



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: C 03 C 3/30

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

645 324

⑳ Gesuchsnummer: 4535/80

⑦③ Inhaber:
International Standard Electric Corporation, New
York/NY (US)

㉒ Anmeldungsdatum: 12.06.1980

③⑩ Priorität(en): 12.06.1979 GB 7920465

⑦② Erfinder:
Drake, Cyril Francis, Harlow/Essex (GB)

㉔ Patent erteilt: 28.09.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.09.1984

⑦④ Vertreter:
Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑤④ **Fluorhaltiges Glas.**

⑤⑦ Ein Kaliumfluorboratglas, welches Silicium- oder Aluminiumdioxid enthalten kann, weist mindestens 20 Mol % Kalium, welches als $K_2(O,F)$ berechnet ist auf; das Verhältnis von Fluor- und Sauerstoffatomen ist mindestens 1:19. Der Zusammensetzungsbereich enthält Gläser mit niedrigem Brechungsindex, manche davon mit einem Index, der niedriger ist als jener von Siliciumdioxid, und mit hohen Wärmeausdehnungszahlen, die jenen von Metallen, wie z.B. Aluminium, Kupfer und Messing, gleichkommen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Kaliumfluorborat-, Kaliumaluminiumfluorborat-, Kaliumfluorboratsilikat-, oder Kaliumaluminiumfluorboratsilikat-Glas, dadurch gekennzeichnet, dass das Glas mindestens 20 Mol-% Kalium, die als $K_2(O, F_2)$ berechnet werden, weiter nicht mehr als 5 Mol-% anderer glasmodifizierender Oxide und Fluoride in der Gesamtglasmasse und nicht mehr als 5 Mol-% anderer glasbildender Oxide und Fluoride in der Gesamtglasmasse enthält, und dass das Glas ein Verhältnis von Fluoratomen zu Sauerstoffatomen von mindestens 1 : 19 aufweist.

2. Glas nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Verhältnis von Fluor- zu Sauerstoffatomen von mindestens 1 : 9.

3. Glas nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Glas mehr Fluor- als Sauerstoffatome enthält.

4. Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens 5 Mol-% Silicium enthält, welches als $Si(O_2, F_4)$ berechnet wird.

5. Glas nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass es nicht mehr als 30 Mol-% Silicium, welches als $Si(O_2, F_4)$ berechnet wird, enthält.

6. Glas, insbesondere Aluminiumfluorborat- oder Aluminiumfluorboratsilikat-Glas, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es nicht mehr als 20 Mol-% Aluminium enthält, welches als $Al_2(O_3, F_6)$ berechnet wird.

7. Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens 20 Mol-% Bor enthält, welches als $B_2(O_3, F_6)$ berechnet wird.

8. Glas nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass es nicht mehr als 60 Mol-% Bor enthält, welches als $B_2(O_3, F_6)$ berechnet wird.

9. Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es nicht mehr als 45 Mol-% Kalium enthält, welches als $K_2(O, F_2)$ berechnet wird.

10. Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Kaliumfluorborat-Glas ist.

11. Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dessen Brechungsindex kleiner als jener von Siliciumdioxid ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kaliumfluorborat-, Kaliumaluminiumfluorborat-, Kaliumfluorboratsilikat-, oder ein Kaliumaluminiumfluorboratsilikat-Glas. Es sind bestimmte Natriumsilikat- und Natriumborsilikat-Gläser, in welchen Sauerstoff durch Fluor ersetzt wurde, bekannt. Gewisse Zusammensetzungen wurden verwendet, um in diesen Gläsern eine bestimmte Beziehung zwischen Brechungsindex und Streuung zu erhalten; hierbei bestand die Voraussetzung, dass in diesen Gläsern der Ersatz von Sauerstoff durch Fluor auf 10% beschränkt bleibt.

Derartige Gläser sind durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Eigenschaften gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sollen nun anhand der Zeichnung näher erläutert werden, welche die Beziehung zwischen dem Brechungsindex des Glases und dessen Fluorgehalt angibt.

Eine charakteristische Eigenschaft dieser Gläser besteht darin, dass sie zu einem niedrigen Brechungsindex tendieren und folglich, im Falle von klaren, homogenen Gläsern, als optische Elemente, wie z. B. Linsen usw. verwendbar sind. Als weitere Verwendungsmöglichkeit für diese Gläser können optische Lichtleit-Elemente angeführt werden. Als eines

der Materialien, welche zur Herstellung von Kernen für Stufenindex-Lichtleiter mit einem hohen Brechungsindex verwendet werden, kann Siliciumdioxid angeführt werden. Da Siliciumdioxid an sich einen niedrigen Brechungsindex aufweist, wird der optische Mantel des Lichtleiters, welcher einen noch niedrigeren Brechungsindex haben muss, aus Kunststoffmaterial hergestellt. Für manche Verwendungszwecke, wie z. B. für optische Steckverbinder, ist es jedoch oft wünschbar, ein abmessungsmässig stabileres Mantelmaterial zu verwenden. Ein solches Material kann z. B. durch eine Zusammensetzung geliefert werden, deren Brechungsindex kleiner als jener von Siliciumdioxid ist.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal mindestens eines Teils der erwähnten Gläser, insbesondere jener, die nur sehr schwer oder überhaupt nicht in Form von klaren, homogenen Gläsern hergestellt werden können, besteht in deren verhältnismässig hohen Wärmeausdehnungszahl α , welche mit jener vieler Metalle, z. B. Aluminium, Kupfer und Messing, vergleichbar ist. Diese Zusammensetzungen können also auch als ausdehnungszahlangepasste Gläser für Metall/Glas-Verschlüsse verwendet werden.

Der Ersatz von Sauerstoff durch Fluor ruft im allgemeinen eine Herabsetzung des Brechungsindex ungefähr im Verhältnis zur Grösse des Ersatzes hervor. Die erwähnte Grösse des Ersatzes bewegt sich ungefähr in der Grössenordnung von mindestens 1 : 19 (ein Fluoratom auf 19 Sauerstoffatome), vorzugsweise 1 : 9 oder mehr; in Gläsern, deren Brechungsindex n_D vergleichbar oder kleiner als jener von Siliciumdioxid ist, sind mehr Fluor- als Sauerstoffatome vorhanden.

Ein niedriger Brechungsindex kann dadurch hervorgerufen werden, dass als Haupt-Kationkomponente Ionen mit einer niedrigen effektiven Atomrefraktion, wie z. B. Kalium eher als andere Alkalimetalle und Aluminium eher als Alkalierden, gewählt werden. Vorzugsweise ist der Mol-Prozentsatz von als $K_2(O, F_2)$ berechnetem Kalium nicht höher als 45 Mol-% und der Mol-Prozentsatz von Aluminium, welches als $Al_2(O_3, F_6)$ berechnet ist, nicht höher als 20 Mol-%.

Der Molarprozentsatz von als $B_2(O_3, F_6)$ berechnetem Bor wird üblicherweise so gewählt, dass er zwischen 20 und 60 Mol-% liegt. Die Zusammensetzung kann auch Siliciumdioxid enthalten, um das Glas gegen Entglasung und Phasentrennung zu stabilisieren und um gegen hydrolytische Instabilitätseffekte zu wirken. Zu diesem Zwecke wird der Molarprozentsatz von als $Si(O_2, F_4)$ berechnetem Silicium üblicherweise auf mindestens 5 Mol-% festgelegt, um einen beträchtlichen Stabilisierungseffekt zu gewährleisten, nicht mehr jedoch als 35 Mol-%, um den Schmelzpunkt nicht unangemessen anzuheben.

Auch in diesen bevorzugten Bereichen ist es jedoch nötig, bei Qualitätsgläsern Regionen im Diagramm der Zusammensetzung zu wählen, in welchen weder die Flüssig/Flüssig- noch die Fest/Flüssig-Phasentrennung unüberwindbare Probleme stellt. Wie bei den meisten Glassystemen können auch hier kleinere Mengen von Glasmodifikatoren, wie z. B. Oxide und Fluoride von Calcium und Magnesium beigelegt werden bis zu einer Menge, die 5 Mol-% in der Gesamtmasse nicht überschreitet. Auch kleinere Mengen von Glasbildnern, wie z. B. Oxide und Fluoride von Titan und Germanium können bis zu einer Menge, die 5 Mol-% in der Gesamtmasse nicht überschreitet, hinzugefügt werden.

Die Verwendung von Boroxid und Siliciumdioxid als glasbildende Oxide kann möglicherweise eine unangenehm niedrige Obergrenze des Fluor/Sauerstoff-Atomverhältnisses im Glas zur Folge haben, wenn die Fluoratome in das Glassystem lediglich über herkömmliche Fluoride, wie z. B. Kaliumfluorid und Aluminiumtrifluorid, eingeführt werden.

Diese Grenze kann jedoch überschritten werden, indem ein Teil oder das ganze Kalium und die Fluoratome in Form von Kaliumfluorborat in das System eingeführt werden. Ein wenig Bortrifluorid geht während des Schmelzvorgangs durch Verflüchtigung verloren, unter normalen Bedingungen kann dieser Verlust jedoch kompensiert werden, indem das Mengenverhältnis der Bestandteile der Charge, aus welcher das Glas hergestellt ist, verändert wird.

Die Charge besteht aus trockenen, pulverisierten Bestandteilen, die vorzugsweise während des Rührens gut gemischt und geschmolzen werden. Der Schmelzvorgang kann in einem Platintiegel vorgenommen werden, der in heisser Luft oder in einem anderen, trockenen, inerten Gas, wie z. B.

Stickstoff, Argon oder Sauerstoff, vorzugsweise in einem elektrischen Ofen bei einer Temperatur zwischen 600 °C und 1200 °C je nach Zusammensetzung erhitzt wird. Es ist klar, dass die einen verhältnismässig höhern Siliciumdioxidgehalt aufweisenden Gläser eine höhere Schmelztemperatur als jene mit einem niedrigeren Siliciumdioxidgehalt benötigen werden.

In der nachfolgenden Tabelle sind Beispiele üblicher Zusammensetzungen angegeben, wobei Bestandteilmengen in Mol-% ausgedrückt sind. Der Grossteil dieser Beispiele liegt innerhalb des erwähnten Zusammensetzungsbereichs; um jedoch Vergleiche anstellen zu können, werden auch Beispiele angegeben, die ausserhalb des Bereichs liegen.

Tabelle

Beispiel	2501,1	2601,1	2601,2	2601,3	2601,4	2601,5	2601,6	
K ₂ O	37,3	33,3	46,8	44,9	38,3	32,7	27,2	
B ₂ O ₃	62,7	48,3	44,2	41,6	44,1	45,7	47,4	
SiO ₂	—	6,4	9,0	9,7	9,5	9,5	9,4	
2(AlF ₃)	—	—	—	—	—	—	—	
2(KF)	—	12,1	0	3,9	8,05	12,1	15,9	
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—	—	
ΣF/ΣO	0	0,13	0	0,04	0,08	0,13	0,17	
K ₂ (O,F ₂)	37,3	45,4	46,8	48,8	46,4	44,8	43,1	
Index α × 10 ⁶	1,51	1,489						
Aussehen			Kristallin					
Beispiel	2501,7	3001,1	3001,2	3001,3	3001,4	3001,5		
K ₂ O	22,1	21,6	17,5	21,8	25,7	23,5		
B ₂ O ₃	48,3	47,8	48,3	47,2	47,3	46,2		
SiO ₂	9,6	10,9	10,8	11,0	10,9	10,8		
2(AlF ₃)	—	—	—	—	—	—		
2(KF)	20,0	19,7	23,4	20,0	16,1	19,5		
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—		
ΣF/ΣO	0,21	0,21	0,25	0,22	0,17	0,21		
K ₂ (O,F ₂)	42,1	41,3	40,9	41,8	41,8	43,0		
Index α × 10 ⁶						1,465		
Aussehen							Opalisierend nach Tempern	
Beispiel	3101,1	3101,2	3101,3	0102,1	0102,2	0102,3		
K ₂ O	31,9	26,75	19,45	41,2	35,9	42,3		
B ₂ O ₃	50,2	52,7	56,8	39,1	38,5	31,9		
SiO ₂	11,8	12,2	12,8	9,5	10,3	10,0		
2(AlF ₃)	—	—	—	10,2	15,3	15,8		
2(KF)	6,13	8,38	11,01	—	—	—		
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—		
ΣF/ΣO	0,06	0,08	0,10	0,34	0,53	0,60		
K ₂ (O,F ₂)	38,0	35,1	30,5	41,2	35,9	42,3		
Index α × 10 ⁶								
Aussehen	Gutes Glas nach Tempern	Gutes Glas nach Tempern	Gutes Glas nach Tempern					
Beispiel	0202,1	0202,2	0202,3	0202,4	0302,1	0302,2	0302,3	
K ₂ O	40,2	29,4	24,5	28,8	29,9	15,0	30,0	
B ₂ O ₃	50,1	51,3	51,3	47,5	44,8	44,4	45,0	
SiO ₂	9,7	9,5	9,6	9,3	10,4	10,5	5,2	

Beispiel	0202,1	0202,2	0202,3	0202,4	0302,1	0302,2	0302,3
2(AlF ₃)	—	9,85	14,65	—	14,9	15,0	20,0
2(KF)	—	—	—	14,45	—	15,1	—
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—	—
ΣF/ΣO	0	0,30	0,45	0,15	0,49	0,71	0,68
K ₂ (O,F ₂)	40,2	29,4	24,5	43,3	29,9	30,1	30,0
Index α × 10 ⁶	1,507 ₅	1,484 ₀	1,481 ₀	1,491 ₃	1,483 ₅	1,468	—
Aussehen	Flüssiges, gutes Glas nach Tempern	Hochvisko- ses, gutes Glas nach Tempern	Viskoses, gutes Glas nach Tempern	Flüssiges, gutes Glas nach Tempern	Hochvisko- ses, gutes Glas nach Tempern	Hochvisko- ses, gutes Glas nach Tempern	Schwach- schmelzbar 1100°C

Beispiel	0602,1	0602,2	0602,3	0602,4	0702,3	0702,4	0702,5
K ₂ O	26,5	10,4	28,1	11,0	5,45	10,85	16,5
B ₂ O ₃	42,1	42,3	44,3	44,6	35,45	35,25	34,5
SiO ₂	10,1	10,4	10,8	10,7	10,8	10,8	11,0
2(AlF ₃)	15,8	15,8	11,2	11,1	15,6	15,6	16,3
2(KF)	5,2	21,4	5,6	22,6	32,25	27,05	21,8
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—	—
ΣF/ΣO	0,62	0,88	0,42	0,68	1,19	1,07	1,00
K ₂ (O,F ₂)	31,7	31,8	33,7	33,6	37,7	37,9	38,3
Index α × 10 ⁶	1,479	1,461	1,481	1,460 ₃	—	—	1,465
Aussehen	Viskoses, gutes Glas nach Tempern	Flüssiges, gutes Glas nach Tempern	Flüssiges, gutes Glas nach Tempern	Flüssig, schwach opalisie- rend	Kristalli- nisch oder phasen- getrennt	Kristalli- nisch oder phasen- getrennt	Schwach opalisierend

Beispiel	0702,6	0702,7	0702,8	0702,9	0702,10	0802,1	0802,2
K ₂ O	21,7	0	5,3	5,0	10,0	0	5,0
B ₂ O ₃	34,5	41,2	40,8	40,2	40,2	39,0	39,8
SiO ₂	11,0	10,3	10,4	10,0	10,0	9,8	9,7
2(AlF ₃)	16,3	16,1	16,2	14,9	14,8	18,4	18,1
2(KF)	16,4	32,4	27,3	29,9	25,0	32,8	27,3
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—	—
ΣF/ΣO	0,89	1,12	1,02	1,02	0,92	1,29	1,13
K ₂ (O,F ₂)	38,1	32,4	32,6	34,9	35,0	32,8	32,3
Index α × 10 ⁶	1,472	1,447 ₅	1,454	1,451	1,456	1,451	1,456
Aussehen	Gutes Glas	Gutes Glas	Gutes Glas	Opalisierend bei Tempern. Klar bei rascher Kühlung			

Beispiel	0802,3	0802,4	0802,5	0802,6	0802,7	0802,8	0802,9
K ₂ O	10,0	0	0	0	0	0	5,4
B ₂ O ₃	39,4	39,4	37,0	40,6	40,5	38,4	35,6
SiO ₂	10,0	9,8	10,2	9,9	9,6	9,9	10,4
2(AlF ₃)	18,2	10,2	11,9	12,8	14,1	16,1	19,5
2(KF)	22,4	40,55	40,8	36,8	35,8	35,5	21,1
2(KBF ₄)	—	—	—	—	—	—	8,13
ΣF/ΣO	1,04	1,03	1,16	1,06	1,11	1,24	1,69
K ₂ (O,F ₂)	32,4	40,55	40,8	36,8	35,8	35,5	34,6
Index α × 10 ⁶	1,460					1,447	1,429 ₁
Aussehen	Viskos	Hochflüssig opalisie- rend					21,3

Beispiel	1502,1	1502,2	1502,3	1602,1	1602,2	1702,1	1702,2
K ₂ O	4,8	4,5	4,4	4,6	4,3	4,0	13,3
B ₂ O ₃	31,3	29,6	27,3	16,6	22,9	23,0	20,4
SiO ₂	13,5	17,7	21,9	29,6	27,3	30,0	29,9
2(AlF ₃)	17,3	16,5	15,9	16,9	15,6	14,7	17,6
2(KF)	18,7	17,8	17,2	18,2	16,9	15,9	6,6
2(KBF ₄)	7,2	6,9	6,6	7,1	6,5	6,1	6,1
ΣF/ΣO	1,58	1,47	1,40	1,71	1,40	1,27	1,21
K ₂ (O,F ₂)	30,7	29,2	28,2	29,9	27,7	26,0	26,0
Index	1,425	1,427	1,428	1,432	1,433	1,434	1,446
α × 10 ⁶	20,6	20,2	21,1	20,2	18,4	19,0	
Aussehen							
Beispiel	3003,3	3003,4	3003,5	3103,1	3103,2	3103,3	
K ₂ O	5,3	16,0	24,0	16,0	16,0	16,1	
B ₂ O ₃	23,7	23,2	23,1	22,5	17,2	11,6	
SiO ₂	21,2	21,3	21,4	21,4	26,7	32,1	
2(AlF ₃)	15,9	16,0	16,0	16,0	16,0	16,1	
2(KF)	18,5	8,0	0	8,0	8,0	8,1	
2(KBF ₄)	7,7	7,7	7,8	8,0	8,0	8,0	
ΣF/ΣO	1,63	1,36	1,16	1,40	1,46	1,53	
K ₂ (O,F ₂)	31,5	31,7	31,8	32,0	32,0	32,2	
Index	1,423	1,435	1,443				
α × 10 ⁶	22,1	21,4	19,5	21,1	20,1	20,7	
Aussehen	Klar, jedoch inhomogen				Viskos bei 1000°C	Viskos bei 1100°C	Hochviskos bei 1100°C
Beispiel	3103,7	3103,8	3103,9	0304,1	0304,2	0304,3	0304,4
K ₂ O	16,1	15,9	16,8	10,7	5,4	0	5,1
B ₂ O ₃	16,8	17,8	13,3	32,0	34,6	37,3	30,7
SiO ₂	26,9	26,5	28,0	21,3	21,6	21,2	20,5
2(AlF ₃)	18,8	21,2	14,0	10,7	8,7	7,4	10,4
2(KF)	10,7	13,2	5,6	6,6	18,9	18,9	17,8
2(KBF ₄)	5,4	2,7	11,2	9,4	8,1	7,6	7,8
ΣF/ΣO	1,48	1,43	1,64	1,02	1,02	0,93	1,15
K ₂ (O,F ₂)	32,2	31,8	33,6	26,7	32,4	26,0	30,7
Index	18,0	17,5	21,4	22,0	25,0	26,0	29,0
α × 10 ⁶							
Aussehen	Viskos bei 1050°C	Weisse Komponente im Glas	Stark opalisierendes Glas	Opalisierend	Opalisierend	Opalisierend	Weiss opalisierend
Beispiel	0304,5	0304,6	0304,7	0304,8	0304,9	0304,10	
K ₂ O	5,5	0	19,7	18,9	11,1	10,9	
B ₂ O ₃	32,7	31,3	29,5	28,4	33,2	32,7	
SiO ₂	21,8	20,8	19,7	18,9	22,1	21,8	
2(AlF ₃)	5,5	5,2	9,8	14,2	16,6	10,9	
2(KF)	10,0	30,2	18,1	8,8	16,2	8,9	
2(KBF ₄)	7,3	6,3	1,6	5,4	0,4	7,4	
ΣF/ΣO	0,89	0,86	0,74	1,03	0,87	0,93	
K ₂ (O,F ₂)	32,8	36,5	39,4	33,1	27,7	27,2	
Index					1,44	1,44	
α × 10 ⁶	24,0	22,0	26,0	24,0	19,0	19,0	
Aussehen	Weiss opalisierend	Weiss opalisierend	Opalisierend	Opalisierend	Klar, inhomogen	Fast klar	
Beispiel	0604,2	0604,3	0604,4	0604,5	0604,6		
K ₂ O	14,7	19,6	24,6	23,7	22,6		
B ₂ O ₃	19,6	19,6	19,7	24,4	22,4		
SiO ₂	26,9	24,9	19,6	18,9	22,6		

Beispiel	0604,2	0604,3	0604,4	0604,5	0604,6
2(AlF ₃)	17,1	19,6	19,6	18,9	18,1
2(KF)	17,5	12,1	12,9	14,1	13,5
2(KBF ₄)	2,1	2,1	1,8	0	0
$\Sigma F/\Sigma O$	1,21	1,24	1,29	1,05	1,00
K ₂ (O,F ₂)	34,3	34,3	39,3	37,8	36,1
Index		1,45		1,46	
$\alpha \times 10^6$			20,5	19,0	18,0
Aussehen	Gelb opa- lisierend	Klares Glas	Gelb opa- lisierend	Klares Glas	Klares Glas

Beispiel	0704,1	0704,2	0704,3	0704,4	0704,5
K ₂ O	4,0	8,8	4,0	4,2	4,1
B ₂ O ₃	30,8	30,7	28,1	34,0	30,9
SiO ₂	25,7	25,6	29,4	22,1	25,8
2(AlF ₃)	14,7	14,6	14,4	15,1	14,7
2(KF)	19,1	14,0	18,8	20,8	19,4
2(KBF ₄)	2,9	3,1	2,7	1,9	2,6
$\Sigma F/\Sigma O$	1,01	0,93	0,99	0,98	1,00
K ₂ (O,F ₂)	26,0	25,9	25,5	26,9	26,1
Index	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
$\alpha \times 10^6$	22,0	19,0	20,5	22,0	20,5
Aussehen	Klares Glas	Klares Glas	Klares Glas	Klares Glas	Klares Glas

In der Zeichnung wird in graphischer Form gezeigt, dass eine ungefähr lineare Beziehung zwischen dem Verhältnis von Fluor- und Sauerstoffatomen $\Sigma F/\Sigma O$ zum Brechungsindex besteht. Es werden lediglich jene Zusammensetzungen angegeben, bei welchen der Brechungsindex in der Tabelle

mit mindestens vier bedeutsamen Ziffern eingetragen ist. Die Zusammensetzungen ungewisser Homogenität sind in der Zeichnung durch in Klammer gesetzte Kreuze angedeutet. In der Tabelle sind auch Werte für die Wärmeausdehnungszahl α einiger der Zusammensetzungen angegeben.

