

DK 553.682.068.24(495) : 622.7 : 549.742.112 : 549.742.121
DEC A 68 a

Sedimentäre magnesiumkarbonatische Bildungen im Servia-Becken/Nordgriechenland

W. Wetzenstein, La Paz, Bolivien, und D. Zachmann, Stuttgart *)

Hydromagnesit, Magnesit, Huntit und Dolomit als Mg-Karbonate in plio-pleistozänen, limnisch-sedimentären Abfolgen des intramontanen Servia-Beckens/Nordgriechenland. Aufbereitungsversuche von Huntit-Magnesit- und Hydromagnesit-Huntit-Gemengen. Überschlägige Vorratsberechnungen. Spurenelementgehalte von Magnesit, Hydromagnesit und Huntit.

Mg-carbonates (hydromagnesite, magnesite, huntite and dolomite) of plio-pleistocene age in limnic series of the intramontaneous Servia basin (Macedonia/Greece). Dressing of natural huntite-magnesite and hydromagnesite-huntite mixtures. Rough calculation of reserves. Trace elements of magnesite, hydromagnesite and huntite.

Les carbonates de Mg (hydromagnésite, magnésite, huntite et dolomite) de l'époque plio-pléistocène dans la série limnique du bassin intramontain de Servia (Macédoine/Grèce). Préparation de mélanges de huntite-magnésite et hydromagnésite-huntite. Appréciation grossière des réserves. Teneurs en traces de la magnésite, de l'hydromagnésite et de l'huntite.

Einleitung

Eindeutig sedimentäre Magnesitlagerstätten nehmen im Schrifttum über Magnesite bisher einen kleinen Raum ein. Die Gründe hierfür sind unterschiedlicher Natur. Einerseits stammt nur ein bescheidener Anteil der Magnesitproduktion aus sedimentären Lagerstätten i. e. S. und andererseits lagen bisher die Schwerpunkte der Diskussionen insbesondere im Bereich der Genese der Spatlagerstätten. Diese Magnesite treten in den paläozoischen Serien der Ostalpen und der Pyrenäen auf. Die Arbeiten darüber nahmen besonders in den fünfziger Jahren einen breiten Raum ein, wobei die Meinungen zur Genese unterschiedlich waren. Metasomatische Entstehung wurde u. a. von Friedrich (1951, 1959), Angel und Trojer (1953), Clar (1954, 1956, 1965), Haditsch (1969) und Destombes (1956) vertreten, während sich Leitmeier (1951, 1953), Leitmeier und Siegl (1954), Llarena (1951, 1953) und Ney (1956) für sedimentäre Bildung aussprachen. Jüngere experimentelle Untersuchungen von Johannes (1970) ergaben, daß sich die Magnesitvorkommen (bis auf wenige Ausnahmen) nach ihrer Entstehung in zwei große Gruppen einteilen lassen: a) Entstehung durch CO₂-Metasomatose, b) Entstehung durch Mg-Metasomatose.

Zur Zeit noch laufende Untersuchungen an eindeutig sedimentären Magnesiten tertiären bis rezenten Alters geben Anlaß zu einer erneuten Überprüfung des Problembereiches. Magnesitbildung im hochsalinaren Milieu wurde u. a. von Kinsman (1967) im Persischen Golf, von Irion und Müller (1968) in türkischen Endseen und von Perthuis-

sot (1971) in tertiären tunesischen Salzpflanzen beschrieben. Für derartige Bildungen sind weitere Mg-haltige Minerale wie Huntit und Dolomit kennzeichnend (vgl. Zusammenstellung in Wetzenstein (1974)).

Sedimentäre Magnesitlagerstätten tertiären Alters sind aus den Inneren Dinariden in miozänen Süßwasserbecken im Raum Raška-Bela Stena/Jugoslawien bekannt (Ilich 1952, Donath 1955 und Petrascheck 1961, 1972). Über neogene Magnesitbildung aus dem westlichen Mazedonien/Griechenland in der Umgebung von Kozani (Abb. 1) berichten Donath (1957), Petrascheck (1961), Tsailas (1969) und Wetzenstein (1974, 1975). Dieser genetische Lagerstättentyp, der von Petrascheck (1972) als „Bela Stena“ bezeichnet wird, wurde bisher wohl mangels ausreichender Kenntnisse darüber wenig berücksichtigt. 1971 erkannte Petrascheck in den präkambrischen Serien bei Snarum/Norwegen die dortigen kristallinen Magnesite als ehemals dem Typ Bela Stena nahestehende Vorkommen.

Es erscheint uns deshalb als angebracht, etwas ausführlicher auf diese Vorkommen in neogenen Sedimenten aus dem Raum Kozani-Servia (Abb. 1 und Abb. 2) einzugehen.

Geologie

Allgemeines

Flözartige sedimentäre Magnesitvorkommen wurden von Donath (1957) und Petrascheck (1961) aus dem Servia-Becken von Aiani (vgl. Abb. 2) beschrieben. Von diesen Vorkommen ausgehend, konnte inzwischen die Verbreitung magnesiumkarbonatischer Bildungen nahezu im gesamten Beckenbereich nachgewiesen werden (Wetzenstein 1975, Zachmann in Druck).

Das Servia-Becken bildet nur einen Teil einer ausgedehnten Becken- und Seenlandschaft im Nordwesten Griechenlands. Durch die Schwelkenzone der Skopos-Gruppe wird das Servia-Bek-

*) Anschrift der Verfasser:

Dr. Wolfgang Wetzenstein
Institut für Geologie und Paläontologie der Universität
Stuttgart, Böblinger Straße 72, D-7000 Stuttgart 1
Z. Zt.: Instituto de Geologia Aplicada, Universidad Mayor de
San Andres, Casilla 1851, La Paz, Bolivien.
Dipl.-Geol. Dieter Zachmann, Institut für Mineralogie und
Kristallchemie der Universität Stuttgart, D-7000 Stuttgart-
Vaihingen, Pfaffenwaldring 55

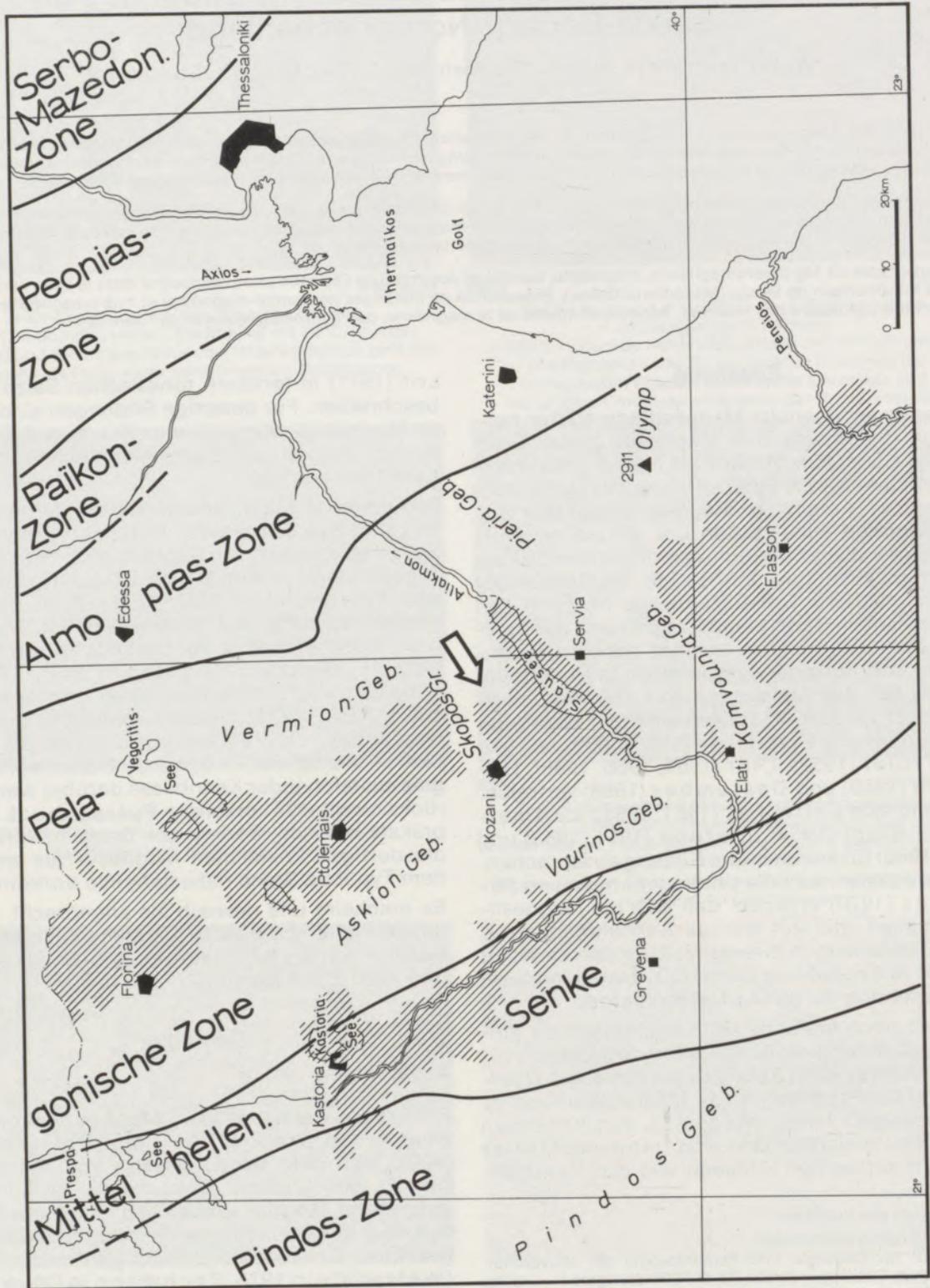


Abb. 1
Lage des Untersuchungsgebietes (Beckenlandschaften in Schrägschraffur;
Zonengliederung nach Mercier 1973)

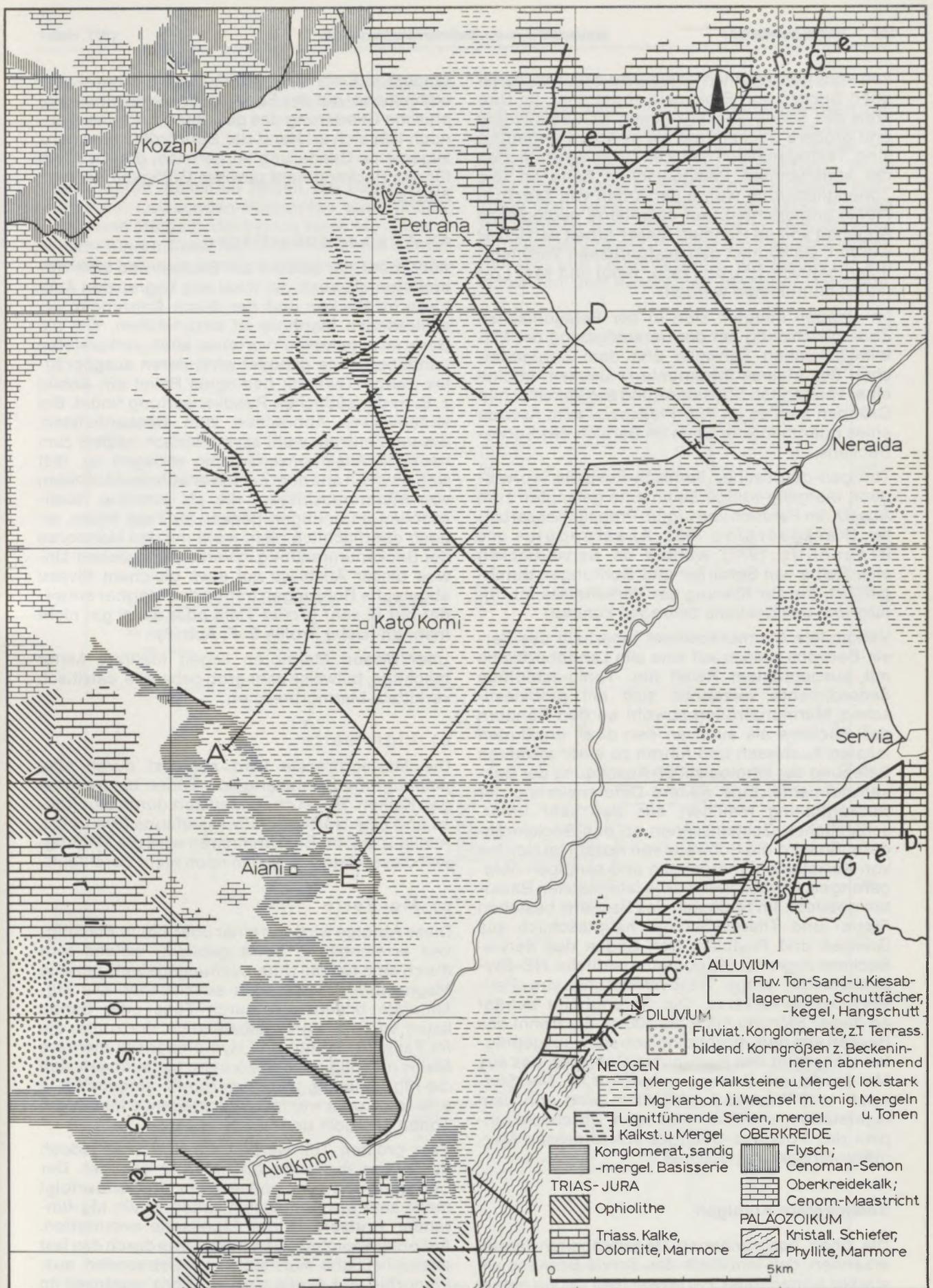


Abb. 2

Geologische Karte des Servia-Beckens nach Anastopoulos-Brousoulis (1973)

ken vom nordwestlich gelegenen braunkohlereichen Becken von Ptolemais abgetrennt. Im Umkreis des Servia-Beckens liegen weitere kleinere und größere Becken, wie sie in Abb. 1 angeführt sind. Tektonogenetisch gehören sie im wesentlichen der sogenannten Pelagonischen Zone an (die Zonengliederung wurde der Arbeit von Mercier (1973) entnommen). Auf detaillierte geologische Angaben soll im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden, sie können den ausführlichen Veröffentlichungen von Brunn (1956, 1960) und Mercier (1973) entnommen werden.

Im Neogen bildeten sich in der Pelagonischen Zone gleichzeitig mit der Heraushebung der Mittelhellenischen Schwelle und dem Zurückweichen des Meeres intramontane Becken. Infolge einer verstärkten Subsidenz und aus klimatischen Gründen kam es im Plio-Pleistozän zum Aufstau eines oder mehrerer Seen im Bereich des Servia-Beckens.

Terrigen-detritische, limnisch-fluviatile, vorwiegend mergelig-tonige Sedimente gelangten zum Absatz. Im Rahmen von Lignit-Prospektionsarbeiten (Karageorgiou 1951, Anastopoulos und Brousoulis 1973) wurden im Servia-Becken eine Reihe von Schürfen und Bohrungen durchgeführt, die zur Klärung der Verhältnisse im Untergrund des Beckens beitragen konnten.

Verkarstete Marmorausbisse innerhalb des Servia-Beckens weisen auf eine alte Landoberfläche mit ausgeprägtem Relief hin. Tonig-schluffige Seesedimente verzahnen sich mit grobklastischen Marmorgeröllen sowohl an den Rändern des Beckens als auch an den oben erwähnten lokalen Ausbissen und führen zu einer stärkeren Belebung der lithologischen Ausbildung der Beckensedimente. Eine weitere Differenzierung der Beckenfüllung resultiert aus den sehr unterschiedlichen Gesteinsserien an den Beckenrändern. So wird die Schwelle von Kozani im Norden von Kalksteinen, mergeligen und sandigen Ablagerungen, Ultrabasiten sowie lateritischen Bauxiten gebildet. Im Südosten des Beckens bestehen Pieria- und Titaros-Gebirge hauptsächlich aus Gneisen und Phylliten. Den Süden des Servia-Beckens begrenzt die überaus deutliche, NE-SW-streichende, junge Randverwerfung von Peristeri-Servia-Varvares. Die Sprunghöhe beträgt an dieser Störung mehr als 500 m. Sie trennt das Becken von dem morphologisch stark ausgeprägten Höhenzug des Kamvounia-Gebirges, das aus Marmoren und Gneisen aufgebaut ist. Der Südwest- und Westrand schließlich wird von dem lagerstättengenetisch wichtigen Ultrabasitkomplex des Vourinos-Gebirges sowie dessen Marmorunterlagerung gebildet.

Sedimentäre Abfolgen

Die oben besprochenen Gegebenheiten lassen erkennen, daß innerhalb des Servia-Beckens ein starker horizontaler Fazieswechsel neben einem noch ausgeprägteren vertikalen an den Becken-

rändern in Erscheinung tritt. Dies verhindert eine einheitliche, auf der Fazies aufbauende stratigraphische Gliederung des gesamten Beckens. Dennoch läßt sich an Hand der Bohrprofile eine ganz allgemeine Gliederung vornehmen, die vor allem für das Beckeninnere gewisse Gültigkeit hat (vgl. Abb. 3).

a) Alte Landoberfläche

Auf Grund der sowohl am Beckenrand weit verbreiteten als auch der lokal eng begrenzten Ausbisse im Becken und der durch Bohrungen erschlossenen Marmore ist anzunehmen, daß die Basis im allgemeinen von einer alten, verkarsteten Landoberfläche gebildet wird, deren ausgeprägtes, durch Tektonik bedingtes Relief ein Abbild z. B. in der südlichen Randverwerfung findet. Ein stufenweises Abbrechen zum Beckentiefsten, dessen Zentrum wohl asymmetrisch nach S zum heutigen Aliakmonverlauf hin verlagert ist, läßt sich ableiten aus dem bereits erwähnten Auftreten von Marmorausbissen, die als einzelne Hochschollen im heutigen Becken zu Tage treten, jedoch oberflächlich nicht mehr mit den Marmoren der Beckenumrandung in Verbindung stehen. Unweit dieser Ausbisse auf etwa gleichem Niveau abgeteufte Bohrungen treffen den Marmor entweder nur in sehr großer Tiefe oder meist gar nicht mehr an (siehe Profile E-F, Abb. 3).

Über diesen Marmoren liegen mehrere Meter mächtige, teilweise sehr grob gebankte, calzitisch verkittete Marmorbreccien.

b) Lignitserie

Die Marmorbreccie wird abgelöst durch eine mächtige Sedimentserie von Tonen bis mergeligen Kalken. Sie ist charakterisiert durch Lignitflöze und eine typische Süßwasserfauna (Planorbis, Acella u. a.). Im Beckeninneren wird die Mächtigkeit dieser Serie mit 220 m noch nicht durchteuft.

c) Mg-Serie

Diese Abfolge wird von einer über 120 m Mächtigkeit erreichenden Serie gebildet, welche sich durch eine für das Untersuchungsgebiet spezielle Magnesiummineralisation auszeichnet. Die Mg-Mineralien bilden z. T. durch Tone oder Sande kaum verunreinigte, selbständige Horizonte, die im Falle von Huntit und Hydromagnesit mehrere Meter mächtig werden können. Meist finden sich die Mg-Mineralien, vor allem Huntit, eingebettet in eine mehr oder weniger überwiegende Matrix von Tonen, Mergeln und Sanden.

Zum größten Teil werden die Horizonte jedoch durch tonige Sande und Mergel gebildet. Der Übergang von der Lignitserie zur Mg-Serie erfolgt meist sehr abrupt. Höchst selten ist ein Mg-führender Horizont in der Lignitserie anzutreffen. Außerdem zeichnet sich diese Serie durch das fast ausschließliche Auftreten von Ostracoden aus; Planorbis und Acella sind nur ganz vereinzelt im Übergangsbereich zur Mg-Serie, noch seltener

höher zu finden. Ein markanter Dreissena-Horizont schaltet sich im obersten Bereich der Mg-Serie ein.

d) Deckserie

Ihren oberen Abschluß finden die Beckensedimente mit Ostracoden-Horizonten aus Sanden, Tonen und Mergeln, die jedoch keine Mg-Mineralie mehr führen. Diese Mg-freien Horizonte werden teilweise von rein fluviatilen Sedimenten überlagert.

e) Zusammenfassender Überblick

Die größte Mächtigkeit und Regelmäßigkeit zeigen die plio-pleistozänen Ablagerungen naturgemäß im Beckeninneren, wobei aber auch hier, mit Ausnahmen (siehe Dreissena-Horizont, Profil C-D, Abb. 3), eine Parallelisierung einzelner Horizonte über weitere Entfernungen kaum möglich ist. Deutlich wird dies z. B. beim Versuch einer Parallelisierung der im Profil durchteuften einzelnen Mg- und Lignithorizonte, auf welche ein Anschwellen und Ausdünnen einzelner Horizonte,

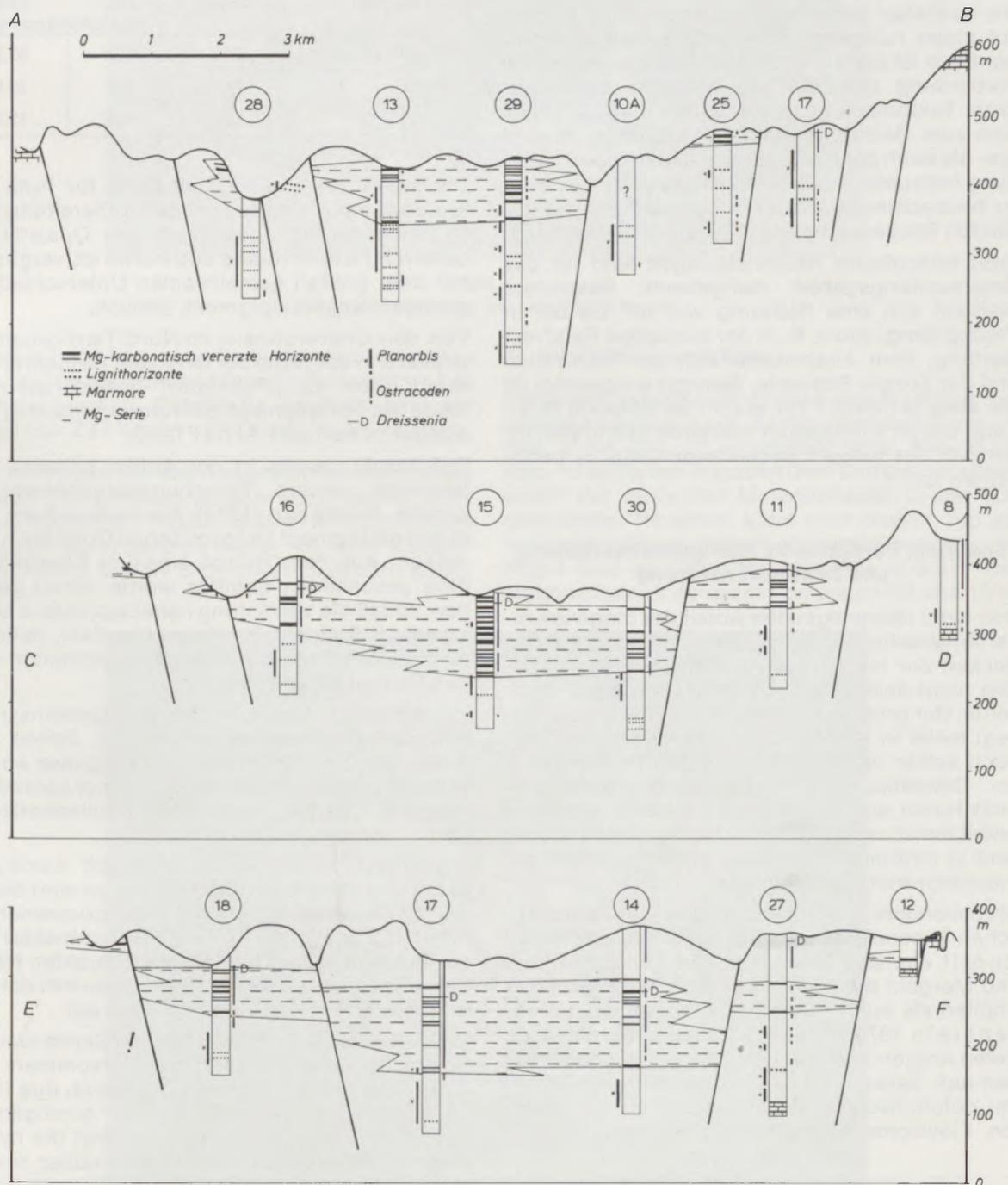


Abb. 3

Profilschnitte durch das Servia-Becken (vgl. auch Abb. 2)

wie sie im Gelände beobachtet werden können, zu übertragen ist.

Gegen die Beckenränder zu und im Bereich der Marmorabrisse innerhalb des Beckens komplizieren sich die Verhältnisse im allgemeinen. Dies gilt auch für das Gebiet der Flexurzone mit ihren zahlreichen Querstörungen.

Langanhaltende, tektonisch bedingte Bewegungen des Untergrundes verursachten besonders in dieser Zone einen regen Fazieswechsel und führten postsedimentär noch zu Kippungen und Verstellungen der Schichtpakete.

Die südlicher verlaufenden Längsprofile weisen auf einen ruhigeren Sedimentationsverlauf hin. Dennoch ist auch hier der Versuch einer lateralen Verbindung z. B. der Mg-Horizonte problematisch. Tektonisch gesehen ist hier insgesamt nur eine zum Beckeninneren hin verstärkte, sowohl syn- als auch postsedimentäre allgemeine Absenkung festzustellen. Diese bewirkte auch die heute zu beobachtende leichte Schrägstellung der gesamten Beckensedimente (Fallen ca. 5° nach SE).

Zwei tektonische Hauptrichtungen sind für das Untersuchungsgebiet maßgebend. Besonders markant tritt eine Richtung von 30° bis 50° in Erscheinung, wie z. B. in der südlichen Randverwerfung, dem Aliakmonverlauf, der Flexurzone und der Kozani-Schwelle. Weniger ausgeprägt ist die etwa senkrecht zur ersten verlaufende Richtung, die an zahlreichen kleineren Störungen innerhalb der jungen Beckensedimente zu beobachten ist.

Erztypen, Paragenesen, Korngrößenverteilung und Zusammensetzung

Den wohl überwiegenden Anteil der magnesiumkarbonatischen Mineralisation stellt im Servia-Becken der Hydromagnesit. Reine Lagen bilden nicht selten mehrere Meter mächtige Horizonte. Der grusige bis verbackene Hydromagnesit liegt meist in Kies- und Sandkorngröße und nur noch selten im Bereich der Schluffkorngröße *) vor. Gemeinsam mit Hydromagnesit treten oftmals Huntit und Aragonit auf, letzterer mit einem Anteil meist unter 10% **). Magnesit und Dolomit sind in Hydromagnesiterzen im allgemeinen nur untergeordnete Gemengteile.

Als besondere Variante der magnesiumkarbonatischen Mineralisation im Servia-Becken stellt sich Huntit ein. Das Mineral tritt in Tonen, Sanden und Mergeln auf. Es kommt sowohl in Form von Knollen als auch in einzelnen Lagen vor (Wetzenstein 1975). Als begleitende Mineralphasen treten Aragonit und Kalzit in unwesentlichen Mengen auf. Seltener ist das Vorkommen von Huntit im dolomitischen Nebengestein zu beobachten. Elektronenmikroskopische Untersuchungen

(Wetzenstein 1974) ergaben, daß die Partikelgröße des Huntits zwischen 0,5 und 1,5 μ liegt.

Die spezifischen Oberflächeneigenschaften des Huntits deuten unter anderem auf einen möglichen Einsatz auf dem Farben- und Pigmentsektor hin. Von nicht vorbehandelten Proben wurden die Ölzahl (nach DIN 53 199) und die Opazität (unter vergleichbaren Bedingungen gemessener Quotient der Ry-Werte eines Aufstrichs auf schwarzem und auf weißem Untergrund) bestimmt:

Produkt	Ölzahl	Opazität	
		3% in Kunststoffdispersion	15%
Titandioxid (Rutil)	28,5	57,0	93,8
Kreide	24,0	5,5	29,8
Huntit	73,0	4,2	19,0

Die relativ niedrigen Ölzahlwerte für Rutil und Kreide hängen offenbar mit der Aufbereitung bzw. Nachbehandlung zusammen. Die Opazität der beiden Füllstoffe Kreide und Huntit ist, verglichen mit dem großen gemeinsamen Unterschied gegenüber dem Weißpigment, ähnlich.

Von den Ureinwohnern im Nord-Territorium Australiens in der Nähe der Ortschaft Catherine wird Huntit (dort als „Pahnjahn“ bezeichnet) noch heute als Farbpigment zur Körperbemalung verwendet (Veen und Arndt 1973).

Daß Huntit bereits in der Antike bekannt war, beweisen neuere Forschungsergebnisse. So konnte Riederer (1974) die Verwendung von Huntit als Pigment an ägyptischen Objekten nachweisen. Aus dem Rumpf eines im Altertum vor Elba gesunkenen Schiffes wurde Huntit geborgen, sodaß die Vermutung naheliegt, dieses Mineral sei als Pigment, für Kosmetikartikel, vielleicht auch zu medizinischen Zwecken gebraucht worden (Barbieri et al. 1974).

Huntit und Magnesit treten gemeinsam in \pm horizontbeständigen Lagen auf. Selten sind diese über 1 m mächtig. Die Paragnese enthält sehr wenig Dolomit und Kalzit und nur sporadisch Aragonit. Charakteristisch sind Knollenhorizonte und \pm homogene Lagen.

Magnesit in Form von Knollen (Abb. 4 und Abb. 5) mit und ohne Schrumpfungsrissen wird derzeit bei Servia selektiv abgebaut. Das Vorkommen der meist < 2 dm großen Knollen (Durchmesser von ca. 1 m sind selten) hat lokalen Charakter. Neben diesen blumenkohllartigen Bildungen tritt der Magnesit auch in Form dünner Lagen auf.

Die einzelnen Paragenesen sind im Servia-Becken unterschiedlich verteilt. Die Vorkommen von Aiani (vgl. Abb. 6) zeichnen sich durch ihre Paragenesenvielfalt aus. Im Bereich der einstigen Abbaue des Südeviers Aiani überwiegt die hydro-magnesitische Mineralisation gegenüber der untergeordneten huntitisch-magnesitischen Vererzung (Zachmann, in Druck). In kleineren Vorkommen westlich von Neraiha tritt vorwiegend

*) Klassifizierung der Sedimente nach DIN 40 22 in Ton, Schluff, Sand, Kies.

**) Prozentangaben beziehen sich auf Gew.-%.

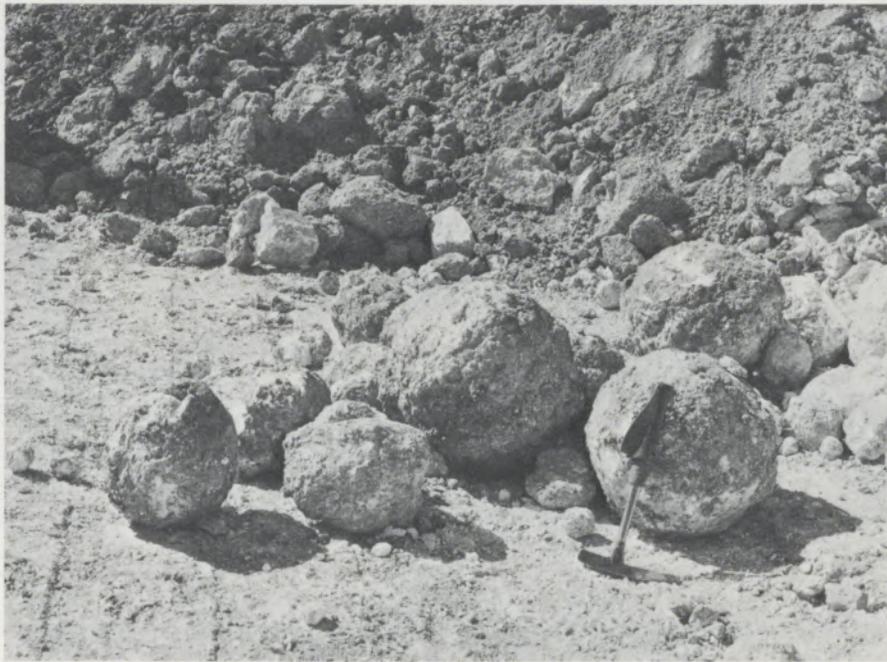


Abb. 4

Magnesitknollen aus der Lagerstätte Servia

Huntit auf. Die Lager von Servia können im großen und ganzen als Huntit-Magnesit-Vorkommen bezeichnet werden. Detaillierte Angaben sind der Arbeit von Zachmann (in Druck) zu entnehmen.

Von 76 Proben aus dem Lagerstättenrevier Servia wurden Korngrößenanalysen, quantitative röntgenographische Phasenanalysen und chemische Analysen durchgeführt. Nach Art ihrer Zusammensetzung lassen sich zwei Erztypen unterscheiden:

a) Huntit-Magnesit-Erze

Insgesamt wurden 42 Proben erfaßt, deren Zusammensetzung und Korngrößenverteilung in Abb. 7 bis Abb. 10 angegeben wird. Abb. 8 bis Abb. 10 enthalten Angaben über den quantitativen Anteil der einzelnen Mineralphasen in der Gesamtprobe. Pauschal kann man diesen Typ als tonig-schluffiges Sediment bezeichnen. In der Regel sind ca. 70% des Materials $< 6,3 \mu$. Der Magnesitgehalt schwankt zwischen 50 und 10%,

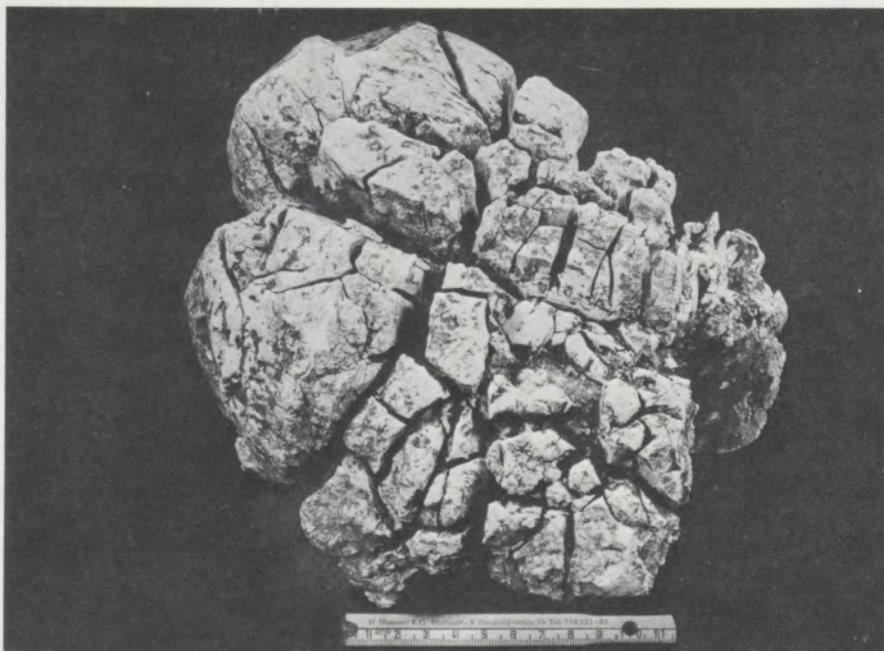


Abb. 5

Magnesitknolle mit Schrumpfungsrissen (Kato Komi)

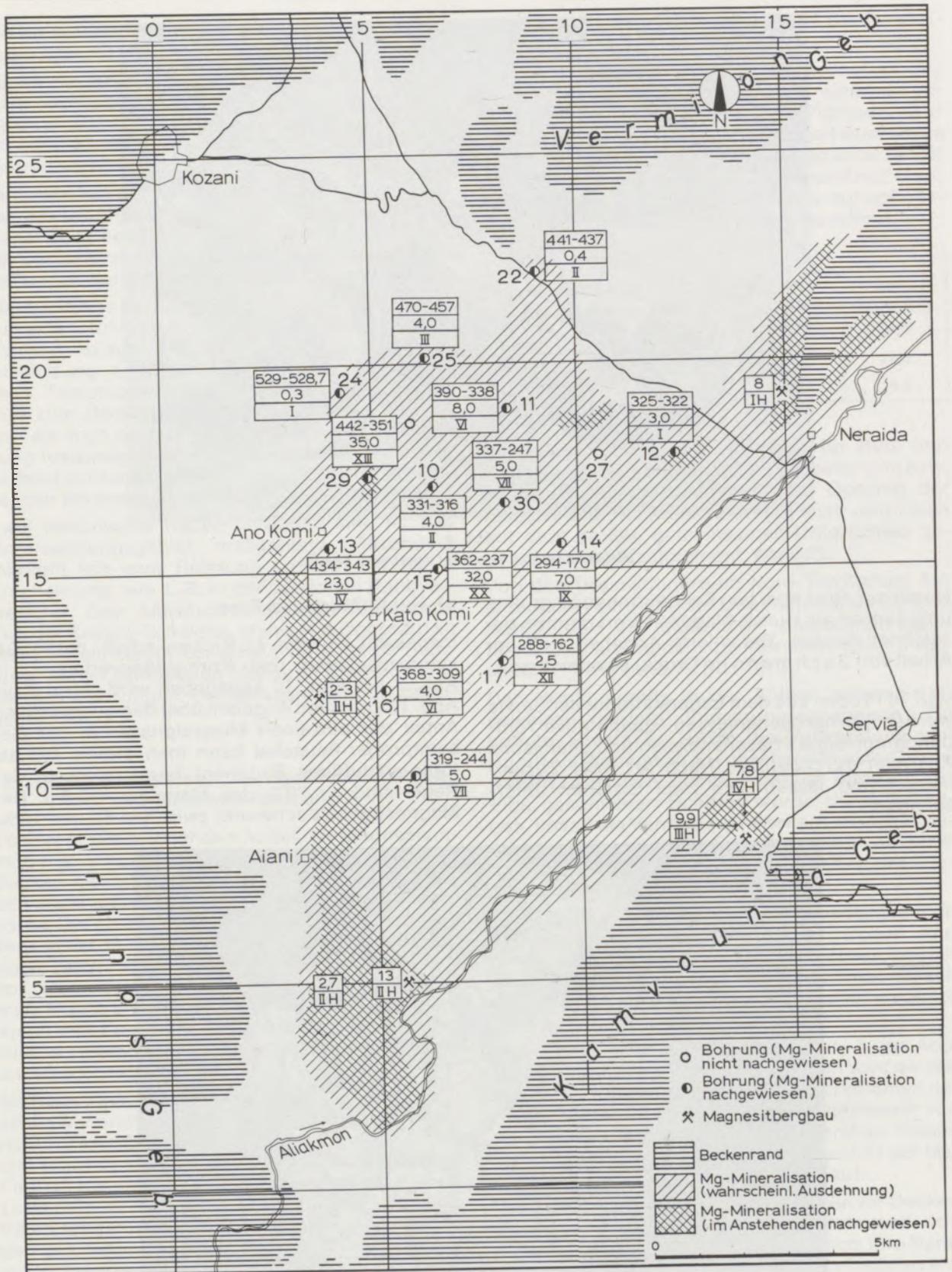


Abb. 6

Ausdehnung der magnesiumkarbonatischen Mineralisation
 (Angaben in den Kästchen: obere Zeile: Teufenbereich der magnesiumkarbonatischen Mineralisation (m ü. NN);
 mittlere Zeile: Addierte Mächtigkeiten der vererzten Horizonte;
 untere Zeile: Anzahl der vererzten Horizonte.
 Bei anstehender Vererzung nur addierte Mächtigkeiten und Anzahl der vererzten Horizonte angeführt).

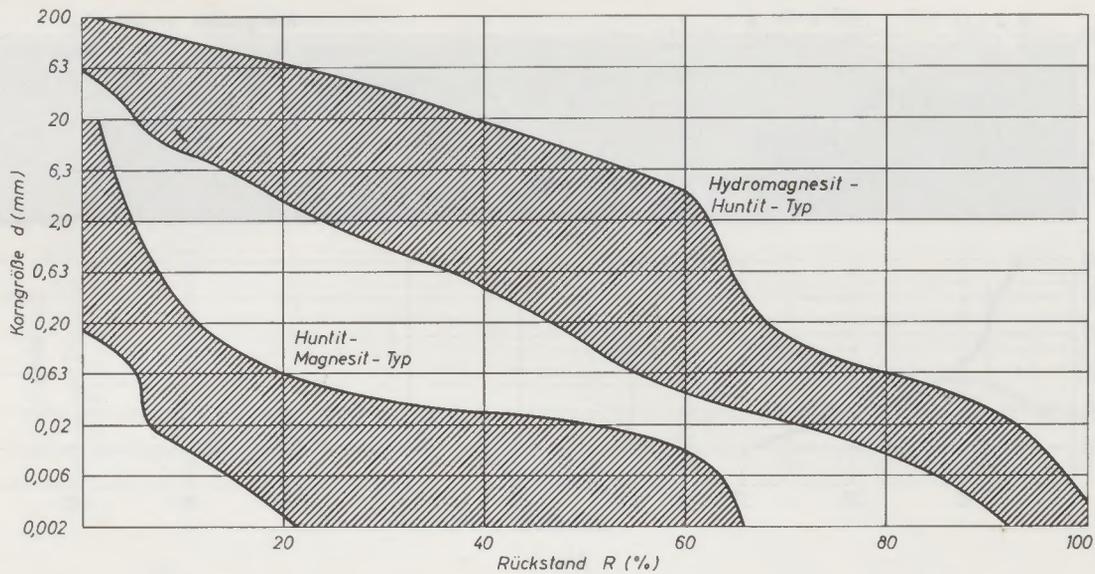


Abb. 7

Korngrößenverteilung huntitisch-magnesitischer und hydromagnesitisch-huntitischer Sedimente

wobei sein Anteil in der Korngrößenklasse $< 6,3 \mu$ meist unter 5% liegt. Neben Tonmineralen besteht die Fraktion $< 6,3 \mu$ im wesentlichen aus Huntit. Die Huntitgehalte in den größeren Fraktionen können zum einen auf Verwachsungen, zum anderen insbesondere aber auf schlechte Dispergierung während der Schlämmanalyse zurückgeführt werden. Als weitere karbonatische Mineralphasen treten Dolomit und Kalzit auf. Ihre Gehalte liegen unter 5%. Im Hinblick auf ein Ausbringen gering CaO-haltiger Magnesite wirken sich die Gehalte der letztgenannten Minerale insofern nachteilig aus, als sie in den größeren Fraktionen (vgl. Abb. 8 bis 10) angereichert sind.

b) Hydromagnesit-Huntit-Erze

Zur Untersuchung wurden 34 Einzelproben herangezogen. In Abb. 11 und Abb. 12 sind zwei typische Vertreter dargestellt. Eine etwas abweichende Probe, die jedoch zur gleichen Paragenese gehört, wurde in Abb. 13 berücksichtigt. Hydromagnesit ist stets in den größeren Korngrößenklassen angereichert. Zunehmende Hydromagnesitgehalte gehen Hand in Hand mit einer Abnahme des Huntitanteiles. Wie aus Abb. 11 und Abb. 12 ersichtlich, ist etwa die Hälfte des gesamten Hydromagnesitanteiles in der Fraktion $> 2000 \mu$ konzentriert. Ungünstig wirken sich je-

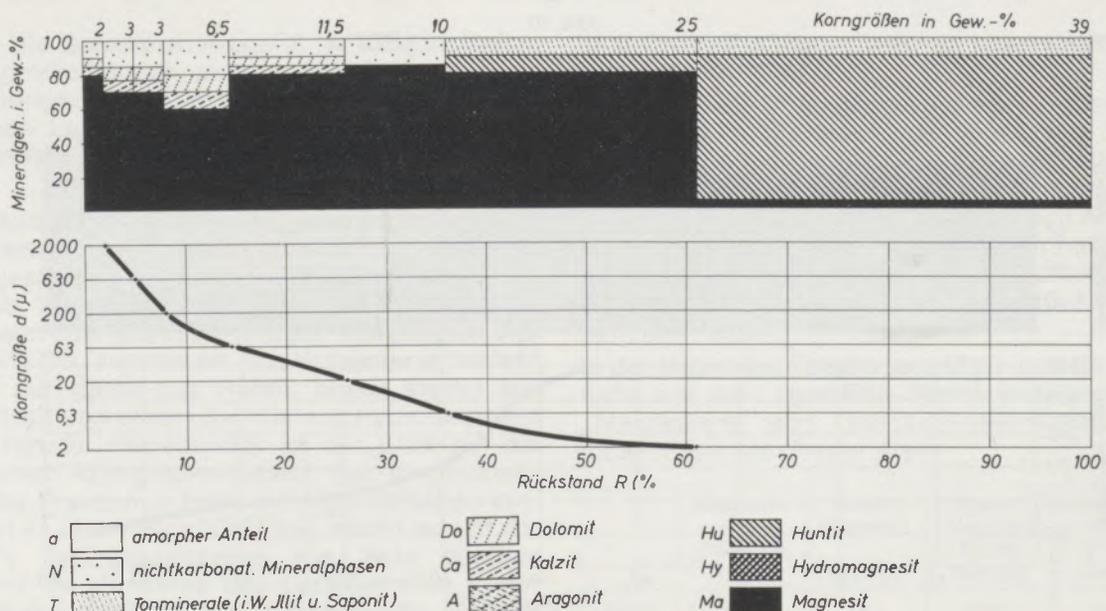


Abb. 8 bis 10

Korngrößenverteilung und Zusammensetzung von Huntit-Magnesit-Erzen

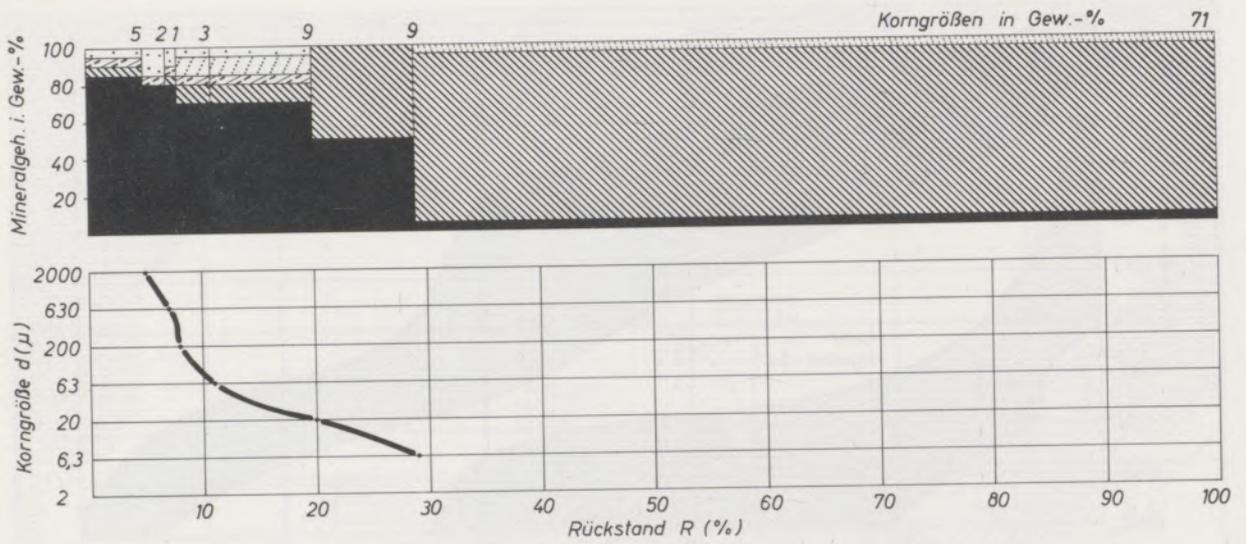


Abb. 9

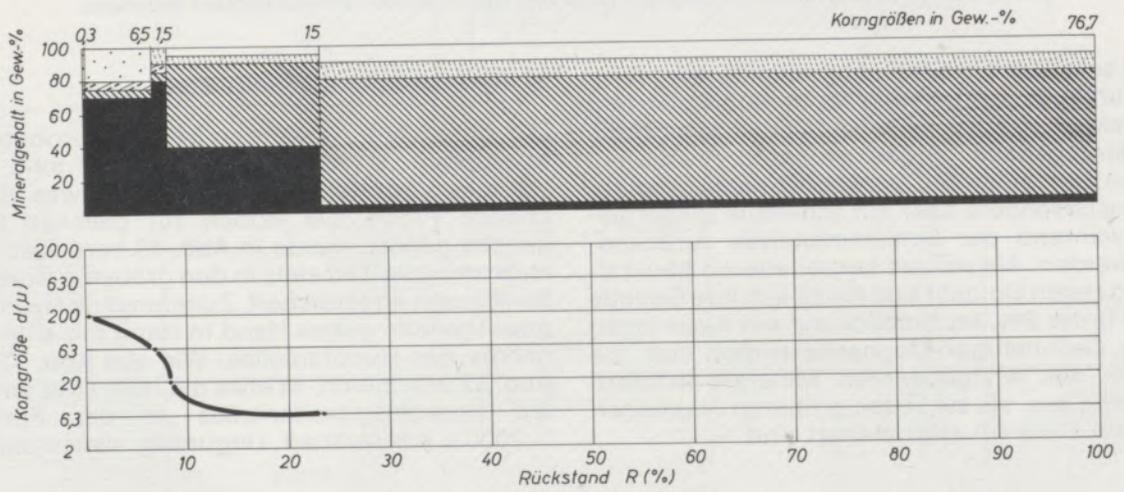


Abb. 10

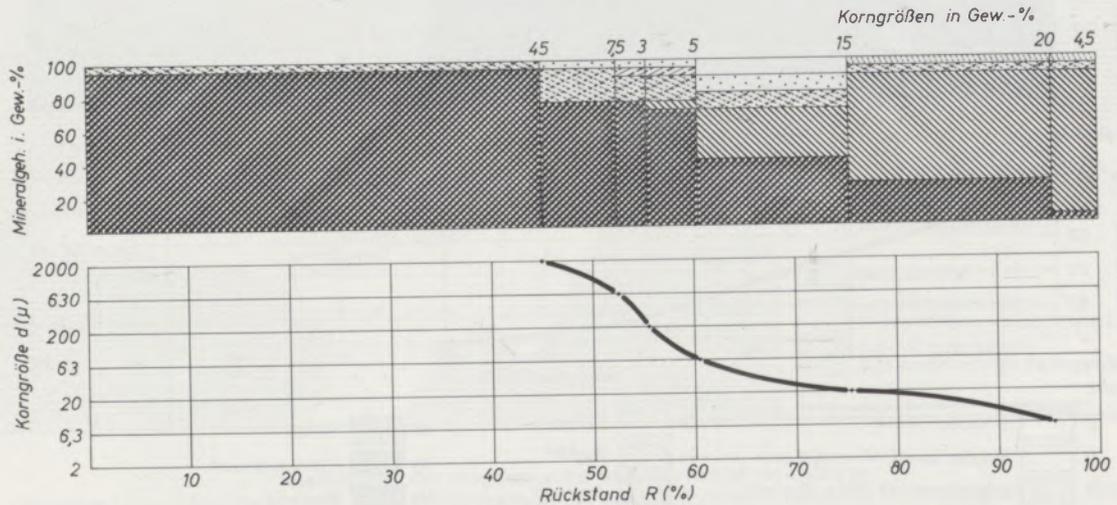


Abb. 11 bis 13

Korngrößenverteilung und Zusammensetzung von Hydromagnesit-Huntit-Erzen

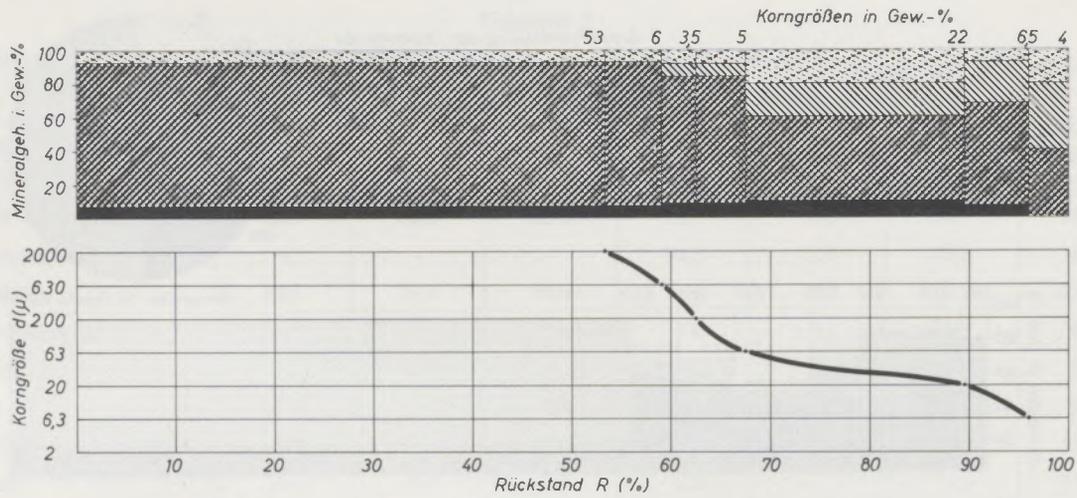


Abb. 12

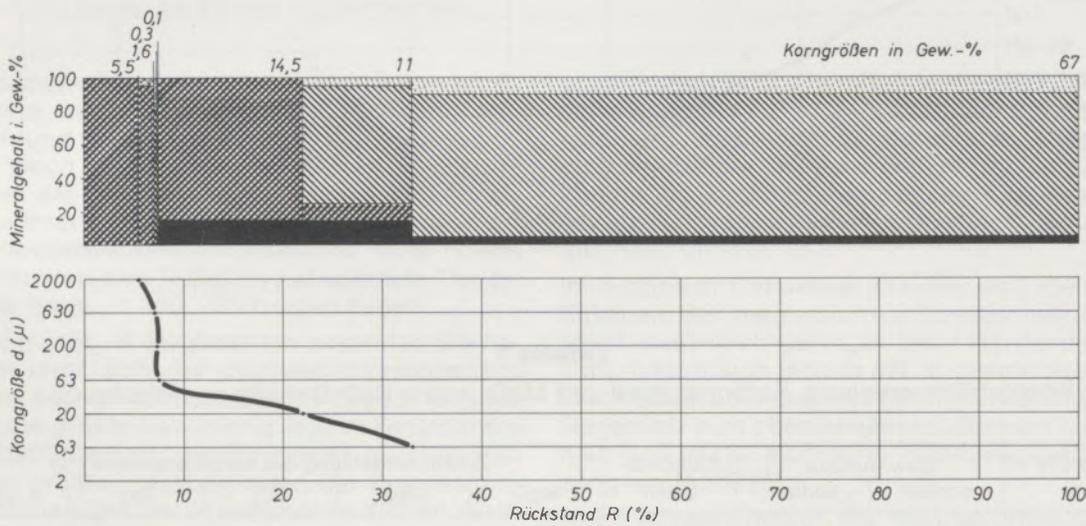


Abb. 13

doch die Gehalte an Aragonit (< 10%) in diesem Korngrößenbereich aus. Im Hinblick auf einen zukünftigen Abbau verdienen die hydromagnesitreichen Lagen im Bereich des Servia-Beckens besondere Beachtung.

Für Aufbereitungsversuche wurde aus dem Lagerstättenbereich Servia eine Mischprobe zusammengestellt. Die Ergebnisse der Siebanalyse sind in Abb. 14 und Tab. 1 angeführt. Der Karbonatanteil setzt sich aus 37,57% MgO, 11,51% CaO und 48,35% CO₂ zusammen. Das Rohmaterial besteht etwa zur Hälfte aus Huntit, einem Viertel aus Magnesit und einem Zehntel aus Hydromagnesit (vgl. Tab. 2). Interessanter ist der Blick auf die einzelnen Korngrößenklassen. Der Karbonatanteil der Fraktion > 1 mm mit MgO-Gehalten zwischen 44 und 46% ist CaO-frei, macht jedoch nur 6,32% der Gesamtprobe aus. Sehr deutlich kommt die Zunahme des CaO-Gehaltes in der Fraktion < 0,32 mm zum Ausdruck, die ca. zwei Drittel des gesamten Materials ausmacht. Auch hieraus wird wiederum die bergbauliche Bedeu-

tung der hydromagnesitreichen Lagerstättenpartien klar erkennbar.

Durch einfaches Absieben der Korngrößenklassen > 0,125 mm erhielt man vom Erztyp Servia ein relativ gering CaO-haltiges magnesiumkarbonatisches Konzentrat mit einer Zusammensetzung von 35% MgO und 2,5% CaO. Nach weiterer Abtrennung der silikatischen Mineralphasen (im wesentlichen Feldspäte, Quarz und untergeordnet Pyroxene) verschiebt sich der MgO-Anteil zu höheren Werten.

In der folgenden Tabelle sind MgO- und CaO-Gehalte aus der Lagerstätte Servia angeführt. Das „Magnesiterz“ von Tsailas (1969) stammt vermutlich aus dem Revier Aiani.

	„Magnesiterz“ (TSAILAS 1969)	Huntit- Magnesit (Servia)	Hydro- magnesit Huntit (Servia)	Aufberei- tungs- probe (Servia)
MgO	36,5	35,5	39,0	33,05
CaO	9,3	10,0	5,5	9,06

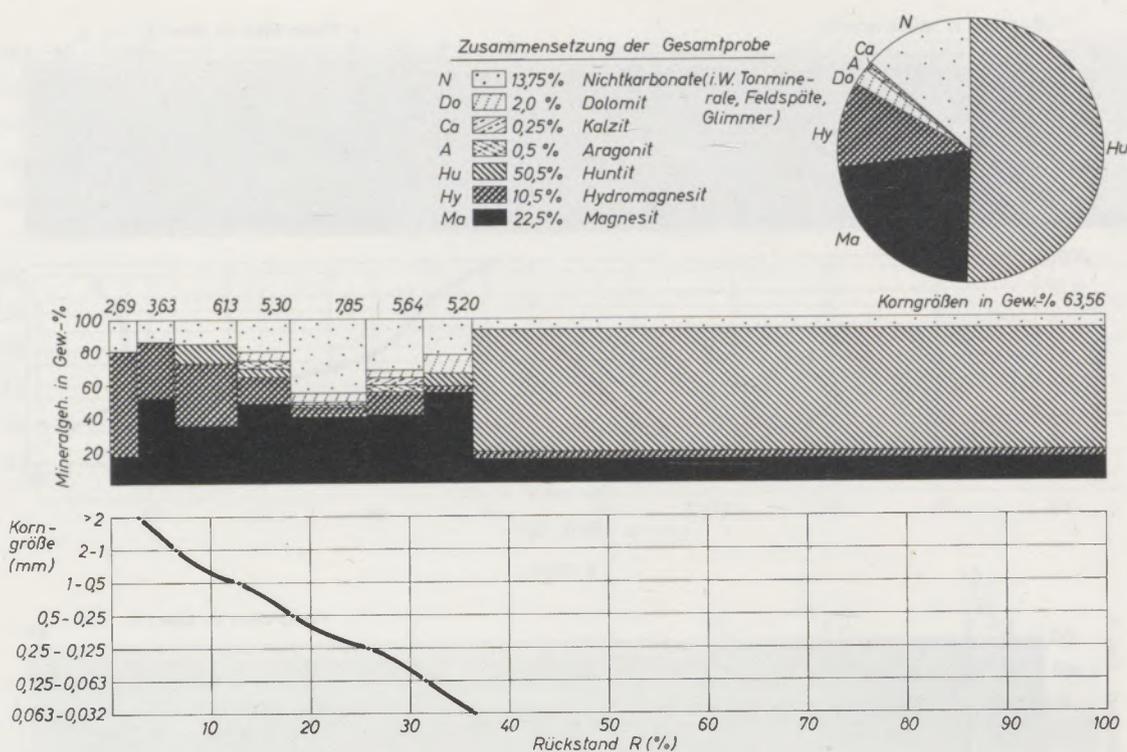


Abb. 14 Korngrößenverteilung und Zusammensetzung einer Mischprobe aus dem Lagerstättenrevier Servia

Tabelle 1
Korngrößenverteilung, Karbonatanteil und MgO- sowie CaO-Gehalte der Mischprobe

Korngröße (mm)	Gew.-Anteile		Karbonatanteil	Zusammensetzung des Karbonatanteiles (%)				
	einzel	addiert		MgO	CaO	CO ₂	Mg	Ca
>2	2,69	2,69	80,9	44	—	40	28	—
2-1	3,63	6,32	86,4	46	—	46	28,5	—
1-0,5	6,13	12,45	85,9	44	2,4	45	27	1,7
0,5-0,25	5,30	17,75	80,0	41	6,8	48	26	4,9
0,25-0,125	7,85	25,6	55,0	43	4,8	50	26	3,5
0,125-0,063	5,64	31,24	68,9	39	9,4	48	24	6,8
0,063-0,032	5,20	35,44	78,0	42	6,1	50	26	4,4
<0,032	63,56	100,00	93,1	37	12,7	50	22	9,0

Verbreitung der magnesiumkarbonatischen Mineralisation

Magnesitvorkommen aus dem Bereich des Servia-Beckens sind in der Literatur bisher nur von Aiani (Donath 1957, Petrascheck 1961, Tsailas 1969) und Servia (Wetzenstein 1974, 1975) erwähnt worden. Die Untersuchungen von Zachmann (in Druck) vermitteln erstmals ein zusammenhängendes Bild von der magnesiumkarbonatischen Mineralisation im gesamten Beckenbereich. Die Vielzahl der im Gelände aufgenommenen und im Labor bearbeiteten Profile ließen auch

Rückschlüsse auf die untertägige Fortsetzung der lagerförmigen Vererzung zu. Der glückliche Umstand, daß während einer Explorationskampagne auf Lignit (Anastopoulos und Brousoulis 1973) im Servia-Becken Bohrungen abgeteuft wurden, führte, dank der Profilbeschreibungen, zu einer noch genaueren Vorstellung von der Ausdehnung der Lagerstätten.

Die Fläche des in Abb. 6 dargestellten Servia-Beckens beträgt 370 km², davon sind rund 40% (160 km²) magnesiumkarbonatisch vererzt.

Tabelle 2

Berechnete quantitative Mineralzusammensetzung der Gesamtproben nach den Zusammensetzungen der Einzelfractionen (vgl. Tab. 1). Angaben in Gewichtsprozenten

Minerale \ Probe	1	2	3	4	5	6	Aufberei- tungs- probe
Huntit	35,7	66,3	65,0	20,6	8,0	64,7	50,5
Hydromagnesit	–	–	–	66,3	73,8	20,8	10,5
Magnesit	49,4	24,8	15,5	–	9,1	7,2	22,5
Aragonit	–	–	–	7,6	9,1	0,1	0,5
Dolomit	1,7	1,3	–	–	–	–	2,0
Kalzit	1,7	1,0	0,5	0,4	–	–	0,25
Tonminerale	6,5	–	10,0	1,3	–	7,2	13,75 *)
Silikate	5,0	6,6	0,5	2,3	–	–	13,75 *)
Amorphanteil	–	–	8,5	1,5	–	–	–

*) Gew.-% der Summe aus Silikaten und Tonmineralen

Die magnesiumkarbonatischen Horizonte liegen stratiform in einer ca. 120 m mächtigen Ton-, Mergel- und Sandserie. Generell fällt diese mit 5° bis 10° nach SE ein. Flexurartige Störungen komplizieren die Verhältnisse nur an den Beckenrändern, während Kippungen kleinerer Schollen für die Internbereiche kennzeichnend sind. Diese konzentrieren sich lediglich auf schmale Traversen, die längs ± 150°-Störungen liegen.

In dem in Abb. 6 dargestellten gesamten Servia-Becken stellt sich der magnesiumkarbonatisch vererzte Bereich als ein „löffelförmiges“ Gebilde dar. Seine größte Absenkung liegt im Zentrum des Lagerstättenreviers. Die Bohrungen in durchteuften hier die größten Mächtigkeiten der magnesiumkarbonathaltigen Serie (maximal ca. 120 m). Auch die jüngere Sedimentüberdeckung erreicht in diesem Gebiet ihre größten Mächtigkeiten (vgl. Abb. 3; maximal ca. 80 m). Eine sichere Fortsetzung dieser Absenkungszone ist auf einer von Kozani zum Lagerstättenbereich Servia zu ziehenden Linie nachzuweisen.

Die peripheren Partien des Lagerstättenreviers werden durch Ausbisse von Mg-Karbonaten in allgemein geringer mächtigen Horizonten charakterisiert.

Im folgenden sollen in Anlehnung an Abb. 6 Einzelbereiche mit nachgewiesener und wahrscheinlicher Mg-Mineralisation kurz besprochen werden.

Mg-Mineralisation im Anstehenden

Generell finden sich die Ausbisse in den Randbereichen des vererzten Gebietes. Der Lagerstättenbezirk Aiani weist seine größten Mächtigkeiten etwa im Bereich der Koord. 5,5/5 *) auf. Es handelt sich hierbei um zwei im wesentlichen hydroma-

gnesisische Horizonte mit einer Gesamtmächtigkeit von insgesamt 13 m. Große Mächtigkeiten mit raschem Ausdünnen in mehrfacher Wiederholung kennzeichnen dieses Gebiet von Aiani. Hinzu kommt ein rascher Wechsel der Karbonatparagenesen. Hydromagnesit überwiegt gegenüber Magnesit und Huntit.

Im südlichen Teil dieses Bezirkes sind die Mächtigkeiten der magnesiumkarbonatischen Serien meist wesentlich geringer (zwei Horizonte à ca. 1 m), lassen sich jedoch mit ± gleichbleibender Mächtigkeit über mehrere Kilometer verfolgen. Im Gegensatz zum oben erwähnten Bereich herrscht hier eine recht monotone Hydromagnesitvererzung vor (Abb. 15).

Nach Norden nimmt die magnesiumkarbonatische Mineralisation ab. Kleinere Ausbisse von Hydromagnesit sind anzutreffen. Sporadisch treten Magnesit und Huntit auf.

Nördlich des Lagerstättenbereiches Aiani schließt sich der kleinere von Kato Komi an (vgl. Abb. 6). Die größten Mächtigkeiten sind bei Koord. 3,5/12 im Bereich eines älteren Schurfes gut aufgeschlossen. Es handelt sich im wesentlichen um eine Magnesit-Huntit-Vererzung, die in zwei Horizonten mit einer Gesamtmächtigkeit von 2 bis 3 m ansteht und nach SE mit langsamer Mächtigkeitsabnahme auf ca. 1 km zu verfolgen ist. Hervorzuheben sind bis zu 1 m große Magnesitknollen mit ausgeprägten Schrupfrissen. Am Ostrand ist die Vererzung auf dm-mächtige Lagen und Einzelvorkommen beschränkt.

Bei den in Abb. 6 dargestellten drei kleinen Vorkommen im Nordteil handelt es sich um hydromagnesitreiche Ausbisse.

In der Ostecke des Lagerstättenreviers liegt das größere Vorkommen von Neraidha. Es handelt sich um einen Horizont, der seine größte Mächtigkeit (ca. 8 m) bei den Koord. 15/19 aufweist. Von hier keilt der ± durchhaltende Horizont nach Norden aus. Genetisch zum gleichen Bezirk gehö-

*) Zur einfacheren Orientierung wurde ein eigenes Koordinatennetz gewählt (erste Angabe = Rechtswert, zweite Angabe = Hochwert).



Abb. 15

Durchhaltende magnesiumkarbonatische Mineralisation bei Aiani

rend können die Vorkommen NE Neraidha gesehen werden. Das deutliche Hervortreten einer Huntitmineralisation ist kennzeichnend für diesen Bezirk.

Derzeit im Abbau begriffen ist das Vorkommen von Servia. Bedingt durch seine unmittelbare

Nachbarschaft zur Randverwerfung handelt es sich hier um ein stark gestörtes Gebiet. Drei bis vier Horizonte mit insgesamt 8 bis 10 m Mächtigkeit sind aufgeschlossen. Es überwiegt wieder Hydromagnesit, doch sind auch Huntit und Magnesit reichlich vorhanden (Abb. 16).



Abb. 16

Magnesiumkarbonatische Serien im Bereich des Vorkommens Servia. Randverwerfung im Hintergrund

In Bohrungen erfaßte Mg-Mineralisation

Im Mg-karbonatisch mineralisierten Gebiet des Servia-Beckens wurden im Rahmen von Lignit-prospektionsarbeiten (Anastopoulos und Brousoulis 1973) Bohrungen niedergebracht. Siebzehn dieser Bohrungen dienten als Unterlage für die folgenden Ausführungen.

Die Mg-karbonatische Mineralisation erreicht ihre größte Mächtigkeit längs einer ca. 150° streichenden, zwei bis drei Kilometer breiten Zone im zentralen Teil des Servia-Beckens (vgl. Abb. 3). Bei Bohrung 29 setzen die vererzten Horizonte unmittelbar an der Geländeoberkante ein und reichen bis zu einer Teufe von ca. 90 m (vgl. Abb. 6). Dreizehn Horizonte mit einer Gesamtmächtigkeit von 35 m weisen eine Mg-karbonatische Vererzung auf.

Wie aus den Profilen in Abb. 3 ersichtlich, nimmt die Gesamtmächtigkeit der Mineralisation innerhalb der obgenannten Zone nach SE ab. Angaben zu den einzelnen Bohrungen sind in Abb. 6 detailliert angeführt. Im Hinblick auf einen späteren Abbau ist auf eine relativ mächtige Überlagerung im Bereich der Bohrungen 14 und 17 hinzuweisen (bis zu 100 m; vgl. Abb. 3 und Abb. 6).

Vorräte

Die sedimentären magnesiumkarbonatischen Bildungen des Servia-Beckens weisen gegenüber den meist stock- und gangförmigen Magnesitvorkommen extrem hohe CaO-Gehalte auf, wobei der CaO-Anteil zu den kleineren Korngrößen hin zunimmt. Die CaO-Gehalte rühren dabei von den meist schon primär feinkörnigen Mineralphasen Huntit, Aragonit und Calcit sowie seltener Dolomit her.

Recht reiner Magnesit tritt im Servia-Becken in Form der bereits erwähnten Magnesitknollenhorizonte und der Magnesitlagen auf. In Hinblick auf einen eventuellen Abbau bietet sich aber die sowohl extensiv als auch intensiv verbreitetere hydromagnesitische Vererzung im Servia-Becken an. Kennzeichen der hydromagnesitischen Mineralisation ist ihr Maximum der Korngrößenverteilung im Sand-Kies-Bereich (vgl. Abb. 17).

Als Grundlage für eine überschlägige Vorratsberechnung wurden sieben von verschiedenen Lokalitäten stammende Hydromagnesitproben herangezogen. Die Ergebnisse der Sieb- und chemischen Analysen sind in Abb. 17 und Tab. 3 dargestellt. Mittels Naßsiebung ließ sich ein Konzentrat mit maximal 4% CaO erreichen, bei Nichtberücksichtigung der Korngrößenfraktion < 1 mm. Dies entspricht zwar nur ca. der Hälfte des gesamten Materials, hat aber den Vorteil, daß der Anteil der Nichtkarbonate kleiner als 2% ist. Derzeit laufende Untersuchungen lassen ein noch wesentlich günstigeres Ausbringen an CaO-armen Hydromagnesiterzen erwarten.

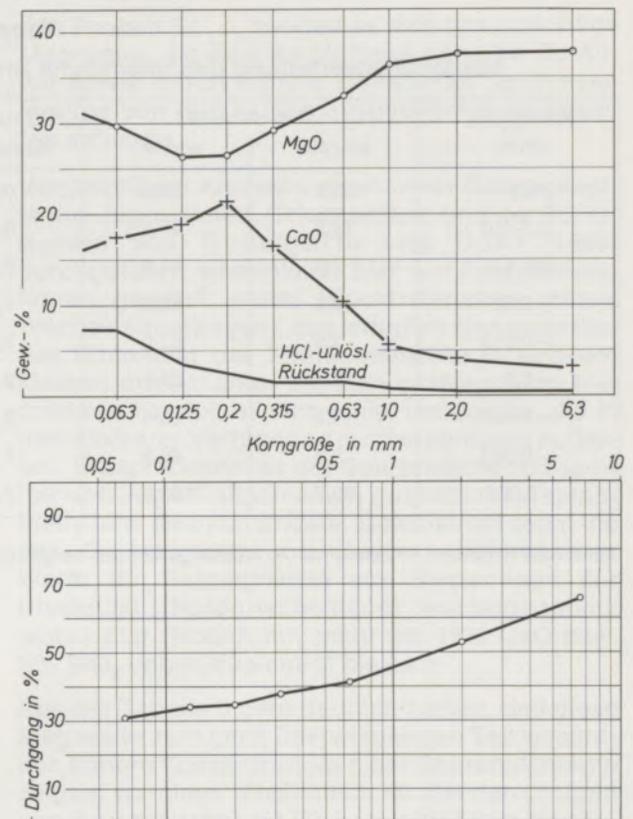


Abb. 17

Korngrößenverteilung und chemische Analysen einer Hydromagnesit-Mischprobe

Für das gesamte Lagerstättenrevier (vgl. Abb. 6) liegen die möglichen Vorräte der magnesiumkarbonatischen Bildungen bei ca. 400 Mio. t. Genauer untersucht wurden hydromagnesithöfliche Bezirke. Deren Einzelflächen und sichere Vorräte an Hydromagnesit sind in Abb. 18 angeführt. Etwa ein Flächendrittel des gesamten Mg-karbonatisch mineralisierten Gebietes weist eine Hydromagnesitvererzung auf (46 km²). Als sichere Vorräte wurden für jenes Gebiet 95 Mio. t berechnet. Wie aus Abb. 18 ersichtlich, verteilen sich die Vorräte aber nicht gleichmäßig über die gesamte Fläche. Das reichste Revier liegt in den Bezirken 2, 3 und 4 (Abb. 18), wo auf 10 km² etwa die Hälfte der gesamten Hydromagnesitvorräte konzentriert ist, nämlich 48,5 Mio. t. Zudem ist in diesem Revier der Hydromagnesit nahezu ohne Überdeckung zugänglich (vgl. Abb. 3 und Abb. 6).

In Anbetracht der ständig steigenden Nachfrage für Magnesit (Griechenland verdoppelte von 1968 bis 1971 seine Produktion an Rohmagnesit, Anon. 1974, Chaziteodorou 1974) und bei der Größe des Vorkommens erscheinen uns weitere Untersuchungen in diesem Gebiet angebracht. Griechenland hat derzeit sichere Magnesitvorräte von 15 Mio. t (nach Koutsoumbelis 1971 wahrscheinlich Vorräte von 20 Mio. t). Durch die Vorkommen im Servia-Becken, deren Aufbereitung momentan jedoch noch nicht restlos gelungen ist, vervielfältigen sich die griechischen Magnesitreserven.

Tabelle 3
Korngrößenverteilung und chemische Analysen einer Hydromagnesit-Mischprobe

Korngröße (mm)	Gew.-Anteile		HCl-unlös. Rückstand	CaO	MgO	CO ₂ , OH-Gruppen, Kristallwasser
	einzel	addiert				
>6,3	33,8	33,8	0,4	3,2	37,7	59,1
6,3-2,0	13,3	47,1	0,4	4,1	37,6	58,3
bis 1,0	7,8	54,9	0,8	5,6	36,5	57,9
-0,63	3,6	58,5	1,5	10,5	33,0	56,5
-0,315	3,5	62,0	1,5	16,5	29,3	54,2
-0,2	3,1	65,1	2,6	21,4	26,6	52,0
-0,125	1,3	66,4	3,5	18,9	26,4	54,7
-0,063	2,9	69,3	7,2	17,5	29,7	52,8
<0,063	30,7	100,0	7,2	13,2	32,9	53,9

Sämtliche Angaben in Gewichts-%; Wassergehalt der bergfeuchten Proben: 5,6%; Siebzeit: 1 Stunde

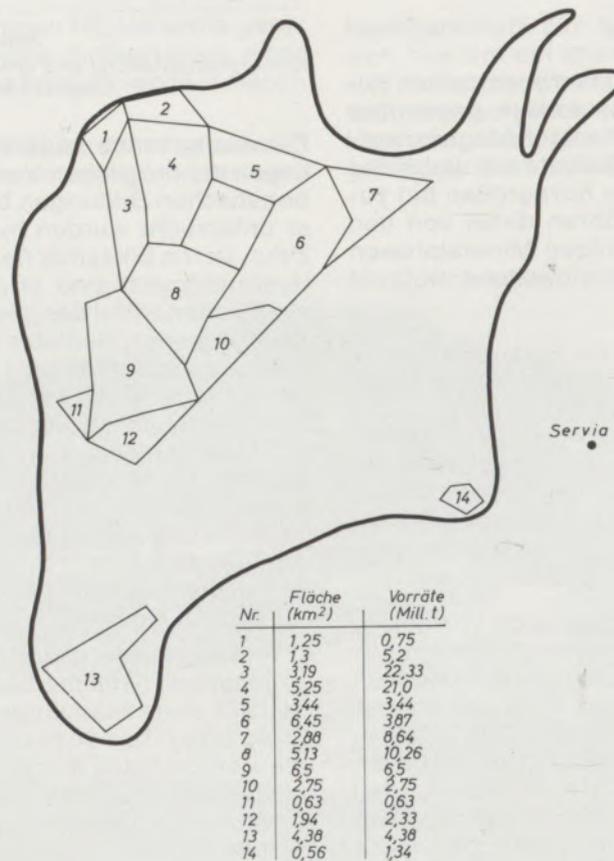


Abb. 18

Vorräte und vererzte Bereiche im Servia-Becken. Umrandung entspricht der Begrenzungslinie der magnesium-karbonatischen Mineralisation

Geochemische Untersuchungen

Magnesiumkarbonate aus dem gesamten Lagerstättenbereich wurden quantitativ chemisch analysiert. Als für das Vorkommen typisch sollen im folgenden einige Analysenwerte von Magnesit, Hydromagnesit und Huntit wiedergegeben werden. Berücksichtigt sind nur Proben mit maximal 10% nichtkarbonatischen Verunreinigungen (im allgemeinen Quarz, Tonminerale, Feldspäte), da das nichtkarbonatische Sediment im Hinblick auf die Spurenelemente eine wesentlich andere Zusammensetzung aufweist als die eingeschalteten Karbonate.

Die Untersuchungen wurden mittels Atomabsorptionsspektrometer durchgeführt (Perkin-Elmer 300 S mit Untergrundkompensator). Nähere Angaben über Aufschlußverfahren, Arbeitsbedingungen usw. sind der Arbeit von Zachmann (in Druck) zu entnehmen.

Magnesit:

Die genetisch bedeutsame Einteilung der verschiedenen im Gelände anzutreffenden Magnesite soll hier nur insoweit erfolgen, als zwischen schichtig und knollenförmig ausgebildeten unterschieden wird. Schichtige Magnesite zeichnen sich gegenüber den knollenförmigen insbesondere durch einen nahezu immer vorhandenen Huntit-, seltener Dolomitanteil aus, der meist die Zwickel zwischen den Magnesitkörnern verfüllt, aus welchen sich diese Horizonte aufbauen.

Bis auf die aus Lagerstättenbereich 13 stammenden Proben mit der Indizierung 5/... beziehen sich alle in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Analysenwerte auf Knollenmagnesite. Bei

den Proben 5/... handelt es sich um schichtige Magnesite, die sich durch ihren höheren Ca-Anteil sowie durch höhere Gehalte an Spurenelementen von den knollig ausgebildeten Magnesiten abheben.

Vergleichbare Analysen eisenarmer Gelmagnesite aus Jugoslawien, Griechenland und der Türkei wurden von Baumgarth und Dohr (1965) durchgeführt, wenngleich hier ein Analysenverfahren gewählt wurde (Spektralanalyse mittels Wechselstrombogen), das lediglich eine quantitative Einteilung der Spurenelemente in Größenklassen ermöglichte. Bei den untersuchten Magnesiten handelt es sich meist um solche, die in unmittelbarer Verbindung mit Serpentin auftreten. Entsprechend ist die Spurenelementzusammensetzung im allgemeinen qualitativ und quantitativ eine deutlich andere. Beispielhaft seien die von Baumgarth und Dohr veröffentlichten Werte für Gelmagnesite aus Serpentin der Chalkidiki (Nordgriechenland) wiedergegeben, wobei hier Proben mit mehr als 15% CaO bzw. 5% SiO₂ unberücksichtigt bleiben:

Aus der Tabelle 5 geht deutlich hervor, daß diese Magnesite zum ganz überwiegenden Teil wesentlich höhere Konzentrationen der Spurenelemente zeigen, vor allem hinsichtlich Ni. Bei den übrigen von Baumgarth und Dohr angeführten Magnesiten des Balkans und Kleinasien liegen die Verhältnisse ähnlich, mit Ausnahme von Eskeshehir/Türkei.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Magnesite des Servia-Revieres bezüglich der Spurenelemente wesentlich ärmer sind als die an Serpentine gebundenen eisenarmen Gelmagnesite.

Tabelle 4

Analysenwerte verschiedener Magnesite des Servia-Beckens

Lagerstättenbereich	Probe Nr.	Ca : Mg (molar)	Rückstand (%)	Sr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)
3	KKA	3 : 97	2,2	29	19	310	11	5	4
	K75	3 : 97	0,5	30	45	315	6	4	2
7	JK4/1	2 : 98	0,4	27	58	310	18	9	2
12	RM18	2 : 98	0,7	22	38	860	6	4	0
13	V28	2 : 98	0,2	11	8	50	0	9	3
	Ai7/1	3 : 97	0,3	42	13	160	5	4	2
	5/10	11 : 89	2,4	78	67	1135	32	26	2
	5/27/1	9 : 91	4,4	49	155	2682	70	31	3
	5/28/2	5 : 95	3,9	29	114	2114	44	23	3
14	P2K	1 : 99	0,2	4	9	35	4	7	0
	P2S	2 : 98	0,1	11	13	88	6	0	2
	MK1	1 : 99	0,6	10	23	680	18	4	2
	WMS	1 : 99	0,4	12	25	510	25	11	0

Tabelle 5
Geochemische Analysen von Gelmagnesiten (nach Baumgarth und Dohr (1965))

Lagerstätte	Nr.	Gew. %		Cu	Ni	Cr	Sr	Mn
		CaO	SiO ₂					
M 1	4	0,4	1,6		++			
M 1	5	0,2	5,0		++			
MP 1	7	0,2	4,1		++			+
R	9	0,4	1,0					
R	11	0,6	2,7		++			+
R	12	0,4	2,5		++			
D	16	0,2	0,6					
K	19	0,6	0,4			++		
K	20	3,4	1,6		++			
K	22b	0,4	0,2		++			
K	24	1,2	0,2					
Val	30	1,5	0		++			++

Erläuterung (Gehalte in ppm):

Element	+	++
Cu	560-780	über 1000
Ni	-	über 1000
Cr	700-1000	über 1000
Mn	500-1000	über 1000
Sr	180-290	310-1000

Hydromagnesit:

Hydromagnesite bilden im Untersuchungsgebiet sowohl lateral als auch vertikal die ausgedehntesten und am wenigsten durch Sand- und Tonbeimischungen verunreinigten Flöze. Im frischen Zustand liegen die Hydromagnesite im allgemeinen als reinweiße, makroskopisch dichte Massen vor, die jedoch bei näherer Betrachtung oft kavernös ausgebildet sind, wobei die Hohlräume von anderen Karbonaten (meist Aragonit) mehr oder weniger ausgefüllt werden. Der Verwitterung ausge-

setzt, zerfallen die Hydromagnesite zu rundlichen Aggregaten und zeigen oft eine bräunlich bis rötlich verfärbte Kruste.

Vergleichbare Analysenwerte von Hydromagnesiten anderer Vorkommen liegen zur Zeit nicht vor. Gegenüber den Magnesiten des Servia-Beckens haben beim Hydromagnesit die Anteile der Spurenelemente deutlich zugenommen, am eindeutigsten bei Sr.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Spurenelementanalyse der Aufbereitungsprobe von Hydromagnesit (siehe Abschnitt „Vorräte“ und folgende Tabelle):

Eindeutig besteht Parallelität der Spurenelementbeträge zum Verunreinigungsgrad durch HCl-unlösliche Rückstände (Tone und Sande) sowie zum CaO-Gehalt des Hydromagnesits: Die Zunahme der HCl-unlöslichen Rückstände in den Einzelfraktionen zum kleineren Kornbereich hin bedingt ein Ansteigen der Spurenelementgehalte mit Ausnahme von Sr. Dieses zeigt eine klare Abhängigkeit vom CaO-Gehalt (Aragonit, Dolomit) der Einzelfraktionen.

Tabelle 6
Analysenwerte verschiedener Hydromagnesite des Servia-Beckens

Lagerstättenbereich	Probe Nr.	Ca : Mg (molar)	Rückstand (%)	Sr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)
7	JK 13/6	31 : 69	0,8	267	43	950	23	5	5
13	Ai7/2	2 : 98	0,9	33	31	316	15	3	0
	V 11	20 : 80	0,3	153	45	550	25	7	2
14	S 81b	15 : 85	1,2	130	200	1580	0	0	17
	S 104	10 : 90	0,8	32	32	456	22	5	4
	S 108/1	20 : 80	0,6	73	53	383	25	6	3
	S 109	10 : 90	2,1	44	53	715	28	4	4

Tabelle 7
Analysenwerte einer Aufbereitungsprobe von Hydromagnesit

Siebweite (mm)	HCl-unlös. Rückst. (%)	CaO (%)	MgO (%)	Sr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
>6,3	0,4	3,2	37,7	32	48	283	21	70	42
2,0	0,4	4,1	37,6	27	36	356	14	5	23
1,0	0,8	5,6	36,5	43	38	387	16	12	24
0,63	1,5	10,5	33,0	96	50	621	17	28	32
0,315	1,5	16,5	29,3	157	55	904	20	36	44
0,2	2,6	21,4	26,6	227	61	725	26	63	51
0,125	3,5	18,9	26,4	188	68	734	18	59	51
0,063	7,2	17,5	29,7	201	125	1850	37	106	93
<0,063	7,2	13,2	32,9	156	137	2320	31	128	103

Huntit:

Huntit weist im Lagerstättenbereich eine durchaus einheitliche Ausbildung als reinweiße, erdig-weiße Massen auf. Diese sind meist als kugelige Gebilde (Durchmesser selten über 3 cm) in das Sediment eingebettet. Im Gebiet von Neraidha liegt Huntit in eigenständigen Flözen vor.

Ebenso wie bei Hydromagnesit sind vergleichbare chemische Analysen von Huntit in der Literatur nicht vorhanden.

Die Spurenelementkonzentrationen liegen bei Huntit im allgemeinen wesentlich höher als bei Magnesit und Hydromagnesit, wobei vor allem gegenüber Magnesit eine deutliche Zunahme festzustellen ist. Dies gilt insbesondere bezüglich Sr und Mn, wohingegen Ni und Cr sich eher regional differenzieren.

Danksagung

Die Durchführung der Arbeiten war dank der finanziellen Unterstützung seitens der Graduiertenförderung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) möglich.

An dieser Stelle gilt unser Dank folgenden Institutionen: National Institute for Geology and Subsurface Research/Athen, Polytechnical University of Athenes.

Wesentliche Beiträge zum Gelingen dieser Arbeit sind den Herren Dr. habil. C. Garagunis und Dipl.-Min. P. Panzarzis (Public Power Corp./Athen) zu verdanken.

Eine Siebanalyse führte das Forschungsinstitut der Fa. Fried. Krupp/Essen durch. Herr Dr. U.

Tabelle 8
Analysenwerte verschiedener Huntite aus dem Servia-Becken

Lagerstättenbereich	Probe Nr.	Ca : Mg (molar)	Rückstand (%)	Sr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)
Neraidha	11/3	25 : 75	0,1	180	20	64	5	6	6
3	K 103	27 : 73	0,2	1005	75	550	13	15	4
7	Am.N2	25 : 75	0,1	310	61	100	0	6	5
13	5/14/2	21 : 79	3,8	350	95	1422	42	27	2
	5/17	21 : 79	0,8	282	39	263	16	18	2
	5/41/2	24 : 76	3,4	986	530	1789	75	24	0
14	29	25 : 75	3,0	244	238	1045	9	2	3
	31 a	26 : 74	0,6	200	135	1075	0	11	6
	55/1	28 : 72	3,2	109	95	190	0	0	3
	74/1	25 : 75	3,3	492	415	335	0	3	2
	82/1	27 : 73	3,2	489	482	225	0	0	3
	87/1	25 : 75	2,8	259	305	250	3	4	2
	90/1	25 : 75	1,8	738	791	225	1	4	2
	97/1	26 : 74	4,2	407	720	490	0	0	8

Zorll (Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e. V./Stuttgart) führte Untersuchungen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von Huntit auf dem Farben- und Pigmentbereich durch. Be-

sonders herzlich möchten wir uns für die Ausführung der Zeichenarbeiten bei Herrn W. Karrasch (Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Stuttgart) bedanken.

Zusammenfassung

Plio-pleistozäne, limnisch-sedimentäre magnesiumkarbonatische Bildungen des Servia-Beckens (Nordgriechenland) wurden hinsichtlich ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung untersucht. Folgende Paragenesen konnten unterschieden werden; geordnet nach ihrer Häufigkeit: Hydromagnesit-Huntit, Magnesit-Huntit; Hydromagnesit, Huntit, Magnesit mit mehr oder weniger Aragonit sowie seltener Dolomit.

Mit Aufbereitungsversuchen konnte nachgewiesen werden, daß sich MgO-reichere Konzentrate besonders leicht aus hydromagnesitischen Lagen gewinnen lassen, wobei Hydromagnesit sich in

der Sand- und Kiesfraktion anreichert. Das erhaltene Konzentrat weist CaO-Gehalte um 3% und FeO + Al₂O₃-Gehalte unter 1% auf. Speziell für hydromagnesitreiche Gebiete wurden Vorratsberechnungen durchgeführt: Die mineralisierte Fläche nimmt 46 km² ein, wobei 10 km² etwa 50 Millionen Tonnen hydromagnesitreiches Erz enthalten, während weitere 36 km² nochmals zusätzlich die gleiche Menge führen (Vorratsklassen A + B).

Im Rahmen der Untersuchungen wurden erstmals für einen derartigen Lagerstättentyp umfassende geochemische Analysen durchgeführt.

Summary

The purpose of our investigations was a primary research done in the relatively unknown lacustrine magnesiumcarbonatic rock sequences of Plio-Pleistocene age in the Servia basin (Macedonia/Greece). Together with research done on sedimentary petrography the mineralogical composition and geochemistry of the sediments are being studied. The following types of characteristic paragenesis could be distinguished: Hydromagnesite-huntite, magnesite-huntite; hydromagnesite, huntite, magnesite with smaller amounts of aragonite and rarely dolomite.

By various dressing tests of hydromagnesitic layers it was possible to receive a concentrate rich in MgO by simple wet sieving. Hydromagnesite is

normally concentrated in sand and gravel fraction (concentrate with $\pm 3\%$ CaO and FeO + Al₂O₃ less than 1%).

Preliminary calculations of reserves especially of seamlike hydromagnesitic ores have been made: Mineralized area auf 46 sq.km includes 100 mill. tons of sure and possible reserves, whereas nearly 50% are concentrated in an area of 10 sq.km and other 50% are distributed over 36 sq.km.

This type of deposit has hardly been known so far; because of its extensive distribution it is, moreover, of special interest. Therefore we started with first geochemical analysis of the different types of magnesium- and calcium-carbonatic mineralizations.

Résumé

On a étudié la composition minéralogique et chimique des formations de carbonates magnésiens limniques sédimentaires du plio-pléistocène, du bassin de Servia (Grèce du nord). On a pu mettre en évidence les paragenèses suivantes, classées selon leur fréquence: hydromagnésite-huntite, magnésite-huntite; hydromagnésite, huntite, magnésite avec plus ou moins d'aragonite et plus rarement dolomite.

Des essais de préparation ont permis de démontrer que des concentrés riches en MgO peuvent être obtenus d'une manière particulièrement facile à partir des couches d'hydromagnésite, l'hydro-

magnésite s'enrichissant dans la fraction de sable et de gravier. Le concentré obtenu contient environ 3% de CaO et moins de 1% de FeO + Al₂O₃. Des calculs de réserves ont été effectués principalement pour les zones d'hydromagnésite. La superficie minéralisée occupe 46 km², avec pour 10 km² une teneur d'environ 50 millions de t de minerai d'hydromagnésite, alors que 36 autres km² en contiennent encore une même quantité (classes de réserve A + B).

Dans le cadre de cette étude, on a effectué pour la première fois sur un tel gisement des analyses géochimiques assez poussées.

Literaturverzeichnis

- Anastopoulos, J. C., J. D. Brousoulis: Kozani-Servia Lignite Basin (Stratigraphy-Economic Geology-Drilling Work). Mineral Deposit Research No. 1, Athen (1973).
- Angel, F., u. F. Trojer: Der Ablauf der Spatmagnetitmetasomatose. Radex-Rdsch., S. 315–334 (1953).
- Anon.: World magnesia shortage. Particularly in high-purity grades. Industrial minerals, May 1974, S. 23–34 (1974).
- Barbieri, M., G. Calderoni, C. Cortesi u. M. Fornaseri: Huntite, a mineral used in antiquity. Archaeometry 16, 1, S. 211–220 (1974).
- Baumgarth, W., H. Dohr: Spurenelemente in eisenarmen Gelmagnetiten. Ber. Dtsch. Keram. Ges. 42, S. 111–117 (1965).
- Brunn, J. H.: Contribution à l'étude du Pinde septentrional et de la Macédoine occidentale. (Thèse, Paris 1955.) Ann. Géol. Pays Helléniques VII, S. 358 (1956).
- Les zones helléniques internes et leurs extension. Bull. Soc. Géol. France (7), 2, S. 470–486 (1960).
- Chaziteodorou, G.: Bodenschätze und Bergbau Griechenlands. Glückauf 110, 3, S. 96–100 (1974).
- Clar, E.: Über Parallel-, Schräg- und Kreuzänderung in Spatlagerstätten. Miner. petr. Mitt., 3, S. 55–64 (1954).
- Zur Entstehungsfrage der ostalpinen Spatmagnetite. Carinthia II, S. 22–31 (1956).
- Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. Verh. Geol. B.-A., Wien, Sonderh. G. S. 11–35 (1965).
- Destombes, J. P.: Magnesites (Giobertites) des Pyrénées Occidentales. Bull. Soc. Géol. France (6), 6, S. 461–476 (1956).
- Donath, M.: Die jugoslawischen Magnesitlagerstätten. Tonindustrie 79, S. 267–274 (1955).
- Zur Genesis von Lagerstätten dichten Magnesits. N. Jb. Miner. Abh. 91, S. 573–584 (1957).
- Friedrich, O. M.: Zur Genese der ostalpinen Spatmagnetit- und Talklagerstätten. Radex-Rdsch., S. 281–298 (1951).
- Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnetitlagerstätten. Radex-Rdsch., S. 393–420 (1959).
- Haditsch, J. G.: Beiträge über das Gefüge von Spatlagerstätten. (Untersuchungen an Bändermagnetiten von Azturreta/Spanien und Dienten/Salzburg.) Radex-Rdsch., S. 426–438 (1969).
- Ilich, M.: Magnezitsko lezhiste Bela Stena. Zbornik Radova Rudarsko – Geoloshkog Fakulteta (Beograd), 1, S. 15–52 (1952).
- Irion G., u. G. Müller: Huntit, dolomite, magnesite and polyhalite of recent age from Tuz Gölü/Turkey. Nature 220, S. 1309–1310 (1968).
- Johannes, W.: Zur Entstehung von Magnesitvorkommen. N. Jb. Miner. Abh. 113, S. 274–325 (1970).
- Karageorgiou, E.: Geological reconnaissance of the Kozani-Servia-Sarantoporos and Elassona lignite basin. Ministry of Coordination, Subsurface Research Department, Report No. II, S. 32 (1951).
- Kinsman, D. J. J.: Huntite from a carbonate-evaporite environment. Am. Mineralogist 52, S. 1332–1340 (1967).
- Koutsoumbelis, G. (Hrsg.): Products of Greece 1971. Athen: Link (1971).
- Llarena, J. G. de: Die Lagerstätten des sedimentären Magnesits im Paläozoikum der Westpyrenäen. Berg- u. Hüttenm. Mh. 96/11, S. 221–227 (1951).
- Über die sedimentäre Entstehung des ostalpinen Magnesits „Typus Veitsch“. Montan Ztg. 69, S. 55–62 (1953).
- Leitmeier, H.: Die Magnesitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. Montan Ztg. 67, S. 133–137 und S. 146–153 (1951).
- Die Entstehung der Spatmagnetite in den Ostalpen. Tscherms. Miner. petr. Mitt. 3, S. 305–311 (1953).
- Leitmeier, H., u. W. Siegl: Untersuchungen an Magnesiten am Nordrande der Grauwackenzone Salzburgs und ihre Bedeutung für die Entstehung der Spatmagnetite der Ostalpen. Berg- u. Hüttenm. Mh. 99, S. 201–208 und S. 221–235 (1954).
- Mercier, J.: Etude géologique des zones internes des hellénides en Macédoine centrale (Grèce). Ann. Géol. Pays Helléniques XX, S. 596 (1973).
- Ney, P.: Zum gegenwärtigen Stand des Magnesitproblems. Z. dt. Geol. Ges. 108, S. 203–220 (1956).
- Perthuisot, J. P.: Présence de magnésite et de huntite dans la Sebkhah el Melah de Zarzis. Acad. Sci. C. R.; Sér. D. 272/2, S. 185–188 (1971).
- Petrascheck, W. E.: Zur Bildung griechischer Magnesitlagerstätten. Radex-Rdsch., S. 641–646 (1961).
- Weitere Erkenntnisse über die Bildung der Lagerstätten des dichten Magnesits und des Meerschaums. Radex-Rdsch., S. 103–108 (1964).
- Beziehungen zwischen kryptokristallinem und spätem Magnesit. Radex-Rdsch. 5, S. 339–350 (1972).
- Die kristallinen Magnesite von Snarum in Norwegen. Radex-Rdsch. 3, S. 487–491 (1971).
- Riederer, S.: Recently identified egyptian pigments. Archaeometry 16, 1, S. 102–109 (1974).
- Tsailas, D. P.: Study on the possibility of beneficiating sedimentary magnesite from Aiani-Kozani area. Metallurgical Essays 4; Inst. Geol. Subsurf. Res. 47 (1969).
- Veen, A. W. L., u. W. Arndt: Huntite and aragonite nodules in a vertisol near Catherine, Northern Territory, Australia. Nat. Phys. Sci. 241, S. 37–40 (1973).
- Wetzenstein, W.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an limnischen Magnesit-Huntitlagerstätten im Plio-Pleistozän des Servia-Beckens/Nordgriechenland. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1974/10, S. 625–642 (1974).
- Limnische Huntit-Hydromagnesit-Magnesit-Lagerstätten in Mazedonien/Nordgriechenland. Mineral. Deposita (Berl.) 10, S. 129–140 (1975).
- Zachmann, D.: Untersuchung von Magnesit- und Huntitvorkommen in Nordgriechenland. In Druck.