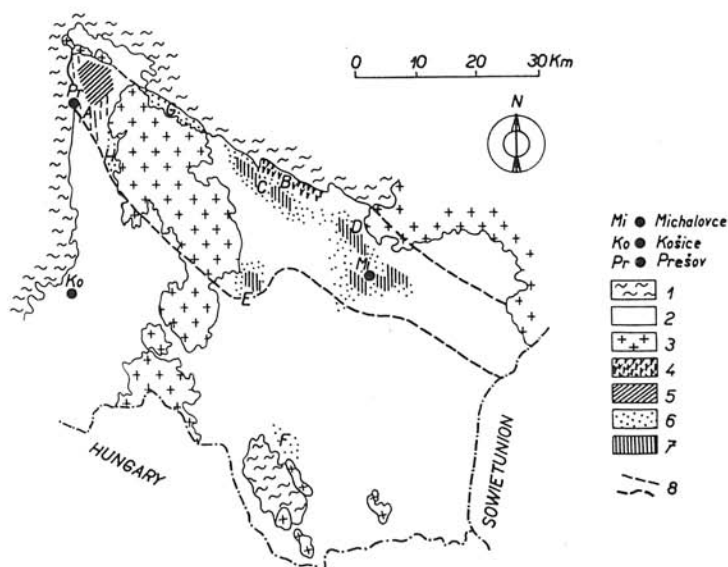


Abb. 1. Schematische geologische Situationskarte der Evaporit-Formationen des Neogens der Ostslowakei. 1 — vorneogene Formationen; 2 — sedimentäres Neogen; 3 — neovulkanische Formationen; 4 — karpatische Sulfate; 5 — karpatisches Salz; 6 — tortonische Sulfate; 7 — tortonisches Salz; 8 — voraussichtliche Verbreitung der Evaporit-Formationen.

hier heute in Sinkwerken ausgebeutet wird, ist maximal einige Zehner von Metern mächtig. Das Salz ist in ihr nur untergeordnet vertreten, vorherrschend sind die umgebenden Sedimente. Die Sulfate treten hier in Form kleiner Plättchen, Konkretionen, einzelner Körner und Zwischenschichtchen ohne industrielle Bedeutung auf. Die Sulfat-Körner überschreiten meist den Umfang der Salzlagen und wurden in der ganzen Reichweite der Karpat-Schichtfolge gefunden.

Bereich B. Vranov, Strážske. In dieser Region wurden keine makroskopisch erkennbaren Evaporite gefunden. Doch stellte J. Starobová (in J. Janáček 1959) in der sandigen Fraktion der Pelite beim Wasch-verfahren — reichliche Nädelchen von autigenem Gips fest. Es ist nicht ausgeschlossen, dass diese auch sekundär — durch Oxydation von Pyrit der Sedimente (M. Mišík l. c.), entstehen konnten.

2. Die Evaporite des oberen salzführenden Horizontes bilden einen nahezu zusammenhängenden Saum des Nordrandes der miozänen Depression. Man kann sie in folgende Bereiche aufteilen:

Bereich C. Vranov—Čaklov. Die Evaporite wurden hier auf Zwischenschollen karpatischer Richtung festgestellt. Auf den älteren Schollen erscheinen nur mehr die älteren Serie, auf den jüngeren ist die evaporitische Schichtfolge tief eingesunken und es ist wahrscheinlich, dass die Salzsedimentation ausklingt und die Evaporite nur durch vereinzelte Gipskörner dargestellt werden.

Bereich D. Zbudza—Michalovce. Gegenwärtig ist es die am besten durchforschte Region des oberen Salzhorizontes. Die Sulfate sind hier breit entwickelt und ihre Menge bewegt sich um 15 Millionen Tonnen. Dieser Bereich ist bisher nicht zuverlässig abgegrenzt, da östlich und südlich von Michalovce, im Gebiet von Veľké Zálužice und Krasnovce; vor kurzem neuerdings Salzlagen angebohrt wurden. Ihr Umfang wurde jedoch bisher noch nicht festgestellt.

Bereich E. Albinov. Das war die erste Region, in der die Anwesenheit des oberen Salzhorizontes (im J. 1957) in mehr als 2400 m Tiefe festgestellt wurde. Aus diesem Grunde schenkte man dieser Region keine weitere Aufmerksamkeit in Bezug auf die Evaporite.

Bereich F. Novosad—Veľaty. In dieser Region, die sich am Südrand der neogenen Senkung befindet, wurden nur selten Konkretionen von Sulfaten gefunden.

Bereich G. Šarišská Poruba—Pavlovce. In dieser Region waren Gipsvorkommen schon vor sehr langer Zeit bekannt. Im J. 1965 wurden sie geprüft, wobei man feststellte, dass es sich bloss um Selenit-Adern in den Gesteinen des unteren Torton handelt. Salz wurde hier nicht gefunden. Im weiteren Teil dieser Arbeit wird diese Region behandelt.

Auf Grund der angeführten Tatsachen können in sehr groben Umrissen die Grenzen der evaporitischen Formationen definiert werden (Abb. 1). Verf. ist der Meinung, dass sie ein verhältnismässig breites Band (etwa 10 km) bilden dürften, welches parallel zu dem Nordrande des neogenen Beckens verläuft; vermutlich ist jedoch ihr bedeutender Teil in schwer zugänglichen Teufen abgelagert.

Die stratigraphische Stellung der Evaporite

Der untere Salzhorizont ist an einen Teil der Schichtfolge des Karpat gebunden. J. Janáček (1959) machte auf die Möglichkeit einer stratigraphischen Identität beider Salzhorizonte aufmerksam. Im Widerspruch zu dieser Möglichkeit steht der Befund überzeugender mikrofaunistischer Vergesellschaftungen des Karpat im Liegenden der unteren salzführenden Schichtfolge (I. Čichá, J. Kheil 1962). J. Ja-

náček, T. Buday, D. Ďurica u. a. betrachten den oberen Salzhorizont als Teil der obertortonischen Zone der *Spiroplectamina carinata*.

V. Gašparíková (1963) stellte im Bereich der Lagerstätte Zbudza in den Bohrungen Zb-32 und Zb-34 im Liegenden des Salzhorizontes reiche Vergesellschaftungen fest, repräsentiert durch die Gattungen *Bulimina* [*B. elongata* (d'Orb.), *B. intensa* Liv., *B. ovata* (d'Orb.), *B. inflata* Sequ.], *Bolivina* [*B. dilatata* Rss., *B. beyrichi* Rss., *B. antiqua* (d'Orb.) *Uvigerina* (*U. acculeata* *acculeata* d'Orb., *U. acculeata* *orbignyana* Čížek., *U. venusta* *venusta* Franzosa, *U. semiornata* *urnula* d'Orb., *U. semiornata*, *semiornata*, *U. cf. acuminata* Hossius, *U. pygmaea* d'Orb.)], Ausserdem sind dort anwesend: *Cibicides pseudoungerianus* Cush., *Nalvuneria complanata* d'Orb., *Cibicides dutemplei* d'Orb., *Pullenia builoides* d'Orb., *Sphaeroidina bulloides* d'Orb., *Cassidulina laevigata* d'Orb., *Nodosaria rudis*, *Robulus intermedius* d'Orb., sowohl wie auch die planktonischen Formen *Elphidium macellum* Ficht. et Moll, *Elphidium crispum* L., *Nonion pompilioides* Ficht. et Moll und *Nonion bogdanowiczi*, Vol. Sehr selten wurden auch die agglutinierten Formen *Spiroplectamina carinata* (d'Orb.), *S. deperdita* d'Orb. und *Cyclamina cf. miocenica* Karr. gefunden.

Diese Assoziation entspricht den in dieser Region festgestellten Assoziationen aus der *Bulimina-Bolivina*-Zone. Deshalb vermuten wir, dass im Bereich der Lagerstätte Zbudza

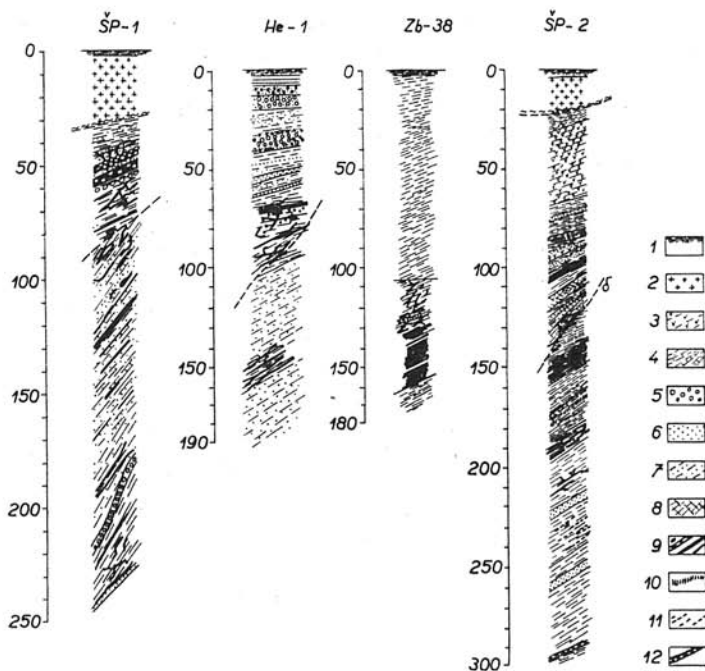


Abb. 2. Lithologische Profile durch Bohrungen mit typischer Sulfat-Entwicklung. 1 — Quarz; 2 — pyroxenischer Andesit; 3 — Rhyolith-Tuff und Tuffit; 4 — mergelige Tone mit vereinzelten Zwischenlagen von Sandstein oder Siltstein; 5 — polymikte Konglomerate mit exotischem Geröllmaterial; 6 — mächtigere Lagen von Siltsteinen und Sandsteinen; 7 — häufige Wechsellagerung von Tonsteinen mit Siltsteinen und Sandsteinen; 8 — Bentonit-Ton; 9 — Gips (z. T. Anhydrit) in Form von eingelagerten Lamina echter Gänge und des Bindmittels der Konglomerate; 10 — Pelosiderit; 11 — verkohlte Überreste; 12 — Kalkstein.

— die obere salzföhrnde evaporitische Sedimentation bis in die Bolivina-Bulimina-Zone eingreift.

Neues Licht auf die untere Grenze der oberen evaporitischen Formation warf die systematische paläontologische Erkundung der Bohrungen ŠP-1 und ŠP-2, die am Nordfuss des Prešov-Tokaj-Gebirges, zwischen Šarišská Poruba und Pavlovce, situiert sind. Diese Bohrungen durchbohrten unter abgeglittenen vulkanischen Blöcken eine sedimentäre Schichtfolge (siehe Abb. 2) mit einer 40 m mächtigen Lage von Rhyolith-Tuff (Tuffit), Konglomerate und unter diesen eine Ton-Silt-Schichtfolge mit einer Menge epigenetischer Gips-gängen aber auch mit primären sedimentären Sulfaten.

In der Schichtfolge fand V. Gašparíková (1965) arme Vergesellschaftungen benthonischer und planktonischer Foraminiferen. Am bedeutendsten vertreten sind die Arten *Globigerina bulloides* (d'Orb.), *Globigerinoides triloba* Reuss, *Globorotalia scitula* (Brady), *Orbulina saturalis* (Bronn), *Textularia abbreviata* (d'Orb.), *Textularia deperdita* (d'Orb.), *Spiroplectamina carinata* (d'Orb.), *Bathysyphon* sp., *Textularia abbreviata* (d'Orb.), *Allo-morphina haueriana* Neuborgen, *Plectofrondicularia miocenica* (Cushman), *Dentalina elegans* (d'Orb.), *Dentalina acuminata* (Reuss), *Robulus inornatus* (d'Orb.), *Robulus cultratus* (Montf.), *Robulus intermedius* (d'Orb.), *Lagena sulcata* (Walk. Jac.), *Guttulina irregularis* (d'Orb.), *Bulimina elongata* (d'Orb.), *Bulimina ovata* (d'Orb.), *Bulimina puppoidea* (d'Orb.), *Bulimina buchiana* (d'Orb.), *Virgulina scheiberzii* Czj., *Uvigerina venusta* Franz., *Uvigerina bononiensis compressa* Cushman, *Uvigerina acuminata* Hossius, *Siphonodosaria adolphina* (d'Orb.), *Angulogerina angulosa* Williamson u. a.

Die angeführte Assoziation ist derjenigen der Orbulinenzone aus dem vorkarpatischen Bereich ähnlich und diese wieder ist ein Bestandteil der Lanzerdorfer Serie, d. i. des unteren Torton. Daher lässt sich sagen, dass die stratigraphische Reichweite der evaporitischen Formationen in der Ostslowakei breiter sein kann, als bisher vorausgesetzt wurde und dass die Abscheidung, wenigstens der Sulfate, den finalen Stadien der Formierung der Lanzerdorfer Serie in begann und bis in die Bolivina-Bulimina-Zone eingriff.

Lithologische Verhältnisse der sulfatführenden Schichtfolgen

Auf Abb. 2 sind die charakteristischen Profile der Bohrungen dargestellt, die auf Sulfate stiessen. Es sind Profile der Bohrungen, die im Bereich C Hencovce (He-1), D Zbudza (Zb-38) und G ŠP-1 und ŠP-2 abgebohrt wurden. Aus diesen Profilen ist ersichtlich, dass der Gips sich auf die tonigen bis tonig-siltigen Teile der Schichtfolge des marinen Torton konzentriert. Nach der stratigraphischen Reichweite der angeführten Schichtfolge entspricht der Gips aus der Bohrung He-1 und die Bohrung Zb-38 den marinen Ablagerungen des oberen Torton, und die Bohrungen ŠP-1 und ŠP-2 vermutlich dem oberen Teil der Lanzerdorfer (?) Serie des unteren Torton. Die lithologischen Profile der Bohrungen ŠP-1 und ŠP-2 haben deutlich vorobertortonischen Charakter, sie finden sich unter einem mächtigen Horizont von Rhyolithuffen und enthalten klastogene Horizonte — Konglomerate und Sandsteine. Die Tone haben zeitweilig benthonisches Aussehen.

Die Sulfate im unteren Salzhorizont treten in einem Intervall von einigen 100 m auf, am häufigsten sind sie jedoch in der Nähe der Salzkörper. Dort bilden sie einzelne Lamina oder Gruppen deutlich primärer Lamina, die insbesondere an die pelitischen Abschnitte der Schichtfolge gebunden sind. Entsprechend der Entfernung von der salzföhrnden Schichtfolge werden die laminären Sulfate durch Konkretionen ersetzt, die in der Schichtfolge sporadisch verteilt sind. Die Dicke der Lamina und der Durchschnitt der Konkretionen übersteigt gewöhnlich nicht 2–3 cm.

Im untersten sulfatführenden Teil des oberen Salzhorizontes, im Bereich der Bohrun-

gen ŠP-1 und ŠP-2, finden sich Sulfate von zweierlei Typus. Einerseits bilden die Sulfate Imprägnationen und das Bindemittel pelitischer Sedimente, die makroskopisch nur schwer erkenntlich sind (im Sonnenlicht zeigt die Bruchfläche die für Sulfate typischen Reflexe). Es lässt sich voraussetzen, dass es sich um ein anhydritisches Bindemittel des pelitischen Sediments handelt. Diese Sedimente haben gewöhnlich eine Mächtigkeit von einigen dm und manchmal wiederholen sie sich in mehrmaliger Wechsellagerung. Den zweiten Typus repräsentiert die Anwesenheit eines wasserklar durchscheinenden bis durchsichtigen selenitischen Gipses mit Seidenglanz auf der Bruchfläche. Dieser Typus ist deutlich sekundär und füllt die Spalten im Sedimentationskomplex aus. Die festgestellte unechte Mächtigkeit des Selenits betrug bis 60 cm. Ähnliche Verhältnisse herrschen auch im Bereich C, wenn auch dort keine so grossen Selenit-Adern bekannt sind. Im Bereich Zbudza—Michalovce erreicht die Sulfat-Sedimentation ihr Maximum (nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse). In dieser Region kam es zur Ausbildung verhältnismässig mächtiger Lagen eines primären, durch tonige Beimengung nur schwach verunreinigten Anhydrits, z. B. in der Bohrung Zb-38 ist die Sulfat-Lage mächtiger als 20 m. Die Sulfate wechsellagern hier mit Zwischenlagen mergeliger Tone. Diese Sulfat-Lage geht gegen das Hangende in Tone über, die von Sulfaten durchdrungen sind, analog wie in dem Bereich der Bohrungen ŠP-1 und ŠP-2. Ausserdem sind auch hier Anhydrit-Konkretionen häufig, sowohl in den sedimentären detritischen Schichtfolgen, als auch im Salz, wo die primären Konkretionen von Anhydrit unter dem Einfluss der Atmosphärrillen in Gips übergehen und weisse kornartige Ausblühungen auf den Salzkernen bilden.

Chemisch-mineralogische Charakteristik der Sulfate

Für das mineralogisch-chemische Studium der Sulfate wurden Proben aus dem Bereich Šarišská Poruba—Pavlovce (Bereich G) und aus dem Bereich von Zbudza (Bereich D) ausgewählt, wo die Sulfate am besten entwickelt sind.

Komplette chemische Analysen wurden aus den Tonen durchgeführt, die nach der makroskopischen Beobachtung Sulfat als Bestandteil der bindenden Masse enthielten. Typisch ist die Zusammensetzung des Gesteins in Bohrung ŠP-2 aus der Teufe 98 m: $\text{SiO}_2 = 62,48\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7,41\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,87\%$, $\text{CaO} = 8,51\%$, $\text{MgO} = 3,01\%$, $\text{TiO}_2 = 0,49\%$, $\text{K}_2\text{O} = 1,51\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 1,08\%$, $\text{FeO} = 0,57\%$, $\text{SO}_4 = 3,29\%$, $\text{H}_2\text{O}^+ = 1,46\%$, $\text{H}_2\text{O}^- = 3,44\%$.

Diese und weitere Analysen analysierte KAP — Laboratorium der Geologischen Forschung in Spišská Nová Ves.

Aus der Analyse geht hervor, dass das Gestein etwa 5% Anhydrit enthält (z. T. sichtlich hydratiert).

Noch stärker tritt der Gehalt an Sulfaten in der Teufe 118,50 m hervor, wo der Chemismus des Gesteins folgende Zusammensetzung aufweist: $\text{SiO}_2 = 30,84\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7,20\%$, $\text{CaO} = 17,40\%$, $\text{MgO} = 2,11\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 0,81\%$, $\text{K}_2\text{O} = 1,80\%$, $\text{SiO}_3 = 17,62\%$, $\text{H}_2\text{O} (50^\circ\text{C}) = 1,49\%$, $\text{H}_2\text{O} (300^\circ\text{C}) = 9,83\%$, Glühverlust = $21,01\%$.

Aus dem Bereich Zbudza wurde der Sulfat-Horizont aus der Bohrung Zb-36 (siehe Abb. 2) vorläufig analysiert und zwar in Interwallen von 2 m, vom Gesichtspunkt des Sulfat-Gehaltes. Nach A. Džubera (1963) ergaben die Analysen die in Tabelle 1 angeführten Werte.

Aus der angeführten Tabelle 1 ist klar ersichtlich, dass der Anhydrit bereits eine weitreichende Hydratation erfahren hat, d. i. dass es sich eigentlich um Gips handelt, der der IV. qualitativen Klasse der tschechoslowakischen Normen entspricht. Analoge Verhältnisse wurden in den umgebenden Bohrungen Zb-32 (15,2 m), Zb-34 (19,8 m),

Zb-36 (8,7 m), Zb-37 (18,4 m) festgestellt. Alle diese Bohrungen finden sich am NW Rande der Lagerstätte und stellen einen lateralen Austausch der Salz-Sedimentation durch die Sulfat-Sedimentation dar (die Teufe des Absatzes schwankt von 150 bis 600 m). In diesem Bereich wurde reiner Anhydrit aus Bohrung Zb-32 aus einer Teufe von 580 m aussepariert. Durch die komplette chemische Analyse erhielten wir folgende Werte:

$\text{SiO}_2 = 1,58\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,33\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,18\%$, $\text{CaO} = 39,17\%$, $\text{MgO} = 0,32\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,05\%$, $\text{TiO}_2 = 0,02\%$, $\text{MnO} = \text{Spuren}$, $\text{H}_2\text{O} (50^\circ\text{C}) = 0,07\%$, $\text{H}_2\text{O} (300^\circ\text{C}) = 1,79\%$, Glühverlust = $3,71\%$, $\text{SO}_3 = 54,32\%$. Da die theoretische Zusammensetzung des Anhydrits $\text{CaO} = 41,2\%$, $\text{SO}_3 = 58,8\%$ ausmacht, handelt es sich um ein — diesem chemisch sehr nahestehendes Material.

Tabelle 1

Probe	Komponente				Umrechnung		
	CaO	SO ₃	H ₂ O (50 °C)	H ₂ O (300 °C)	CaSO ₄ · 2H ₂ O	CaSO ₄	Verunreinigung
Zb-38/1	28,81	37,09	0,12	15,99	69,37	17,23	13,4
Zb-38/2	21,16	23,96	0,86	10,67	46,26	35,80	17,4
Zb-38/3	25,99	32,86	0,34	13,85	60,08	24,09	15,84
Zb-38/4	27,0	34,32	0,24	14,92	64,72	21,63	13,65
Zb-38/5	23,24	27,22	0,55	11,59	50,02	30,75	19,23
Zb-38/6	24,92	31,04	0,37	13,15	57,05	26,68	16,27
Zb-38/7	28,12	36,56	0,18	15,48	67,15	18,91	13,94
Zb-38/8	23,66	29,13	0,61	12,85	55,74	29,74	14,52
Zb-38/9	27,98	36,24	0,13	15,74	68,28	19,25	12,47
Zb-38/10	29,65	39,92	0,12	17,27	74,92	15,19	9,89

Die Analysen wurden durch das Laboratorium der Geologischen Forschung, Spišská Nová Ves, durchgeführt.

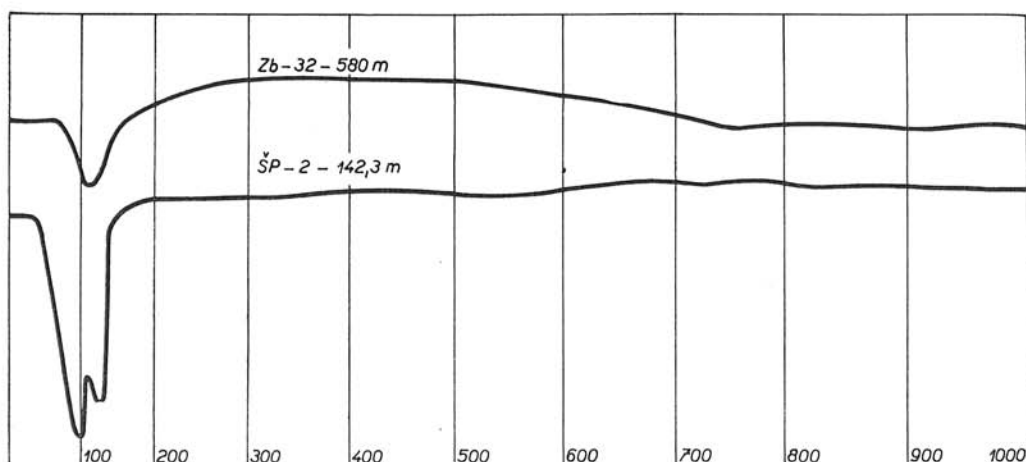


Abb. 3. Obere Kurve Anhydrit (Zb-32, 580 m), untere Kurve selenitischer sekundärer Gips (SP-2, 142,3 m).

Tabelle 2

Sign. d. Probe	Konzentration				
	über 1 ‰	1,0—0,1 ‰	0,1—0,01 ‰	0,01—0,001 ‰	problematic.
Zb-38/4 (139 m)	Ca, Mg, Si, Al, Fe	Sr, Mn, Na	K, Ti, Ba	Cr, B, Cu, Mo, V, Pb, Jn, Ni, Ga	Zr, Cs, Ag, Co, Sn, Li, Y
Zb-32 (580 m)	Ca, Si	Mg, Al, Fe	Sr, Ba, Ti	Mn, Na, Ti, K, Ag	Ni
ŠP-2 (142,3 m)	Ca	—	Fe, Mg, Si, Ag	Sr, Mn, Ti, Ag	Cr, Na, Ba, Pb

Die Analysen wurden durchgeführt durch das Laboratorium der Geologischen Forschung, Spišská Nová Ves, auf dem Spektrographen PGS-2 durch Wechselbogen. Exposition 2×50 s., Spalte 0,008, Kohle-Elektroden — Kablo, Blende: Zwischenbildblende 5, Platten: Gavaert, Entwickler: Rodinal 1 : 20/6 Min.

Tabelle 3

Anhydrit Zb-32 (580 m)				selenitischer Gips ŠP-2 (143 m)			
J	d	J	d	J	d	J	d
7	3,80	5	3,85	3	4,12	10	3,49
8	3,17	10	3,07	10	3,37	1	3,19
7	3,75	7	2,89	3	3,09	2	2,46
8	2,60	8	2,69	4	2,48	6	2,32
5	2,46	1	2,49	6	2,34	6	2,20
4	2,33	3	2,29	6	2,13	3	2,08
6	2,24	6	2,29	5	2,05	7	1,86
3	2,18	1	2,14	7	1,83	6	1,74
9	2,10	9	2,08	6	1,737	8	1,640
5	1,96	1	1,99	8	1,630	3	1,560
9	1,861	9	1,890	3	1,552	4	1,520
6	1,802	8	1,807	4	1,512	1	1,487
8	1,768	8	1,774	4	1,456	4	1,420
2	1,687	2	1,659	4	1,415	1	1,360
5	1,616	5	1,616	3	1,376	5	1,318
3	1,587	3	1,580	5	1,323	—	—
6	1,501	4	1,526	—	—	—	—
4	1,454	4	1,455	—	—	—	—
1	1,386	1	1,399	—	—	—	—
7	1,369	7	1,362	—	—	—	—
6	1,332	6	1,338	—	—	—	—
5	1,266	6	1,275	—	—	—	—

Die Aufnahme-Arbeiten wurden im Laboratorium der Geologischen Forschung in Spišská Nová Ves am Apparat Mikrometa unter Anwendung von Cu-Strahlung durchgeführt. Spalte 1 mm, Film Agfa Metalix. KV — 20 mA, Kammerdurchschnitt 64 mm, Exposition 5 St.

Abb. 4. Wechsellagerung subparalleler Lamina eines hydratierten Anhydrits mit ausgeflocktem pelitischem Sediment. Nikols //, vergr. 11 X.

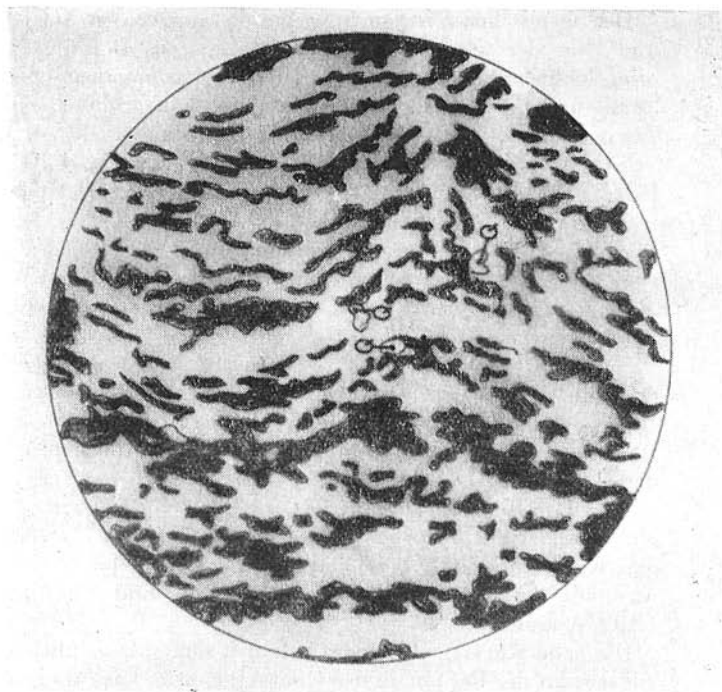
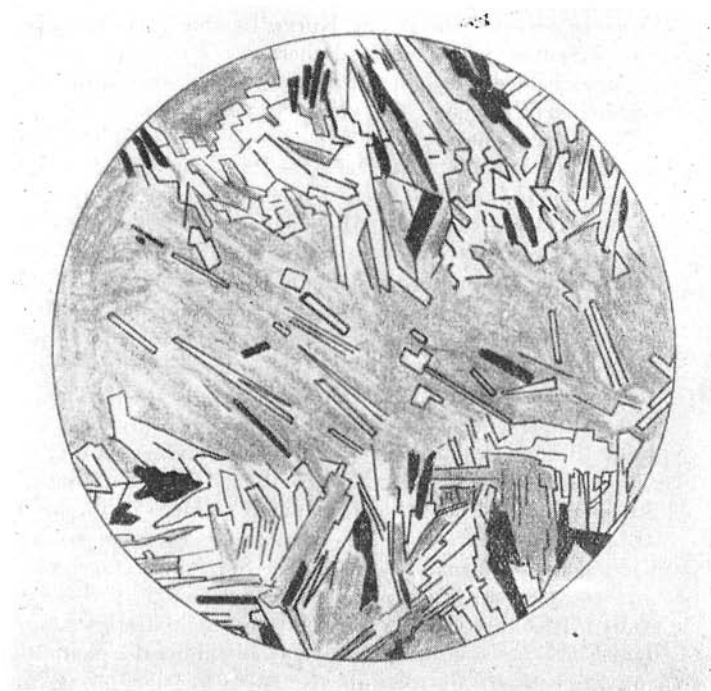


Abb. 5. Kristalliner Anhydrit mit dichten submikroskopischen Streifen, in denen „bazillenartige“ Stäbchen des gleichen Minerals auftreten. Zbudza. Nikols X, vergr. 11 X.



Der chemischen Untersuchung wurden ausser den Anhydriten auch Gipse unterzogen und zwar der sekundäre selenitische Gips aus Bohrung ŠP-2 aus 142,3 m Teufe, der offensichtlich durch Auflösung der Sulfat-Komponente der Tone (z. B. Analyse ŠP-2, 98 m) und Ausfällung in den sich öffnenden Spalten entstanden ist. Die chemische Zusammensetzung dieses Gipses ist folgende:

$\text{SiO}_2 = 0,31\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,03\%$, $\text{CaO} = 31,81\%$, $\text{MgO} = 0,16\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,05\%$, $\text{TiO}_2 = 0,03\%$, $\text{MnO} = \text{Spuren}$, $\text{H}_2\text{O} (50^\circ\text{C}) = 0,01\%$, $\text{H}_2\text{O} (300^\circ\text{C}) = 20,04\%$, Glühverlust = $32,5\%$, $\text{SO}_3 = 46,63\%$. Aus dem Vergleich mit der stöchiometrischen Zusammensetzung $\text{CaO} = 32,5\%$, $\text{H}_2\text{O} = 20,09\%$, $\text{SO}_3 = 46,6\%$ geht hervor, dass es sich um nahezu reinen Gips handelt.

Viele Sulfat-Proben wurden auch spektral analysiert. Die typischen Ergebnisse dieser Analysen sind in Tabelle 2 angeführt.

Aus vorliegender Tabelle 2 ist eine schrittweise Reinigung des Materials klar ersichtlich. Zwischen Zb-38 und Zb-32 geht es bloss um eine Reinigung von mechanischen Verunreinigungen, während zwischen Zb-32 und ŠP-2 eine chemische Reinigung sichtbar ist — infolge Auflösung, Abwanderung und neuer Ausscheidung der Minerale.

Durch differential-thermische Analysen von Anhydrit und Gips (Proben Zb-32, 580 m und ŠP-2 142,3 m) erhielten wir folgende Kurven (Abb. 3). Die Vermerkung der Kurven erfolgte bei einer Temperaturerhöhung von etwa $100^\circ\text{C}/10\text{ Min.}$ bei Anwendung eines PtRh-Pt Thermoelements und Empfindlichkeit des Galvanometers $1 \cdot 10^{-7}\text{ A/mm/m.}$

Die erste Kurve stellt einen Anhydrit dar, der sichtlich schwach hydratiert, d. i. wenigstens an der Peripherie der Konkretionen in Gips umgewandelt ist. In dieser Hinsicht bestätigt die Kurve das Ergebnis der chemischen Analyse, die $1,79\%$ gebundenen Wassers aufwies. Die zweite Kurve ist eine typische Gips-Kurve mit charakteristischer Verdoppelung der ersten Endotherme.

Diese beiden typischen Proben wurden auch röntgenometrisch aufgenommen. Die erhaltenen Werte sind in Tabelle 3 angeführt.

Nach den Tabellen V. I. Michejvs (1957) wurde die mineralogische Zugehörigkeit der Proben bestätigt. Die erste Probe ist Anhydrit und die zweite Gips.

Mit der mikroskopischen Untersuchung der Sulfate aus der Lagerstätte Zbudza befassten sich als erste T. Móci k und J. Valuš i a k (1965). Nach diesen Angaben kann als primäres Sulfat nur der Anhydrit betrachtet werden, der verschiedene primäre Bildungsstrukturen aufweist. Zum Beispiel führt eine gemischte pelitisch-chemogene Sedimentation zur Entstehung der pelitischen Anhydrit-Bänderstrukturen, in denen vielleicht infolge der Rekristallisation des Anhydrits, resp. dessen teilweiser Hydratation und daraus hervorgehendem vergrössertem Umfang, zur Störung der ursprünglichen geschichteten Textur und zur Ausflockung des pelitischen Inhalts kommt (siehe Abb. 4). Abb. 5 stellt eine teilweise auskristallisierte Anhydrit-Lage dar, die jedoch eine Einlage eines filzigen, submikroskopisch kristallinen Anhydrits mit stäbchenförmigen einzelnen Kristallen enthält. Eine sehr typische Struktur des primären Anhydrits ist die Struktur „pile of brick“ (Ziegelhaufenstruktur) im Sinne A. Carozzi (1963), die auf Abb. 6 dargestellt ist. Eine interessante Tatsache sind die konkretionalen Anhydrit-Kriställchen, die man häufig in der Sulzmasse eingeschlossen findet. Auf Abb. 7 sieht man deutlich die Beziehung des Salzes (mit typischer würfelförmiger Spaltbarkeit) zu der Anhydrit-Konkretion. Diese Konkretionen hydratieren an der Oberfläche schnell unter dem Einfluss der Atmosphärrillen und bilden die charakteristischen weissen Gipsblüten auf den Körnern des Steinsalzes.

Abb. 6. Primärer Anhydrit.
Struktur „pile of brick“
(Ziegelhaufen). Zbudza Ni-
kols //, vergr. 136 X

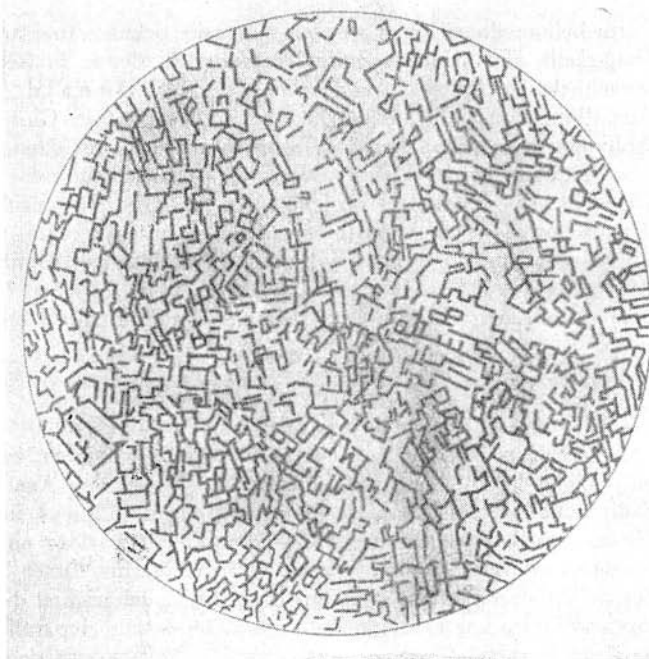
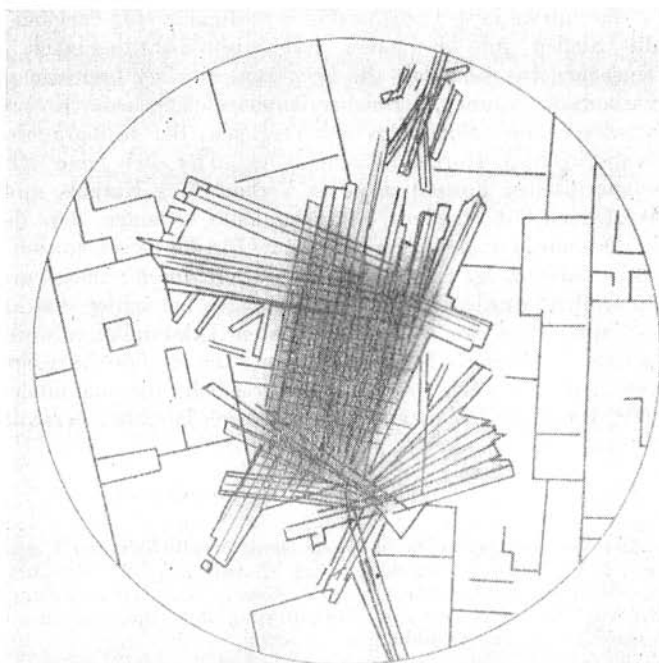


Abb. 7. Stäbchenartige, ra-
diale Anhydritkonkretionen
in Salz. budza. Nikols //,
vergr. 27 X



Die Genesis der Sulfate

Im behandelten Gebiet wurden einerseits primäre und andererseits sekundäre Sulfate festgestellt. Ein primäres Sulfat ist Anhydrit, der z. T. (sekundär) hydratiert ist. Nach verschiedenen Autoren (namentlich G. MacDonald 1953) kann im Verlauf der Ausfällung von Halit aus der Lösung (in Meerwasser) Gips nicht ausgeschieden werden. Anhydrit kann schon bei der Temperatur 34 °C ausfallen, bei hohen Konzentrationen der Solquelle kann er sich jedoch ohne Rücksicht auf die Temperatur ausscheiden. Eine Reihe von Faktoren spricht dafür, dass der Anhydrit das ursprüngliche Sulfat in der ostslowakischen Molasse war. Dieser unterlag zum Teil, ja manchmal auch in überwiegender Masse der Hydratation. Der faserige selenitische Gips entstehend durch Auflösung des Sulfat-Gehaltes und Ausscheidung aus den Lösungen in den — während der tektonischen Unruhe der Region — aufklaffenden Spalten.

Zusammenfassung

In der ostslowakischen neogenen Region existieren zwei Salzhorizonte: der karpatische und der obertortonische. Es hat jedoch den Anschein, dass die evaporitische Sedimentation einen nahezu ununterbrochenen Prozess im Zeitabschnitt von Karpat bis zu der Bolivina-Bulimina-Zone des oberen Torton einberechnet bildet, wobei die Salzhorizonte zeitlich und auch situell die optima dieser Sedimentation darstellen. In der Arbeit sind Beweise angeführt von der Zugehörigkeit der Salzformation von Michalovce—Zbudza zur Bolivina-Bulimina-Zone — und der Sulfat-Sedimentation im Bereich Šarišská Poruba—Pavlovce zur Lanzerdorfer (?) Zone des unteren Torton.

Die Sulfate in der ostslowakischen Region sind regional entwickelt, während das Salz die Stellen mit optimalen Evaporisationsbedingungen indiziert. Die angeführten Tatsachen besagen, dass die Evaporite in einer breiteren stratigraphischen Spannweite vorkommen können, als bisher vorausgesetzt wurde (Karpat und Zone mit *Spiroplectamina carinata*). Angesichts des Vergleichs der stratigraphischen Position der einzelnen evaporitischen Horizonte scheint es, dass sich eine allmähliche Verschiebung der evaporitischen Formationen im Verlaufe des Karpats und des marinen Torton von West nach Ost verfolgen lässt. Das kann bedeuten, dass die klimatischen Bedingungen in der ganzen angeführten Zeitspanne für die Evaporisation geeignet waren und dass die Akkumulation der Evaporite insbesondere durch paläogeographische Einflüsse prinzipiell kontrolliert wurde. Optimale Bedingungen herrschten erst im Zeitabschnitt der Bolivina-Bulimina-Zone, wo es zur maximalen Akkumulation sowohl des Salzes als auch der Sulfate im Bereich Michalovce kam. Die Sulfate überschreiten die Salzsedimentation veretikal und auch lateral, doch geschieht die maximale Akkumulation der Sulfate (NW Rand der Lagerstätte Zbudza) durch laterale Alternation der Sedimentation.

Danksagung

Der Verfasser ist zu besonderem Dank verpflichtet den Herren A. Džubera, T. Móciik und J. Valušiaik, sowohl wie den Mitarbeitern ČND Michalovce für die Gewährung einiger, bisher nicht publizierter Angaben, ferner dem Laboratorium der Geologischen Forschung Spišská Nová Ves für die Durchführung der Analysen und Frau B. Magová für die Umzeichnung der Abbildungen.

Übersetzt von V. L. Dlabáčová.

SCHRIFTTUM

- Andrusov D., 1950: Soľné ložiská na východnom Slovensku. Almanach východného Slovenska 1948—1949, Košice. — Andrusov D., 1951: Charakter a pôvod soľných ložísk východného Slovenska. Sborn. Ústř. úst. geol. 18, Praha. — Buday T., Janáček J., Dostál M., 1964: K výskytu chemických sedimentů ve východoslovenské neogenní pánvi. Praha. — Carozzi A., 1960: Microscopic Sedimentary Petrography. Chicago Univ. Press, Chicago. — Cicha I., 1954: Zpráva o mikropaleontologickém průzkumu vrtu 15 a 35 v solinosné oblasti Prešovské. Zpráva Nerudného průzkumu, Brno. — Cicha I., Kheil J., 1962: Mikrobiostratigrafie miocénu východoslovenské neogenní oblasti. Sborn. Ústř. úst. geol. 27, Praha. — Čverčko D., Durica D., 1965: Soľné ložisko Zalužice pri Michalovciach. Geol. úst. D. Stúra, Bratislava. — Džubera A., 1961: Závěrečná zpráva a výpočet zásob Zbudza-soľ VP a PP so stavom ku 31. 12. 1961. Archiv Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves. — Džubera A., 1963: Závěrečná zpráva a výpočet zásob Zbudza II-soľ VP a Zbudza-soľ PP so stavom ku 31. 12. 1963. Archiv Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves. — Džubera A., 1964: Závěrečná zpráva a výpočet zásob Vranov-soľ so stavom k 31. 12. 1964. Archiv Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves. — Fischer S., 1887: Die Salzquellen Ungarns im Auftrage d. kng. geol. Gesellschaft untersucht und bearbeitet von S. Fischer. Földt. közl. 18, Budapest. — Gašparíková V., 1963: Mikrobiostratigrafické pomery okolia ložiska Zbudza. Geol. práce, Zprávy 29, Bratislava. — Gašparíková V., 1965: Mikropaleontologické zpracovanie vrto v ŠP-1 a ŠP-2. Archiv Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves. — Gessel A., 1886: Geologische Verhältnisse des Steinsalzbergbaugebietes von Soóvár mit Rücksicht auf die Wiederöffnung der ertränkten Steinsalzgrube. Mitt. Jahrb. k. ung. geol. Aust. 7, Budapest. — Homola V., 1954: Geologie Východoslovenské neogenní pánve. Archiv Úst. pro naft. výzkum, Brno. — Janáček J., 1958: Nové ložisko soli na Východním Slovensku. Geol. práce, Zprávy 14, Bratislava. — Janáček J., 1959: Ložisko kamenné soli na Východním Slovensku. Geol. průzkum, Brno. — Janáček J., 1960: Geologické pomery solného ložiska u Michalovců na východním Slovensku. Geol. práce, Zprávy 20, Bratislava. — Koblic J., 1940: Kamenná sůl Marmarošské Solotviny na býv. Podkarpatské Ukrajině a ze Solnohradu u Prešova. Věstn. Geol. úst. pro Čechy a Moravu 15, Praha. — Mac Donald G., 1953: Anhydrite-gypsum equilibrium relations. Amer. Jour. of Sci. 251. — Mócsik T., Valušia J., 1965: Mineralógia a petrografia evaporitov a ich doprevádzajúcich sedimentov. Prir. fakulta UK, Bratislava. — Polák A., 1955: Průzkum solinosné oblasti Prešov. Archiv Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves. — Prokopovský A., 1938: Soľné ložisko a jeho exploitate pro solivary v Prešově (Slovensko). Sborn. spojeného banského revíru pre Slovensko a Podkarpatskú Rus 1, Bratislava. — Račický M., Repka T., 1964: Hydrogeologické pomery ložiska kamennej soli pri obci Zbudza. Geol. práce, Zprávy 32, Bratislava. — Svagrovský J., 1960: Fauna mäkkýšov z vrto v Zbudza. Geofond, Bratislava. — Urbánek L., 1937: Neogén prešovského okoli. Sborn. Stát. múzea D. Stúra 1, Banská Štiavnica. — Vašíček M., 1954: Genese solných ložísek na Východním Slovensku. Sborn. Ústř. ústavu geol. 21, 2, Praha.

Zur Veröffentlichung empfohlen von M. Mišík.