

Untersuchungen zur Substitution von Magnesit durch Hydromagnesit

Dieter Wolfram Zachmann, Braunschweig*)

Mg-karbonatische Mineralisationen des Serviabeckens. Verbreitung, Auftreten, Verbandsverhältnisse, insbesondere Hydromagnesit. Aufbereitungsversuche mit Hydromagnesit, chem. Analysen. Sinterversuche mit Hydromagnesit, Röntgenographie, Auflichtmikroskopie.

Mg-carbonate mineralizations in the Servia-basin. Distribution, occurrences, geological setting, especially hydromagnesite. Separation of hydromagnesite, chem. analyses. Sinter treatment of hydromagnesite, X-ray analysis, reflection microscopy.

Minéralisations de carbonate de Mg du bassin de Servia. Distribution, gisements, conditions géologiques, principalement des hydromagnésites. Essais de préparation de l'hydromagnésite, analyses chimiques. Essais de frittage de l'hydromagnésite, analyse aux rayons X, microscopie en lumière réfléchie.

Einleitung

Die wachsenden Qualitätsansprüche und der Bedarf verursachten bis vor wenigen Jahren zunehmend den Einsatz von synthetischem Ausgangsmaterial, wie z. B. $Mg(OH)_2$, zur Herstellung von Sintermagnesit.

Eine Reihe von Möglichkeiten zur Erzeugung von Sintermagnesit aus verschiedenen synthetischen Ausgangssubstanzen ist beschrieben in Comstock 1963. So wird bei dem Verfahren der Dow Chemical Co. kalzinierter Kalk zur Ausfällung von

$Mg(OH)_2$ aus Meerwasser eingesetzt. Auf ähnliche Weise kann kalzinierter Dolomit verwendet werden. In jedem Falle ist die Herstellung von MgO aus synthetischem Ausgangsmaterial wesentlich energieaufwendiger als beim Einsatz von natürlichem Rohmagnesit. Der erhöhte Energieaufwand brachte konsequenterweise, zusammen mit anderen Faktoren, in den letzten Jahren eine Reihe von Planungen zur Errichtung von Seewasser-Magnesitwerken zum Erliegen (Hicks 1979). Bei eher steigenden Energiekosten wird man daher in Zukunft, neben dem Ausweichen auf Spezialprodukte (Treffner 1979), in stärkerem Maße versuchen, auf natürliches Ausgangsmaterial zur Herstellung von Sintermagnesit zurückzugreifen. Unter diesen Aspekten verdienen die

*) Dr. Dieter-Wolfram Zachmann, Institut für Geologie und Paläontologie der TU Braunschweig, Pockelstraße 4, D-3300 Braunschweig

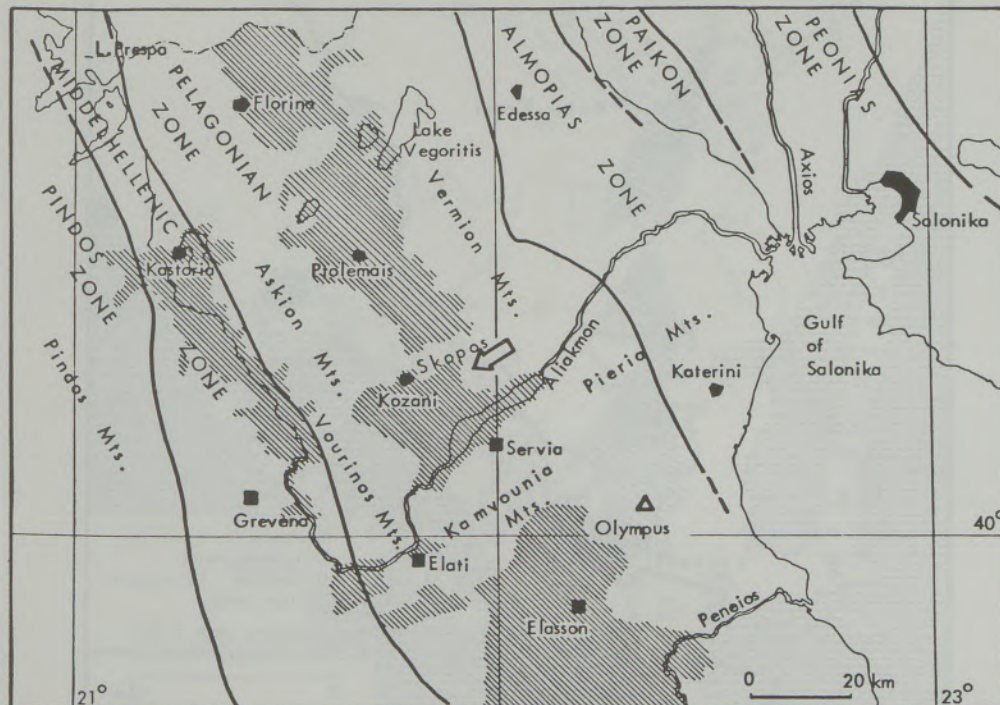


Abb. 1

Lage des Serviabeckens (mit geologischer Zonengliederung nach Mercier 1973)

Mg-karbonatischen Vorkommen des Serviabeckens in Nordgriechenland (Makedonien) erneut Beachtung.

Mineralisation des Serviabeckens

Die Lage des Serviabeckens ist aus Abb. 1 zu ersehen. Bereits 1957 wurden die dortigen Magnesitvorkommen von Donath beschrieben. Weitere Arbeiten zur Geologie des Serviabeckens und der Genese seiner Mg-Karbonate liegen vor von: Petrascheck (1961, 1964), Wetzenstein (1974a, 1974b), Wetzenstein und Zachmann (1977), Zachmann (1977).

In den zuletzt genannten Arbeiten wird gezeigt, daß im Serviabecken die Mg-Karbonate Magnesit, Hydromagnesit und Huntit vorliegen. Die chemi-

sche Zusammensetzung der z. T. weniger bekannten Mineralphasen ist wie folgt: Magnesit - $MgCO_3$; Hydromagnesit - $4 MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4 H_2O$ (Barian et al. 1973, Akao et al. 1974); Huntit - $Mg_3Ca(CO_3)_4$ (Faust 1953). Aus Karte Abb. 2 geht die Verbreitung dieser Mineralphasen in den einzelnen Lagerstättenbereichen innerhalb des Serviabeckens hervor.

Magnesit

Die Magnesitvorkommen des Serviabeckens lassen sich generell untergliedern in flözförmigen, dichten Magnesit und Lagen aus knolligem Magnesit. Da der knollige Magnesit eine Zusammensetzung aufweist, die den besten synthetischen Magnesitqualitäten entspricht, wurden die Vor-

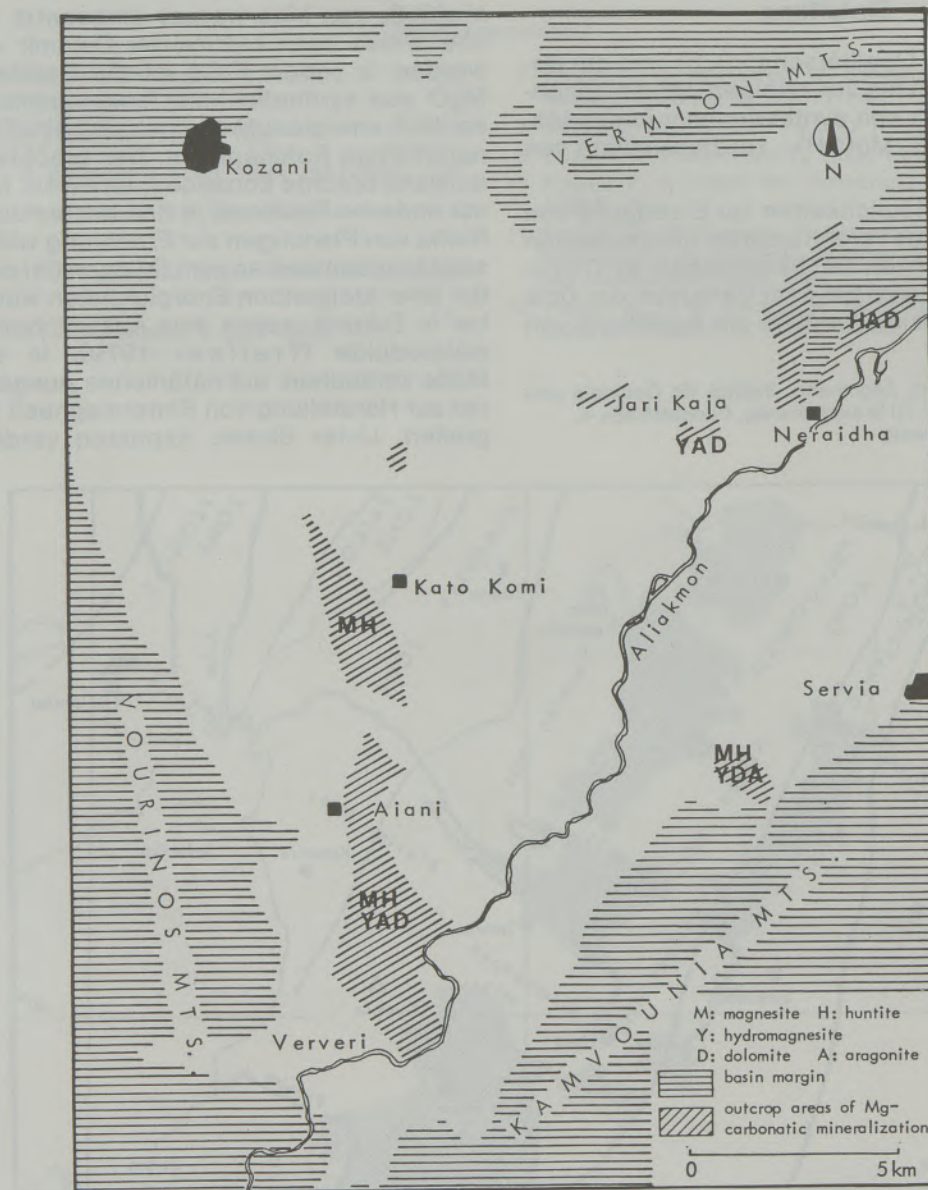


Abb. 2
Vorkommen von Mg-Karbonaten und Aragonit im Serviabecken

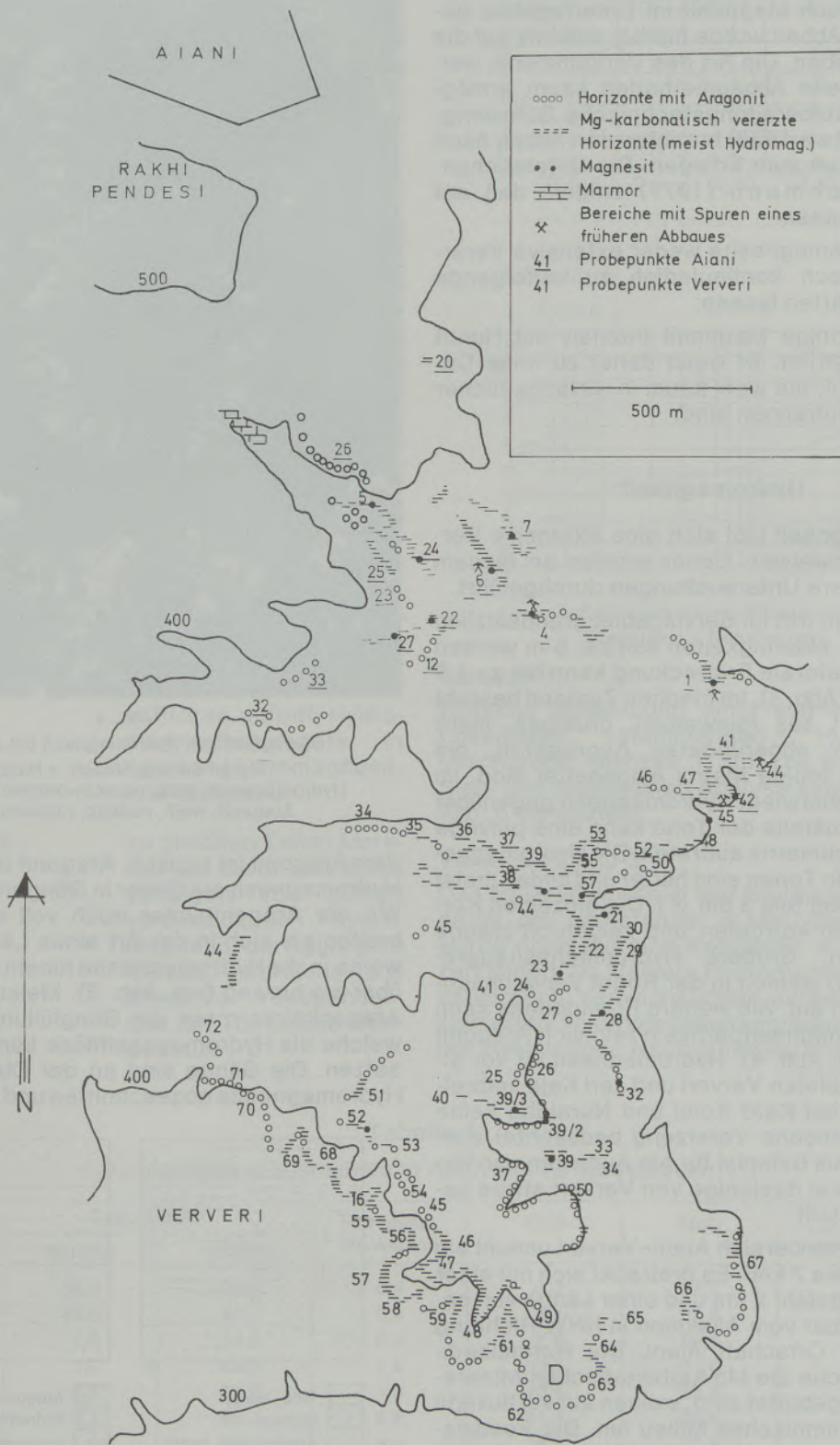


Abb. 3
Karte der Hydromagnesitlagerstätte Aiani-Ververi

kommen Servia, Aiani und Kato Komi bis in die jüngste Zeit hinein immer wieder auf die Möglichkeit eines Abbaus untersucht. In den frühen fünfziger Jahren wurde im Lagerstättenbereich Aiani tatsächlich auch Magnesit im Untertagebau gewonnen. Der Abbau wurde hierbei selektiv auf die Knollen betrieben. Die Art des Vorkommens, welche maschinelle Abbaumethoden kaum ermöglicht, sowie aufbereitungstechnische Schwierigkeiten (Tsailas 1969) brachten den Abbau nach wenigen Jahren zum Erliegen. Die Untersuchungen von Zachmann (1977) zeigen, daß auf Grund der Genese:

- die Knollenmagnesite weder extensive Vererzungen noch kontinuierlich zu verfolgende Flöze erwarten lassen;
- der flözförmige Magnesit intensiv mit Huntit verwachsen ist. Er weist daher zu hohe Ca-Gehalte auf, die wohl kaum in wirtschaftlicher Weise abzutrennen sind.

Hydromagnesit

Für Hydromagnesit läßt sich eine extensive Verbreitung nachweisen. Daher wurden an diesem Material weitere Untersuchungen durchgeführt.

Hydromagnesit tritt im Serviagebiet grundsätzlich in Flözen auf. Mächtigkeiten von ca. 5 m werden erreicht; die laterale Erstreckung kann bis zu 1,5 km betragen (Abb. 3). Im frischen Zustand besteht das Karbonat aus reinweißen, grusigen, mehr oder weniger abgerundeten Aggregaten, die meist in eine tonige Matrix eingebettet sind. Im allgemeinen überwiegt Hydromagnesit gegenüber den Tönen. Anstelle der Tone kann eine pulvrige Hydromagnesitmatrix auftreten. Die Hydromagnesitaggregate in Tönen sind härter und bilden meist größere Partikel (bis 3 cm Ø). Die einzelnen Körner erscheinen korrodiert und zeigen oft braune Inkrustationen. Größere Hydromagnesitaggregate (>3 mm) weisen in der Regel Verwachsungen mit Tönen auf. Als weitere Fremdphase kann in den Hydromagnesitpartikeln reichlich Aragonit auftreten (vgl. Abb. 4). Hydromagnesit ist vor allem in den Gebieten Ververi und Jari Kaja verbreitet, während bei Kato Komi und Neraiha keine hydromagnesitische Vererzung beobachtet werden konnte. Als Beispiel für ein Auftreten von Hydromagnesit sei dasjenige von Ververi etwas genauer dargestellt.

Der Lagerstättenbereich Aiani-Ververi umfaßt ein Gebiet von etwa 7 km². Es erstreckt sich mit einer Breite von ungefähr 2 km und einer Länge von ca. 5 km unmittelbar vom Aliakmon in NNW-Richtung bis nahe zur Ortschaft Aiani. Die Normalsedimente, in welche die Mg-karbonatischen Mineralisationen eingebettet sind, weisen auf ein fluviatil beeinflusstes, limnisches Milieu hin. Die Assoziation Hydromagnesit-Aragonit ist in diesem Gebiet vorherrschend und weit über die magnesitische Mineralisation hinaus verbreitet (vgl. Karte, Abb. 3). Die Verknüpfung der Hydromagnesitflöze mit



Abb. 4

Dünnschliff von Hydromagnesit mit Aragonit
Vergrößerung 36fach; x Nicols
Hydromagnesit: grau, verschwommen gepunktet
Aragonit: weiß, nadelig, radialstrahlig

dem Aragonit ist typisch. Aragonit durchsetzt den Hydromagnesit als Sinter in Gängen und Stöcken. Wo die Aragonitsinter noch voll erhalten sind, breiten sie sich in der Art eines Lakkolithen teilweise in die Hydromagnesite hinein aus, teilweise über sie hinweg (vgl. Abb. 5). Meist sind von den Aragonitsintern nur die Gangfüllungen erhalten, welche die Hydromagnesitflöze senkrecht durchsetzen. Die Gänge sind an der Obergrenze des Hydromagnesits abgeschnitten und bilden mit die-

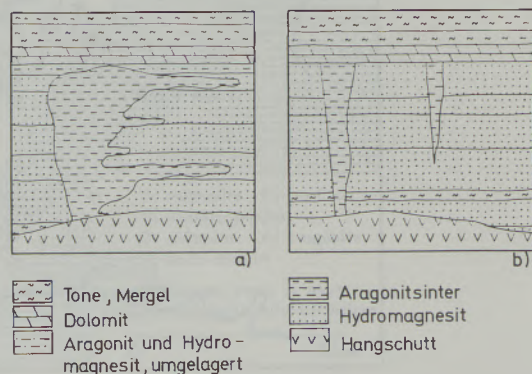


Abb. 5

Aragonitsinter in Hydromagnesitflözen;
(a) stockförmig, (b) gangförmig

sem eine Einebnungsfläche. Sie wird im allgemeinen von einer weit durchhaltenden Dolomitbank abgedeckt. Hydromagnesit oder Magnesit wurden im Aragonit nicht beobachtet. Dagegen fehlt im Hydromagnesit Aragonit höchst selten. Die Hydromagnesitflöze zeigen die Form einer Füllung flacher Senken. Ihre Oberfläche stellt bis auf Ausnahmen eine Verebnung dar.

Aufbereitungsversuche; chemische Analysen

Um die Möglichkeit der Substitution von Magnesit durch Hydromagnesit zu prüfen, wurden zahlreiche chemische Analysen des unbehandelten Rohhydromagnesits aus verschiedenen Lagerstättenbereichen auf Haupt- und Nebenelemente durchgeführt (vgl. Zachmann 1977). Aus den Analysen des nicht behandelten Materials geht hervor, daß zumindest ein Teil des im Servia-becken vorliegenden Hydromagnesits einer Aufbereitung bedarf. Verschiedene Aufbereitungsversuche wurden durchgeführt, um so den Hydromagnesit von Tonen, Mergeln und Aragonit zu trennen.

Beschreibung des verwendeten Materials:

Für Versuche 1 und 2: tonarmer Hydromagnesit, wie er normalerweise in Flözen auftritt; Hydromagnesitaggregate in weicher Hydromagnesit- und Tonmatrix.

Für Versuch 3: zu gleichen Teilen Material wie zuvor und durch sandigen Ton extrem verunreinigter Hydromagnesit; die Aggregate weisen zahlreiche und intensive Verwachsungen mit Tonen und Sanden auf.

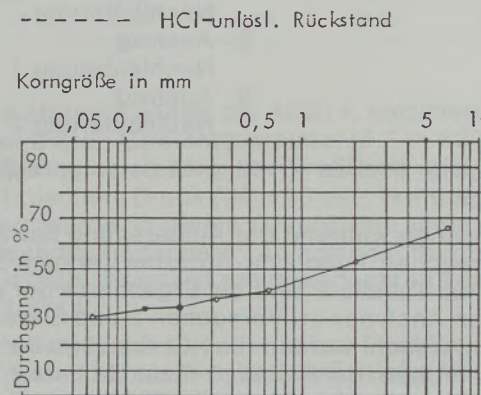
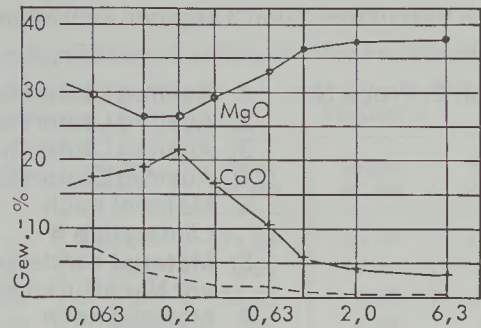


Abb. 6
Aufbereitung von Hydromagnesit
(Versuch 1 - Naßsiegung)

Versuch 1:

Einfache Naßsiegung einer von verschiedenen Lokalitäten stammenden Hydromagnesit-Mischprobe; Siebzeit 1 Std. Die Ergebnisse der Sieb- und chemischen Analyse sind in Tab. 1 und Abb. 6 dargestellt.

Versuche 2 und 3:

Das Material wurde in vier Stufen geläutert; Zeitdauer pro Läuterstufe: 3 Min. Dieses Material wurde dann auf eine Korngröße von 1 bis 5 mm zerkleinert, da kleinere Hydromagnesitaggregate kaum noch Verwachsungen aufweisen. Die zerkleinerten Hydromagnesitaggregate wurden einer zweistufigen Nachläuterung unterzogen.

Tabelle 1
Korngrößen und chemische Analysen zu Siebversuch 1

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

Angaben in Gewichts-%; Siebzeit 1 Stunde

Aus den Versuchen 2 und 3 ergaben sich folgende Proben:

Versuch 2: Probe Nr.	1: Austrag Läuterstufe 1
	2: Austrag Läuterstufe 2
	3: Austrag Läuterstufe 3
	4: Austrag Läuterstufe 4
	5: Material nach Läuterstufe 4
	6: Material zerkleinert; vor Nachläuterung
	7: Material nach Nachläuterung
	8: Austrag Nachläuterung 1
	9: Austrag Nachläuterung 2

Versuch 3: Proben Nr. M 1-M 9, entsprechend Versuch 2.

Die Abgänge während der Aufbereitung betragen bei Versuchen 1 und 2 ca. 55%, bei Versuch 3 ca. 50%. Aus Tabelle 2 sind die Ergebnisse der chemischen Analysen zu Versuchen 2 und 3 ersichtlich. Untersucht wurden die HCl-Auszüge der einzelnen Proben. Bei Proben 5-7 und M 5-M 7 wurden Vollanalysen durchgeführt (HCl- und HF-Auflösungen). In Tabelle 3 werden die bisher ermittelten Analysenwerte mit einem Standard-Sintermagnesit verglichen (Standard Samples of Refractory Materials, Burned Magnesite, SRM No.

104; aus "1974 Annual Book of ASTM Standards, Part 17", 1974). Hierbei sind die Werte für SiO_2 , FeO und Al_2O_3 für die Fraktion $> 1 \text{ mm}$ aus Versuch 1 zusammengefaßt und mit den Gehalten von CaO und $\text{MgO} = 100\%$ gesetzt.

Nach Konopicky (1953) sollen die Zuschlagstoffe eines gesinterten Magnesits mit den Verunreinigungen des Rohmaterials eine Zusammensetzung aufweisen, die einer bestimmten Zone des Dreistoffsystemes $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ entspricht (Abb. 7). Ihre Eckpunkte sind ungefähr durch die Verbindungslinie $\text{C}_3\text{S-C}_2\text{S-C}_3\text{A-CA}$ festgelegt ($\text{C} = \text{CaO}$, $\text{A} = \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{S} = \text{SiO}_2$). Ist mehr CaO vorhanden, als dieser Zusammensetzung entspricht, kann der Sinter durch Hydratation zerfallen. Liegt die Zusammensetzung dagegen im Gebiet höherer SiO_2 - und Al_2O_3 -Gehalte, sind Feuerfestigkeit und Verschlackungsbeständigkeit des Sinters gering. Hierbei verursachen vor allem höhere Al_2O_3 -Gehalte das Auftreten von niedrig schmelzenden Eutektika (vgl. Abb. 7; Harders-Kienow 1960). In Tab. 4 sind die Schmelzpunkte einiger dieser eutektischen Gemische angeführt.

Wie aus Abb. 7 und dem Vergleich in Tab. 3 hervorgeht, weist der Hydromagnesit aus Aufbereitungsversuch 2 eine Zusammensetzung auf, welche der für einen Sintermagnesit erforderlichen entspricht.

Tabelle 2

Chemische Analysen zu Aufbereitungsversuchen von Hydromagnesit (Angaben in Gew.-%)

Versuch 2 Abkürzungen: vgl. Versuchsbeschreibung	Probe Nr.	Rückstand HCl-unlös.	CaCO_3	Mg als Hydro- magnesit	CaO	MgO	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O},$ OH^-	Al_2O_3	SiO_2	FeO
Austrag Läuterstufe 1	1	37,8	16,8	67,7	9,4	28,5			37,8	
Austrag Läuterstufe 2	2	18,4	13,1	86,4	7,3	36,4			18,4	
Austrag Läuterstufe 3	3	29,8	14,2	67,5	7,9	28,4			29,8	
Austrag Läuterstufe 4	4	7,7	11,3	93,9	6,3	39,5			7,7	
Material nach Läuterstufe 4	5	*	6,3	94,5	3,5	39,8	57,5	0,14	1,3	0,08
Material vor Nachläuterung	6	*	4,2	97,4	2,3	44,0	55,3	0,16	1,3	0,08
Material nach Nachläuterung	7	*	2,7	97,7	1,5	41,1	60,8	0,14	1,1	0,07
Austrag Nachläuterung 1	8	3,5	8,0	95,0	4,4	38,3			3,5	
Austrag Nachläuterung 2	9	2,5	7,4	90,0	4,1	37,9			2,3	
Versuch 3										
	M1	17,0	15,1	72,2	8,5	30,4			17,0	
	M2	12,3	11,8	76,7	6,6	32,1			12,3	
	M3	13,6	9,8	83,5	5,4	34,9			13,6	
	M4	12,5	8,6	78,1	4,8	32,7			12,5	
	M5	*	8,5	89,9	4,8	37,8	55,8	0,3	5,2	0,14
	M6	*	6,4	91,4	3,6	38,5	55,7	0,3	4,4	0,19
	M7	*	6,2	91,2	3,5	38,4	55,4	0,25	3,9	0,14
	M8	5,5	7,9	89,1	4,4	37,5			5,5	
	M9	4,2	6,7	94,6	3,7	39,8			4,2	

* = HCl-unlösliche Rückstände dieser Proben, in HF gelöst

Tabelle 3

Vergleich der Zusammensetzung eines Standard-Sintermagnesits mit aufbereitetem Hydromagnesit

Angaben in Gew.-%		Versuch 1	Versuch 2			Versuch 3		
	SRM No. 104	Korngröße 6,3-1,0	Probe Nr. 5	Probe Nr. 6	Probe Nr. 7	Probe Nr. M5	Probe Nr. M6	Probe Nr. M7
MgO	85,67	89,88	88,80	91,97	93,60	78,36	81,93	83,13
CaO	3,35	9,01	7,81	4,81	3,42	9,95	7,66	7,58
SiO ₂	2,54	} 1,10	2,90	2,72	2,51	10,78	9,36	8,44
Al ₂ O ₃	0,84		0,31	0,33	0,32	0,62	0,64	0,54
Fe ₂ O ₃	7,07		0,17	0,17	0,16	0,29	0,40	0,30

Sinterversuche

Auf Grund der chemischen Zusammensetzung ist sowohl für Hydromagnesit als auch Magnesit ein ähnliches Sinterprodukt zu erwarten. Da jedoch über das Sinterverhalten von Hydromagnesit in der Literatur keine Angaben vorliegen, wurden dennoch einige Sinterversuche mit diesem Material durchgeführt.

Als Ausgangsmaterial wurde Hydromagnesit von Probe 7 und M 7 aus den Aufbereitungsversuchen 2 und 3 verwendet. Das auf <0,063 mm zerkleinerte

Material wurde bei 1350 K kalziniert (Zeitdauer 3 Std.; Gewichtsverluste: M 7 = 53%, 7 = 56%). Die Herstellung der Preßlinge erfolgte bei isostatischem Druck (90 t; 60 sec. Haltezeit). Gesintert wurde in einem Graphitofen unter Stickstoffschutzatmosphäre; Aufheizgeschwindigkeit: 150 K/min.; Haltezeit der gewünschten Temperatur: 1 Std.).

Nach dem Sintern konnte neben Periklas niedrig schmelzender Monticellit (CMS; Schmelztemperatur ca. 1770 K) röntgenographisch nachgewiesen werden. Andere niedrig schmelzende Phasen

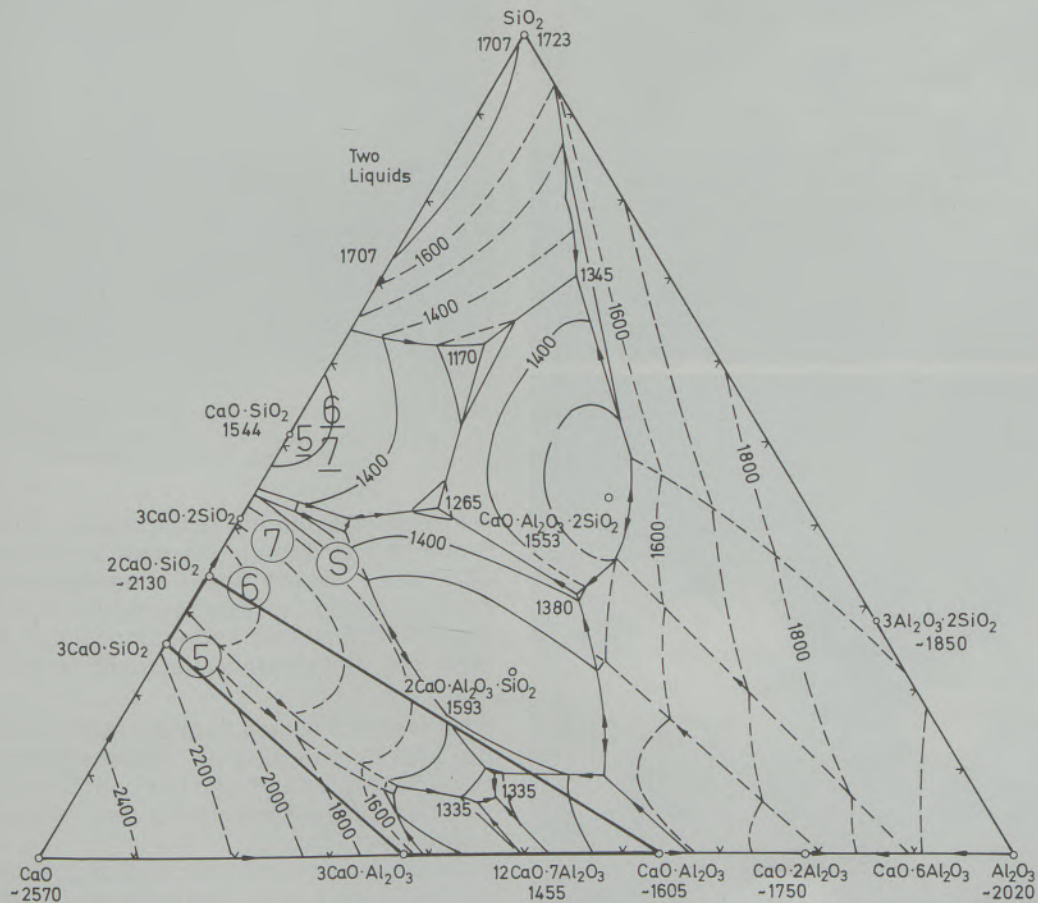


Abb. 7

System SiO₂-Al₂O₃-CaO (aus „Phase Diagrams for Ceramists“, 1964)

5, 6, 7: Proben M5, M6, M7; 5, 6, 7: Proben 5, 6, 7; S: Sinterstandard SRM No. 104

Tabelle 4

Schmelz- und Zersetzungstemperaturen der wichtigsten Minerale in Sintermagnesit
(nach Konopicky 1957)

Mineral	Formel	Kurzzeichen	Schmelz- oder Zersetzungspunkt (°C)
Periklas	MgO	M	2640
Magnesiumferrit	MgO · Fe ₂ O ₃	MF	1750
Spinell	MgO · Al ₂ O ₃	MA	2135
Forsterit	2 MgO · SiO ₂	M ₂ S	1890
Monticellit	CaO · MgO · SiO ₂	CMS	1500
Merwinit	3 CaO · MgO · 2 SiO ₂	C ₂ MS ₂	1577
Dikalziumsilikat	2 CaO · SiO ₂	C ₂ S	2130
Trikalziumsilikat	3 CaO · SiO ₂	C ₃ S	1900
Dikalziumferrit	2 CaO · Fe ₂ O ₃	C ₂ F	1435
Brownmillerit	4 CaO · Al ₂ O ₃ · Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	1415
freier Kalk	CaO	C	2570

1900 K

2200 K

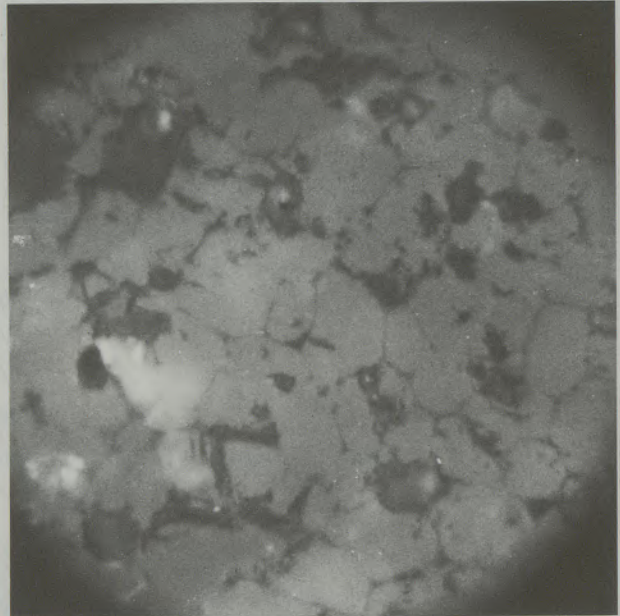
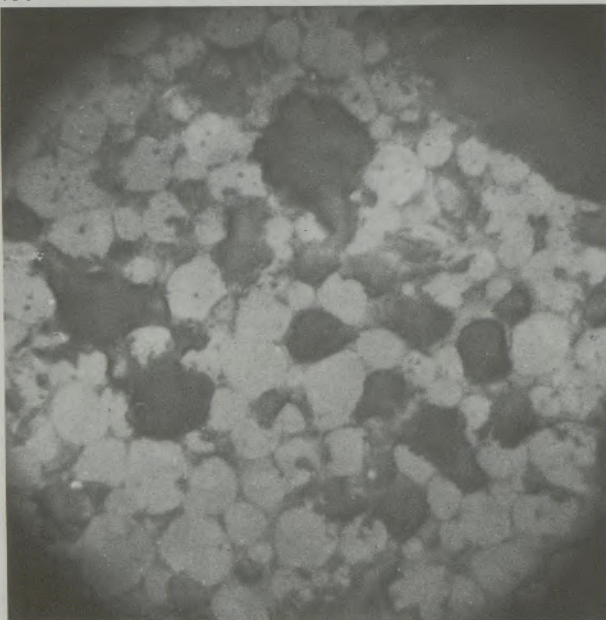
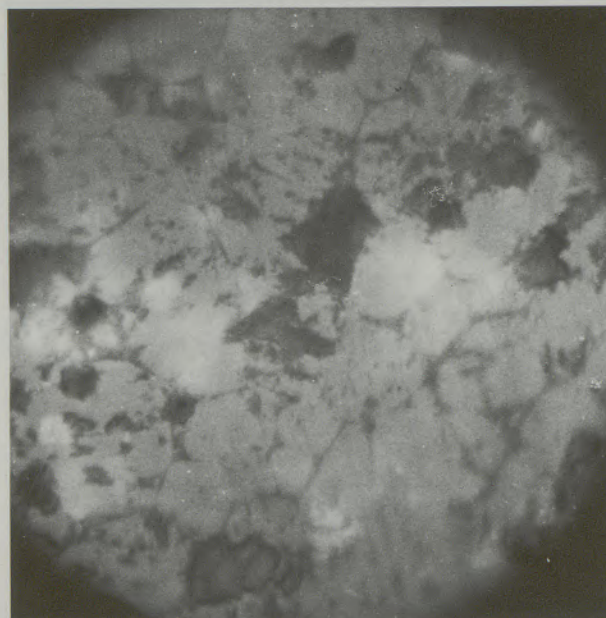


Abb. 8

Sinterversuche mit Material aus Aufbereitungsversuch 2 bei Temperaturen zwischen 1900 und 2200 K, Probe Nr. 7 (vgl. Tab. 2; Vergr. 550fach)



2100 K

waren nicht eindeutig zu definieren. Vor allem bei Probe M 7 ist Monticellit deutlich vorhanden. In der Probe 7 konnte dieses Mineral neben Periklas bei Einstellung der Röntgenapparatur auf höchste Empfindlichkeit nur andeutungsweise auf Grund erhöhten Untergrundrauschens registriert werden.

Sehr wahrscheinlich liegt der Monticellitgehalt in der Mischprobe für eine wirtschaftliche Verwendung des Materials noch zu hoch. Dies geht schon aus der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials hervor (Tab. 2).

Untersuchungen mit dem Erzmikroskop zeigten nur bei Probe 7 einen positiven Sintereffekt in der Weise, daß die MgO-Körner zusammenschweiß wurden (Abb. 8, Abb. 9). Bei allen Proben nimmt mit steigenden Temperaturen die Tendenz

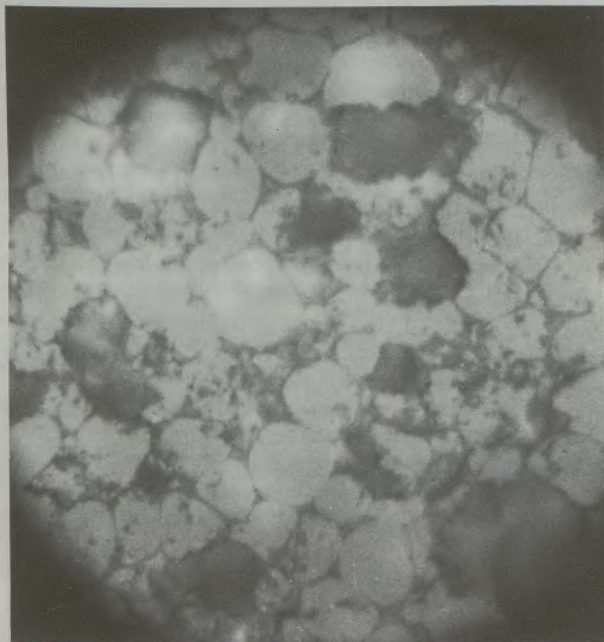
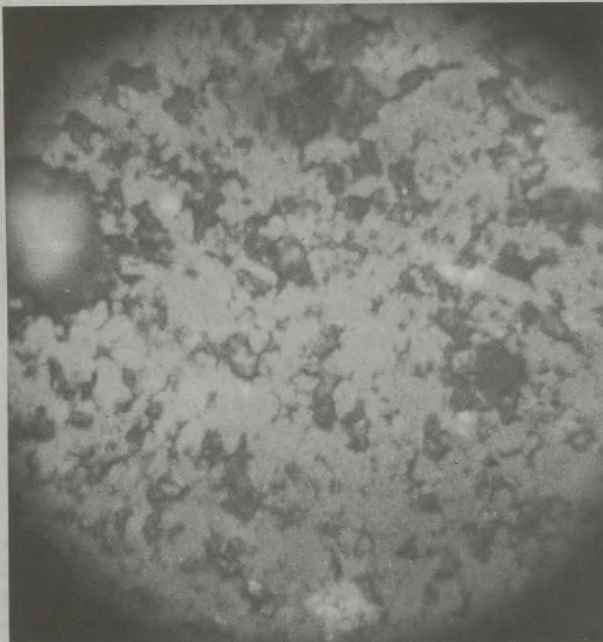
zur Sammelkristallisation zu (Tab. 5). Jedoch bleiben bei Probe M 7 die einzelnen MgO-Aggregate durch silikatisches Zwischenmaterial getrennt.

Folgerungen

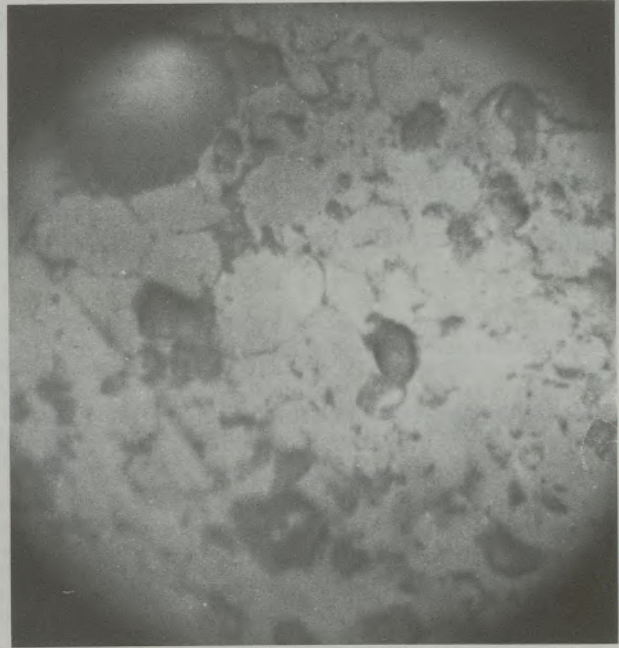
Die optischen und röntgenographischen Untersuchungen des aus Hydromagnesit hergestellten Sintermagnesits bestätigen, was bereits mittels der chemischen Analyse festgestellt wurde:

- a) Der im Serviabecken vorliegende Hydromagnesit weist nach der Aufbereitung eine Zusammensetzung auf, wie sie für die Herstellung von Sintermagnesit erforderlich ist.
- b) Durch die Zumischung des mengenmäßig im Gelände untergeordnet auftretenden, stark

1900 K



2100 K



2200 K

Abb. 9

Sinterversuche mit Material aus Aufbereitungsversuch 3 bei Temperaturen zwischen 1900 und 2200 K, Probe Nr. M 7 (vgl. Tab. 2; Vergr. 550fach)

verunreinigten Hydromagnesits wird die Qualität des Sinterprodukts erheblich beeinträchtigt. Bei einem eventuellen Abbau sind daher schon primär die vorliegenden Materialunterschiede zu berücksichtigen.

- c) Der im Serviabecken auftretende Hydromagnesit ist hinsichtlich seines Sinterverhaltens an Stelle von Magnesit verwendbar.

Danksagung

Die Sinterversuche konnten am Max-Planck-Institut für Sondermetalle / Pulvermetallurgisches Institut in Stuttgart-Büsnau durchgeführt werden. Dünnschliffe fertigte Herr M. Cronenberg, die photographischen Aufnahmen Herr Stosnach, beide am Geologischen Institut der TU Braunschweig. Das Anschleifen des Sintermaterials erfolgte am Institut für Mineralogie und Kristallchemie der TU Stuttgart durch Herrn E. Wilhelm.

Tabelle 5

Korngröße in Abhängigkeit von der Sinter Temperatur

Probe Nr.	Sinter-temperatur K	Korngröße (mm)
7	1900	0,01-0,03
	2100	0,02-0,08
	2200	0,02-2,0
M7	1900	0,01-0,03
	2100	0,02-0,04
	2200	0,04-0,05

Zusammenfassung

Die Mg-karbonatische Mineralisation des Servia-beckens besteht aus Hydromagnesit, Magnesit und Huntit. Auf Grund von Verbreitung, Auftreten und geologischen Verbandsverhältnissen verdient Hydromagnesit besondere Beachtung. Dies wird am Beispiel des Lagerstättenteils Aiani-Ververi erläutert. Die chemischen Analysen zei-

gen, daß Hydromagnesit so aufbereitet werden kann, daß ein Ausgangsmaterial vorliegt, welches für Sinterzwecke geeignet erscheint. Dies wird durch Sinterversuche mit anschließenden röntgenographischen und auflichtoptischen Untersuchungen bestätigt.

Summary

The Mg-carbonate mineralization of the Servia-basin consists of hydromagnesite, magnesite and huntite. Hydromagnesite is worthy of particular attention because of its distribution, occurrences and geological setting. This is described using the example of the Aiani-Ververi deposit. The chemi-

cal analyses show that hydromagnesite can be so prepared that an initial material can be obtained, which is suitable for sinter treatment. This was confirmed by trial sinter treatment followed by x-ray analysis and reflection microscopy studies.

Résumé

La minéralisation du carbonate de Mg du bassin de Servia comporte de l'hydromagnésite, de la magnésite et de la huntite. Les caractéristiques de distribution, de gisement et de formation géologique de l'hydromagnésite, la rendent particulièrement intéressante. On le démontre au moyen de l'exemple du gisement de l'Aiani. Les résultats

d'analyses chimiques montrent que la préparation de l'hydromagnésite peut s'effectuer de manière à obtenir un matériau de départ convenant au frittage. On en apporte la confirmation grâce à des essais de frittage suivis d'analyses aux rayons X et d'examen au microscope optique en lumière réfléchie.

Literaturverzeichnis

- Akao, M., F. Marumo and S. Iwai, **1974**: The crystal structure of Hydromagnesite. *Acta Cryst.*, B 30, 2670-2672.
- American Society for testing materials; 1974 Annual Book of ASTM Standards, Part 17; Philadelphia **1974**.
- Bariand, P., F. Cesbron, H. Vachey, **1973**: Hydromagnesite from Soghan, Iran. *Mineral. Rec.* 4, 18-20.
- Comstock, H. B., **1963**: Magnesium and magnesium compounds. U. S. Dep. of the Interior, Bureau of mines, Washington.
- Donath, M., **1957**: Zur Genese von Lagerstätten dichten Magnesits. *N. Jb. Mineral., Abh.* 91, 573-584.
- Faust, G. T., **1953**: Huntite, $Mg_3Ca(CO_3)_4$, a new mineral. *Amer. Mineralogist* 38, 4-24.
- Harders, F., und S. Kienow, **1960**: *Feuerfestkunde*. Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Hicks, J. C., **1979**: Refractory Raw Materials: Status of Supply. *Ceramic Bulletin*, Vol. 56, No. 9, 774-776/780.
- Konopicky, K., **1957**: *Feuerfeste Baustoffe*. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
- Mercier, J., **1973**: Etudes géologiques des zones internes des Hellénides en Macédoine centrale. Contribution magmatique des zones internes Hellénides. *Ann. géol. Pays hellén.* 20.
- Petrascheck, W. E., **1961**: Zur Bildung griechischer Magnesitlagerstätten. *Radex-Rdsch.* **1961**, 641-646.
- , **1964**: Weitere Erkenntnisse über die Bildung der Lagerstätten des dichten Magnesits und des Meerschaumes. *Radex-Rdsch.* **1964**, 103-108.
- Phase Diagrams for Ceramists, **1964**. American Ceramic Society; Columbus, Ohio.
- Treffner, W. S., **1979**: Refractories Technology. *Ceramic Bulletin*, Vol. 58, No. 7, 715-718.
- Tsailas, D. P., **1969**: Study on the possibility of beneficiating sedimentary magnesite from Aiani - Kozani area. *Metallurgical Essays* 4, Inst. Geol. Subsurf. Res. 47.
- Wetzelstein, W., **1974a**: Sedimentpetrographische Untersuchungen an limnischen Magnesit-Huntitlagerstätten im Plio-Pleistozän des Serviabeckens/Nordgriechenland. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.* **1974** / 10, 625-642.
- , **1974b**: Limnische Huntit-Hydromagnesit-Magnesit-Lagerstätten in Mazedonien/Nordgriechenland. *Mineral. Deposita* 10, 129-140 (**1975**).
- , und Zachmann, D., **1977**: Sedimentäre magnesium-karbonatische Bildungen im Servia-Becken/Nordgriechenland. *Radex-Rdsch.* 1, **1977**, 29-49.
- Winchell, A. N., and H. Winchell, **1951**: *Elements of Optical Mineralogy*, Part II. John Wiley, New York.
- Zachmann, D., **1977**: Untersuchung von Magnesit-, Hydromagnesit- und Huntitvorkommen in Nordgriechenland. *Diss. Univ. Stuttgart*, 262 S., Stuttgart.