

Borgehalte in Magnesiten

Von M. Brandenstein und E. Schroll, Wien

Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal und Mineralogisches Institut der Universität Wien

(Emissionsspektrographische Methode zur Boranalyse in Magnesiten bis zur Nachweisgrenze von 1 ppm; Analyseergebnisse von 76 ostalpinen und außeralpinen Spat- und Gelmagnesiten; geochemische Diskussion und Auswertung.)

(Emission-spectrographic method for the determination of boron up to the detection-limit of 1 ppm; results of the analysis of 76 spatic- and gel-magnesites from the Eastern Alpines and other regions; geochemical discussion and evaluation.)

(Methode spectrographique à base d'émission pour l'analyse de bore dans les magnésies jusqu'à la limite de dosage de bore de 1 ppm; résultats d'analyses des magnésies spathiques et des gels de magnésie du type alpin-est et non-alpin; discussion géochimique et exploitation des résultats.)

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung von Spat- und Gelmagnesiten auf ihren Gehalt an dem Spurenelement Bor, wobei insbesondere die Vorkommen der Ostalpen berücksichtigt worden sind.

Nach bisherigen Untersuchungen hat A. Haas (8) bei spektrographischen Analysen von Magnesitproben ostalpiner Herkunft kein Bor nachweisen können. Die Ursache dürfte an der zu geringen Nachweisempfindlichkeit der verwendeten Methode gelegen gewesen sein.

A. Donath (5) gibt nach qualitativen spektralanalytischen Untersuchungen nur schwache bis mittlere Spurenkonzentrationen von Bor in dem sedimentär gebildeten Gelmagnesit von Bela Stena (Jugoslawien) an, während unter anderem im Gelmagnesit von Kraubath (Steiermark) kein Bor gefunden worden

ist. Es ist anzunehmen, daß die Nachweisgrenze der nicht beschriebenen Methode höchstens 10 g/t erreicht haben dürfte.

Für die Analyse des Bors wurde nachstehende spektralanalytische Methode ausgearbeitet:

Spektrograph:

Mittlerer Quarzspektrograph Zeiß Q 24 mit Dreistufenfilter (4,10 und 100 %) und mit Zwischenabbildung für 2600 Å.

Elektroden:

Borfreie Graphitelektroden RWO der Fa. Ringsdorff, ϕ 5 mm, Bohrung ϕ 2,5 mm und 5 mm tief. Gegenelektrode konisch angedreht.

Anregung:

Gleichstromdauerbogen 120V/5A, Trägerelektrode anodisch geschaltet.

Tabelle 1
Spektralanalytische Doppelbestimmungen

Nr.	Fundort	quantitativ	halbquantitativ
1	Hall	16 ± 1 ppm	20 ppm
2	Kaswassergraben	10 ± 1	15
7	Fieberbrunn	107 ± 1	120
8	Fieberbrunn	14,5 ± 2,5	15
13	Entachenalm	13 ± 1	15
14	„	47 ± 2	50
15	„	14,5 ± 0,5	20
16	„	44,5 ± 0,5	60
53	Breitenau	32 ± 3	30
59	Suldental	9,5 ± 0,5	10
65	Sommergraben	4,5 ± 0,5	8

Tabelle 2a
Borgehalte in alpinen Magnesiten

Nr.	Fundort	Art der Probe	B in g/t
a) Spatmagnesite (SM)			
1	Hall in Tirol	Schwarzer kristalliner SM	16
2	Gr. Reifling, Kaswassergraben	Dunkelbrauner xx	10
3	„	Dunkelbrauner xx	20
4	„	Bräunlicher xx (1 0/0 Kalzit)	15
5	„	Weißlichgrauer xx	12
6	„	Brauner xx	20
7	Fieberbrunn	Rötlicher feinkörniger SM	107
8	„	Weißlichgrauer SM	14,5
9	„	Grauer SM	30
10	„	Rötlichbrauner SM	100
11	„	Rosagrauer sehr feinkörniger SM	80
12	Entachenalm	Rosa bis grauer sehr feinkörniger SM	40
13	„	Hellgrauer SM	13
14	„	Rötlicher SM	47
15	„	Brauner SM	14,5
16	„	Hellgrauer SM	44,5
17	„	Hellgrauer SM	25
18	„	Rötlicher SM	15
19	„	Lichtbrauner SM	30
20	„	Schwarzer SM (Dolomit, Kalkspat je 2 0/0)	30
21	„	Hellgrauer SM	10
22	Hintertal	Dunkler feinkörniger SM (Dolomit, Kalkspat je 1 0/0)	15
23	Hintertal, Jetztgraben	Brauner grobspätiger SM	5
24	„	Grauer SM	8,5
25	Inschlagalm	Gelblichbrauner SM	10

Tabelle 2a (Fortsetzung)
Borgehalte in alpinen Magnesiten

Nr.	Fundort	Art der Probe	B in g/t
26	Inschlagalm	Grauer SM	7
27	Burgstein, Palfen	Grauer SM	10
28	Grimming	Pinolitmagnesit (Dolomit, Kalzit je 1%)	3
29	Sunk/Trieben	Pinolitmagnesit	2
30	"	"	1
31	"	" , gelblich	1
32	"	"	2
33	"	"	1
34	"	"	<1
35	Triebenstein	"	1
36	Wald	Weißer, grobkörniger SM mit Talk	3
37	Häuselberg	Pinolitmagnesit	1
38	Veitsch	"	<1
39	"	Pinolitmagnesit (10% Dolomit, 1% Kalzit)	3
40	"	Pinolitmagnesit, gelblich	2
41	Oberdorf	Weißer grobspätiger SM (3% Dolomit, 5% Kalzit)	1
42	"	Weißer grobspätiger SM	<1
43	"	"	<1
44	Dionysen, Kotzgraben	Pinolitmagnesit (3% Kalzit)	2
45	Sohlalpe Mürzzuschlag	"	5
46	Arzgraben	"	5
47	Eichberg	"	5
48	"	"	5
49	Breitenau	Dunkelgrauer Bändermagnesit	32
50	"	Weißer grobkristalliner SM	4

Tabelle 2a (Fortsetzung)
Borgehalte in alpinen Magnesiten

Nr.	Fundort	Art der Probe	B in g/t
51	Breitenau	Gelblichweißer grob-mittelkörniger SM	4
52	„	Bräunlicher Bändermagnesit	5
53	„	Weißer Bändermagnesit	3
54	Rabenwald	Weißer SM in Talk (Dolomit, Kalzit je 3%)	<1
55	Radenthein	Weißer zuckerkörniger SM	<1
56	„	Grauer zuckerkörniger SM	<1
57	„	Weißer grobspätiger SM	<1
58	„	Weißer grobspätiger SM (1—3% Kalzit)	1
59	Suldental, Zumpanel	Schwarzer feinkörniger SM	9,5
60	„	„	6
b) Gelmagnesite (GM)			
61	Kraubath	Weißer GM	4,5
62	„	Weißer GM	2
63	„	Weißer GM	<1
64	„	Weißer GM	4
65	Kraubath, Mitterberg	Weißer GM	8
66	Kraubath, Ramberg-Dürnberg	Weißer GM (20% Dolomit, verkieselt)	5
67	Gulsen	Weißer GM	5

Anmerkung: SM = Spatmagnesit, GM = Gelmagnesit.

Die kursiven Zahlen zeigen quantitative spektrochemische Werte an.

Einige Proben wurden röntgendiffraktometrisch mit einem Zählrohrgoniometer auf ihre Mineralzusammensetzung untersucht, da die Emissionsspektren merklich höhere Gehalte an Ca und Si ergeben haben.

Optische Bedingungen:

Spalt 10 μ , Zwischenblende 3,2.

Photoplatte:

Perutz-Spektralblau 6 x 24 cm².

Belichtungszeit:

90 sec. Festlegung nach Auswertung von Fahr-
diagrammen.

Auswertung:

Gebundenes Verfahren. Photometrische Messung
einiger höherer Borkonzentrationen unter Verwen-

derung der Spektrallinienpaare B 2497,73/Ir 2664,79 und B 2497,73/Ir 2694,23. Ermittlung der übrigen Werte durch visuelle Schätzung.

Die Eichproben wurden aus praktisch borfreiem Magnesit ($< 0,7$ ppm) von Radenthein durch Hinzufügen von Bor in Form von Borsilikatglas (National Bureau of Standards USA, Nr. 93 mit 12,76 % B_2O_3) hergestellt. Für die quantitative photometrische Auswertung wurde Iridium als innerer Standard ausgewählt. Die Magnesitproben und die Eichproben in der Verdünnungsreihe 300, 100, 30, 10, 3 und 1 ppm wurden daher durch Zumischen von borfreiem Graphitpulver (RWO), das mit 1 % Iridium-Metallstaub versehen war, im Verhältnis 1 : 1 verdünnt. Die erreichte photometrierbare Nachweisgrenze ist 0,0001 % (1 ppm), die der visuellen Schätzung u. U. 0,00007 %.

Die Reproduzierbarkeit der durch quantitativ-photometrische Auswertung gewonnenen Analysenwerte beträgt bei wiederholten Aufnahmen auf verschiedenen Photoplaten im ungünstigsten Falle ± 10 %. Die Abweichung der visuellen Schätzung

kann maximal mit ± 50 % angegeben werden, wobei diese eher etwas höher als die photometrierten Werte zu liegen kommen. Die Übereinstimmung ist trotzdem befriedigend, wie die Tabelle 1 zeigt.

Die Auswertung der Analysenergebnisse (Siehe Tabelle 2a und 2b) zeigt, daß die Magnesite im Gegensatz zu den Sideriten, die von V. M. Goldschmidt/Cl. Peters (7) sowie K. Landergreen (9) auf Bor untersucht wurden (siehe Tabelle 5), im allgemeinen arm an diesem Spurenelement sind. Der Gegensatz ist besonders augenfällig gegenüber hydrothermal gebildeten Sideriten.

Umfangreiche Untersuchungen an alpinen Sideriten sind derzeit in Arbeit. Orientierende Aufnahmen haben gezeigt, daß die Gehalte an Bor mit denen an Scandium oder Indium nicht unbedingt parallel gehen müssen. Das Bor soll im Eisenspat ($Fe^{+2}C^{+4}O_3$) gemäß Isomorphiebeziehungen als $In^{+3}B^{+3}O_3$ beziehungsweise $Sc^{+3}B^{+3}O_3$ (7) eingebaut werden können. Es wäre aber auch zum Valenzausgleich der Eintritt von Fe^{+3} an Stelle von Fe^{+2} theoretisch denkbar.

Tabelle 2b
Borgehalte in außeralpinen Magnesiten

Nr.	Fundort	Art der Probe	B in g/t
a) Spatmagnesite			
68	Pregosa Pyrenäen	Schwärzlicher mittelkörniger SM (10 % Dolomit, 1 % Kalkspat)	3
69	Asturetta	Weißer bis schwarzer Bändermagnesit	3
70	Snarum Dypingthal Norwegen	Klare xx	30
71	Snarum Dypingthal	Spaltstücke von Magnesit xx	10
b) Gelmagnesite			
72	Osrub-Magloj Bosnien	Weißer GM	20
73	Bieli Klanci Magloj	„	30
74	Mandondi Euböa	„	1
75	Mandondi Euböa	„	5
76	Sepetci Eskishehir Türkei	„	20

Tabelle 3
Borgehalte in verschiedenen Magnesitvorkommen

Typ des Magnesites	Proben- zahl	Variationsbreite in g/t	Durchschnitt in g/t
Spatmagnesite			
aus dem Haselgebirge (Hall, Kaswassergraben)	6	10—20	16
aus der Trias (Typ Zumpanell)	2	6—9,5	8
aus dem Karbon der Grau- wackenzzone (Typ Veitsch)	21	<1—5	2
aus dem Altpaläozoikum der Grauwackenzzone (Typ Fieber- brunn)	21	5—107	31
aus dem Grazer Altpaläozoikum (Typ Breitenau)	5	3—32	10
aus den Talklagerstätten (Typ Rabenwald)	1	<1	—
aus den Marmorzügen des Alt- kristallins (Typ Radenthein)	4	<1—1	<1
aus Sagvanditen (Norwegen)	2	10—30	20
Gelmagnesit			
aus dem Serpentin der Grau- wackenzzone (Typ Kraubath)	7	<1—8	4
aus anderen Serpentinvor- kommen	5	1—30	17

Zweifellos besteht ebenso die Möglichkeit von Verwachsungen mit mikroskopisch kleinen Turmalinkristallen.

W. Petraschek (12) hat als Seltenheit im Lösungsrückstand von Sideriten vom Erzberg Turmalin finden können.

Er konnte dagegen dieses Bormineral nicht im Spatmagnesit von der Veitsch nachweisen.

Die Frage des Einbaues von Bor in den Magnesit selbst ist noch nicht hinreichend geklärt. Es ist im Einzelfall nicht entschieden, ob Bor ein gittereigenes oder gitterfremdes Spurenelement ist. Ein Valenzgleich über Fe^{+3} , Sc^{+3} oder In^{+3} bei Einbau des dreiwertigen Bor an Stelle des vierwertigen Kohlenstoffes wäre theoretisch wohl möglich. Einige borreiche Magnesitproben wurden spektralanalytisch auf Indium und Scandium geprüft, ohne daß diese Spurenelemente überhaupt nachgewiesen werden konnten. Es sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig, um diese Frage zu klären. Besonders reich an Bor sind die feinkristallinen Spatmagnesite, während sich dagegen die grobkristallinen Pinolitmagnesite als ausgesprochen borarm erwiesen haben. Die schwarzen graphithaltigen oder die rötlichen, beziehungsweise braungefärbten Farbvarietäten des Spatmagnesites

sind borreicher als die weißen oder grauen. Dies spricht nicht gerade für die Gittergebundenheit dieses Spurenelementes.

Es ist bemerkenswert, daß die Magnesite der Ostalpen regionale und stratigraphisch-fazielle Unterschiede im Borgehalt aufweisen. Die höchsten Konzentrationen an diesem Spurenelement finden sich in den Magnesiten aus dem Altpaläozoikum der westlichen Grauwackenzzone (Typ Fieberbrunn), der maximal 100 g/t B überschreiten kann. Fast borfrei (unter 1 g/t) sind dagegen die Magnesite aus den Marmorzügen des Altkristallin (Typ Radenthein) und den alpinen Talklagerstätten (Typ Rabenwald). Auch die Magnesite aus dem Jungpaläozoikum der östlichen Grauwackenzzone sind arm an diesem Spurenelement. Sehr niedrige Gehalte zeigen in dieser Gruppe die Magnesite von Oberdorf, welche metasomatische Erzkörper in einem Kalkmarmor bilden. Überhaupt erscheinen alle Magnesite, die mit Talk vergesellschaftet sind, besonders arm an Bor zu sein. Auffälligerweise erwies sich auch der Talk selbst als borarmes Mineral.

Die „salinaren“ Magnesite des triadischen Haselgebirges zeigen mäßige Borgehalte in der Größenordnung von 10 bis 20 g/t. Die Gelmagnesite aus den Serpen-

Tabelle 4

Borgehalte im Nebengestein und einigen Begleitmineralen der Magnesitvorkommen

Vorkommen	Art der Probe	B in g/t	B in g/t im Magnesit
Sunk	Kalkschiefer	3	<1—2 ϕ 1
	Tonschiefer	30—50	
	Graphitschiefer	20—30	
	Brandenschiefer	30—50	
	Talk	<1	
	Talk	1	
Oberdorf	Kalkmarmor	<1	<1—1 ϕ <1
	Dolomit	<1	
	Talk	<1	
Eichberg	Talk	<1	5
Kaswassergraben	Ramsaudolomit	3—5	10—20 ϕ 15
	Gips im Haselgebirge	5—10	
Fieberbrunn	Dolomit	10—15	15—108 ϕ 66
Sommergraben Kraubath	Serpentin	3—5	<1—8 ϕ 4
	Serpentin aus Magnesitbrekzie	10—20	

tinen besitzen wechselnde Gehalte an diesem Spurenelement, wobei der Gelmagnesit von Kraubath zu den borärmeren Typen gehört (unter 10 g/t).

Es ist natürlich nicht zu erwarten, daß die vorliegende kurze geochemische Untersuchung, abgesehen von Erkenntnissen allgemeiner Art zum Problem der Genese der ostalpinen Spatmagnesite Entscheidendes beizutragen vermag. Die geologischen Haupt-

fragen sind das Bildungsalter der verschiedenen Magnesitvorkommen und die Herkunft der mineralisierenden Magnesialösungen (1, 3, 6, 10, 12, 15), wobei man sich wohl von dem Gedanken an die Einmaligkeit der Magnesitbildung innerhalb einer alpinen Metallogenese freimachen muß.

Die vorliegenden Analysendaten ergeben nur in eindeutiger Weise, daß bei der Magnesitmetasomatose

Tabelle 5

Borgehalte in Gesteinen und Sideriten

Eruptivgesteine, Mittelwert (17)	10 g/t
Granite, Durchschnitt durch 14 deutsche (7)	3
Ultrabasische Gesteine, Finnisch-Lappland (16)	31
Sedimentgesteine (13)	256
Tone	310
Kalke	3
Marine Siderite (9)	28
Hydrothermale Siderite	160

Bor nicht in merkbaren Konzentrationen zugeführt wird. Der metasomatisch gebildete Magnesit scheint dieses Spurenelement aus dem Paläosom zu übernehmen. Darauf weisen Analysen vom Magnesit und den zugehörigen Nebengestein hin (siehe Tabelle 3). Die Gesteinsproben wurden allerdings nur halbquantitativ analysiert. Bei den Spatmagnesitbildungen scheint sogar eher eine Verminderung gegenüber der ursprünglichen Borkonzentration aufzutreten.

Eine Entscheidung auf Grund des Borgehaltes, ob sedimentär oder metasomatisch gebildeter Magnesit vorliegt, ist natürlich nicht möglich, da auch keine typisch sedimentären Proben zur Verfügung standen. Die Proben aus dem salinaren Bereich des Haselgebirges sind wohl epigenetische Bildungen des salinen Lösungsumsatzes. Dies trifft zumindest für die Magnesitproben vom Kaswassergraben sicher zu (6, 11). Es läßt sich zeigen, daß „salinare“ Magnesite meist einen merklichen Gehalt an Bor ≥ 10 g/t aufweisen, da der Borgehalt in Gesteinen von Salzlagerstätten vermutlich überhaupt erhöht ist. Magmatisch

gebildete Magnesite der Sagvandite (4) zeigen übrigens Borgehalte gleicher Größenordnung wie „salinare“ Magnesite.

Beim Gelmagnesit ist ebenso die Beziehung zum Borgehalt des Serpentin, beziehungsweise des ursprünglichen Ultrabasites gegeben (siehe Tabelle 4). Sowohl die Gelmagnesite des Typ Kraubath als auch die Spatmagnesite vom Typ Veitsch sind arm an Bor.

Für die Durchführung der Röntgenaufnahmen möchten wir Frau E. Stepan unseren herzlichen Dank aussprechen. Ferner danken wir für freundlicherweise zur Verfügung gestellte Magnesitproben Herrn Prof. F. Machatschki (Mineralogisches Institut der Universität Wien), Herrn Prof. H. Heritsch (Mineralogisches Institut der Universität Graz), Herrn Prof. F. Raaz (Mineralogisches Institut der TH Wien), Herrn Doz. W. Siegl (Montanistische Hochschule Leoben), Herrn E. Krajicek (Joanneum Graz) und Herrn Leopold (Steirische Magnesit AG).

Zusammenfassung

Es wurden 76 Spat- und Gelmagnesite spektralanalytisch auf Bor untersucht. Der Vergleich mit den metasomatisch verdrängten Nebengesteinen zeigt, daß dieses Spurenelement nicht mit dem Magnesium zugeführt, sondern aus dem Primärbestand übernommen wird. Dieselbe Beziehung besteht zwischen dem Borgehalt des Serpentin und dem des Gelmagnesites.

Die Spatmagnesite des salinar-epigenetischen Typs (Hall i. T.) enthalten > 10 g/t B, die der westlichen Grauwackenzone (Typ Fieberbrunn) > 10 g/t B, während die der östlichen Grauwackenzone < 10 g/t B (Typ Veitsch) aufweisen. Am borärmsten (< 1 g/t) sind die Magnesite aus den Marmorzügen des Altkristallins (Typ Radenthein). Die Magnesite sind borärmer als die Siderite.

Summary

76 samples of spatic- and gel-magnesite were examined by means of spectrophotographic analysis to determine their content of boron. A comparison with the associated rocks that were metasomatically displaced shows that this trace element is not conveyed with the magnesium but comes from the primary formation. The same relation exists between the content of boron of the serpentine and that of the gel-magnesite.

The spatic magnesite of the salin-epigenetic type (Hall in Tyrol) contain > 10 g/to B, the spatic magnesite of the western graywacke area (type Fieberbrunn) contain > 10 g/to B, while those of the eastern graywacke area contain < 10 g/to B (type Veitsch). The magnesite of the marble strata of the old crystalline formation (type Radenthein) contain the lowest content of boron. The content of boron of the magnesite is lower than that of the siderites.

Résumé

On a examiné spectroscopiquement 76 échantillons de magnésie spathique et de gel de magnésie pour déterminer la teneur de bore. La comparaison avec les roches voisines métasomatiques déplacées montre que cet élément de trace n'est pas amené avec le magnésium mais qu'il est emmené de la formation primaire. La même relation existe entre la teneur en bore de la serpentine $(\text{OH})_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5$ et celle du gel de magnésie.

Les magnésies spathiques du type salin — épigénétique (Hall en Tyrol) contiennent > 10 g/to B, celle de la zone de grauwaque de l'ouest (type de Fieberbrunn) > 10 g/to B, tandis que celles de la zone orientale de grauwaque (type de Veitsch) présentent < 10 g/to de B. Les magnésites des strates de marbre de la vieille formation cristalline comportent la teneur en bore la plus basse (< 1 g/to) (type de Radenthein). Les magnésies sont plus pauvres en bore que les sidérites.

Literaturverzeichnis

1. Andreatta, C., Petrographische und petrotektonische Studien über die Entstehung der Magnesitlagerstätten des Zumpanells (Ortlergruppe) und über die geologische Geschichte der umgebenden Dolomitformation. Njb. Min. Abh. 91 (1957), S. 582–622.
2. Angel, F., und F. Trojer, Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose. Radex-Rundschau 1953, S. 459–467.
3. Angel, F., und F. Trojer, Zur Frage des Alters und der Genesis alpiner Spatmagnetite. Ibid. 1955, S. 374–392.
4. Barth, T. F. W., Über die Sagvandite und ihre Entstehung durch Syntexe von Dolomitgesteinen. Min. petr. Mitt. 40 (1930), S. 221.
5. Donath, M., Zur Genesis von Lagerstätten dichter Magnetite. N. Jb. Min. Abh. 91 (1957), S. 573–584.
6. Friedrich, O., Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnetit-Lagerstätten. Radex-Rundschau 1959, S. 393–420.
7. Goldschmidt, V. M., und Cl. Peters, Zur Geochemie des Bors I und II. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math-Kl III. 25, IV 27 (1932), S. 402 und III, 28, IV 31 (1932), S. 528.
8. Haas, H., Die Begleitelemente in rhomboedrischen Karbonaten. Radex-Rundschau 1953, S. 459.
9. Landergreen, K., Bergens Museum Arbok naturviedenk. Rakke 5 (1944), 1–20 (cit. aus (17)).
10. Leitmeier, H., und W. Siegel, Untersuchungen an Magnesiten am Nordrand der Grauwackenzone Salzburgs und ihre Bedeutung für die Entstehung der Spatmagnetite der Ostalpen. Berg- und Monatshefte 99 (1954), S. 201–253.
11. Machatschki, F., Das Magnesitvorkommen vom Kaswassergraben bei Groß-Reifling. Zeitschrift f. Min. 1922, S. 11.
12. Petraschek, W., Die österreichischen Magnetite als Glieder der alpinen Metallogenese. Berg- und Monatshefte 98 (1953), S. 207–211.
13. Rankama, K., Geochemistry, 1950 Chicago.
14. Raupach, F., Die rezente Sedimentation im Schwarzen Meer, im Kaspischen und Aral und ihre Gesetzmäßigkeiten, Geologie 2 (Berlin), 1951.
15. Redlich, A., Die Typen der Magnetitlagerstätten. Zeitschrift prakt. Geologie 42 (1934), S. 156–166.
16. Sahama, Th., Bl. Com. Geolog. Finnland Nr. 135 (1945), S. 5–86.
17. Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. Bor-Ergänzungsband 1954