

EUDOVÍT IVAN*

**DIE ENTSTEHUNG DER BENTONITE
IN DER OSTSLOWAKISCHEN TIEFEBENE**
(Abb. 1—5)

Zusammenfassung: Der Autor bewertet in vorliegender Arbeit kritisch die bisherigen Theorien über die Genese der slowakischen Bentonite. Auf geologischer und stratigraphisch-tektonischer Grundlage wird die Möglichkeit einer Entstehung der Bentonit-Lagerstätten der Ostslowakei auf hydrothermalen Wege oder durch Halmyrolyse ausgeschlossen. Die Genese der Bentonite wird mit der Umbildung von pyroklastischen Produkten unter Mitwirkung der Oberflächen- und Grundwässer in Zusammenhang gebracht. Eingehend werden die Lokalitäten Michafany und Luhyná behandelt.

Unter den Synonymen Bentonit, Bentonit-Tone, Montmorillonit-Tone, bürgert sich als gebräuchlichster der Begriff Bentonit ein. In der Regel wurde seine Entstehung mit dem Zerfall vulkanischer Gesteine, vor allem Tuffen und Tuffiten in Zusammenhang gebracht. Diese Anschauung wird durch die Lagerstätten, die auf der gesamten Erde fast alle in umgebildetem Pyroklastikum angelegt sind, bestätigt. Montmorillonite, resp. Bentonite sind jedoch aus Arealen bekannt, in denen keine Umbildung aus vulkanischen Gesteinen vorausgesetzt werden kann (M. S. Švecov 1948). Montmorillonite können in monomineraler sowie vermischter Form auch in nicht-vulkanischem Milieu auftreten. Die örtliche Gebundenheit der geologischen Verhältnisse sowie die Buntheit der geologischen Entwicklung, stand auch mit der Buntheit ihrer Genese in Zusammenhang.

Die bedeutende wirtschaftliche Verwendung der Bentonite hatte ihre intensive Aufsuchung zur Folge, wodurch auch die Fragen der Genese akut wurden.

Die Anzahl der Feststellungen verringerte allmählich auch die Verschiedenheit der Ansichten über die Genese. Da es nicht Aufgabe des Artikels ist, die Ansichten über die Entstehung der Montmorillonite, bzw. Bentonite der Erde zu kommentieren, sei auf die Arbeiten hervorragender, bekannter Autoritäten (R. E. Grimm, W. D. Keller, E. Rios, W. Noll, I. N. Ginsburg, I. D. Sedlickij), die sich mit diesem Thema befaßt haben, hingewiesen.

Interessehalber beschreibe ich jedoch kurz die Ansicht über die Entstehung der Bentonite von Cabo de Gata (Siera de Gata, Almeria, Spanien).

J. L. Martin-Vivaldi, J. Cano-Ruiz und J. M. Fonbote (1956) betrachten die Bentonite der angeführten Lokalität, als *in situ* entstanden, und zwar aus vulkanischen Materialien, welche an dem Rande eines neogenen Beckens gelagert sind, wobei die Entstehungsbedingungen maritim oder hydrothermal gewesen sein könnten. Das führende Mineral auf der geförderten Lagerstätte ist Na-Montmorillonit mit einem hohen Eisen-Gehalt.

Mit der Problematik der Bentonite hängt ihre Genese eng zusammen. In diesem Artikel richte ich meine Aufmerksamkeit auf die, von unseren Forschern, vor allem Geologen, ausgesprochenen Ansichten über die Entstehung der Bentonite auf unserem Gebiet.

Der Übersicht halber muß kurz auf die geographische Verbreitung der Rohstoffe in der ČSSR hingewiesen werden.

Bei uns gehören die Bentonite zu den neuen Nichterz-Rohstoffen. In der ČSSR wurde ihre Förderung im Jahre 1941 auf der Lagerstätte Braňany begonnen. In dem ostslow-

* Dr. L. Ivan, Geofond, Bratislava, Galvaniho ul.

wakischen Neogen wurden sie bei Kuzmice im Jahre 1949 entdeckt. Zur Zeit sind bereits ausgedehntere Gebiete mit Bentonitvorkommen festgestellt worden. In dem Böhmischem Massiv sind dies, das Nordböhmische Sub-Erzgebirgs-Becken (Severočeská podkrkonošská pánev), das Böhmisches Mittelgebirge (České středohoří) und das Duppau-Gebirge (Dourovské hory). In dem Karpaten-Komplex treten Bentonite im Becken von Žiar und in der Umgebung von Levice auf. Als aussichtsreiche Areale in dem Bereich der Karpaten betrachte ich die neovulkanischen Gebirge und die anliegenden neogenen Depressionen.

Das bedeutendste Gebiet bestätigter industrieller Reserven ist die ostslowakische Tiefebene. Außer der industriellen Reserven wurde hier auch eine Anzahl aussichtsreicher Lokalitäten bestimmt.

Ansichten über die Entstehung der Bentonite in der ČSSR tauchten seit ihrer Entdeckung auf. Sie haben eine chronologische Reihenfolge, und hängen mit der Folge der Entdeckung der einzelnen Lagerstätten zusammen. Überwiegend weisen sie keine allgemeinen Folgerungen auf, sondern sind zum Großteil an konkrete Lagerstätten gebunden.

Ich führe zuerst die Ansichten der, über die Genese der Bentonite des Böhmischen Massivs schreibenden Autoren an.

Unter den ersten muß J. Konta (1957) angeführt werden, der den Bentonit von Braňany mit aller Wahrscheinlichkeit als zersetzen Basalt-Tuff ansieht, dessen Umbildung (wahrscheinlich) karbonatische Wässer (also Mineralwässer) verursacht haben. Die Kapazität solcher Wässer ist, wie allgemein bekannt, in dem Gebiet des Nordböhmischen Suberzgebirgsbeckens, und zwar in tektonischen Zonen, groß. N. Krutský (1964, Seite 37) schreibt über die Genese der Bentonite des Nordböhmischen Suberzgebirgsbeckens aus dem Bereich der Neovulkanite: „Die Bentonit-Lagerstätten entstanden durch sekundäre Umbildung von Basaltgesteinen, ihren Tuffen und Tuffiten, anscheinend unter besonderen Verwitterungsbedingungen.“ V. Cilek (1964, S. 344) erläutert die Entstehung der Bentonite des Chomutov-Pětipesy-Beckens folgendermaßen: „Die Bentonite entstanden durch die Wirkung, an vulkanische Tätigkeit gebundener hydrothermaler Lösungen. Hierfür spricht die Anwesenheit von Zeolithen sowie reichlich gangförmigen, faserigen Kalzits und Aragonits. Laut mikroskopischer Untersuchung ist auch der Montmorillonit durch hydrothermale Umbildung entstanden. Die Temperatur der heißen Lösungen, unter deren Einwirkung die Bentonitlagerstätten entstanden sind, erreichten 200 bis 100 °C.“ Dieses sind die neuesten Ansichten über die Genese der Bentonite in dem Gebiet des Böhmischen Massivs.

In dem Gebiete der Karpaten wurden Ansichten über die Genese der Bentonite des Beckens von Žiar und der Ostslowakischen Tiefebene veröffentlicht.

Die Entstehung der Bentonite in dem Žiar-Becken wird von M. Ciesárik und D. Očenáš (1964) kommentiert. Von ihnen wurden hier drei Bentonit-Variationen festgestellt und ihr Resultat ist ungefähr folgendes:

a) durch den Zerfall von Bimsstein- artigen Rhyolit-Tuffen entstandene Bentonite, bei denen kein sekundärer Transport auftritt;

b) durch die Verlagerung von vulkanischen Peliten in Wasserbecken entstandene Bentonite;

c) aus umgebildeten pyroklastischen Gesteinen resedimentierte Bentonite, und Bentonite, welche durch den Zerfall der höchsten Lagen von Rhyolit-Pyroblastika entstanden sind.

Am Ende der fünfziger und Anfang der sechziger Jahre richtete sich die Forschung und Erkundung auf die Auffindung von Lagerstätten in dem ostslowakischen neogenen

Becken, welches in Hinsicht auf diese Rohstoffe sehr aussichtsreich ist. Die Ergebnisse sind überraschend. In einer verhältnismäßig kurzen Zeit wurden einige Lagerstätten entdeckt und überprüft. Außerdem wurden Bentonite auch in zahlreichen Bohrungen und Ausbissen festgestellt. Im Sinne der Themenstellung möchte ich jene Autoren erwähnen, die in veröffentlichten Arbeiten ihre Ansicht auch über die Genese ausgesprochen haben. Da es sich um ein Gebiet handelt, in welchem ich gearbeitet habe, versuche ich einige der geäußerten Ansichten zu kommentieren.

Mit der Genese der ostslovakischen Bentonite befaßten sich in den letzten Jahren folgende Autoren: V. Radzo (1957, 1959), J. Konta (1957), J. Janáček (1959), J. Slávik (1962), L. Ivan (1962, 1963, 1965).

V. Radzo (1954) fügt die Bentonite von Svinica und Kuzmice nicht mit hydrothermalen Vorgängen in Zusammenhang. Er erklärt die Genese der (Bentonite) Montmorillonite aus vulkanischen Aschen, welche einer Hydratation, Auslaugung der Alkalien ausgesetzt waren und urteilt, daß dies auch durch das Austrocknen der Seen verursacht werden konnte.

V. Radzo (1959) setzt die Entstehung der Bentonite der Lagerstätte Fintice mit der Verwitterung eruptiver Produkte rhyolitischer vulkanischer Gesteine in Zusammenhang.

J. Konta (1957) verknüpft die Entstehung des Montmorillonits von Kuzmice mit der Verwitterung von Tuff-Material, welches an andesitische sowie saurere neovulkanische Gesteine gebunden ist. Durch spätere Arbeiten wurde bewiesen, daß die Bentonite von Kuzmice durch Umbildung saurer Rhyolit-Tuffite und Tuffe entstanden sind.

J. Janáček (1959) erklärt die Entstehung der Bentonite durch eine hydrothermale Umbildung. Mit dieser Ansichts Janáčeks kann man nicht übereinstimmen, da sich die Bentonite zwischen Schichten befinden, welche hydrothermal nicht umgebildet wurden. Es befinden sich z. B. Lagen von Bentoniten resp. Bentonit-Tuffiten auch in Ligniten, wobei an diesen keine hydrothermalen Umbildungen zu bemerken sind. Dies ist an dem Profil der Bohrung Mi-9 bei Michafany verfolgbar.

In neogenen Schichtenfolgen wurden durch Bohrarbeiten einige dünne Bentonit-Lagen in verschiedenen Neogen-Stufen festgestellt. Dies würde nach J. Janáček bedeuten, daß auf jede Ablagerung pyroklastischen Materials regelmäßige hydrothermale Umbildungen folgten.

Schließlich wurde bereits durch Versuche I. D. Sedlickij (1937) bewiesen, daß die Kristallisation von Tonmineralen, also auch von Montmorilloniten unter normalen thermodynamischen Verhältnissen vor sich gehen kann.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß sich in der Nähe eruptiver Körper, resp. tektonischer Linien Prozesse abspielen könnten, die unter den Begriff hydrothermale Umbildung fallen, in dem Gebiet des ostslovakischen Neogens können wir sie jedoch als lokal betrachten. Hydrothermale Vorgänge geringerer Ausmaße wurden in dem Gebiet der neovulkanischen Gebirge verzeichnet (S. Lengyel 1936, J. Forgáč 1963). Die untersuchten Lagerstätten sind nicht durch diese Prozesse entstanden.

J. Slávik (1962) versuchte die Entstehung der Bentonite an folgenden Lagerstätten zu klären: Kuzmice, Lastovce, Nižný Hrabovec, Pôša und Fintice. Er erklärt die Genese der Bentonite auf Grund einer Halmyrolyse.

Der Begriff Halmyrolyse wurde von Hummel in die geologische Literatur eingeführt. Er verstand darunter den Zerfall in maritimem Milieu. M. S. Švecov (1948) legt diesen Termin nahe zur Diagenese. J. Slávik (1962) hat den Begriff Halmyrolyse wahrscheinlich von I. N. Ginsburg (1946) übernommen und zwar mit seiner Applikation auf die Entstehung der Bentonite.

Die Halmyrolyse genannten Prozesse gehören in den Tiefsee- Bereich (Z. Kukal 1960). Die Bentonite, genauer gesagt die bekannten bentonitischen Lagerstätten, befinden sich in dem ostslowakischen Neogen im Flachseebereich, und zwar in maritimen, brackischen und Süßwasser-Schichtenfolgen. Die Halmyrolyse kann deswegen auf die Entstehung der ostslowakischen Bentonitlagerstätten nicht appliziert werden. Ein Süßwasser-Milieu schließt diesen Prozess von vornherein aus.

Die hydrothermalen Prozesse und die Halmyrolyse betrachte ich nicht als Ursprung der ostslowakischen Bentonitlagerstätten (E. Ivan 1962, 1963, 1965). Ich betrachte die Entstehung der Bentonite als postsedimentäre Prozesse und setze sie mit der Umbildung von Pyroklastika in Zusammenhang, wobei dem Bodenwasser der Hauptanteil an der Bentonitisation der Pyroklastika zukommt. Unter günstigen Bedingungen verläuft die Bentonitisation in neovulkanischen Gesteinen auch rezent. Die Aktivität der Oberflächenwässer und der unterirdischen Wässer ist also der Hauptfaktor der Bentonitisation. Ich stütze meine Erwägungen hauptsächlich auf die untersuchten Lagerstätten Michaľany und Luhyňa.

Zahlreiche Tatsachen beweisen, daß die Bentonitisation nicht mit dem Alter der Gesteine zusammenhängt. In dem ostslowakischen Neogen befinden sich Bentonite im Burdigal (Fintice, Kapušany), im Torton (Nižný Hrabovec, Pôša, Kučín, Oreské, Hrčef, Kysta, Kašov), im Sarmat (Kuzmice, Lastovce, Michaľany, Luhyňa, Nižný Žipov, Stanča). (Abb. 1, 2, 3, 4).

Die Bentonitisation kann in pyroklastischen Gesteinen verschiedener chemischer Zusammensetzung vor sich gehen. Bentonite und bentonitisierte Tuffite befinden sich mit verschiedener Mächtigkeit in allen neogenen Stufen der Ostslowakei. Ihr Vorkommen ist an Lagen oder Schichtenfolgen von verschiedenen sauren bzw. basischen Pyroklastika gebunden. In der Ostslowakei sind Bentonitlagerstätten zur Zeit hauptsächlich in Rhyolittuffen und Tuffiten bekannt, Bentonite befinden sich jedoch auch in Andesit-Pyroklastika, z. B. bei Kalša und bei Svinica. In vermischten rhyolitisch-andesitischen Tuffiten mit einer überwiegenden Vertretung der sauren Komponenten habe ich bentonitisierte Lagen in der Struktur-Bohrung Zi-1 bei Slovenské Nové Mesto festgestellt.

Saure und basische, resp. vermengte Pyroklastika bilden also das Muttergestein der Bentonite.

Die ursprüngliche Salinität des Sedimentationsmilieus hat auf die Bentonitisation keinen Einfluß, da Bentonite in Schichten bestätigt wurden, welche in maritimem Milieu, bei einer normalen Salinität abgelagert wurden, wie z. B. die untermiözänen Lagerstätten im Raum Fintice—Kapušany und die mittelmiözänen Lagerstätten im Torton (Nižný Hrabovec, Kašov, Hrčef). In dem ursprünglichen brackischen Milieu befinden sich zahlreiche dünne Bentonitlagen und Lagen bentonitisierter Tuffite in dem unteren Sarmat in dem südwestlichen Teil der Tisza-Ebene und des Beckens von Košice. In Süßwasser- resp. kaspibrackischem Milieu sedimentierten jene Schichten, in welchen die bisher bedeutendsten Lagerstätten bestätigt wurden, wie Kuzmice, Lastovce, Michaľany.

Einige Bemerkungen über die Lagerstätte Michaľany

In dem Liegenden der Lagerstätte in Michaľany befinden sich wasserundurchlässige Tone tortonischen und untersarmatischen Alters. Über diesen Komplexen befindet sich eine tuffitisch-bentonitische Schichtenfolge, bestehend hauptsächlich aus rhyolitischen Tuffiten, Bentoniten und stark bentonitisierten Tuffiten, in welcher sich Lagen von Tonsteinen, Tonen, Mergelsteinen und Sandsteinen befinden. Zwischen den zuletzt

genannten Gesteinen haben sich örtlich dünne Lagen von Bentoniten, resp. bentonisierten Tuffiten entwickelt.

Von ihrem Liegenden ist die tuffitisch-bentonitische Schichtenfolge scharf abgegrenzt. Die Sohlschicht pflegt eine Mächtigkeit von über 1 m zu haben und weist einen Transgressionscharakter auf. Hier befinden sich in der Regel kleine Bruchstücke fester vulkanischer Gläser und vorwiegend scharfkantigen Rhyolits. In geringerer Vertretung können Bruchstücke älterer Gesteine der Zemplín-Insel beobachtet werden. Kittungsmittel ist Bentonit, in der Regel grauer Färbung, welcher in eine helle Färbung übergeht und eine Mächtigkeit von über 10 m erreicht. Darauf folgt ein Komplex von Tuffiten (Tuffen) und bentonisierten Tuffiten, die, wie oben erwähnt, von Gesteinslagen durchwirkt sind. Örtlich sind in der erwähnten Schichtenfolge noch Lignite mit einer Mächtigkeit bis zu 3 m vertreten, eventuell vereinzelte Reste verkohlter Flora und Kohlepigment.

Auf den bentonitischen Lagerstätten Michaľany-Luhyná wurden von E. Karolussová (1963) sedimentär-petrographische Analysen unternommen. Aus ihren Ergebnissen können einige Schlüsse gezogen werden. In der Schichtenfolge der Bentonite und Tuffite wurden Quarze festgestellt, die jedoch bearbeitet sind, was von ihrem Transport zeugt. Die vertretenen Feldspate sind nicht klar, es sind an ihnen Umbildungs-Kennzeichen zu beobachten. In allen untersuchten (sedimentär-petrographischen) Proben befinden sich Körnchen aus älteren Formationen (Kristallinikum, Karbon, Perm, Trias). Das Material aus dem älteren Liegenden zeugt eindeutig über Transportation und Resedimentation.

Karbonate sind sporadisch, in Form von flachen, grauen Körnchen vertreten und stammen aus prätertiären Formationen. Zeolithe und Aragonite, die eine hydrothermale Umbildung identifizieren könnten, wurden nicht festgestellt.

Kennzeichen einer Verschwämzung sowie der Gesamtcharakter der Sedimentation der tuffitisch-bentonitischen Schichtenfolge bezeugt keine hydrothermale Umbildung. Vulkanische Körper, die einen Einfluß auf die Tuffite gehabt haben könnten, befinden sich nicht in unmittelbarer Nähe.

Ich betrachte die hydrothermalen Prozesse nicht als Faktoren der Genese der Bentonite auf der Lagerstätte Michaľany-Luhyná. Diese Feststellung kann auch auf weitere, im Sarmat des südwestlichen Teiles der Ostslowakischen Tiefebene befindliche Bentonitlagerstätten (Michaľany, Lastovce, Kuzmice, Nižný Žipov, Stanča), appliziert werden.

In tuffitisch-bentonitischem Milieu wurde bisher keine charakteristische Fauna, durch welche das Alter der Schichtenfolge bestimmt werden könnte, festgestellt. Auf Grund der Superposition und Korrelation (tuffitisch-lignitische Serie, J. Janáček 1957–1959) betrachte ich die tuffitisch-bentonitische Schichtenfolge als in den oberen Sarmat gehörend. Sie repräsentiert die obersten Neogen-Horizonte und ist nur von Quartär-Sedimenten bedeckt.

In dem Neogen-Komplex in der Umgebung von Michaľany ist deutlich eine post-sedimentäre Senkungstektonik verfolgbar. Die tuffitisch-bentonitische Schichtenfolge ist hier in neogene Sedimente eingesunken und wird durch Brüche begrenzt, die in einer NW–SO-Richtung verlaufen. Ein zweites Bruchsystem verläuft ungefähr rechtwinklig zu dem ersten. Durch beide Bruchsysteme wird die tuffitisch-bentonitische Schichtenfolge in zahlreiche Schollen geteilt. In das Innere des Beckens ist ein Absinken der einzelnen Schollen zu bemerken.

Die Tektonik des Gebietes erwähne ich, da ich annehme, dass die Tektonik in Zusammenhang mit den hydrogeologischen Verhältnissen einen bedeutenden Einfluß

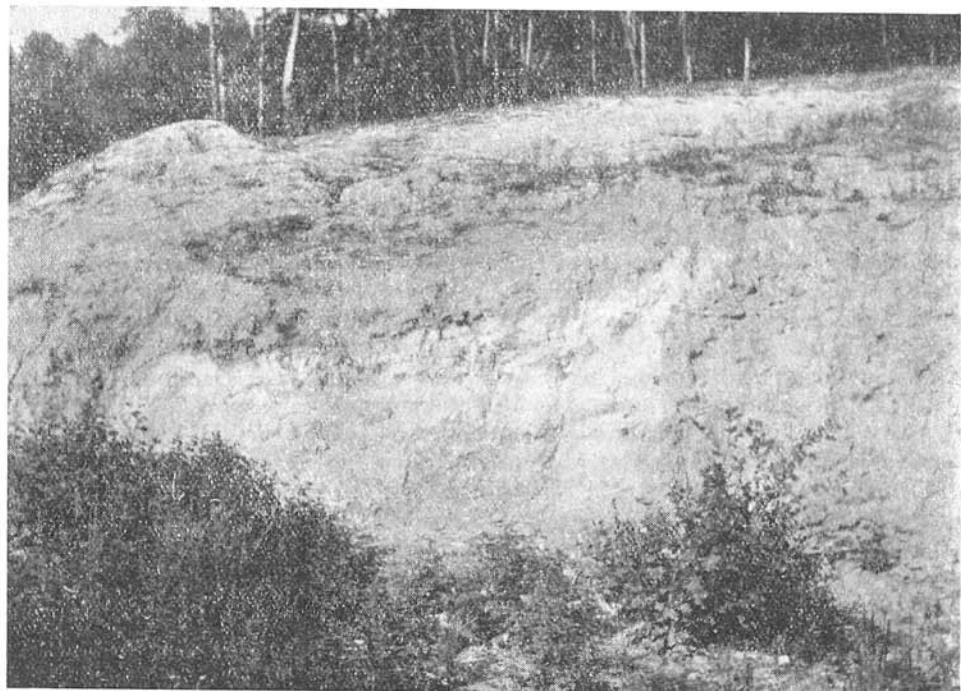


Abb. 1. Eine Scholle von Tuffiten und Bentoniten in Sandsteinen (Vranov). Photo L. Ivan.

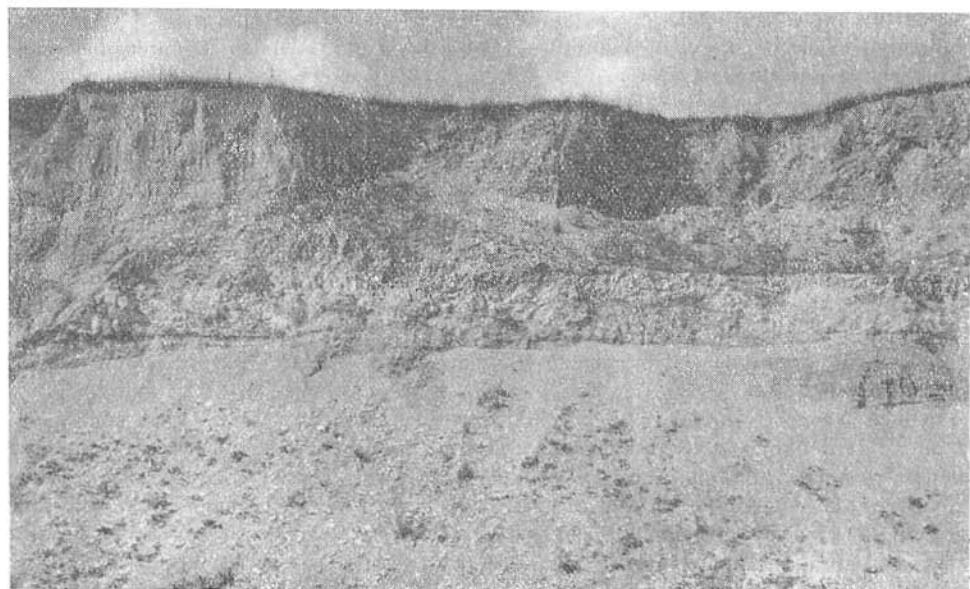


Abb. 2. Bentonite, in ihrem Hangenden Quartzite (helle Färbung) und Löß-Lehme (Braňany).
Photo L. Ivan.



Abb. 3. Vorbereitung des Abbaues von Bentoniten (Lastovce). Photo L. Ivan.

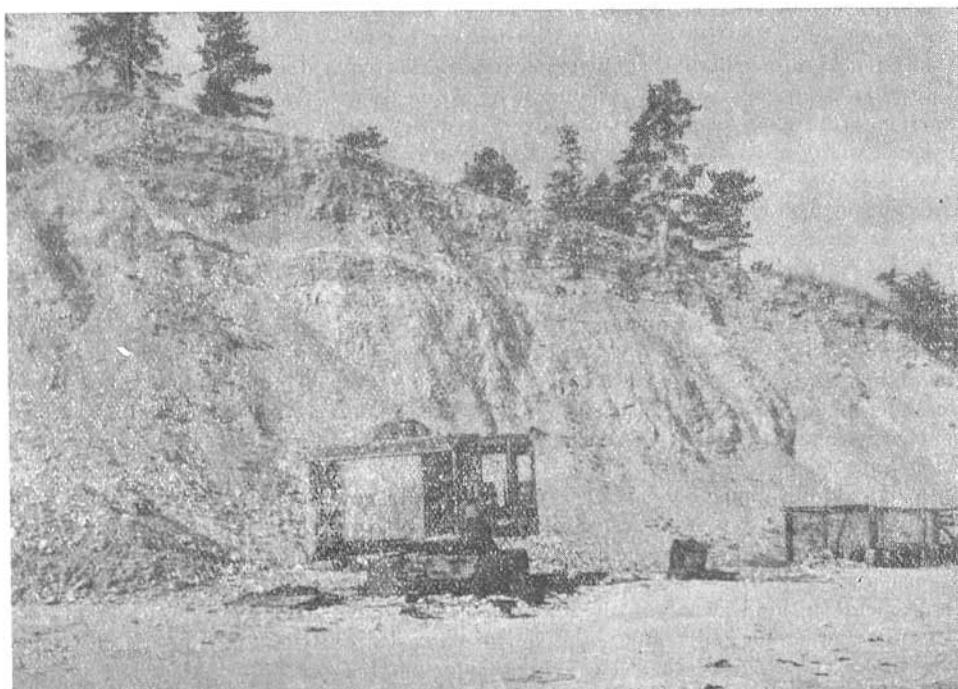


Abb. 4. Im unteren Teil Pyroklastikum, im oberen Teil Sandsteine mit dünnen Bentonitlagen (heller gefärbt) (Hrabovec). Photo L. Ivan.

auf die Genese der Bentonite ausübt, da die unterirdischen Wässer Lösungen bilden, in welchen die Bentonitisation vor sich gehen kann. In der Sohlen-Lage der tuffitisch-bentonitischen Schichtenfolge habe ich die vollkommenste Bentonitisation der Pyroklastika beobachtet. Da an der Sohle Bruchstücke und Gerölle polymikten Materials vertreten sind, entstand ein gutes Drenage-Milieu für die unterirdischen Wässer. Es bilden also in den Pyroklastika die wasserreichen Zonen in alkalischem Milieu Voraussetzungen zur Entstehung von Montmorilloniten. Die liegenden feinsandigen Tone des maritimen Tortons und brackischen Sarmats sind nämlich — wie schon erwähnt — praktisch wasserundurchlässig.

In Richtung von der transgressiven Lage zu dem Hangenden, haben sich Bentonite guter Qualität entwickelt, welche örtlich zusammenhängende Lagen von über 10 m bilden. In die hangenden Tuffite gehen sie ungleichmäßig über. Auch in höheren Teilen der Tuffite befinden sich Lagen mit kleinem Schotter aus Vulkaniten, der durch Bentonit verkittet ist. An Stellen des Auftretens dieser Schotter ist auch die Bentonitisation ausdrucksvoller und hebt sich auffälliger von den umgebenden Tuffiten ab. In den Bohrprofilen sind ebenfalls dünne Bentonitlagen über Zwischenlagen undurchlässiger Tonsteine gut verfolgbar. Vor allem in Tuffitlagen, die reichlich Bimsstein enthalten, besteht eine gute Wasserzirkulation, resp. können sich geeignete, bis optimale Lösungen für eine Montmorillonit-Kristallisation bilden. In sehr feinen Tuffiten, die für Wasser schwer durchlässig sind, sind in der Regel auch die Bentonitisationsprozesse weniger auffällig. Eine stärkere Bentonitisation ist auch in dem direkten Liegenden des Quartärs zu beobachten, wo das Regenwasser einen leichten Zutritt in die Tuffite, resp. Tuffe hat.

Wie allgemein bestätigt wurde, entstehen in saurem Milieu Kaolinite, in basischem Montmorillonite. Wo sich das saure Milieu in ein basisches verwandelt, beginnen anstatt Kaoliniten Montmorillonite zu entstehen. Die Bestimmung des pH-Wertes präzisiert die Kausalität, auch wenn sie nur orientative Wirkung besitzt. Bei dem Zerfall der Gesteine kommen außer dem Chemismus und der Wasserbewegung auch noch weitere Faktoren in Erwägung wie Klima, Zeit, Druck, Temperatur, Relief, Milieu, Fauna, Flora, Tektonik u. a. Die Summe der Faktoren ergibt die Ergebnisse der Umbildungen. Die Funktionen der Faktoren besitzen eine Gradationswirkung. Die Resultate sind das Ergebnis einer scheinbaren Stabilität, sie können besser vom Standpunkt der Dynamik, resp. der Entwicklung aus beurteilt werden. Auf der Lagerstätte Michal'any finden wir außer dem, fast monomineralischen Auftreten von Montmorilloniten auch akzessorische Beimischungen von Tonmineralen, und zwar Illit und Kaolinit. Ihr Vorkommen ist wahrscheinlich durch lokale Faktoren bedingt, von denen an erster Stelle sicher eine Detailveränderung des Chemismus angeführt werden muß. Wahrscheinlich haben lokale Veränderungen in Details die Grundlage für die Entstehung von Tonmineral-Gemischen geliefert, wobei die heutige Assoziation der Tonminerale nicht der syngenetischen Entstehung entsprechen muss.

Der Bentonitisationsvorgang der Pyroklastika ist ein langwieriger Vorgang. Es ist selbstverständlich, daß er durch günstige Bedingungen beschleunigt wird. Wenn wir die Beobachtungen und die oben angeführten Angaben summarisieren, müssen wir bei der Genese der Bentonite des ostslowakischen Neogens einige geologische Faktoren berücksichtigen, und zwar vor allem:

- mineralogische und petrographische Struktur der Gesteine;
- hydrogeologische Verhältnisse — Charakter der Lösungen;
- tektonische Verhältnisse.

Bei der Lösung der Frage der Genese der Bentonite habe ich mich an die geologischen Erscheinungen gehalten. Zu einer Bestätigung meiner Vorstellungen ist es noch notwen-

dig, geologische und mineralogische Methoden anzuwenden, mit deren Hilfe laboratoriell und unter natürlichen Bedingungen die Genese der Bentonite überprüft würde.

Die Qualität des Bentonits für die Bedürfnisse der einzelnen Industriezweige und der Landwirtschaft ist durch genaue Normen festgelegt. In der Folge führe ich einige Analysen von den Lagerstätten Michafany und Luhyná an.

Die mineralogischen Analysen und technologischen Prüfungen bilden die Voraussetzungen für die Bestimmung des Bentonits als wirtschaftlichen Rohstoffes. Auf den entdeckten Lagerstätten Michafany, ist der Bentonit z. B. — auf Grund technologischer Prüfungen — ein geeigneter Rohstoff für das Gießereiwesen, und aus einigen Lagen auch für die keramische Industrie. Für den Bedarf anderer Industriezweige wurden bisher keine Prüfungen unternommen. Zu der Auffindung und Bestätigung von Lagerstätten ist die Lösung der grundlegenden geologischen Verhältnisse natürlich notwendig, wobei uns die Kenntnis der Genese die Verfolgung, resp. Entdeckung neuer Bentonit-Lagerstätten bedeutend erleichtern kann.

Zur Orientierung und zum Vergleich führe ich einige Laboratorium-Analysen an.

Chemische Analyse von Bentonit mit tuffitischer Beimengung von der Lokalität Luhyná, aus einer Schlitzprobe in einer Tiefe von 0,20—0,50 m:

Verlust durch Glühen	6,69 %
SiO ₂	67,92 %
Al ₂ O ₃	16,89 %
Fe ₂ O ₃	2,86 %
TiO ₂	0,15 %
CaO	2,80 %
MgO	1,44 %

Die Analyse wurde durchgeführt von Keramische Werke, Nationalbetrieb, Košice, Entwicklungsabteilung, Michalovce.

Chemische Analyse von Bentonit von der Lokalität Michafany, aus dem Profil der Bohrung Mi-9, aus einer Tiefe von 11—12 m:

Probe — 13 985, Mi-9:

SiO ₂	64,42 %
Al ₂ O ₃	13,65 %
Fe ₂ O ₃	3,30 %
zusammen R ₂ O ₃	X
CaO	3,96 %
MgO	1,59 %
SO ₃	0,13 %
Verlust durch Glühen	9,93 %
TiO ₂	0,34 %
P ₂ O ₅	0,12 %
K ₂ O	1,16 %
Na ₂ O	0,74 %

Die Analyse wurde von Geologische Erkundung, Nationalbetrieb, chemisches Laboratorium, Turčianské Teplice, durchgeführt. Auch weitere Analysen von der Lagerstätte Michafany bestätigen einen analogen Chemismus der Bentonite, wie er von den bisher bekannten, vor allem sarmatischen ostslowakischen Lagerstätten festgestellt wurde.

Die quantitative Spektralanalyse aus der Bohrung Mi-9, Tiefe 11—12 m ist folgende:

100—10 %	10—1 %	1—0,1 %	0,1—0,01 %	0,01—0,001 %	0,001—0,0001 %
Si	Fe, Al, Ca	Mg, Na, Ti, K	V, Zr, Mn, B Li, Y, Cu, Ba, Sr, La, Cr	Ga, Sn, Yb, Co, Ni	

Die Analyse wurde von G. Kupěo in dem Spektral-Laboratorium der chemischen Abteilung des Geologischen Institutes Dionýz Štúr durchgeführt.

Laut orientativer, qualitativer Spektralanalysen befinden sich in den Bentoniten keine seltenere Beimischungen. Eine bedeutendere Menge von Bor wurde durch die Spektralanalysen ebenfalls nicht bestätigt, was dafür spricht, daß das Sedimentationsmilieu nicht maritim gewesen ist, und die Entstehung der Bentonite durch Prozesse, die wir Halomylyse nennen, ausgeschlossen ist.

Für einen anschaulichereren Zutritt zur Erklärung der Bentonitisation führe ich aus einigen Lagen der Bohrungen Zi-25 und Mi-9 DTA-Kurven an, welche von B. Číčel ausgewertet wurden (Abb. 5).

Ich führe auch die Ergebnisse technologischer Analysen bei, die selektiv entnommen wurden. Die technologischen Prüfungen haben bewiesen, daß bestimmte Bentonitlagen

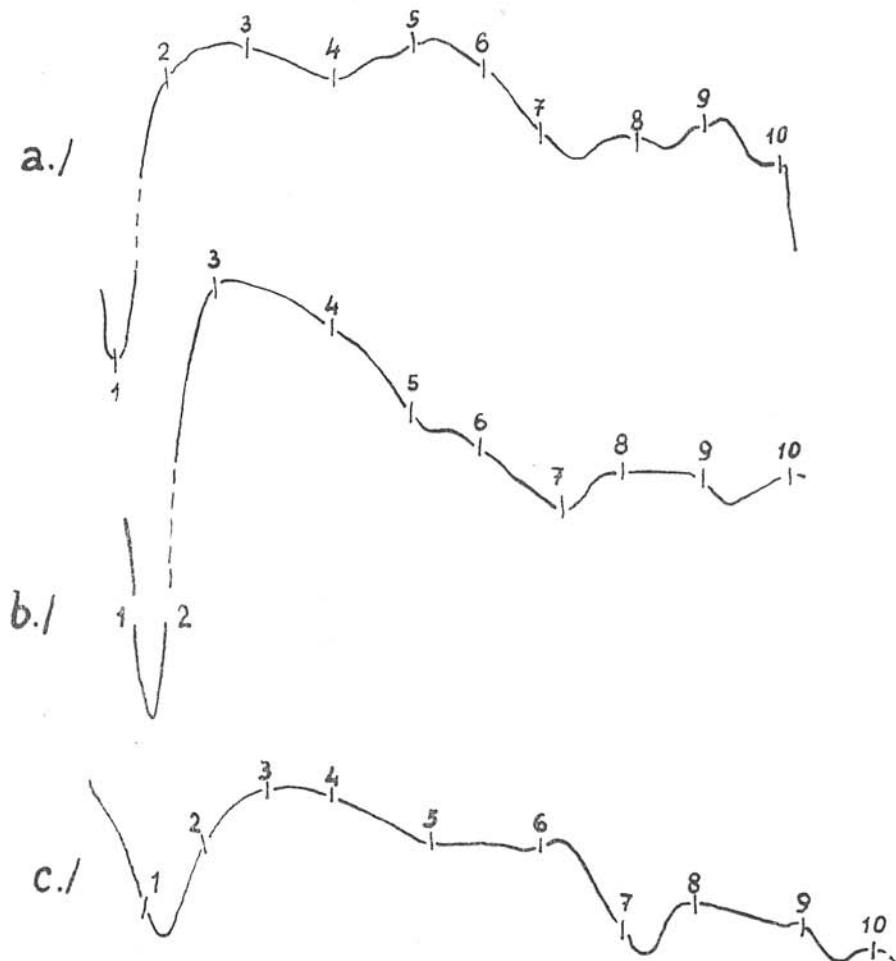


Abb. 5. DTA-Kurven von Montmorilloniten nach der Auswertung von B. Číčel. a) Zi 25 14,20–14,30 m Montmorillonit, b) Mi 9 5,80–5,90 m Montmorillonit mit organischen Stoffen, c) Mi 9 19,20–19,30 m Montmorillonit. Bedingungen bei den DTA: Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs $50^{\circ}\text{C}/\text{Min}$. Temperaturwerte $\times 100^{\circ}\text{C}$.

Tabelle 1. Technologische Auswertung des Bentonits aus dem Profil der Bohrung ZI-25 für das Gießereiwesen

Nr.	Bezeichnung der Probe, Tiefe	Feuchtigkeit H_2O	Luftdurchlässigkeit Nat. Produkt	Druckfestigk. Naturprodukt	Siebanalysen			
					Kationenaustausch in Mg. Äquiv. 100 g	Sieb	0,20	0,10
1. 200	ZI-25 3,4–6,0 m	3,06	244,9	391,0	37,73	trocken naß 34,9	10,62 40,2	38,42 34,7
2. 201	ZI-25 6,0–8,4 m	2,98	273,9	508,3	46,9	trocken naß 7,2	23,08 8,75	34,08 10,3
3. 202	ZI-25 8,4–10,5 m	3,0	266,0	393,0	46,17	trocken naß 5,7	8,26 5,7	34,38 17,4
4. 203	ZI-25 10,5–12,0 m	2,9	273,9	446,6	46,12	trocken naß 4,4	9,2 4,4	24,2 5,92
5. 204	ZI-25 12,0–14,6 m	2,8	294,5	481,0	48,14	trocken naß 0,74	5,98 0,96	17,38 0,96
6. 205	ZI-25 14,6–16,8 m	2,94	312,5	620,0	53,3	trocken naß 0,7	10,14 0,7	23,48 0,8

für das Gießereiwesen geeignet sind (6.00–8.40 m, 10.50–16.80 m), ein bedeutender Teil des Bohrprofils ist auch für die keramische Industrie geeignet (3.40–14.60 m). Die minderwertigeren Bentonite können auch in der Landwirtschaft verwendet werden (3.40–6.00 m, 8.40–10.50 m). Für die Wirtschaftlichkeit der Förderung ist dies von großem Vorteil, da auf der Lagerstätte sowohl hochwertige Bentonite für die Bedürfnisse der Industrie, wie auch minderwertige für die Landwirtschaft gefördert werden können.

Die Ergebnisse der technologischen Prüfungen der Bentonite für das Gießereiwesen, aus dem Profil Zi-25 (Michałany), durchgeführt von den Keramischen Werken, Nationalbetrieb, Košice, Laboratorium Michalovce, sind folgende:

Ich habe mich in vorliegender Arbeit mit den Bentoniten der Lagerstätte Michałany weitläufiger befaßt, da ich diese Lagerstätte eingehender studiert habe und von dieser Lokalität auch die meisten Unterlagen besitze. Da die Lagerstätte Michałany mit der Lagerstätte Luhyňa verbunden ist, resp. in diese übergeht, appliziere ich die oben angeführte Genese auch auf sie. Im Grunde genommen repräsentieren Michałany und Luhyňa eine einzige Bentonitlagerstätte. Die Entstehung der Bentonite durch die Aktivität der Wässer beziehe ich auch auf weitere sarmatische Lagerstätten in dem SW-Teil der Ostslowakischen Tiefebene.

Ich nehme an, daß auch die, in maritimen Sedimenten des Burdigals (Fintice, Kapušany) und Tortons (N. Hrabovce, Pôša, Orešské, Kašov, Hrčef) befindlichen Bentonit-Lagerstätten mit der oben angeführten Gesetzmäßigkeit zusammenhängen.

Eine bedeutendere Bentonitisation der Pyroklastika habe ich in abgesunkenen Schollen, bzw. dort beobachtet, wo Tuffe, oder Tuffite an Abhängen auftreten. Bedeutend bentonisiert pflegen vor allem Pyroklastika mit einem reichen Bimsstein-Gehalt zu sein. Auch unter rezenten Bedingungen können an Stellen günstiger Durchwässerung im Pyroklastikum stärker bentonisierte Tuffe, resp. Tuffite beobachtet werden. Als Beispiel möchte ich die, in dem Graben südlich von Kaluža auftretenden bentonisierten Tuffite bis Bentonite, oder das Bentonitvorkommen in Luhyňa anführen.

Wo die Störungszonen im Pyroklastikum an der Oberfläche verfolgbar sind, pflegt die Ausfüllung der Klüfte stärker bentonisiert zu sein als die Umgebung. Diese Erscheinung ist in Vranov, ca 300 m südöstlich von dem örtlichen Hospital gut zu beobachten. Die angeführten Erscheinungen zwangen mich, die Möglichkeit eines Bentonitisationsvorganges auch unter rezenten Bedingungen zu erwägen.

Die Voraussetzung, daß die Bentonitisation in hypergenen Vorgängen schneller abläuft, wird wahrscheinlich richtig sein. Bentonite wurden jedoch auch in größeren Tiefen als den, von den hypergenen Prozessen erreichten, festgestellt (Hrčef – über 200 m); die Entstehung der Bentonite reicht über den Bereich der hypergenen Einflüsse hinaus. Eine Bentonitisation kann also auch in bedeutenderen Tiefen vor sich gehen, in denen die erwähnten Einflüsse ausgeschlossen sind und die Umbildung von Grundwässern hervorgerufen werden kann.

An Hand der festgestellten Tatsachen und Erscheinungen nehme ich an, daß die bisher bekannten Lagerstätten (ursprüngliches Pyroklastikum) des ostslowakischen Neogens, ohne Rücksicht auf ihr ursprüngliches Sedimentationsmilieu, nach der oben beschriebenen Genese entstanden sind, also durch Aktivität der Oberflächen- und unterirdischen Wässer.

Übersetzt von L. Osváld.

SCHRIFTTUM

Ciesarik M., Očenáš D., 1964: Niekoľko poznámok o bentonitoch z okolia Žiaru n/Hr. Archív Geol. úst. D. Stúra, Bratislava. — Cílek V., 1964: Bentonit pro zemědělství.

Geol. průzkum 6, Praha. — Cílek V., 1964: Keramické suroviny Chomutovsko-pětipeské panve. Geol. průzkum 6, Praha. — Ginzburg N. I., 1946: Stadijnoje vyvetrovaniye mineralov. Voprosy min., geochemiji i petr. posv. pam. akad. A. F. Fersmana. Izd. AN SSSR, Moskva. — Gregor M., Izáková K., 1962: Beitrag zur semiquantitativen Bestimmung des Montmorillonits in Bentoniten. Acta Univ. Carolinæ, Geologica, Praha. — Gregor M., Izáková K., 1959: Slovenské aktívne zeminy (IV). Chemické zvesti 13, Bratislava. — Gregor M., Leško B., 1963: Neue Bentonit-Fundorte in der Tschechoslowakei. Silikattechn. 14, 3, Berlin. — Grim R. E., 1953: Clay Mineralogy. Me Graw-Hill series in Geology, New York-London-Toronto. — Harcek J., 1961: Zpráva a výpočet zásob — východné Slovensko — bentonity. Archív Geol. úst. D. Štúra, Bratislava. — Harcek J., 1962: Záverečná zpráva a výpočet zásob z ložiska Lastovce — bentonit. Geofond, Bratislava. — Ivan L., 1963: Zpráva o ložiskách bentonitov v oblasti Michaľany a Luhynia, okres Trebišov (stav zásob k 1. 12. 1963). Archív Geol. úst. D. Štúra, Bratislava. — Ivan L., 1962: Nálezová zpráva o ložisku bentonitov a bentonitizovaných tufitov v okolí Michaľan, okres Trebišov. Archív Geol. úst. D. Štúra, Bratislava. — Ivan L., 1965: Poznámky k vývoju východoslovenského neogénu vo vzťahu k nerudným surovinám. Sborn. východoslov. múzea, Košice. In Druck. — Ivan L., 1965: Poznámky k bentonitickým horninám v oblasti Michaľany—Veľká Trňa, okr. Trebišov. Geol. práce, Zprávy 35, Bratislava.

Ivan L., Leško B., 1962: Stratigrafická pozícia keramických surovin v neogéne a ich využitie. Geol. práce 63, Bratislava. — Janáček J., 1959: Stratigrafie, tektonika a paleogeografie neogénu východného Slovenska. Geol. práce 52, Bratislava. — Konta J., 1957: Jílové minerály Československa. Praha. — Krutský N., 1964: Ložiská nerudných surovin severozápad. Čech, jejich průzkum a využití. Sborn. k XV. sjezdu čs. spol. pro miner. a geol. Teplice. — Kryštek I., Burkhardt R., 1958: Nová lokalita tortonských tufitů na Moravě. Časopis Mor. musea 43, Brno. — Kukal Z., 1960: Ilubokomořské sedimenty ve světle moderních výzkumů. Praha. — Leško B., 1955: Geologická stavba územia medzi Vranovom a Strážskym. Geol. sborn. Slov. akad. vied 6, 1—2, Bratislava. — Leško B., Nemčok J., 1957: Výpočet zásob bentonitu od Fintie. Geofond, Bratislava. — Leško B., 1957: Geológia a geomorfológia územia severne pre Šrešova. Geol. práce 47, Bratislava. — Marková M., Čičel B., Mišík M., 1957: Mineralogicko-petrografický rozbor a genéza pukaneckých ilov. Geofond, Bratislava. — Martin — Viwaldi J. L., Cono — Ruiz J., Fonbote J. M., 1956: The bentonites from the volcanic region of Cabo de Gata. Washington. — Noll W., 1936: Synthese von Montmorilloniten. Chemie d. Erde. — Petraschek W., 1922: Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. Berg und Hüttnerman. Jahrbuch 72, Wien. — Radzo V., 1954: Výskum ilov východného Slovenska. Geol. práce 37, Bratislava. — Radzo V., 1959: Mineralogicko-chemický rozbor bentonitu od N. Hrabovec. Sborn. ved. práce VŠT, Košice. — Radzo V., 1959: Mineralogicko-chemický rozbor bentonitu od Fintie. Geol. práce 16, Bratislava.

Slávik J., 1962: Geológia a genéza niektorých ložísk perlítov v neogéne východného Slovenska. Geol. práce 63, Bratislava. — Stejskal T., 1963: Zvyšování úrodnosti písčitých půd využitím minerálního sorbentu typu bentonitu. Ústav vědeckotechn. informací MZL VH 27, Praha. — Švecov M. S., 1948: Petrografia osadočených porod. Moskva—Leningrad.

Zur Veröffentlichung empfohlen von M. Harrmann.