

## Die Aluminiumorthophosphatgläser.

VON FRANZ DREXLER, Ludwigshafen (Rhein) und WOLFRAM SCHÜTZ, Offenbach (Main).

(Eingegangen am 28. Februar 1951.)

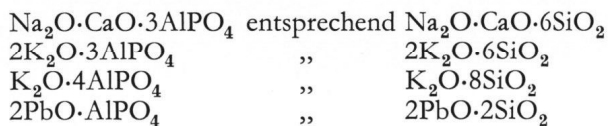
Es werden Gläser beschrieben, in denen die Kieselsäure ganz oder teilweise durch Aluminiumorthophosphat ersetzt ist. Die Gruppen mit geringem Tonerdeüberschuss über das 1:1 Verhältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$ , der Typ der Hartgläser, sowie die niedrig erweichenden Gläser mit einem geringen Überschuss an  $\text{P}_2\text{O}_5$  werden ausführlicher behandelt.

Aus dem großen Gebiet der Phosphatgläser sollen in dieser Abhandlung nur die Gläser behandelt werden, bei denen die Kieselsäure ganz oder teilweise durch Aluminiumorthophosphat nach dem Verhältnis  $1\text{AlPO}_4 = 2\text{SiO}_2$  ersetzt ist.

Auf Grund der von H. G. GRIMM festgestellten Isomorphie der Kieselsäure mit dem Aluminiumorthophosphat, erschmolzen H. G. GRIMM und P. HUPPERT im Ammoniaklaboratorium der Badischen Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen/Rh. die wichtigsten Glas-typen in den Jahren 1930—1938 als Aluminiumorthophosphatgläser. Das darauf erteilte Grundpatent DRP 580295 vom 22. Juni 1933 wurde durch sechs Zusatz- bzw. Folgepatente ergänzt. Das letzte dieser Patente, DRP 688 147 vom 25. Januar 1940, behandelt die niedrig erweichenden Phosphatgläser, die wohl die bedeut-samste Rolle in der ganzen Gruppe spielen.

Durch die Kriegseinwirkungen sind leider die meisten Forschungsunterlagen verloren gegangen, doch wollen wir, da wir im Jahre 1938 mit der Weiterführung der Versuche betraut wurden, versuchen, aus den noch vorhandenen Aufzeichnungen diese Gläser mit ihren Eigenschaften zu umreißen.

H. G. GRIMM und P. HUPPERT bildeten seinerzeit zuerst folgende Glastypen nach:



Zweckmäßig unterteilt man die Aluminiumortho-phosphatgläser in drei Gruppen entsprechend ihrem Ver-hältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$ .

- I.  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  von 1:1 bis 2:1
- II.  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5 = 1:1$
- III.  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  von 1:1 bis 1:1,5

Die erste Gruppe umfaßt die Gläser mit einem Tonerdeüberschuss, in denen das Verhältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  von 1:1 bis 2:1 schwankt. Diese Gläser sind normale bis harte Apparategläser, deren „Erweichungstemperatur“ von  $550^\circ$ — $750^\circ\text{C}$  variieren kann, deren linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient  $\beta$  zwischen 30 bis  $100 \cdot 10^{-7}$  pro  $^\circ\text{C}$  liegt und deren Wasserfestigkeiten fast durchweg der Klasse 1 und 2 entsprechen. Es lassen sich in dieser Gruppe die verschiedensten Sondergläser entwickeln, wie z. B. Gläser mit guter UV-Durchlässigkeit (50—60% bei  $\lambda = 250 \text{ m}\mu$ ); ferner kieselsäurefreie Gläser für Metaldampflampen, Hartgläser und bor- bzw. arsenik- oder alkali- und erdalkalfreie Sondergläser.

Die Gläser der zweiten Gruppe mit einem Verhältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5 = 1:1$  entsprechen in ihrem Verhalten den normalen Silikatgläsern. Ihr linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient  $\beta$  liegt zwischen 70 und  $130 \cdot 10^{-7}$  pro  $^\circ\text{C}$ , das Intervall der Verformungs-

temperatur reicht von etwa  $450^\circ$ — $600^\circ\text{C}$  und die Wasserfestigkeit umfaßt die Klassen 4—2 einschließlich. Aus dieser Gruppe stammt ein Sonderglas ohne Kieselsäure und ohne Erdalkali, welches für die Kapillaren zur Schwefelschnellbestimmungsmethode nach WURZSCHMITT-ZIMMERMANN Verwendung findet.

Die dritte Gruppe umfaßt nun die Gläser, die einen Überschuss an Phosphorsäure über das Orthoverhältnis hinaus haben. Für sie liegt das Verhältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{P}_2\text{O}_5$  zwischen 1:1 und 1:1,5 bzw. 2:3, also auch die Gläser, deren Zusammensetzung zwischen Aluminiumorthophosphat  $\text{AlPO}_4$  und Aluminiumpyrophosphat  $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$  liegt. Es sind dies besonders weiche Gläser, deren Erweichungstemperaturen zwischen  $300^\circ$  und  $500^\circ\text{C}$  liegen und die trotzdem noch eine verhältnismäßig recht gute Wasserfestigkeit von mindestens der 4. Klasse haben.

Die Verfasser interessierten sich in den Jahren 1938 bis 1939 im wesentlichen nur für die erste und die dritte Gruppe. Infolge der gründlicheren Durchforschung der technisch interessanten ersten und dritten Gruppe der Phosphatgläser, können diese auch etwas eingehender behandelt werden.

Die erste Gruppe, welche die sogenannten Hartgläser umfaßt, war wegen ihres günstigeren Schmelzverhaltens, trotz hoher Erweichungstemperatur, im Vergleich zu den analogen Silikatgläsern von Interesse. Trotz der größeren Steilheit der Viskositätskurve im Verarbeitungsintervall, also ihrer „Kürze“, sind die meisten noch mit der Pfeife verarbeitbar. Die Tabellen 1—4 bringen die seinerzeit gemessenen Werte. Die Bilder 1—5 geben die graphische Darstellung dieser Ergebnisse. Es wurde systematisch der Einfluß von  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$  und auch  $\text{SiO}_2$  im Austausch gegen  $\text{Na}_2\text{O}$  in einem Hartphosphatgrundglas hinsichtlich seines Erweichungsverhaltens, seiner linearen thermischen Wärmedehnung, Wasserlöslichkeit, Verarbeitbarkeit und UV-Beständigkeit (Solarisation) untersucht. Da sich auf dieser Basis dem Jenaer Duran- und Supremaxglas sich analog verhaltende Gläser erschmelzen lassen, sollten in dieser Versuchsreihe die Einflüsse obiger Glasoxyde geklärt werden.

Es wurde ein Grundglas, enthaltend 20%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 20%  $\text{SiO}_2$ , 30%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10%  $\text{B}_2\text{O}_3$  und 20%  $\text{P}_2\text{O}_4$  (in Gewichtsprozenten), gewählt, dessen  $\text{Na}_2\text{O}$  stufenweise durch obige Oxyde ersetzt wurde. Ferner wurden auch noch die Erdalkalien und  $\text{ZnO}$  untereinander sowie mit Zusatz von 5 oder 10%  $\text{Na}_2\text{O}$  kombiniert, so daß deren Summe immer 20% des Glasgewichtes ausmachte. Als Ausgangsmaterialien dienten nur „technisch reine“ Rohstoffe. Es wurde im Hinblick auf eine eventuelle spätere technische Anwendung bewußt auf die Verwendung reinster oder gar analysenreiner Chemikalien verzichtet.

Tabelle 1.

Schmelz-Nr.	Zusammensetzung (Gew. %).						Verarbeitbarkeit (1: sehr gut- 4: schlecht).	Lin. therm. Ausdehnungs- koeffizient $\beta \cdot 10^7$ .	Erweichungs- temperatur in °C.	Wasserfestigkeit		U.V.-Strahlungs- festigkeit. 1: sehr gut; 2: gut; 3: genügend; 4: schlecht. g: gleichmäßiger Überzug; f: fleckiger Überzug
	(nur die variablen Komponenten)	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	BaO	CaO	MgO				ZnO	mg Rück- stand	
69a	20	—	—	—	—	—	1	119,3	500	42,4	IV	2. f.
70a	15	—	—	—	5	—	2	119,5	558			
71a	10	—	—	—	10	—	2	96	603			
72a	5	—	—	—	15	—	2	65,9	660			
73a	—	—	—	—	20	—	2	50,9	638	14,0	II	4. f.
74a	15	—	5	—	—	—	2	123,4	535			
75a	10	—	10	—	—	—	2	112,0	563			
76a	5	—	15	—	—	—	2	70,3	605			
77a	—	—	20	—	—	—	3	44,7	690	10,0	I—II	3.—4. f.
78a	15	—	—	—	—	5	2	120,1	530			4. f.
79a	10	—	—	—	—	10	2	84,5	563			
80b	5	—	—	—	—	15	2	66,0	598			
81b	—	—	—	—	—	20	2	34,2	628	5,6	I	4. f.
82a	15	5	—	—	—	—	1	144,7	503			
83a	10	10	—	—	—	—	2	142,4	500			
84a	5	15	—	—	—	—	2	113,2	535			
85a	—	20	—	—	—	—	3	127,4	570	13,6	II	4. f.
86	10	—	5	—	5	—	1	97,2	587			
87	5	—	10	—	5	—	3	64,7	631			
88	—	—	15	—	5	—	3	44,5	605	8,0	I	
89	5	—	5	—	10	—	2	72,2	653			
90	—	—	10	—	10	—	4	40,6	710	9,2	I	
91	—	—	5	—	15	—	4	44,5	660	8,0	I	
92	10	—	5	—	—	5	1	91,9	583			
93	5	—	5	—	—	10	3	67,3	611			
94	—	—	5	—	—	15	4	33,8	666	6,4	I	
95	5	—	10	—	—	5	2	68,7	611			
96	—	—	10	—	—	10	3—4	37,2	628			
97	—	—	15	—	—	5	4	36,4	614	6,4	I	
98	10	—	—	—	5	5	2	76,2	576			
99	5	—	—	—	5	10	2	57,2	614			
100	—	—	—	—	5	15	2—3	35,0	595	5,2	I	
101	5	—	—	—	10	5	2	53,4	599			
102	—	—	—	—	10	10	4	32,4	599	7,2	I	
103	—	—	—	—	15	5	4	45,0	634	10,8	II	
112	15	—	—	5	—	—	1	113,4	549			
113	10	—	—	10	—	—	2	86,8	595			
114	5	—	—	15	—	—	2	65,4	631			
115	—	—	—	20	—	—	3	64,1	628	9,2	I	2. f.
116	10	—	5	5	—	—	1	91,3	556			
117	10	—	—	5	—	5	2	80,1	595			
118	10	—	—	5	5	—	2	82,6	589			
119	5	—	10	5	—	—	2	70,7	621			
120	5	—	—	5	—	10	1	55,2	618			
121	5	—	—	5	10	—	3	57,6	611			
122	—	—	15	5	—	—	4	43,8	707	6,0	I	
123	—	—	—	5	—	15	3	39,7	595	6,0	I	
124	—	—	—	5	15	—	4	50,5	631	6,0	I	
125	5	—	5	10	—	—	2—3	70,2	637			
126	5	—	—	10	—	5	2—3	61,3	644			
127	5	—	—	10	5	—	2	55,2	647			
128	—	—	10	10	—	—	4	47,1	707	4,0	I	
129	—	—	—	10	—	10	2—3	45,8	682	4,0	I	
	Na <sub>2</sub> O	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	MgO	ZnO	CaO						
130	—	—	—	10	—	10	4	49,4	628	7,2	I	
131	—	—	5	—	—	15	4	55,2	618	6,0	I	
132	—	—	—	—	5	15	3—4	50,1	631	3,2	I	
133	—	—	—	5	—	15	4	57,0	618	5,2	I	
136	15	5	—	—	—	—	1	107,0	576			
137	10	10	—	—	—	—	2	80,7	608			
138	5	15	—	—	—	—	3	53,2	677			
139	—	20	—	—	—	—	4	34,2	624	6,4	I	2—3. g.
	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							
141	15	25	30	20	10	—	1	124,5	553			
142	10	30	30	20	10	—	2	103,6	576			
143	5	35	30	20	10	—	2	53,3	634			
144	15	20	35	20	10	—	2	112,6	573			
145	10	20	40	20	10	—	3	92,6	618			
146	5	20	45	20	10	—	4	bleibt	opak.			
147	—	40	30	20	10	—	2	38,1	697	7,6	I	1—2. f.
106	—	22,2	33,4	22,2	22,2	—	2	60,5	617			
107	—	23,5	33,3	23,5	17,7	—	2	38,3	632			
108	—	25,0	37,5	25,0	12,5	—	3	35,8	625	6,4	I	1—2. g.
109	—	26,7	40,0	26,7	26,67	—	3	32,3	602			
110	—	28,6	42,8	28,6	—	—	4	bleibt	opak.			
134	—	21,0	31,6	21,0	26,4	—	1	39,2	589	4,0	I	
135	—	27,6	41,4	27,6	3,4	—	4	28,8	653			

Bis auf die Schmelzen 10 und 146 ergaben alle Schmelzen blanke Gläser ohne Entglasungsneigung vor der Pfeife.  
Bei den Gläsern 106—110, 134 und 135 ist das Verhältnis von SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20:30:20 und nur B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> variiert von 0—25%.

Als „Erweichungspunkt“ wurde der Berührungspunkt der horizontalen Tangente an dem oberen Umkehrpunkt der Ausdehnungskurve eines Chevenard-Registrierdilatometers (Fa. Dujardin, Düsseldorf) gewählt.

Tabelle 2. Einfluß der verschiedenen Oxyde auf die Verarbeitungseigenschaften vor der Pfeife.

Oxyd %	20 0	15 5	10 10	5 15	0 20	% Oxyd	
Na <sub>2</sub> O	1	1	2	2	3	K <sub>2</sub> O	
	1	2	2	2	3	BaO	
	1	1	2	2	3	CaO	
	1	2	2	2	2	MgO	
	1	2	2	2	2	ZnO	
	1	2	3	4	—	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	1	1	2	3	4	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	1	1	2	2	2	SiO <sub>2</sub>	
BaO	}	3	4	4	4	3	CaO
		3	3	4	4	2	MgO
		3	4	3—4	4	2	ZnO
CaO	}	3	4	4	4	2	MgO
		3	3	3—4	3—4	2	ZnO
MgO		2	4	4	2—3	2	ZnO

Verarbeitbarkeit: 1 = sehr gut  
2 = gut  
3 = genügend  
4 = schlecht

Die mit einem Thermolement in diesem Punkte gemessene Temperatur der Probe ist dann die sogenannte „Erweichungstemperatur“. Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient wurde jeweils bei dieser Temperatur bestimmt<sup>1)</sup>. Die Verarbeitungseigenschaften wurden subjektiv von sehr gut (1) über gut (2), genügend (3) bis schlecht (4) eingestuft. Sie geben einen anschaulichen Überblick über die Steilheit der Viskositätskurve für das Intervall von 10<sup>4</sup>—10<sup>5</sup> Poise, welches für die Verarbeitung mit der Glasmacherpfeife das günstigste ist. Die Prüfung auf UV-Festigkeit wurde mit einer Quarzquecksilberlampe (Betriebsdaten: 220 Volt, 2,5 Ampère, Prüfdauer: 520 Stunden) vorgenommen.

Aus den Meßwerten ergeben sich einige Reihen. Nach dem Grade der Erhöhung der Erweichungstemperatur ergibt sich bis zu Gehalten von 15% folgende Reihenfolge der Oxyde: K<sub>2</sub>O, ZnO, BaO, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Bei völligem Austausch von Na<sub>2</sub>O durch 20% obiger Oxyde ändert sich die Reihenfolge des steigenden Einflusses wie folgt: K<sub>2</sub>O, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, ZnO, MgO, BaO. Bei der linearen thermischen Ausdehnung ergibt sich folgendes Bild: K<sub>2</sub>O erhöht ganz allgemein die Ausdehnung. Bis 5% Austausch erhöhen die Ausdehnung: ZnO, BaO, SiO<sub>2</sub>. Erniedrigend wirken bis 5% Zusatz: MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Bei Zusätzen von 5—15% ist die Reihenfolge: BaO, MgO, CaO,

<sup>1)</sup> Nach dieser Definition hat das Schott-Gerätglas 20 eine Erweichungstemperatur von 626°C.

ZnO, SiO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die Reihen sind jeweils nach steigender Größe des Einflusses geordnet. Im Hinblick auf Wasserfestigkeit ergibt sich als Reihe der zunehmenden Verbesserung: MgO, BaO, CaO, SiO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO. Die Kombinationen der Erdalkalien untereinander bzw. mit ZnO ergeben durchweg Gläser der ersten Klasse. Die Tabelle 2 gibt die Verarbeitungseigenschaften der Gläser mit der Glasmacherpfeife wieder in Abhängigkeit von der Zusammensetzung. Ein weiterer Zusatz von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu den 30% des Grundglases verschlechtert das Glas sehr schnell. Auch La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zeigt gleiches Verhalten. Bei den XO-Kombinationen sind nur die mit ZnO kombinierten Gläser brauchbar.

Die Versuche über die UV-Strahlungsfestigkeit ergaben einen überraschenden Effekt. Im Glase selbst ließen sich keinerlei Verfärbungen feststellen, dagegen trat öfters ein äußerlicher rotbrauner, meist fleckiger Beschlag auf, der leicht abwischbar war. Als eines der besten Gläser zeigte sich das Glas H. 108 (alkalifreies Grundglas). Die Durchlässigkeitsprüfung an Platten von etwa 3 mm Dicke ergab beim Glas H. 108 eine UV-Durchlässigkeit von etwa 55% bei λ = 250 mμ. Irgendwelche besonderen Alterungserscheinungen wurden nicht festgestellt.

Die andere uns interessierende Gruppe waren die niedrig erweichenden Phosphatgläser mit einem höheren Gehalt an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als dem Orthoverhältnis entspricht.

Tabelle 3. Einfluß der verschiedenen Oxyde auf die Wasserfestigkeit des Grundglases.

Standard-Grießprobe der DGG  
Angaben in mg Rückstand (Klassenangabe)  
H. 108 Alkalifreies Grundglas hat: 6,4 mg Rückstand (I)

% Oxyd	20 0	15 5	10 10	5 15	0 20	% Oxyd
Na <sub>2</sub> O	42,4 (IV)				13,6 (II)	K <sub>2</sub> O
					10,0 (I-II)	BaO
					9,2 (I)	CaO
					14,0 (II)	MgO
					5,6 (I)	ZnO
					6,4 (I)	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
BaO	10,0 (I-II)	6,0 (I)	4,0 (I)	6,0 (I)	9,2 (I)	CaO
		8,0 (I)	9,2 (I)	8,0 (I)	14,0 (II)	MgO
		6,4 (I)	5,6 (I)	6,4 (I)	5,6 (I)	ZnO
CaO	9,2 (I)	5,2 (I)	7,2 (I)	8,0 (I)	14,0 (II)	MgO
		3,2 (I)	4,0 (I)	6,0 (I)	5,6 (I)	ZnO
MgO	14,0 (II)	10,8 (II)	7,2 (I)	5,2 (I)		

Ihre Erweichungstemperaturen lassen sich bis 250°C senken, doch liegt das technisch wertvolle Gebiet wenig oberhalb 300°C. Ein typisches und bewährtes Glas dieser Gruppe ist in Tab. 5 aufgeführt. Der Ausdehnungskoeffizient β liegt bei diesen Gläsern zwischen 130—200·10<sup>-7</sup> pro °C. Trotz dieser hohen Ausdehnungswerte läßt sich eine kalte Stange von etwa 20×40 mm Querschnitt in der Flamme eines Bunsenbrenners ohne Vorwärmung zum Schmelzen bringen ohne zu springen. In ihren optischen Eigenschaften ähneln diese Gläser den „Brillengläsern“. Ihre Ritzhärte ist etwas geringer als diejenige vom Spiegelglas, ihre Wasserfestigkeit entspricht den Klassen 3 und 4.

Die niedrige Verformungstemperatur dieser Gläser lassen sie besonders als Preßmaterial für optische Massenartikel geeignet erscheinen, da durch die niedrigen Arbeitstemperaturen nicht nur die Leistung der Presse infolge kürzerer Vorwärmzeiten gesteigert werden kann, sondern auch die Lebensdauer der Preßformen erheblich verlängert wird. Da bei der niedrigen Arbeitstemperatur praktisch nur unmerkliche Verformungen der Matrizen eintreten, wird die Maßhaltigkeit der Preßlinge im höchsten Grade gewährleistet. Die einwandfreie Kühlung der Preßlinge bei den Temperaturen von 250°–300°C bietet keine Schwierigkeiten.

Die Herstellung von Stangen oder anderen Formlingen aus dem Glas gemäß der Tabelle 5 erfolgte durch Gießen aus kippbaren Wannenöfen, da das Material wegen seiner Kürze nicht mit der klassischen Glasmacherpfeife zu verarbeiten ist. Es ließen sich so praktisch schlierenfreie und gut feuerpolierte Formlinge erzeugen.

Dieses niedrig erweichende Phosphatglas wurde in kleinen Wannenöfen mit einer Tagesleistung von zirka 100 kg erschmolzen und in Stahlformen mit den verschiedensten Profilen vergossen.

Zum Schluß möchten die Verfasser noch 2 Punkte, die die Anwendung von Aluminiumorthophosphatgläsern erheblich erschweren resp. einschränken, nicht unerwähnt lassen.

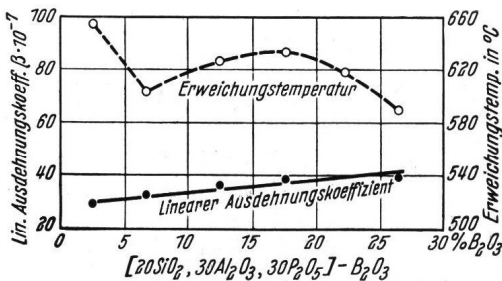


Bild 1. Alkalifreies Grundglas  $20\text{SiO}_2 \cdot 30\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 30\text{P}_2\text{O}_5$  mit verschiedenen Borsäurezusätzen.

wähnt lassen. Das ist erstens die starke Korrosion der üblichen Tiegel- bzw. Wannensteinmaterialien. Lange Versuchsreihen ergaben, daß außer Platin nur ein praktisch „neutrales“ Material wie der Kaolin in porzellanartiger dichter Sinterung eine gute bis vorzügliche Resistenz bietet<sup>2)</sup>. Es wurden aus solchem Material Häfen bis zu 50 kg Schmelzinhalt und Wannensteine im Normalsteinformat sowie bis zu  $300 \times 200 \times 200$  mm hergestellt. Hochbasische Materialien von gleicher Dichte wie z. B. Corhart versagten ebenso wie

<sup>2)</sup> Bei den Schmelzversuchen, insbesondere aber bei der Ausarbeitung dieser Kaolinmasse war unser Mitarbeiter Herr HAAF eine wertvolle und zuverlässige Stütze.

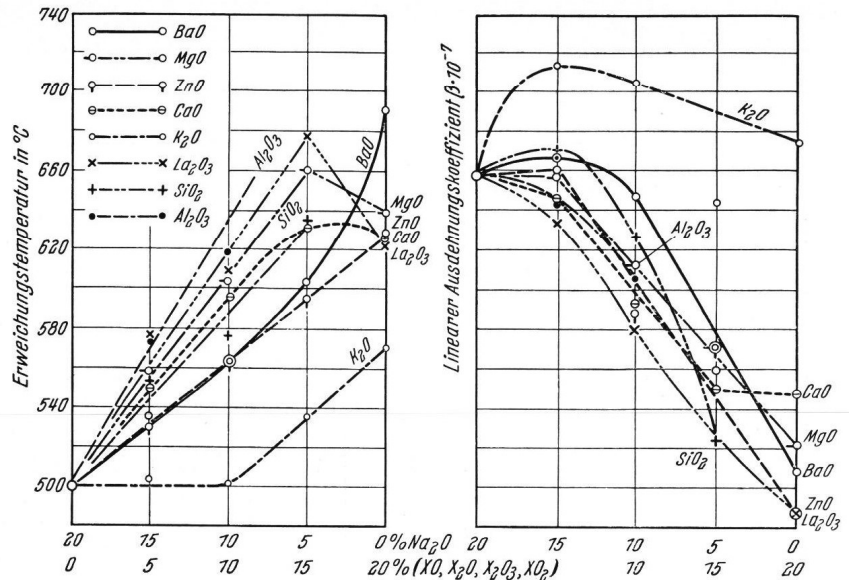


Bild 2. Einfluß des Austausches von Alkali mit verschiedenen Oxyden auf die Ausdehnung und die Erweichungstemperatur.

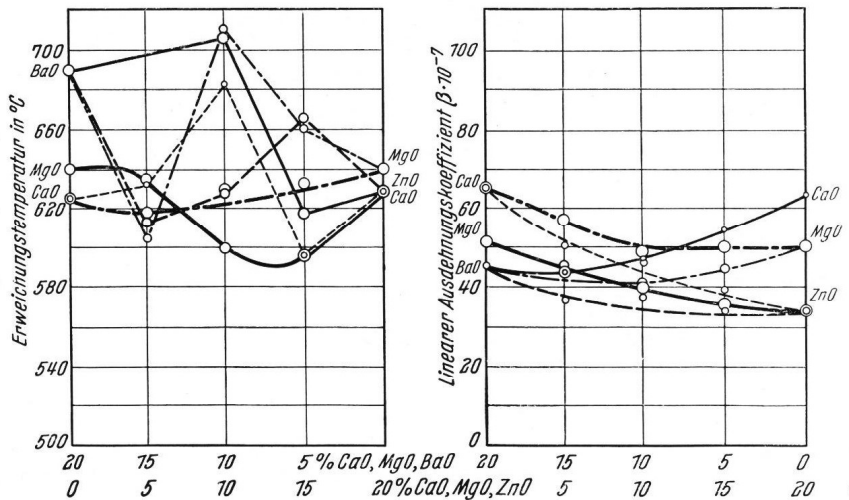


Bild 3. Kombination von jeweils zwei Erdalkali bzw. eines Erdalkali mit Zinkoxyd.

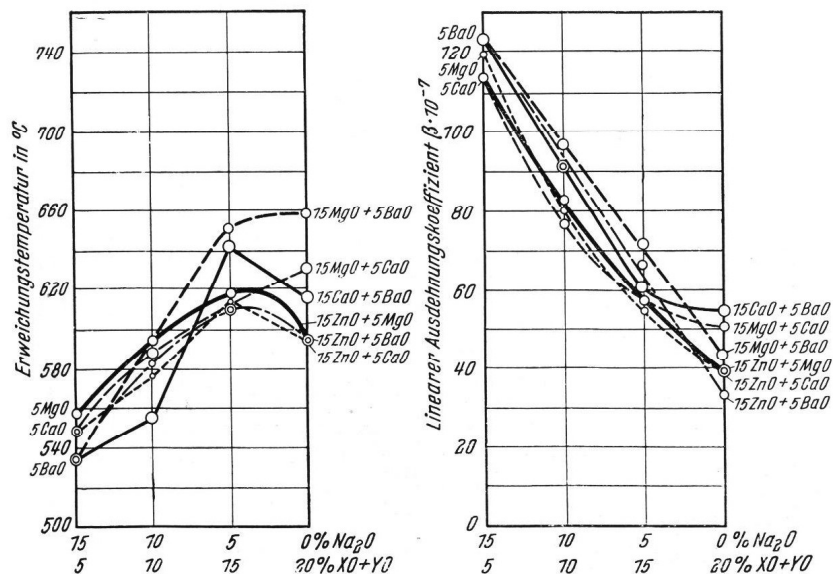


Bild 4. Kombinationen von Alkali mit 3:1-Mischungen von Erdalkalien bzw. Zinkoxyd.

Tabelle 4.

Schmelz Nr.	H. 50	H. 53	H. 54	H. 56	H. 57	H. 58	La. 201	La. 204	La. 205	La. 206
Zusammensetzung (Gew. %)										
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	—	10	15	10	5
BaO	5	10	5	5	7	12	—	—	—	—
MgO	10	10	10	10	10	—	—	—	—	—
ZnO	5	—	5	5	3	10	10	—	5	5
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
SiO <sub>2</sub>	20	20	20	20	20	20	50	50	50	50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,8	32,6	31,8	26,8	31,8	30,6	20	20	20	20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,2	17,4	23,2	23,2	23,2	17,4	20	15	15	15
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	10	5	10	5	10	10	—	—	—
Schmelztemperatur (° C)	1500	1550	1550	1550	1500	1500	1600	1600	1600	1640
Entglasungsneigung:										
an der Pfeife	keine Entglasung									
vor der Lampe	keine Entglasung									
Verarbeitbarkeit*)	3	3	2—3	2	2—3	2	2—3	2—3	2—3	2—3
Wasserlöslichkeit:										
(Standard-Griessprobe der DGG)										
mg Rückstand	16,0	14,0	—	12,0	12,4	11,2	14,0	12,4	8,0	6,0
Hydrol. Klasse	II-III	II	—	II	II	II	II	II	I	I
Lin. therm. Ausdehnung β · 10 <sup>7</sup>	39,5	39,4	34,2	44,2	45,9	49,9	60,7	44,9	57,8	33,2
Erweichungstemp. (° C)	700	700	602	685	718	700	707	615	673	775

\*) 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = genügend, 4 = schlecht.

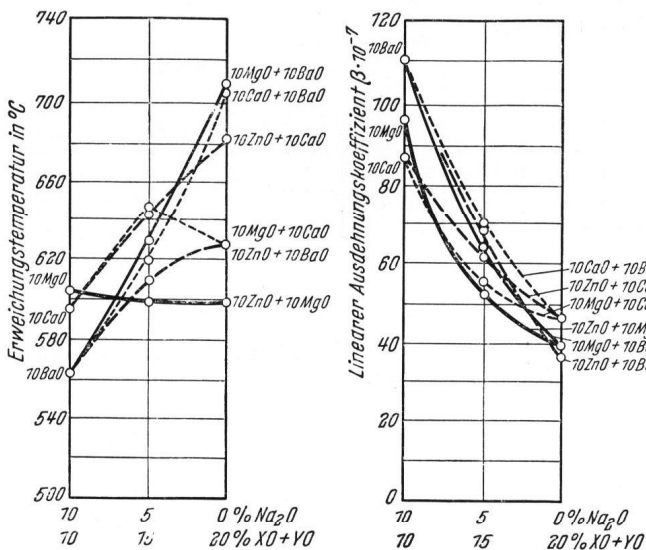


Bild 5. Kombinationen von Alkali mit 1:1-Mischungen von Erdalkalien bzw. Zinkoxyd.

Quarz als saures Extrem. Ferner ist die Säure- und Laugenfestigkeit aller Aluminiumorthophosphatgläser recht gering. Im Bereich von pH 5—8 sind wohl gute Festigkeiten zu erreichen. Im sauren Bereich aber steigt die Löslichkeit bei pH 1 etwa auf das hundertfache der Wasserlöslichkeit gegenüber pH 5—8. Nach der alkalischen Seite nimmt die Löslichkeit noch sehr viel schneller zu. Bis pH 12 steigt die Löslichkeit etwa um das millionenfache der Wasserlöslichkeit von pH 7. Die Verfasser können diese Angaben leider nur aus dem Gedächtnis machen, da die Meßreihen darüber durch Kriegseinwirkung verloren gegangen sind.

Tabelle 5. Niedrig erweichendes Phosphatglas.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,0 Gew. %	} entsprechend: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 1:1,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40,6 „ „	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,9 „ „	
ZnO	4,0 „ „	
K <sub>2</sub> O	11,0 „ „	
Na <sub>2</sub> O	16,5 „ „	
Erweichungstemperatur	330° C	
Lin. therm. Ausdehnung β	154 · 10 <sup>-7</sup>	
Ritzhärte (nach Martens)	127,0 (Spiegelglas = 156)	
Bewetterungsversuch (2 Monate in Industrie- Atmosphäre der B.A.S.F. Ludwigshafen/Rhein)		} bedingt 14,5% Glanzver- lust (Spiegelglas = 2%)
Warme Feuchtluft (2 Monate in Feuchtluftkammer bei 40—60° C)		} Glanzverlust = 0,0%
Brechungsindex n	1.51	

**Zusammenfassung.**

Auf Grund der Isomorphie 1AlPO<sub>4</sub> = 2 SiO<sub>2</sub> lassen sich eine Reihe von Orthophosphatgläsern erschmelzen, welche in ihren Endgliedern Gläser mit besonderen Eigenschaften ergeben, die sie auch für neue Verwendungszwecke brauchbar erscheinen lassen. Der Einfluß der Glasoxyde in diesen Gläsern in Bezug auf Erweichungsverhalten, Verarbeitbarkeit, lineare Wärmeausdehnung, U-V-Beständigkeit, Wasserfestigkeit, wurde untersucht und mitgeteilt.

Die Gruppe der Phosphatgläser mit Verformungstemperaturen von 270—350° in technisch brauchbarer Qualität dürfte die niedrigst erweichenden derzeit bekannten Glassorten um rund 150° nach unten erweitern. (19950)