

Über die Entstehung von Diamanten aus Silikatschmelzen

von

Dr. R. v. Hasslinger,

Chem. Laboratorium der k. k. deutschen Universität in Prag,

und

mag. pharm. Josef Wolf,

Porzellanfabrik in Ladowitz bei Dux in Böhmen.

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1903.)

Vor etwa einem Jahre veröffentlichte der eine von uns eine Arbeit: »Über die Herstellung künstlicher Diamanten aus Silikatschmelzen,«¹ in welcher gezeigt wurde, wie aus einer, dem natürlichen Muttergestein der Diamanten analogen Schmelze solche künstlich hergestellt werden können. Wenn nun auch durch diese damaligen Versuche die Tatsache erwiesen war, daß es auf diese Art möglich sei, künstliche Diamanten zu erhalten, so konnte man doch nichts über die Art ihrer Entstehung innerhalb der Schmelze selbst sagen.

Um nun darüber einigen Aufschluß zu erhalten, wurden die im folgenden beschriebenen Versuche unternommen.

Zunächst schien es von Wichtigkeit, festzustellen, welche Bestandteile des Muttergesteins in der Schmelze enthalten sein müssen, damit dieselbe Diamanten liefere. Einen Anhaltspunkt dafür bietet natürlich schon die Zusammensetzung verschiedener natürlicher Muttergesteine. Einige Analysen solcher Gesteine mögen hier Platz finden.

¹ Hasslinger, Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. CXI, Abt. IIb, Mai 1902.

Muttergestein			Olivin ¹
SiO ₂ ... 40·30	SiO ₂ 33·84	SiO ₂ ... 33·84	SiO ₂ ... 36·15
Al ₂ O ₃ .. 9·45	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ . 12·00	TiO ₂ ... 3·78	MgO .. 28·60
K ₂ O ... 0·90	MgO 32·38	Al ₂ O ₃ .. 5·88	FeO ... 35·25
Na ₂ O .. 4·93	CaO 9·60	Cr ₂ O ₃ .. 0·18	
Fe ₂ O ₃ .. 7·30	Na ₂ O 0·67	Fe ₂ O ₃ .. 7·04	
MgO .. 21·20	H ₂ O 6·00	FeO ... 5·16	
CaO... 3·48	CO ₂ 7·05	MnO ... 0·16	
		MgO .. 22·96	
		CaO ... 9·46	
		Na ₂ O... 0·33	
		K ₂ O... 2·04	
		P ₂ O ₅ ... 0·89	
		H ₂ O.... 0·89	
		CO ₂ 0·43	

Wenn man die diesen Muttergesteinen gemeinsamen Bestandteile hervorsucht, so sieht man zunächst, daß alle verhältnismäßig wenig Kieselsäure enthalten. Ferner ist allen ein Gehalt an Alkalien, an Eisen, Calcium und Magnesium und zwar von beträchtlich mehr Magnesium als Calcium eigentümlich. Durch diese Beschaffenheit des natürlichen Muttergesteins war somit ein Anhaltspunkt gegeben, wie der Frage über die Entstehung der Diamanten in den Silikatschmelzen näher zu kommen wäre.

Man konnte sukzessive einige Bestandteile weglassen oder durch andere ersetzen, abgesehen von Änderungen in der Behandlung der einzelnen Schmelzen.

Die in dieser Absicht unternommenen Versuche finden sich in der Tabelle I, II und III zusammengestellt, aus welchen alle, für jede einzelne Schmelze maßgebenden Daten zu entnehmen sind.

¹ Vergl. Friedländer, Verh. des Ver. zur Beförd. des Gewerbeff., 1898; Naturw. Rundsch., 13, 279.

Tabelle I gibt die Zusammensetzung der eingeschmolzenen Gemische nach der in der Keramik üblichen Weise an.

In Tabelle II sind die aus Tabelle I berechneten prozentischen Zusammensetzungen angegeben.

Tabelle III gibt die Zusammensetzung der Schmelzgemische aus den Werkstoffen an, und sind die beiden anderen Tabellen dieser Tabelle entsprechend gerechnet.

Im allgemeinen sei vorausgeschickt, daß alle diese Schmelzen in einem Porzellanofen für Hartporzellan vorgenommen wurden, wobei die Beschaffenheit der Heizgase während der ganzen Schmelzdauer durchwegs reduzierend war. Die Temperatur entsprach dem Segerkegel 13, ungefähr also 1400° C.

Von vornherein konnte man wohl bezüglich der Entstehung der Diamanten aus solchen Silikatschmelzen erwarten, daß der Vorgang entweder ein richtiger Lösungs- und Krystallisationsvorgang sei, oder daß der den Schmelzen zugefügte Kohlenstoff erst in eine Verbindung eintritt und aus derselben im weiteren Verlaufe, und zwar diamantförmig, zur Abscheidung gelangt. Ob hier ein wirklicher Lösungs- und Krystallisationsvorgang vorliegt, war leicht zu entscheiden. Denn, da eine Verminderung der Gesamtmasse der als Lösungsmittel gedachten Schmelze nicht eintritt, so konnte die Abscheidung des einmal gelösten Kohlenstoffes nur auf zweierlei Art erfolgen. Entweder bei der Abkühlung der Schmelze infolge von Übersättigung oder aber dadurch, daß beim Einschmelzen zuerst ein Gemisch von Silikaten entsteht, von denen wenigstens eines als Lösungsmittel dienen kann, welche aber bei längerem, beziehungsweise stärkerem Erhitzen sich in andere Silikate — deren keines mehr ein Lösungsmittel für Kohlenstoff ist — umwandeln und den Kohlenstoff so zur Ausscheidung zwingen.

Was die erste Möglichkeit anbelangt, ob nämlich die Ausscheidung der Diamanten durch Abkühlen der etwa als Lösungsmittel dienenden Schmelze erfolge, so war ein Aufschluß darüber leicht zu erhalten, indem man sonst gleichartige Schmelzen einer verschieden raschen Abkühlung unterwarf. In allen Fällen nämlich, wo durch Abkühlung eine Krystallausscheidung erfolgt, wird die Größe und Ausbildung der Krystalle

von der Geschwindigkeit der Abkühlung abhängig sein. Diesbezügliche Versuche, mit den Schmelzen 1 und 16 ausgeführt, ergaben aber, daß sowohl Größe wie Ausbildung der eventuell erhaltenen Diamanten von der Art der Abkühlung ganz unabhängig ist.

Schmelze I wurde nämlich sowohl nach dem Thermitverfahren,¹ als auch im Porzellanofen erschmolzen. Während beim Thermitverfahren die Abkühlung bis zur Erstarrung eine Zeit von 10 bis 15 Minuten in Anspruch nimmt, wurde ein Teil der Porzellanofenschmelze durch etwa 50 Stunden allmählig erkalten gelassen, während ein anderer Teil derselben Schmelze während des Brandes flüssig aus dem Ofen entnommen und in Wasser abgelöscht wurde.

Die nach diesen drei verschiedenen Methoden aus derselben Schmelze erhaltenen Diamanten zeigen, wie erwähnt, untereinander gar keine irgendwie bemerkenswerten Unterschiede. Es ist wohl kaum nötig zu bemerken, daß die Schmelze vor dem Versuche keine Diamanten enthielt.

Auch der Versuch, aus einer Schmelze (Nr. 16), welche bei langsamer Abkühlung keine Diamanten ergab, solche vielleicht durch rasche Abkühlung zu erhalten erwies, für diesen Fall die vollständigste Einflußlosigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit.

Was nun die als zweite Möglichkeit erwähnte Entstehungsweise betrifft, so sei zunächst darauf hingewiesen, daß eine Änderung innerhalb einer ursprünglich homogenen Schmelze durch krystallinische Ausscheidung bestimmter Silikate gar nichts ungewöhnliches ist. Dies beweisen der unter dem Namen der Entglasung bekannte Vorgang, sowie die Arbeiten von Morosiewicz² über künstliche Minerale. Solche Vorgänge kommen ganz gewiß auch bei den hier zur Untersuchung gelangten Schmelzen in Betracht; so zeigte Schmelze 8 zwei deutlich getrennte Schichten, deren eine durchwegs krystallinisch, die andere aber glasartig war; ähnlich verhielt sich Schmelze 9. Ferner

¹ Hasslinger, w. o.

² Morosiewicz, Tschermak's Mineralog. und petrograph. Mitteilungen. Neue Folge, 18, 1899.

stimmt zu dieser Ansicht auch der Umstand, daß sich Diamanten durchwegs nur in Schmelzen von krystallinischer Struktur fanden. Sollte aber der Kohlenstoff sich in der Schmelze bei Temperaturen lösen, so lange in derselben noch keine Bildung krystallisierbarer Bestandteile erfolgt ist, so müßte er — falls eine Krystallisation überhaupt nicht erfolgt — in der Schmelze in irgend einer Form auch nach der Abkühlung verbleiben, und somit nach Auflösung der übrigen Schmelzebestandteile übrigbleiben. Es ist jedoch ein solches Verhalten in keinem aller jener Fälle, wo keine Diamanten gebildet wurden, nachweisbar. Entweder blieb der zugesetzte Graphit, der in der Schmelze mechanisch eingeschlossen sich vorfand, bei der Aufschließung übrig, oder aber, wo dies nicht der Fall, ergaben die Schmelzen überhaupt keinen Kohlenstoff. Dieses Verhalten läßt sich wohl, da ein Verbrennen des Kohlenstoffes durch die Umstände, unter denen die Schmelzung erfolgte, ausgeschlossen erscheint, nur dadurch erklären, daß derselbe in die Schmelze in Form irgend einer Verbindung eintritt. Da bei den hier obwaltenden Temperaturen und dem Kieselsäure-Gehalt der Schmelzen an eine Carbonatbildung nicht zu denken ist, so muß man wohl die Annahme machen, daß der Kohlenstoff zunächst mit irgendwelchen Bestandteilen der Schmelze ein Karbid bildet, welches dann bei der später erfolgenden Bildung anderer Silikate innerhalb der Schmelze zersetzt wird, und daß unter solchen Verhältnissen der Kohlenstoff als Diamant aus dem Karbid ausgeschieden werde.

Wenn man diese Annahme macht, so ist es ohne Schwierigkeit zu erklären, warum alle Diamanten enthaltenden Schmelzen eine krystallinische Struktur besitzen; dagegen von diesen in der Zusammensetzung nicht sehr unterschiedene, glasartige Schmelzen weder Diamanten noch Kohlenstoff in anderer Form ergaben; wie auch die vollständige Einflußlosigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die Diamantenbildung damit in Übereinstimmung steht.

Daß eine Zersetzung von Karbiden unter den gegebenen Umständen tatsächlich erfolgen kann, geht aus dem Ergebnis der Schmelze 31 hervor, der Kohlenstoff nur in Form von Calciumcarbid zugesetzt wurde.

Was den Einfluß der verschiedenen Bestandteile der Schmelzen betrifft, so ersieht man aus der Tabelle, daß in Übereinstimmung mit den natürlichen Muttergesteinen ein Gehalt von Alkalien und Erdalkalien notwendig erscheint, wenn Diamantenbildung eintreten soll. Insbesondere scheinen Calcium und Magnesium von großem Einflusse zu sein.

Die Versuche, diese ganz oder teilweise durch Barium oder auch durch Oxyde von Schwermetallen zu ersetzen, lieferten ein negatives Resultat.

Was den Einfluß der in den Schmelzen enthaltenen sauren Bestandteile betrifft, so zeigt sich in Übereinstimmung mit der Annahme, daß die Diamantenbildung durch Zersetzung intermediär gebildeter Carbide erfolge, daß Schmelzen, welche einen gewissen Prozentgehalt an Kieselsäure übersteigen, keine Diamanten mehr liefern.

Ein geringer Zusatz von Titansäure scheint günstig auf die Entstehung von Diamanten zu wirken, wahrscheinlich infolge des Umstandes, daß Titansäure in geringen Mengen Silikatschmelzen zugesetzt, die Krystallisation der Schmelzen erfahrungsgemäß begünstigt.

Eine Schmelze (32), welche nur Titansäure¹ als sauren Bestandteil enthielt, gab zwar Diamanten, doch erschienen dieselben nicht wie die aus den übrigen Schmelzen durchwegs farblos, durchsichtig, sondern vielfach mehr oder weniger dunkel gefärbt.

Eine Schmelze (33), welche nur Borsäure als sauren Bestandteil enthielt, ergab keine Diamanten, obwohl dieselbe nach ihrer Zusammensetzung zu schließen, als Silikat solche ergeben hätte. Überhaupt scheint Borsäure, wahrscheinlich infolge ihrer Neigung zur Glasbildung, der Bildung von Diamanten nicht förderlich zu sein.

Aus den hier angeführten Versuchen ergibt sich somit das Resultat, daß die Entstehung von Diamanten in Silikatschmelzen tatsächlich auf einer intermediären Carbidbildung beruht.

¹ Vergl. W. H. Gintl, Zeitschrift für angew. Chemie, 14, 1173.

Tabelle

Zahl	Z u s a m m e n -							
	K ₂ O	Na ₂ O	BaO	CaO	MgO	ZnO	PbO	RO
1	0·01409	0·11782	—	0·0922	0·77585	—	—	1·000
1a	0·01409	0·11782	—	0·0922	0·77585	—	—	1·000
2	0·143	—	—	—	0·857	—	—	1·000
3	0·143	—	—	0·857	—	—	—	1·000
4	0·143	—	0·857	—	—	—	—	1·000
5	0·1277	—	—	—	0·8723	—	—	1·000
6	—	0·1347	—	—	0·8653	—	—	1·000
7	0·3077	—	—	—	—	0·6923	—	1·000
8	0·278	—	—	0·388	0·333	—	—	1·000
9	0·278	—	—	0·278	0·444	—	—	1·000
10	0·3125	—	—	0·4375	0·250	—	—	1·000
11	0·2941	—	—	—	0·7059	—	—	1·000
12	0·2941	—	—	—	0·7059	—	—	1·000
13	0·2941	—	—	—	0·7059	—	—	1·000
14	0·2941	—	—	—	0·7059	—	—	1·000
15	0·2941	—	—	—	0·7059	—	—	1·000
16	1·000	—	—	—	—	—	—	1·000
16a	1·000	—	—	—	—	—	—	1·000
17	1·000	—	—	—	—	—	—	1·000
18	1·000	—	—	—	—	—	—	1·000
19	—	—	—	—	—	—	—	—
20	0·278	—	—	0·500	0·222	—	—	1·000
21	0·278	—	—	0·611	0·111	—	—	1·000
22	—	0·278	—	0·388	0·333	—	—	1·000
23	—	0·278	—	0·278	0·444	—	—	1·000
24	—	—	—	0·278	0·444	—	0·278	1·000
25	—	0·166	—	—	0·555	—	0·278	1·000
26	—	0·278	—	0·166	—	0·555	—	1·000
27	—	0·278	—	0·055	—	0·666	—	1·000
28	—	—	—	0·055	—	0·666	0·278	1·000
29	—	—	—	0·055	0·666	—	0·278	1·000
30	—	0·278	—	0·055	0·666	—	—	1·000
31	0·01464	0·11722	—	0·24115	0·62699	—	—	1·000
32	0·01464	0·11722	—	0·09646	0·77168	—	—	1·000
33	0·01464	0·11722	—	0·09646	0·77168	—	—	1·000

I.

s e t z u n g						
Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	B ₂ O ₃	AO ₂
0·13723	0·06771	0·20494	0·9902	—	—	0·9902
0·13723	0·06771	0·20494	0·9902	—	—	0·9902
0·143	0·071	0·214	1·957	—	—	1·957
0·143	0·071	0·214	1·957	—	—	1·957
0·143	0·071	0·214	1·957	—	—	1·957
0·15376	0·07604	0·2298	1·12308	—	—	1·12308
0·1534	0·0764	0·2298	1·1294	—	—	1·1294
—	—	—	1·6923	0·3077	—	2·000
—	—	—	1·277	0·166	—	1·444
—	—	—	1·222	0·222	—	1·444
0·125	—	0·125	1·500	0·125	—	1·625
—	—	—	1·0513	—	—	1·0513
—	—	—	1·5769	—	—	1·5769
—	—	—	2·1526	—	—	2·1526
—	—	—	3·2529	—	—	3·2529
—	—	—	5·4565	—	—	5·4565
1·000	—	1·000	6·000	—	—	6·000
1·000	—	1·000	6·000	—	—	6·000
2·000	—	2·000	8·000	—	—	8·000
—	1·3639	1·3639	8·148	—	—	8·148
—	1·000	1·000	4·000	—	—	4·000
—	—	—	1·44	—	—	1·44
—	—	—	1·44	—	—	1·44
0·166	—	0·166	1·44	—	—	1·44
0·166	—	0·166	1·33	—	0·11	1·44
—	—	—	2·000	—	—	2·000
—	—	—	2·000	—	—	2·000
—	—	—	2·000	—	—	2·000
0·166	—	0·166	1·777	—	0·222	2·000
—	—	—	1·888	—	0·111	2·000
—	—	—	1·333	—	0·111	1·444
—	—	—	1·333	—	0·111	1·444
—	—	—	0·99	—	—	0·99
—	—	—	—	0·99	—	0·99
—	—	—	—	—	0·99	0·99

Zahl	Die Schmelze ist beschaffen						Enthält		Bemerkung
	1	2	3	4	5	6	Diamanten	Graphit	
	krystall- nisch	amorph- glasartig	kompakt	nicht er- schmolzen	zersplittert	Graphit- einschluß			
1	1	—	1	—	—	—	1	—	In H ₂ O abgelöscht.
1a	—	—	—	—	1	—	1	—	
2	1	—	1	—	—	?	1	1	
3	—	1	—	—	—	—	0	0	
4	—	1	—	—	—	—	0	0	
5	—	—	—	1	—	—	0	0	
6	1	—	—	—	—	1	1	1	
7	—	1	—	—	—	1	0	1	
8	1	1	1	—	—	—	1	—	Zwei getrennte Schichten: eine krystallinische mit Diamanten, die andere glasartig, weder Diamanten noch Graphit enthaltend.
9	1	—	—	—	—	—	1	—	Zwei einander vielfach durchdringende Schichten
10	1	—	—	—	—	1	—	1	
11	—	1	—	—	—	1	—	1	
12	1	—	—	—	—	1	—	1	
13	—	1	—	—	—	1	—	1	
14	—	1	—	—	—	1	—	1	
15	—	—	—	1	—	1	—	1	
16	—	1	—	—	—	1	—	1	
16a	—	—	—	—	1	1	—	1	In H ₂ O abgelöscht.
17	1	1	—	—	—	1	—	1	
18	—	1	—	—	—	1	—	1	
19	—	—	—	1	—	—	0	0	
20	1	—	1	—	—	—	0	0	
21	1	—	1	—	—	—	1	—	
22	—	1	—	—	—	—	0	0	
23	—	1	—	—	—	—	0	0	
24	—	—	—	1	—	—	0	0	
25	1	—	—	—	—	1	—	1	
26	—	1	—	—	—	1	—	1	
27	—	1	—	—	—	—	0	0	
28	—	—	—	1	—	—	0	0	
29	—	—	—	1	—	—	0	0	
30	—	1	—	—	—	—	0	0	
31	1	—	1	—	—	—	1	—	Den C in Form CaC ₂ ein- geführt.
32	1	—	1	—	—	—	1	—	Diamanten teilweise deutlich gefärbt.
33	1	—	1	—	—	1	0	0	

Tabelle II.

Zahl	Prozentische Zusammensetzung														
	K ₂ O	Na ₂ O	BaO	CaO	MgO	ZnO	PbO	RO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	B ₂ O ₃	AO
1	1.03	5.64	—	3.98	24.12	—	—	—	10.80	8.35	—	46.08	—	—	—
1a	1.03	5.64	—	3.98	24.12	—	—	—	10.80	8.35	—	46.08	—	—	—
2	7.01	—	—	—	17.99	—	—	—	7.59	5.94	—	61.47	—	—	—
3	6.54	—	—	23.87	—	—	—	—	7.09	5.55	—	57.46	—	—	—
4	4.66	—	45.47	—	—	—	—	—	5.05	3.95	—	40.87	—	—	—
5	8.42	—	—	—	24.63	—	—	—	10.99	8.51	—	47.45	—	—	—
6	—	6.00	—	—	25.05	—	—	—	11.25	8.77	—	48.93	—	—	—
7	13.67	—	—	—	—	26.55	—	—	—	—	—	48.16	11.62	—	—
8	17.30	—	—	14.33	8.85	—	—	—	—	—	—	50.79	8.78	—	—
9	17.35	—	—	10.31	11.84	—	—	—	—	—	—	48.70	11.75	—	—
10	16.44	—	—	13.58	5.60	—	—	—	7.08	—	—	50.64	6.66	—	—
11	23.16	—	—	—	23.80	—	—	—	—	—	—	53.04	—	—	—
12	18.31	—	—	—	18.81	—	—	—	—	—	—	62.88	—	—	—
13	14.89	—	—	—	15.29	—	—	—	—	—	—	69.81	—	—	—
14	10.97	—	—	—	11.27	—	—	—	—	—	—	77.76	—	—	—
15	7.19	—	—	—	7.38	—	—	—	—	—	—	85.43	—	—	—
16	16.86	—	—	—	—	—	—	—	18.29	—	—	64.85	—	—	—
16a	16.86	—	—	—	—	—	—	—	18.29	—	—	64.85	—	—	—

Prozentische Zusammensetzung															
Zahl	K ₂ O	Na ₂ O	BaO	CaO	MgO	ZnO	PbO	RO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	B ₂ O ₃	AO
17	12.06	—	—	—	—	—	—	—	26.14	—	—	61.80	—	—	—
18	11.72	—	—	—	—	—	—	—	—	27.12	—	61.16	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39.84	—	60.16	—	—	—
20	17.47	—	—	18.61	5.96	—	—	—	—	—	—	57.96	—	—	—
21	17.27	—	—	22.48	2.95	—	—	—	—	—	—	57.30	—	—	—
22	—	11.04	—	13.89	8.58	—	—	—	10.86	—	—	55.63	—	—	—
23	—	11.09	—	9.98	11.48	—	—	—	10.91	—	—	51.55	—	4.98	—
24	—	—	—	7.21	8.28	—	28.71	—	—	—	—	55.80	—	—	—
25	—	4.80	—	—	10.39	—	28.81	—	—	—	—	56.00	—	—	—
26	—	8.99	—	4.84	—	23.47	—	—	—	—	—	62.70	—	—	—
27	—	8.07	—	1.45	—	25.28	—	—	7.94	—	—	50.02	—	7.24	—
28	—	—	—	1.29	—	24.48	25.75	—	—	—	—	47.25	—	3.22	—
29	—	—	—	1.72	14.91	—	34.44	—	—	—	—	44.62	—	4.81	—
30	—	12.77	—	2.29	19.84	—	—	—	—	—	—	59.37	—	5.73	—
31	1.29	6.78	—	12.59	23.59	—	—	—	—	—	—	55.75	63.69	—	—
32	1.11	5.85	—	4.33	25.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	1.21	6.36	—	4.71	27.20	—	—	—	—	—	—	—	—	60.52	—

Zahl	Werkstoffe													Graphit in Pro- zenten		
	K_2CO_3 100%	KNO_3	Schwedischer Feldspat Marke: "Codegard"	Na_2CO_3 100%	$BaCO_3$	$CaCO_3$	$MgCO_3$	PbO_4 steirisch	ZnO	$B(OH)_3$	Rutil	Sand Hohen- bocka	Erde von Zettlitz		Fe_2O_3	Ca_2
16a	—	—	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0
17	—	—	68.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31.7	—	—	10.0
18	17.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54.8	—	24.3	—	10.0
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	—	40.0	—	10.0
20	31.0	—	—	—	45.0	17.0	—	—	—	—	—	78.0	—	—	—	18.0
*21	31.0	—	—	—	55.0	8.4	—	—	—	—	—	78.0	—	—	—	16.0
22	—	—	—	27.4	—	25.0	—	—	—	—	—	60.0	39.0	—	—	19.0
23	—	—	—	27.4	—	25.0	34.0	—	—	12.5	—	54.0	39.0	—	—	19.0
24	—	—	—	—	—	25.0	34.0	57.0	—	—	—	108.0	—	—	—	22.0
25	—	—	—	16.1	—	—	42.0	57.0	—	—	—	108.0	—	—	—	22.0
26	—	—	—	27.4	—	15.0	—	—	41.0	—	—	108.0	—	—	—	19.0
27	—	—	—	27.4	—	5.0	—	—	49.0	25.0	—	78.0	39.0	—	—	22.0
28	—	—	—	—	—	5.0	—	—	49.0	12.5	—	102.0	—	—	—	22.0
29	—	—	—	—	—	5.0	—	57.0	49.0	12.5	—	72.0	—	—	—	19.0
30	—	—	—	27.4	—	5.0	51.0	57.0	—	12.5	—	72.0	—	—	—	17.0
*31	2.0	—	—	12.2	—	—	53.0	—	—	—	—	59.0	—	—	16.0	—
*32	2.0	—	—	12.2	—	10.0	65.0	—	—	—	—	—	—	—	—	17.0
33	2.0	—	—	12.2	—	10.0	65.0	—	—	123.0	—	79.0	—	—	—	16.0

Bemerkung.

Brenntemperatur: Segerkegel 13 (ungefähr 1400° C.).

Flammenbeschaffenheit: reduzierend.

- Zu 1 und 1a. Beziehungsweise auch aus den entsprechenden Mengen der Erdalkalioxyde und KNO_3 hergestellt.
- Zu 1 bis 4. Die Werkstoffe wurden zuerst für sich allein geschmolzen. Den Schmelzen wurde dann der Graphit zugesetzt und nochmals geschmolzen.
- Zu 5 und 6. Der Graphit wurde mit den Werkstoffen gleich eingeschmolzen.
- Zu 7 bis 10. Die Werkstoffe wurden für sich allein geschmolzen. Nach dem Graphitzusatz wurden die Schmelzen nochmals erschmolzen.
- Zu 11 bis 30. Graphit und Werkstoffe wurden gleich zusammen erschmolzen.
- Zu 31. Wurde gleich mit dem CaC_2 geschmolzen.
- Zu 32 und 33. Graphit und Werkstoffe wurden gleich zusammen erschmolzen.
-