

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. — Pfannenstiel Gedenkband —	67	S. 335—345	4 Abb.	4 Tab.	Freiburg, 1977
--	----	------------	--------	--------	----------------

Der Messelit und das Messelitproblem

von

Franz K. Taborszky, Freiburg i.Br.

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen haben bestätigt, daß Messelit ein selbständiges Mineral und daß dieser Name als Primärname unbedingt beizubehalten ist. Die Auswertung der Messelit-, Collinsit- und Fairfieldit-Analysen aus der Literatur hat ergeben, daß mit großer Wahrscheinlichkeit eine lückenlose Mischreihe zwischen den Fe-Mg- und Fe-Mn-Endgliedern besteht. Obwohl man in diesem Dreieck theoretisch den Messelit als das reine Fe-Endglied annehmen muß, wäre für den reellen natürlichen Messelit die Schreibweise der Formel $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{PO}_4)_{2.2-3} \cdot 2-3 \text{H}_2\text{O}$ richtig.

Neben den chemischen Analysen sind auch röntgenographische, optische, Mikrosonde- und Dichte-Untersuchungen durchgeführt worden.

Abstract

The research presented shows messelite to be an independent mineral. The name messelite should be retained as a name with priority. The evaluation of published messelite-, collinsite-, and fairfieldite analyses makes it very likely that a complete solid solution takes place between the Fe-Mg- and the Fe-Mn-endmembers. Though in this concentration triangle messelite should be the theoretically pure Fe-endmember, for natural messelites the following chemical formula is representative: $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{PO}_4)_{2.2-3} \cdot 2-3 \text{H}_2\text{O}$.

Apart from the chemical analyses, also x-ray-, optical-, microprobe-, and specific gravity-data were obtained.

Einführung und Geschichtliches

Der Messelit wurde zuerst von MUTHMANN (1890) beschrieben und nach dem Fundpunkt Messel b. Darmstadt benannt.

Die Messelitkristalle von Messel sind immer in Ölschiefer eingewachsen, haben meist Einschlüsse und gelegentlich auch weiße Verwitterungskrusten oder Tübingen. Dieser Umstand hat dazu geführt, daß spätere Bearbeiter durch die chemische Ähnlichkeit mit anderen verwandten Mineralen seine Existenz bezweifelt haben (WOLFE 1940) oder dieses Mineral von anderen Vorkommen in Neomesselit umtaufen wollten (FRONDEL 1955).

Die letzten Bearbeiter CECH & PADERA (1958) kamen in Anlehnung an STRUNZ (1957) zu der Ansicht, man müßte den Namen Messelit beibehalten und den Namen Neomesselit streichen.

Anschrift des Verfassers:

Akadem. Oberrat Dr. FRANZ TABORSZKY, Mineralogisches Institut der Universität Freiburg i.Br., Hebelstr. 40, D-7800 Freiburg i.Br.

Da noch viele Widersprüche und Unklarheiten in dem Messelitproblem herrschen, wurde vom Verfasser das Material von dem Originalfundpunkt Grube Messel bei Darmstadt und auch Material von der 3 km weiter SW von Messel liegenden Grube Prinz von Hessen mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln untersucht.

Kurze Beschreibung der Muttergesteine und der Proben

Das Ölschiefervorkommen von Messel mit Entstehung, Alter und Paläontologie wurde das letztmal kurz von MATTHESS (1956) beschrieben. Hier sollte nur erwähnt werden, daß die Ölschiefer eozäne Süßwasserbildungen mit vielen

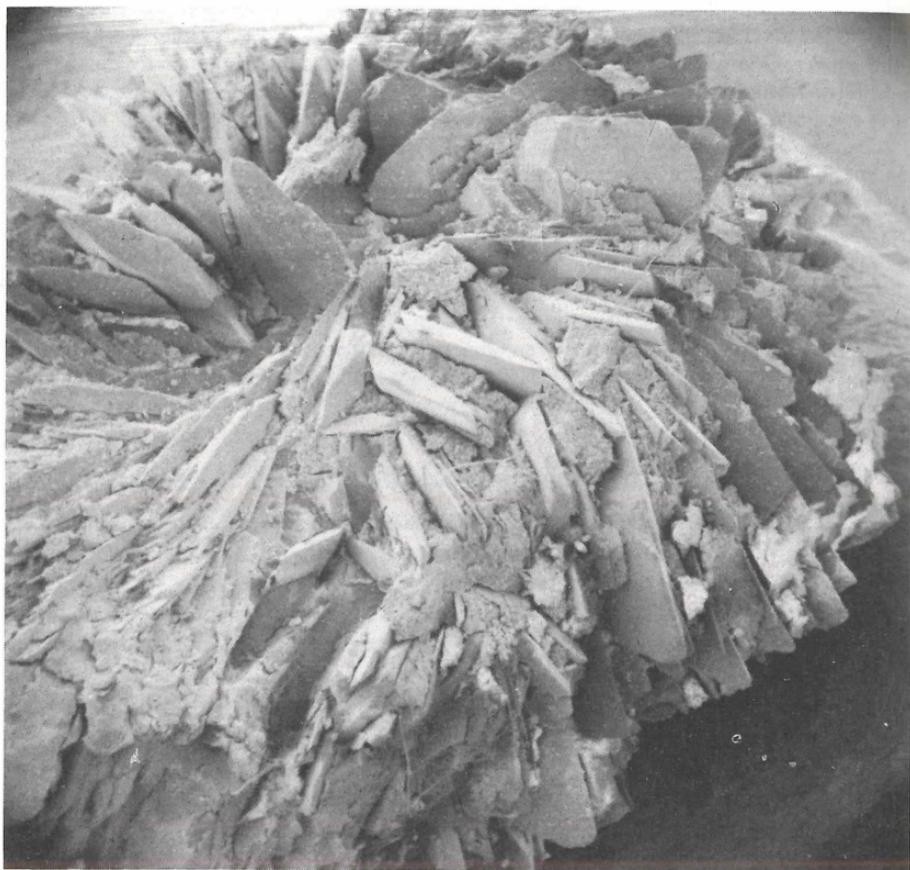


Abb.1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines aus dem Ölschiefer herauspräparierten, kugeligen Messelitaggregates.

Vergr. 50x.

Fisch- und Krokodilarten sind. Der Ölschiefer selbst ist bisher nicht untersucht und nur als ölführender toniger Schiefer bezeichnet worden.

Röntgenpulveraufnahmen des Ölschiefers haben gezeigt, daß der Schiefer aus der Grube Messel hauptsächlich aus sehr schlecht kristallisiertem Montmorillonit besteht. Der Schiefer aus der Grube Prinz von Hessen besteht neben sehr wenig Tonmineralen und wenig Brauneisen (Lepidokrokit) hauptsächlich aus feinstem Quarz und feinstem Pyrit. Diese beiden Komponenten treten auch als in 1 nHCl unlösliche Einschlüsse in Messelit auf. Die Messelitkristalle bilden radialstrahlige kugelige Aggregate mit meißelförmigen Kristallspitzen. Die Handstücke aus der Grube Messel sind in bergfeuchtem Zustand kompakt, aber beim Austrocknen

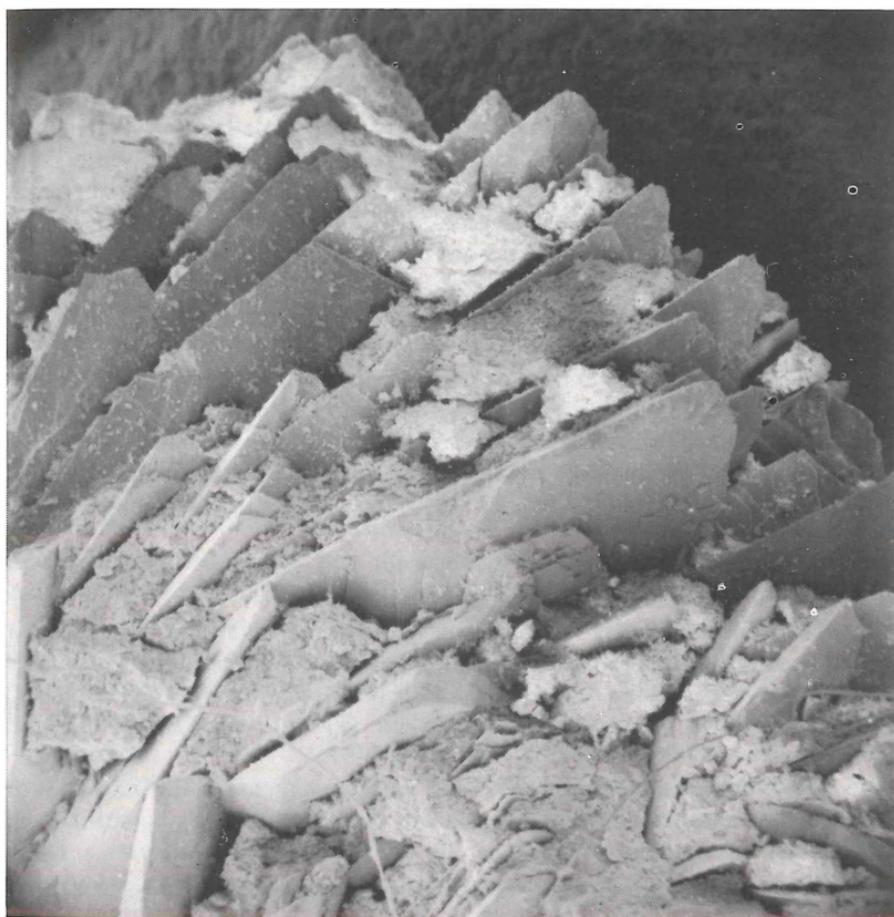


Abb.2: Ausschnitt aus der Abb.1. Man kann hier gut die typischen, keilförmig-tafeligen Formen der Messelite beobachten.
Vergr. 100 x.

an der Luft bekommen die Schieferpartien starke Trockenrisse, so daß die Messelitkugeln leicht herauspräparierbar sind (siehe Abb. 1 und 2). Die Proben von der Grube Prinz von Hessen bleiben auch nach Austrocknen kompakt und hart, weil sie hauptsächlich aus Quarz und Pyrit bestehen.

Eine qualitative Röntgenfluoreszenzaufnahme des Schiefers von der Grube Messel hat auch Spuren von Sr, Ni, Mn, Ti und Ba gezeigt. Sr und Ba sind in Messelit eingebaut (siehe Tab. 1). Der Ni-Gehalt stammt sicher aus dem Pyrit. Mn und Ti müssen als amorphe Phase vorliegen, denn es wurden keine kristallisierten Phasen mit diesen Elementen röntgenographisch festgestellt. Organische Substanzen können auf amorphe Substanzen stabilisierend wirken. Die qualitativen Aufnahmen des Schiefers von der Grube Prinz von Hessen haben nur Spuren von Sr und Ni gezeigt.

Aufbereitung der Messelitproben

Es wurden von vornherein nur dunkle frische Probestücke ohne jede Verwitterungskruste zur Analyse genommen. Die Stücke wurden auf einem Stahlamboß von Hand zerkleinert und in Siebfractionen zerlegt. Der Feinanteil unter 100μ wurde verworfen. Die Fractionen $100\text{--}200\mu$ und $200\text{--}500\mu$ wurden zuerst mit einem Frantz-Separator magnetisch getrennt. Die bei 0,7 A Feldstärke getrennte Fraction erwies sich als die messelitreichste. Diese wurde dann mit Tetrabromäthan abzentrifugiert. Alle Arbeitsgänge mußten, wie immer, öfters wiederholt werden, bis man eine ca. 98—99 %ige reine Fraction erhalten konnte (leider aber noch immer mit viel Einschlüssen; siehe Unlös. Anteile bei der chem. Analyse). Für den Messelit aus Messel mußte das Tetrabromäthan etwas verdünnt werden, weil die Dichte des Minerals ca. 2,8 betragen hat. Die Dichte der Messelit-Probe von der Grube Prinz von Hessen war mit 2,91 etwas höher als die Schwere-Flüssigkeit. Die so angereicherten Fractionen wurden dann schließlich mit Benzol durchgewaschen, um den anhaftenden Staub und organische Substanzen zu entfernen.

Die chemische Analyse der Messelite

Die chemischen Analysen wurden je nach Zweckmäßigkeit mit verschiedenen Methoden durchgeführt. So wurde Ca, Mn, Ti mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Mg, Na, K, Sr, Y, Ba mit Atomabsorptionsanalyse (AAS), P_2O_5 , FeO, SO_3 , CO_2 nach den klassischen Methoden und H_2O mit der Penfield-Methode bestimmt.

Die Analysenergebnisse sind in der Tab. 1 zusammengefaßt. Hier sind auch die sechs bisher bekannten Messelitanalysen aus der ganzen Welt angeführt.

Die bei der Herstellung der Lösungen für die verschiedenen Analysen anfallenden in 1 nHCl unlöslichen Anteile wurden mit einem A_2 -Filtertiegel abfiltriert und zurückgewogen. Die unlöslichen Anteile betragen bei

I Messelit, ✕ Messel ca. 7 Gew. %.

II Messelit, ✕ Prinz von Hessen ca. 3,5 Gew. %

		3	5	6	7	8		
		★ Prinz von Hessen	★ Messel Muthmann (1890)	★ Messel Wolfe (1940)	Kustanal Wiertusch-koff (1952)	Palermo, USA Frondel (1955) Pegmatit, grünl.körnig	wie Nr.6 nur weiss-blättrig-faserig	Pribyslavice Cech+Padera (1958) Pegmatit
Gemeine %	CuO	29,60	31,11	29,47	27,08	23,19	28,00	
	FeO	19,09	13,72	15,63	17,27	20,92	11,54	
	MgO	0,68	4,25	1,45	2,97	1,19	0,77	
	MnO	0,12	0,03	Sp.		0,12	3,94	7,35
	Fe ₂ O ₃	--	--		0,72	0,83		
P. Fluor	SrO	90	410					
	BaO	220	1010					
	Y ₂ O ₃	85	140					
	Na ₂ O	150	405					
	K ₂ O	75	95					
	TiO ₂	500						
Gemeine %	F ₂ O ₅	38,40		38,75	38,99	36,90		
	SO ₃	0,66			1,50			
	CO ₂	0,54			0,21			
	H ₂ O		12,15	10,89		11,30		
	Unlösli.		1,40	0,87		1,39		
Summe	100,90	99,76	99,46	99,83	100,18	99,83		

Tab. 1: Die Chemischen Analysen der Messelite

Die Röntgenbeugungs-Aufnahme der unlöslichen Anteile ergab für I hauptsächlich Pyrit, für Probe II hauptsächlich Quarz und Pyrit mit Spuren von Tonmineralen. Die unlöslichen Anteile wurden bei der zerstörungsfreien Analyse selbstverständlich mitberücksichtigt.

Durch die Pyrit- und auch organischen Einschlüsse ist die Wasserbestimmung schwierig und ungenau. Das wird auch die Streuung der bisherigen Werte verursachen. Leider geben die meisten Autoren nicht an, wie sie die Bestimmungen durchgeführt haben. Hier wurde die H₂O-Bestimmung mit der Penfield-Methode durchgeführt und die Substanz mit PbO + PbO₂-Gemisch überschichtet, um den Pyritschwefel, den organischen Schwefel und das H₂S (das beim Erhitzen entweicht, nach der Riechprobe) zu SO₄ zu oxidieren und zu binden. Aus dem H₂S entsteht selbstverständlich dabei H₂O, was mitgewogen wird. Dadurch kommt auch die Analyse I weit über die Summe 100.

Die Gesamteisen-Bestimmungen lagen innerhalb der Fehlergrenzen der FeO-Bestimmungen, und dadurch sind Angaben über Fe₂O₃-Gehalte hinfällig. Mögliche SiO₂- und Al₂O₃-Gehalte konnten wegen der Toneinschlüsse nicht bestimmt werden.

Die Auswertung der Chemischen Analysen

Wenn man die prozentuale Besetzung der einzelnen Gitterplätze aus der chemischen Analyse berechnet (s. Tab.2), stellt man fest, daß die Fe-Gitterplätze fast immer überbesetzt sind und daß man dies auch nur in geringem Maße mit einer

Unterbesetzung der Ca-Plätze ausgleichen kann. Bei den Messeliten aus dem Ölschiefer bzw. Kohligen Vorkommen könnte man annehmen, daß die Fe-Werte durch die Limonitverunreinigungen zu hoch sind. Bei den aus Pegmatit-Vorkommen kennt Verfasser die Proben nicht.

Da die Messelite (hier z. B. der aus der ~~Prinz~~ Prinz von Hessen) erhebliche Anteile an Mg auf die Fe-Plätze (bis 35 % der Fe-Plätze) und die Messelite aus Pegmatiten erhebliche Anteile an Mn (bis 35 % der Fe-Plätze) einbauen können, und umgekehrt Collinsit und Fairfieldit auf Mg- bzw. Mn-Plätzen erhebliche Mengen Fe einbauen können, ist durch die Isotypie anzunehmen, daß zwischen diesen drei Endgliedern eine Isomorphie herrscht. Das ist auch schon aus Analogie mit anderen Mineralgruppen und den ähnlichen Ionenradien von Fe^{2+} , Mg^{2+} und Mn^{2+} praktisch ohne Bedenken anzunehmen. Deswegen sind alle Messelit-, Collinsit- u. Fairfieldit-Analysen in ein FeO-MgO-MnO-Konzentrationsdreieck eingetragen worden (s. Abb. 4). Die Fe-Mg-Mn-%-Zahlen aus Tab. 2 sind auf Summe 100

	1	2	3	4	5	6	7	8
	★ Messel	★ Prinz von Hessen	★ Messel Muthmann (1890)	★ Messel Wolfe (1940)	Kustani Wertusch-koff (1952)	Palermo, USA Frondel (1955)	wie Nr. 6 nur weiss, blätterig-faserig	Pribyslavice Gsch-Padera (1958)
						Pegmatit, grünl. körnig		Pegmatit
Gitter-plätze								
Ca ²⁺	100	102	100	95	87	75	90	
Fe ²⁺	101	69	77	87	88	105	58	71
Mg ²⁺	5,8	35	12	24	10	11	6	
Mn ²⁺	0,6	0,2		--	1	20	37	36
	<u>107</u>	<u>104</u>	<u>89</u>	<u>111</u>	<u>99</u>	<u>136</u>	<u>101</u>	<u>107</u>
P ⁵⁺	97	98	96	99	99,5	94		
H ₂ O-Mole/ Formel- einheit								

Tab. 2: Prozentuale Besetzung der einzelnen Gitterplätze im Messelitgitter (nur Hauptkomponenten)

umgerechnet worden). Aus der Verteilung der Analysen ist zu ersehen, daß zumindest auf der Fe-Mg- und Fe-Mn-Kante eine breite Streuung festzustellen ist, die die Isomorphieannahme unterstützt. Es gibt noch zu wenig bekannte Analysen, um eine breite Statistik zu bekommen. Man müßte durch Laborsynthesen diese Reihen näher untersuchen, was noch demnächst beabsichtigt ist. Das Freibleiben der Mg-Mn-Kante ist wahrscheinlich reell, weil die Ionenradienunterschiede zwischen $\text{Mg}^{2+} = 0,66 \text{ \AA}$ und $\text{Mn}^{2+} = 0,80 \text{ \AA}$ zu groß sind. Auch z. B. bei den Karbonaten besteht eine Mischungslücke zwischen MgCO_3 und MnCO_3 . Die allgemein etwas niedrigere Besetzung der P-Plätze wird damit zu erklären sein, daß für PO_4^{3-} auch etwas SO_4^{2-} oder SiO_4^{4-} evtl. auch AsO_4^{3-} eingebaut werden können.

Röntgenographische Untersuchungen

Von den zwei Messelitproben wurden Röntgengoniometer-Pulveraufnahmen angefertigt und aus den „d“-Werten mit einem LSUCRE-Programm die Gitterkonstanten, die kristallographischen Achsenwinkel und die korrigierten „d“-Werte berechnet.

Es gibt noch zu wenig Messelitanalysen, und die Variation der drei Hauptvariablen Komponenten Fe, Mg und Mn ist zu klein, um einen Zusammenhang zwischen Gitterkonstanten und Chemismus feststellen zu können. Wenn man dagegen die extremeren Glieder Collinsit und Fairfieldit heranzieht, kann man eine Zunahme der a_0 , b_0 und c_0 Gitterkonstante mit Zunahme der FeO-Gehalte feststellen. Dagegen nehmen die Gitterkonstanten a_0 , b_0 und c_0 mit der Zunahme der MgO- und MnO-Gehalte ab (s. auch Tab.3).

	FeO	MgO	MnO	a_0	b_0	c_0	α	β	γ	$V_0 \cdot 10^3$
Messelit ♣ Messel	19,75	0,68	0,12	6,65	6,79	5,79	100°48'	108°01'	89°07'	247
Messelit ♣ Prinz v.Hessen	12,70	4,25	0,03	6,65	6,82	5,85	99°54'	107°10'	89°24'	249
Messelit ♣ Messel Wolfe (1940)	17,27	2,97		6,59	6,81	5,76	--	--	--	232
Collinsit Brit.Columbien Wolfe (1940)	7,31	9,31		5,70	6,72	5,38	96°48'	107°16'	104°32'	184
Collinsit Australien Bridge + Pryce (1974)	0,07	11,3	--	5,734	6,780	5,441	97°17'	108°34'	107°17'	--
Fairfieldit Buckfield Wolfe (1940)	1,00	--	19,68	5,77	6,56	5,47	102°05'	108°42'	90°05'	197

Tab.3: FeO-, MgO-, MnO-Gehalte und Gitterdaten von Messelit, Collinsit und Fairfieldit

Die Auswertung der „d“-Werte wird erst dann erfolgen, wenn das ganze System der Fe-Mg-Mn-Glieder auch synthetisch untersucht wurde.

Optische Untersuchungen

Die untersuchten Messelitproben zeigten zwar im Pulverpräparat noch häufig trübe Einschlüsse, aber sonst waren sie homogen und die einzelnen Kristalle haben auch unter gekreuzten Nicols gleichmäßig ausgelöscht. Die Proben waren, wie schon erwähnt, ausgesucht frisch. Eine randliche Umwandlung oder Epitaxie konnte nicht festgestellt werden. Auch Mikrosondeprofile für Fe, Mg und Mn über verschiedene Kristalle haben gezeigt, daß die einzelnen Kristalle der Messelite von den beiden Fundpunkten homogen sind. (siehe Abb.3)

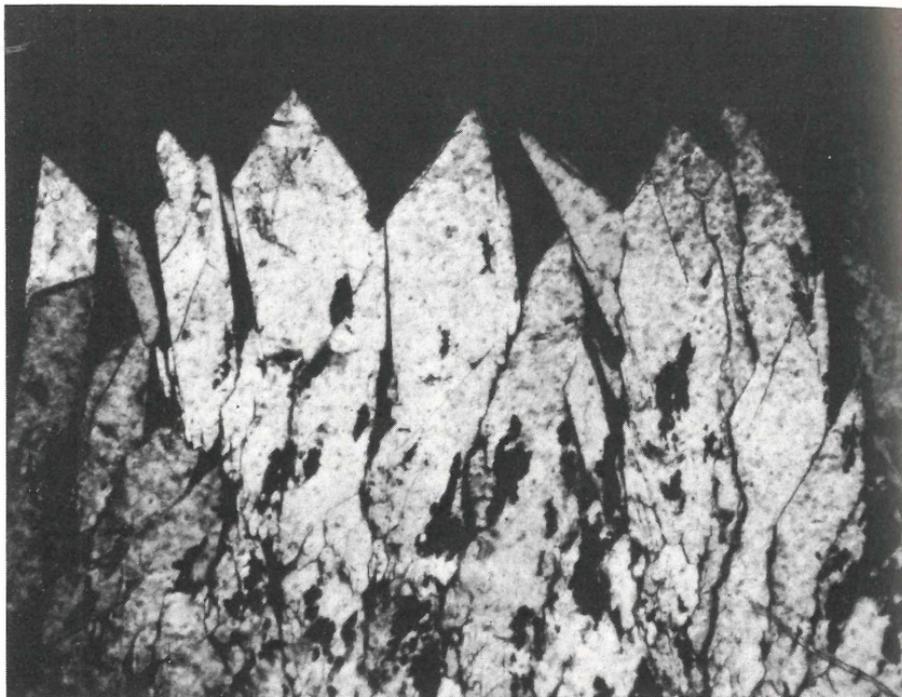


Abb. 3: Dünnschliffbild eines Messelitaggregates unter gekreuzten Nicols. Man beachte die gleichmäßige Auslöschung. Von Zonarbau oder Umwandlung ist nichts zu erkennen. Vergr. 60 x.

Die Lichtbrechungsbestimmungen können bei einem Triklinen Kristall ohne deutliche Morphologie nur auf dem U-Tisch durchgeführt werden. Leider ist in der Literatur nicht die Methode angegeben, wie diese Bestimmungen durchgeführt wurden, obwohl diese Zahlen auf 3-Dezimalen angeführt sind (s. Tab. 4).

Die eigenen Bestimmungen wurden mit der λ -t-Methode nach Emmons auf dem U-Tisch durchgeführt. Die Messungen ergaben:

Messelit I	Messelit II
$n_x = 1,606$	$n_x = 1,640$
$n_y = 1,609$	$n_y = 1,645$
$n_z = \underline{1,627}$	$n_z = \underline{1,662}$
$\Delta = 0,021$	$\Delta = 0,022$
$2 V_z = 29^\circ$	$2 V_z = 40^\circ$

	FeO	MgO	MnO	n_X	n_Y	n_Z	Δ	$2V_Z$
Messelit ✱ Messel	19,75	0,68	0,12	1,606	1,609	1,627	0,021	29°
Messelit ✱ Prinz v. Hessen	12,70	4,25	0,03	1,640	1,645	1,662	0,022	40°
Messelit Kustanai Wiertuschkoff (1952)	17,45	1,19	0,12	1,649		1,674	0,025	5-10°
Messelit Palermo, USA Frondel (1955)								
grünl. körnig	20,92	1,36	3,94	1,653	1,659	1,676	0,023	20-35°
weiss, tafelnadel.	11,54	0,77	7,35	1,644	1,649	1,663	0,019	klein
Messelit Pribyslavice Cech+Padera(1958)	14,15	--	7,17	1,654	1,659	1,677	0,023	30°
Collinsit Brit.Columbien Wolfe (1940)	7,31	9,31	--	1,632	1,642	1,657	0,025	80°
Collinsit Australien Bridge+Pryce(1974)	0,07	11,3		1,632	1,642	1,657	0,025	~ 80°
Fairfieldit Buckfield Wolfe (1940)	1,00	--	19,68	1,633	1,641	1,652	0,019	—
Fairfieldit Branchville Palache et al. (1951)	3,42	--	17,40	1,636	1,644	1,654	0,018	gross
Fairfieldit Poland, Maine Palache et al. (1951)	4,75		14,82	1,640	1,650	1,660	0,020	86°

Tab.4: FeO-, MgO-, MnO-Gehalte und optische Daten von Messelit, Collinsit und Fairfieldit

Bei einem Korrelationsvergleich der optischen Daten mit den drei Hauptvariablen Komponenten Fe, Mg und Mn gelten die bei den Röntgenaufnahmen gesagten Feststellungen. Man kann nur dann Abhängigkeiten feststellen, wenn man die extremen Glieder Collinsit und Fairfieldit heranzieht.

Die n_X - und n_Z -Werte nehmen mit den FeO-Gehalten zu und mit den MnO-Gehalten ab; ein Zusammenhang mit den MgO-Gehalten konnte nicht festgestellt werden.

Der Optische Achsenwinkel nimmt mit den MgO- und MnO-Gehalten zu und mit der Zunahme der FeO-Gehalte ab. Es sind aber auch hier noch zu wenig Meßwerte, um eindeutige Bestimmungsdiagramme zeichnen zu können.

Sonstige Physikalische Eigenschaften

Die Messelitkristalle zeigen in Körnerpräparaten eine gute Spaltbarkeit, deren Indizierung, wegen der fehlenden Morphologie, nicht gut durchführbar ist. Auf

dem U-Tisch kann man auch nur eine Beziehung zum optischen Indikatrix bestimmen, aber ohne Morphologie hat diese Angabe nicht viel Sinn. Die Kristalle sind auch nicht so gut ausgebildet, daß man sie auf Goniometer ausmessen könnte.

Bei den Dichtbestimmungen ist leider in der Literatur auch nicht angegeben, wie diese durchgeführt wurden. Diese Bestimmungen sind in der Literatur auch von anderen Fundpunkten gemacht worden. So gibt FRONDEL (1955) $D = 3,16$ und WIERTUSCHKOFF (1954) $D = 3,13$ an.

Die Dichtebestimmungen, die mit der Schwebemethode von Herrn J. OTTO an den vorliegenden Messeliten durchgeführt wurden, ergaben für: Messelit I $D = 2,81$ und für Messelit II $D = 2,94$, was auch durch die Zentrifugentrennung mit Tetrabromäthan bestätigt wurde. Diese Werte sind also viel tiefer, als die in der Literatur angegebenen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß die frischen Messelite von dem Originalfundpunkt Messel bei Darmstadt einheitliche Kristalle und innerhalb zweier isomorpher Mischreihen definierte chemische Verbindungen darstellen. Man sollte deshalb unbedingt den Originalnamen als Primärnamen beibehalten. Der Vergleich der chemischen Analysen der Isotypen-Verbindungen Collinsit und Fairfieldit in einem Konzentrationsdreieck FeO-MgO-MnO hat gezeigt, daß mit großer Wahrscheinlichkeit eine lückenlose Mischbarkeit zwischen den Fe-Mg- und Fe-Mn-Gliedern besteht. Dies wird noch durch künstliche Synthesen untersucht.

Nach den vorliegenden Ergebnissen wäre die Schreibweise der Messelitformel folgendermaßen richtig: $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{PO}_4)_{2,2-3} \cdot 2-3 \text{H}_2\text{O}$.

Der Wassergehalt liegt pro Formeleinheit zwischen 2 und 3.

Die Gitterkonstanten dieser Dreiergruppe scheinen mit den FeO-Gehalten zuzunehmen, ebenso auch die Brechungsindizes n_x und n_z . Dagegen nimmt der optische Achsenwinkel $2V_z$ mit der Zunahme der FeO-Gehalte ab. Die Gitterkonstanten dieser Dreiergruppe und auch die Brechungsindizes n_x und n_z nehmen mit Zunahme der MgO- und MnO-Gehalte ab (keine Beziehungen aber bei n_x , n_z und MgO) und der $2V_z$ -Wert zu.

Anerkennungen

Herr Dr. R. HEIL aus Darmstadt hat mir freundlicherweise die Messelitführenden Proben aus der Grube Prinz von Hessen überlassen. Bei der Durchführung der Reinigung und Trennung der Proben hat mit Herr KINLDER geholfen und bei den chemischen Analysen hat Frau SCHLEGEL, Frau DEWALD und Frl. RIEDEL große Dienste geleistet. Die Mikrosonde-Aufnahmen sind von Herrn Dr. CH. HOFFMANN und die Dichtebestimmungen von Herrn Dr. J. OTTO durchgeführt worden. Allen diesen Damen und Herren möchte ich für die Hilfe meinen herzlichen Dank aussprechen.

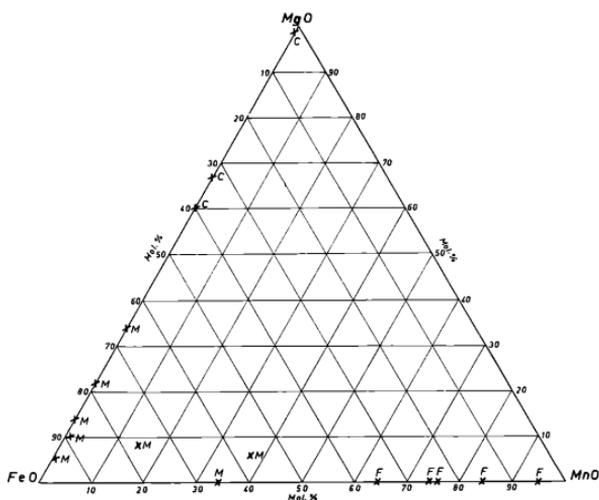


Abb. 4: FeO-MgO-MnO-Dreiecksdiagramm von Messelit, Collinsit und Fairfieldit. Die Mol.-% des FeO-MgO-MnO sind auf Summe = 100 umgerechnet worden. Die Analysen stammen aus der angegebenen Literatur. M = Messelit, C = Collinsit, F = Fairfieldit.

Schriftenverzeichnis

- BRIDGE, P. J., & PRYCE M. W. (1974): Magnesian collinsite from Milgun Station, Western Australia. — *Miner. Mag.* **39**, 577—579.
- CECH, F., & PADERA, K. (1958): Messelit aus den Phosphatnestern im Granit bei Pribyslavice (Böhmen) und das Messelitproblem. — *Chemie der Erde*, **19**, 436—449.
- FRONDEL, C. (1955): Neomesselite and Beta-Roselite: Two new Members of the Fairfieldite Group. — *Amer. Miner.* **40**, 828—833.
- MATTHESS, G. (1956): Ein Beitrag zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. N.F.* **38**, 11—21.
- MUTHMANN, W. (1890): Messelit, ein neues Mineral. — *Z. Krist.* **17**, 93—94.
- PALACHE, C., BERMAN, H., & FRONDEL, C. (1951): *The System of Mineralogy (Dana)*, **2**, 721—722.
- STRUNZ, H. (1957): *Mineralogische Tabellen*, Akademie-Verlag, Leipzig, 448 S.
- WIERTUSCHKOFF, G. N. (1952): Messelit aus dem Gebiet Kustanaj (Kazachstan). — *Zapiski Vsesojzn. mineral. Obsc.* **81**, 207—208. (Ref. Zbl. Miner. I, 140, 1954).
- WOLFE, C. W. (1940): Classification of minerals of the type $A_3(XO_4)_2 \cdot nH_2O$. — *Amer. Miner.* **25**, 787—809.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Taborszky Franz K.

Artikel/Article: [Der Messelit und das Messelitproblem 335-345](#)