

Die Fortschritte der Glastechnik

in den letzten Jahrzehnten

von

Dr.-Ing. LUDWIG SPRINGER

Glashüttenchemiker
in Zwiesel (Bayern)



Mit 82 Abbildungen

Druck und Verlag von Friedr Vieweg & Sohn Akt.-Ges.
Braunschweig

1925

Dieses Werk ist ein Sonderabdruck aus Muspratts Enzyklopädischem Handbuche der Technischen Chemie, Ergänzungsband II¹, in dem die Figurennummerierung des Originalwerkes beibehalten wurde.

ISBN 978-3-322-98192-9 ISBN 978-3-322-98873-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-98873-7

Alle Rechte vorbehalten.

Einleitung und Geschichtliches.

Über den allgemeinen Begriff „Glas“ und die Herkunft dieses Namens sowie die Geschichte des Glases seien hier keine ausführlichen Darlegungen gemacht; das Wichtigste hierüber ist im 3. Bande des Hauptwerkes¹⁾ eingehend dargestellt. Die neueste Entwicklung auf den verschiedenen Gebieten der Glasindustrie in den letzten Jahrzehnten, wie sie hauptsächlich durch die fast allgemeine Einführung der Regenerativgasfeuerung und der Wannenöfen sowie der möglichst vielseitigen maschinellen Herstellung der einzelnen Glasarten und in dem Einfluß der wissenschaftlichen Forschung statt der bloßen Empirie zum Ausdruck kommt, ist in den einzelnen Abschnitten dargestellt. Hier sei nur auf einige neuere, einschlägige Artikel in den Fachzeitschriften und auf einige ältere sowie neuere Werke hingewiesen:

- a) „Aus Böhmens alter Glashüttenpraxis“, im Sprechsaal 1903, S. 1277;
„Die Frage der altägyptischen Glasbläser“, im Sprechsaal 1907, S. 394;
„Zur Technik der antiken Glasindustrie“, im Sprechsaal 1921, Nr. 43;
„Zur Geschichte der schlesischen Glasindustrie“, im Sprechsaal 1923, Nr. 14.
„Die Anfänge der optischen Glasschmelzkunst“, von R. Swinne, in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 21.
- b) „Das Glas im Altertum“, 3 Bände, von A. Kisa,
„Die altdeutschen Gläser“, von C. Friedrich,
„Die Glasindustrie“, von L. Lobmeyer,
„Entwicklungsgeschichte der Glasindustrie Bayerns“, von E. Vopelius,
„Die technische Entwicklung der Glasindustrie in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung“, von Grossmann.

Begriff und Zusammensetzung des Glases.

Auch dieses Kapitel ist in der früheren Auflage ausführlich besprochen; hier müssen aber doch nach den neuesten Forschungsergebnissen einige ergänzende Bemerkungen gemacht werden.

¹⁾ Unter Hauptwerk ist hier und bei späteren Verweisungen zu verstehen: „Muspratts theoretische, praktische und analytische Chemie, enzyklopädisches Handbuch der technischen Chemie (1886 bis 1921)“.

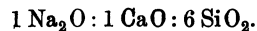
Die chemische Konstitution der Glaszusammensetzung ist auch heute noch nicht viel besser erkannt als früher; in physikalischer Hinsicht bezeichnet man das Glas, da es keinen bestimmten Schmelzpunkt, sondern nur je nach seiner Zusammensetzung einen verschiedenen Erweichungspunkt hat, als „eine ungemein stark unterkühlte Schmelze, deren Zähigkeit infolge der starken Abkühlung einen der Starrheit entsprechenden Wert angenommen hat; kurz gesagt: das Glas ist eine starre Flüssigkeit“¹⁾.

Trotzdem seien aber die Bestrebungen, insbesondere von Weber und Tscheuschner, in die verschiedenen technischen Glasarten eine gewisse chemische Ordnung hineinzubringen, hier nochmals kurz zusammengestellt, wobei vom Verfasser auch die entsprechenden Normalgläser nach prozentischer Zusammensetzung und Glassatz berechnet wurden, weil man so immer einen gewissen Vergleich mit den Industriegläsern ziehen kann.

Normalformel. Läßt sich auch für das Glas keine bestimmte chemische Formel aufstellen, so muß doch ein gutes Glas die einzelnen Bestandteile in einem ganz bestimmten Verhältnisse enthalten, weil eben die einzelnen Glasoxyde in oben beschriebener Weise verschieden auf die Eigenschaften des Glases einwirken.

Als normale Zusammensetzung des Glases gilt ein molekulares (nicht prozentisches!) Verhältnis der einzelnen Glasoxyde für

1. Natronkalkglas:



Daraus berechnet sich die prozentuale Zusammensetzung zu

12,9 Proz. Na_2O : 11,6 Proz. CaO : 75,5 Proz. SiO_2
und ein Glassatz von

29,4 Soda : 27,6 Kalk : 100 Sand.

2. Kalikalkglas:



¹⁾ Prof. G. Keppeler in dem Buche „R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Teil.

daraus berechnet sich 94 : 56 : 360, die prozentuale Zusammensetzung zu

18,3 Proz. K_2O : 10,9 Proz. CaO : 70,8 Proz. SiO_2

und ein Glassatz von

35,3 Pottasche : 27,6 Kalk : 100 Sand.

3. Kalibleiglas:

1 K_2O : 1 PbO : 6 SiO_2 ;

daraus berechnet sich 94 : 223 : 360, die prozentuale Zusammensetzung zu

13,8 Proz. K_2O : 32,7 Proz. PbO : 53,4 Proz. SiO_2

und ein Glassatz von

37,9 Pottasche : 62,5 Mennige : 100 Sand.

Tscheuschnersche Glasformel. Obige Normalformel gilt mit der Erweiterung, daß unbeschadet der Qualität des Glases ein größerer Alkaligehalt statthaft ist bei höherer Silicierung (mehr Sand), während umgekehrt der Kieselerdegehalt unter die Normalformel zurückgehen kann, wenn gleichzeitig der Kalkgehalt erhöht wird. Die Richtigkeit dieser Meinung zeigt die Zusammensetzung der Gläser, welche nicht der Normalformel entsprechen und doch bewährte Gläser sind. Diese Tatsachen lassen sich mathematisch in der folgenden Tscheuschnerschen Glasformel ausdrücken:

$$x A_2O + y EO + 3 \left(\frac{x^2}{y} + y \right) SiO_2.$$

Hierbei bezeichnet $x A_2O$ den Gehalt an Alkalien, $y EO$ den Gehalt an Erdalkalien und Metalloxyden, SiO_2 die Kieselerde, wiederum in molekularen Verhältnissen.

Beobachtungen haben gezeigt, daß diese Formel, streng genommen, nur für Natronkalkgläser gilt, während die größere Löslichkeit des Kalis auch einen höheren Kieselsäuregehalt nötig macht. Daher hat Keppeler für Kalikalkgläser empfohlen, den Wert für SiO_2 zu setzen:

$$4 \left(\frac{x^2}{y} + y \right) SiO_2.$$

Dr. Körner¹⁾ hat dann auch noch für Gläser, welche beide Alkalien enthalten, eine entsprechend genauere Formel vorgeschlagen, ferner hat er zur Beurteilung der Alkalikalkgläser nach der Tscheuschnerschen Formel durch entsprechende prozentuale Berechnungen und graphische Darstellungen gefunden, daß durch die erweiterten Formeln ein einseitig genau begrenzter Bereich für gute Gläser sich ergibt.

In einem Artikel „Die Spiegelgruppe“, von E. Zschimmer²⁾ wird ausgeführt: Bisher fehlte ein Übersichtsbild der aus der Literatur bekannten Gläser der „Spiegelgruppe“, wozu alle die gewöhnlichen Glasbestandteile Kali, Natron, Kalk

und Kieselsäure enthaltenden Gläser gerechnet werden, seien es nun Spiegelglas, Fensterglas, Weißhohl- und Kristallglas, Röhrenglas usw. Zusammenfassende Darstellungen über diese Gläser sind zwar schon bekannt geworden von R. Weber, F. Mylius und F. Förster, J. Körner, F. Gels-tharp und J. C. Parkinson; allein hier soll eine Übersicht dieser Gläser nach Zusammensetzung und Haltbarkeit in einem „Vierdimensional-Diagramm“ gegeben werden. Zunächst folgt eine Liste von 249 der in dasselbe eingetragenen Industriegläser nach ihrer chemischen Analyse. Dann wird das Diagramm selbst abgebildet und beschrieben, sowie an einigen Beispielen näher erläutert.

Der Hauptzweck des Diagramms ist die Erkennung der vermutlichen Zusammensetzung gut haltbarer, mittelmäßiger und schlechter Gläser. Durch Ziehung verschiedener Grenzlinien für die entsprechenden Alkalien- und Kalkwerte ergibt sich als brauchbare Regel für die Praxis vorläufig:

Gute (resistente) Gläser können enthalten bis 13 Proz. Alkalien und 7,5 bis 15,0 Proz. Kalk.

Mittelmäßige Gläser können enthalten 13 bis 19 Proz. Alkalien bei gleichem Kalkgehalt.

Die Grenzgläser würden entsprechend diesen Zahlen sein:

Kieselsäure	79,5	72,0	73,5	66,0
Alkalien	13,0	13,0	19,0	19,0
Kalk	7,5	15,0	7,5	15,0

Wie die Glasliste zeigt, sind tatsächlich eine Reihe von Industriegläser von dieser Zusammensetzung, besonders auch mit dem hohen Kieselsäuregehalt von fast 80 Proz., bekannt geworden; diese Gläser weisen der Industrie der Alkalisilikatgläser den Weg in die Zukunft.

Besonderes aber gibt Dr. E. Zschimmer in seinem Werke „Theorie der Glasschmelzkunst“, in dessen erstem Buche (1923), „Die historische Entwicklung des Glasbegriffs von der Bronzezeit bis zur Gegenwart“. Hiernach soll das Wissen vom Glas schon den Bewohnern der Insel Melos in der Bronzezeit um 3000 bis 1500 v. Chr. geläufig gewesen sein, wenn sie auch nur Naturglas in Form des Obsidian für verschiedene Werkzeuge durch Schlagen und Schleifen verarbeiteten. Die Meister der alten Glasschmelzkunst, zum Teil schon im heutigen Sinne, waren die alten Ägypter. Aber auch damals und dann weit herein bis ins Mittelalter galt das Glas als „künstlicher Stein“, vor allem in Nachahmung des Bergkristalls und der farbigen Edelsteine. Durch Kunkel und Merret entsteht der eigentliche, pyrochemische Begriff des Glases, wenn sie auch zum Teil noch in den älteren Vorstellungen befangen sind. Erst mit dem Aufschwung der Chemie durch Lavoisier begann eine neue Forschung nach dem Wesen des Glases, und zwar

¹⁾ Sprechsaal 1915, Nr. 38 bis 42. — ²⁾ Ebenda 1923, Nr. 23 bis 25.

wurde das Glas hauptsächlich im Anschluß an die erforschte Zusammensetzung der Mineralien als ein künstlich hergestelltes Mineral aufgefaßt, und die Physiker und Chemiker suchen nun nach Normalformeln für das Glas; hierher gehören die Untersuchungen von Dumas und insbesondere von Weber mit seiner chemischen Molekularformel des Glases

1 Alkali : 1 Kalk : 6 Kieselsäure

und den in den technischen Gläsern hiervon vorhandenen Abweichungen. Aber gerade der Umstand, daß diese Abweichungen in der Praxis viel größer an Zahl sind als die Norm, hätte Weber nach der Meinung Zschimmers veranlassen sollen, mit dem mineralogischen Formelglauben aufzuräumen; das geschah aber nicht und seitdem gilt, besonders in chemischen Lehrbüchern, immer noch die alte Normalformel. Nachdem Zschimmer auch die schon vorher erwähnten Formeln von Tscheuschner, Kerpeler und Körner besprochen hat, gibt er seine Meinung schließlich dahin kund, daß auch die verallgemeinerten Formeln kein geeigneter Ausdruck des gesuchten Abhängigkeitsgesetzes der Alkalität von der chemischen Zusammensetzung seien und meint schließlich: Vom physikalisch-chemischen Standpunkt kann es keine andere Auffassung geben als die Analogie der Gläser mit Lösungen gewisser Stoffe ineinander. Mit den Untersuchungen von Fraunhofer, Harkourt und insbesondere Schott, die vor allem auch die seltenen Glasoxyde in den Bereich der Schmelzkunst zogen und den Zusammenhang zwischen Glasbestandteilen und Eigenschaften erforschten, kam eine förmliche Revolution in den Begriff des Glases, besonders durch die hierauf aufgebauten technischen Spezialgläser. „Für die Zukunft wird es nun Sache technisch-wissenschaftlicher Vereinbarung sein, welchen allgemeinen Grenzwerten der natürlichen und technischen Konstanten ein Stoff namens »Glas« entsprechen soll, und welches die besonderen Grenzwerte für »Normalgläser« zu bestimmten technischen Zwecken sein sollen.“

Als wesentliche oder allgemeine Merkmale des Glases ergeben sich aus den neuesten Forschungen:

Chemische Homogenität, physikalische Isotropie, Haltbarkeit und Feuerbeständigkeit, Lichtdurch-

lässigkeit und nichtmetallische Leitfähigkeit, elastische Starrheit. Seiner Zusammensetzung nach ist Glas „ein technischer Werkstoff, der aus dem Schmelzfluß durch Unterkühlung von feurigflüssigen Lösungen mehrerer Stoffe oder auch einfachen Stoffen gewonnen wird, die teils Pyro-Säuren, Basen, Salze, Mitteloxyde, teils Sulfide, Fluoride oder analoge Verbindungen des feurigen Flusses sind“.

Eigenschaften des Glases.

Gerade die Eigenschaften des Glases wurden in den letzten Jahrzehnten, angeregt durch die Untersuchungen des Glaswerkes in Jena, einer eingehenden Prüfung und Forschung unterworfen, so daß es unmöglich ist, hierüber einen vollständigen Bericht zu machen, vielmehr auf die am Schluß dieses Abschnittes angegebene Spezialliteratur verwiesen werden muß.

1. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agenzien. Während die früheren Untersuchungen sich vor allem auf die einfachen Alkalikalkgläser bezogen, wurden später besonders auch die mit den übrigen und selteneren Stoffen erschmolzenen Gläser einer eingehenden Untersuchung unterworfen, wovon hier einige Beispiele angeführt seien ¹⁾. So zeigten verschiedene Versuche z. B. den günstigen Einfluß der Tonerde und der Magnesia auf die Haltbarkeit der Flaschengläser nach Untersuchungen von E. Eggers. Ein scheinbar nach der Glasformel schlecht komponiertes Glas wird schon durch geringe Mengen von Tonerde und Magnesia haltbarer als ein entsprechendes, hiervon freies Glas; ein Teil der in folgender Tabelle 1 zusammengestellten Gläser zeigt überaus hohe Basizität, und ist trotzdem praktisch gut haltbar. Dieser Umstand kann nur durch den hohen Tonerdegehalt erklärt werden, welche daher auch aus diesem Grunde besser zur Kieselsäure zählt.

Wichtig für die Haltbarkeit der Bleigläser ist eine diesbezügliche Untersuchung nach dem Leitfähigkeitsverfahren von Kohlrausch, an verschiedenen Jenaer, allerdings meist optischen Spezialgläsern, angestellt. Wie nach der Schwerlöslichkeit des reinen Bleioxyds in Wasser zu

¹⁾ Nach R. Dralle, l. c.

Tabelle 1.

Auf 6 Mol. SiO ₂ treffen	I	II	III	IV	V	VI
	schlecht	schlecht	mittelmäßig	ziemlich gut	ziemlich gut	mittelmäßig
Na ₂ O	1,574	1,628	1,285	1,185	1,573	0,858
K ₂ O	0,230	0,232	0,251	0,236	0,183	0,085
CaO	1,938	1,785	1,902	1,839	1,332	1,715
MgO	0,016	0,014	0,017	0,018	0,014	0,025
Al ₂ O ₃	0,816	0,876	0,781	0,713	0,731	0,883
Gesamtbasengehalt	4,574	4,535	4,236	3,991	3,833	3,066

Tabelle 2.

Auf 6 Mol. SiO ₂ treffen	I	II	III	IV	V	VI
	350	190	130	100	9	1
Natron	0,06	0,43	0,15	0,06	—	—
Kali	0,83	0,51	0,58	0,68	0,42	—
Bleioxyd	0,90	0,74	1,14	1,45	2,73	5,78
Gesamtbasengehalt	1,79	1,68	1,87	2,28	3,16	5,78

erwarten ist, sind auch die bleireichen Gläser chemisch am widerstandsfähigsten, erst ein größerer Alkaliengehalt macht sie schlechter. Die Qualität ist in Tabelle 2 nach der sogenannten elektrischen Leitfähigkeitszahl ausgedrückt, je höher diese Zahl, desto geringer die Qualität.

Weitere Versuche, nach dem gleichen Verfahren wie oben ausgeführt, zeigten den günstigen Einfluß des ungemein schwerlöslichen Zinkoxyds und das eigentümliche Verhalten der Borsäure. Da letztere zugleich als Flußmittel wirkt, so kann man mit ihrer Hilfe den Schmelzpunkt des Gemenges bzw. des Glases niedrig halten und so stark saure Gläser mit wenig oder keinen Alkalien herstellen, zudem die Borsäure die Haltbarkeit des Glases erhöht, weil sich komplexe Bor-Kieselsäuren zu bilden scheinen, wenn sich der Borsäuregehalt innerhalb bestimmter Grenzen bewegt und im allgemeinen 10 Proz. der Glasbestandteile nicht übersteigt. So lassen sich gerade mit Hilfe der

Borsäure chemisch und thermisch sehr widerstandsfähige Spezialgläser herstellen, wie die Glasanalysen im dortigen Abschnitt zeigen. Tabelle 3 betrifft allerdings meist Jenaer optische Gläser.

In den mit Phosphorsäure erschmolzenen Gläsern, die auch wieder besondere optische Eigenschaften aufweisen, macht sich die starke Löslichkeit der Phosphorsäure geltend, so daß solche Gläser selten verwendet werden.

Eine von Mylius ausgearbeitete Klasseneinteilung, besonders der Apparategläser, zeigt folgenden Überblick (Tabelle 4).

Außer der titrimetrischen Bestimmung der bei der Behandlung des Glases mit Wasser in Lösung gegangenen Bestandteile benutzte E. Mylius besonders die schon früher besprochene Eosinmethode, um die Reaktionsfähigkeit verschiedener Glasarten zu bestimmen; eine Zusammenfassung dieses Verfahrens findet sich in der Silikatzeitung 1913. Es wird unterschieden zwischen dem Extraktionsverfahren und der Oberflächen-

Tabelle 3.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
		6300	570	320	180	130	130	80	50
6 Mol. Säuren	SiO ₂	5,99	5,80	5,92	5,85	5,75	5,88	5,48	5,71
	B ₂ O ₃	—	0,19	0,08	0,15	0,25	0,12	0,51	0,28
	Al ₂ O ₃	0,01	0,01	—	—	—	—	0,01	0,01
Hierauf treffen an Basen	Na ₂ O	—	0,45	0,69	1,23	0,28	0,52	—	0,01
	K ₂ O	2,42	0,84	0,80	—	0,63	0,69	0,34	0,56
	CaO	—	—	0,67	0,66	—	—	—	—
	BaO	0,23	0,33	—	—	0,77	—	2,00	0,87
	ZnO	1,05	0,13	0,20	0,45	0,36	1,00	1,19	1,06
Gesamtbasengehalt	3,70	1,75	2,36	2,34	2,04	2,21	3,53	2,50	

Tabelle 4.

Klassen	Abgabe von Alkalien in mg/qm nach 3 tägiger Vorbehandlung und hierauf		Beispiele ¹⁾
	zuerst 1 Woche in Wasser von 18°	dann 3 Stunden in Wasser von 80°	
I. Quarzglas	0	0	Quarzglas
II. Wasserbeständige Gläser	0—0,4	0—1,5	Jenaer Glas 59 III
III. Resistenzgläser	0,4—1,2	1,5—4,5	Staassches Geräteglas
IV. Härtere Apparategläser	1,2—3,6	4,5—15,0	Jenaer Glas 16 III
V. Weichere Apparategläser	3,6—15,0	15,0—60,0	Bleikristallglas
VI. Mangelhafte Gläser	über 15	über 60	—

¹⁾ Die Zusammensetzung einzelner der genannten Gläser siehe später!

Tabelle 5.

Herkunft des Glases	Bezeichnung	$K \cdot 10^{-6}$	$Al(Fe)_2O_3$	B_2O_3	SiO_2	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	ZnO	MnO
Kavalier (Böhmen) . .	Becher	298	0,64	—	76,02	7,60	7,72	0,30	7,38	—	Spur
Greiner und Friedrich	"	288	2,32	5,53	68,00	10,17	1,82	5,04	4,80	2,40	0,14
Wiener Geräteglas . .	"	295	0,66	2,15	74,00	9,69	5,51	0,16	7,76	0,24	0,01
Thüringer Glas . . .	"	295	0,90	—	74,36	14,83	0,14	0,16	9,40	—	Spur
W. T. Co. Nonsol . .	Kolben	296	3,78	6,23	65,04	12,72	0,08	1,44	1,75	8,88	0,04
Böhmisches Glas . . .	"	337	1,00	—	73,80	8,59	7,67	0,08	7,88	—	1,04

färbung. Bei ersterem wird das Glas durch Wasser ausgezogen und das in Lösung gegangene Alkali maßanalytisch oder kolorimetrisch bestimmt; bei letzterem wird das Glas direkt mit der wasserhaltigen, ätherischen Eosinlösung in Berührung gebracht, wodurch sich eine dünne Schicht eosinsaures Alkali auf der Oberfläche niederschlägt. Die Anfangsgeschwindigkeit, mit welcher Alkali hydrolytisch aus dem Glase in Freiheit gesetzt wird, gilt als „natürliche Alkalität“ und wird ausgedrückt durch die Anzahl von Milligramm Jodeosin, die in 1 Minute aus der Jodeosinlösung von 18° auf 1 qm frischer Bruchfläche sich niederschlagen. Für die Technik viel wichtiger ist die Veränderung, die während des Gebrauchs entweder durch Lösungsprozesse oder durch Verwitterung hervortritt. Diese „Lösungsalkalität“ wird bestimmt durch die Menge Jodeosin auf 1 qm, die äquivalent ist dem alkalischen Gehalt des wässrigen Auszuges von 7 Tagen bei 18° und 3 Stunden bei 80° nach 3 tägiger Vorbehandlung mit Wasser von 18°.

Die neueste ausführliche Beschreibung dieser Verfahren, und zwar einerseits die Oberflächenbeizung mit Jodeosin, wofür auch noch eine dritte Modifikation der Eosinprobe am rauhen Glase angegeben ist¹⁾, andererseits der kolorimetrischen Prüfung in entsprechenden wässrigen Auszügen mit Phenolphthalein und durch Titration mit $\frac{n}{100}$ -Salzsäure, endlich auch nach Extraktion bei 100° und höheren Temperaturen, siehe in dem Artikel „Thüringer Glas“ von F. Mylius²⁾ in den „Glas-technischen Berichten“ 1923, Nr. 5.

Kohlrausch bestimmte, wie schon früher angegeben, das Verhalten einer größeren Anzahl von Gläsern gegenüber Wasser durch die Leitfähigkeit der Glaslösung bei 18° bezogen auf $K = \text{Quecksilber} \times 10^{10}$. Kommt auf 1 qcm natürliche Oberfläche etwa 1 ccm Wasser, so beträgt die auf 1 qcm bei 18° gelöste Menge bei Glas mittlerer Güte in den ersten Tagen täglich $\frac{1}{6000}$ mg, nach einigen Monaten täglich $\frac{1}{15000}$ mg, insgesamt in 100 Tagen 0,01 mg/qcm. Wasser von 80° löst in 20 Stunden etwa das sechsfache; für schlechte Gläser verzehnfachen sich die Werte (nach längerem Stehen bei 18° 100 mg auf 1 Liter, nach

20 Stunden bei 80° 500 mg auf 1 Liter). In ähnlicher Weise wurde auch Glaspulver auf sein Verhalten gegen Wasser geprüft.

Haber und Schwenke haben auch eine elektrochemische Schnellmethode zur Prüfung von Flaschen ausgearbeitet¹⁾.

Walker²⁾ bestimmte ebenfalls die Leitfähigkeit einer Anzahl deutscher und amerikanischer Gerätegläser, indem die Gefäße zuerst mit Wasser gereinigt und dann mit reinstem Wasser (spez. Leitfähigkeit: $6,5 \cdot 10^{-6}$ bei 19°) 24 Stunden bei 20 bis 25° stehen gelassen und dann die Leitfähigkeit bestimmt wurde; es ergeben sich die Werte der Tabelle 5.

Mit den gleichen Gläsern bestimmte Walker auch die Alkaliabgabe durch die Titration mit $\frac{n}{50}$ Schwefelsäure und den Angriff 2proz. Kalilauge.

Eine Reihe von Untersuchungen des Glases gegenüber Zersetzung durch überhitztes Wasser, wie es vor allem bei Wasserstandsröhren in Betracht kommt, wurden in der jüngsten Zeit ebenfalls ausgeführt. Förster untersuchte das für Wasserstandsgläser an Dampfkesseln und bei Einschließröhren wichtige Verhalten; Glasröhren wurden zu $\frac{3}{4}$ mit destilliertem Wasser gefüllt, dann zugeschmolzen und stehend 6 Stunden in Dampf von siedendem Anilin (183°) erhitzt. Der obere, vom Wasserdampf angegriffene Teil war danach mit einer weißen, dicken Zersetzungsschicht bedeckt, die an Wasser reichlich Alkali und Kieselsäure abgab; der untere, vom überhitzten Wasser angegriffene Teil war mit einer weißen, flockigen Masse bedeckt, die auch hauptsächlich aus Kalk und Kieselsäure bestand; gelöst waren beträchtliche Mengen Alkalien und Kieselsäure, und zwar ergaben:

Art des Glases	mg $Na_2O/100$ qcm in 6 Stunden bei 183°
Gewöhnliches Wasserstandsglas . .	22,4
Besseres Wasserstandsglas	13,7
Verbrennungsglas von Kavalier . .	7,1
Jenaer Glas 59III	1,1

Schott und Herschkowitz bestimmten den Angriff, welchen Wasserdampf von 8 Atm. (176°)

¹⁾ Näheres hierüber siehe Ztschr. f. angew. Chem. 1921, S. 281. — ²⁾ Mitteil. aus der Phys.-Techn.Reichsanstalt.

¹⁾ Siehe Ztschr. f. Elektrochemie 10, 143 (1904). — ²⁾ Sprechsaal 1906, S. 128.

bei 50 stündigem Durchströmen durch verschiedene Gläser hervorbrachte:

Art des Glases	mg Abnahme auf 1 qcm
Englisches Wasserstandsglas . .	8,84
Französisches Wasserstandsglas .	5,80
Jenaer Verbundglas	2,92
„ Duraxglas	1,32

Im Vergleich hierzu ergab Jenaer Durobaxglas nach Untersuchungen von Thiene folgende Gewichtsabnahmen an einem mit Kondenswasser gespeisten Kessel bei 8 Atm.

Gewichtsabnahme in g auf 100 qcm

	Verbundglas	Duraxglas	Durobaxglas
Nach 32 Tagen	1,6	0,6	0,85
„ 76 „	6,4	—	3,90

Neuere ausführliche Untersuchungen betreffen die Angreifbarkeit des Glases durch Säuren, Laugen und Salzlösungen. Hierher gehören vor allem die Untersuchungen von Weber und Sauer sowie von Förster und Mylius, die teilweise schon in der früheren Auflage dargestellt sind, teilweise in der am Schluß dieses Abschnittes angegebenen Spezialliteratur mit dem ganzen Zahlenmaterial belegt und durch neue Versuche erweitert sind.

Von großer Bedeutung ist heutzutage auch die Haltbarkeit der Medizingläser, worüber in der letzten Zeit eine ganze Reihe von Untersuchungen angestellt wurden. Auf die große Bedeutung der Alkaliabgabe für Violengläser zur Aufnahme sterilisierter Injektionsflüssigkeiten hat Baroni aufmerksam gemacht¹⁾. Wie wichtig ein gutes Medizinglas für Injektionsflüssigkeiten ist, die der Sterilisation durch Erhitzen unterworfen werden, zeigen die Prüfungen Gräublers²⁾. Eine eingehende Übersicht über die Untersuchungsmethoden für Medizinflaschen und Ampullen gibt Kröber³⁾. Eine Zusammenstellung über die einzelnen Ansprüche und Prüfungsmethoden siehe besonders bei Dr. H. Thiene, „Das Glas“ (vgl. Spezialliteratur).

Einen „Überblick über die Haltbarkeit der Alkali-Kalkgläser“ gibt Prof. Dr. Keppeler im Sprechsaal 1924, Nr. 48, worauf hier nicht mehr näher eingegangen werden kann. Vgl. dazu auch noch die Bemerkungen Zschimmers im Sprechsaal 1924, Nr. 51.

2. Verhalten des Glases bei höheren Temperaturen und beim Erkalten. Einzelne der hierbei auftretenden thermischen Eigenschaften des Glases, wie das Verhalten der Glastränen und Bologneser Flaschen, die thermische Nachwirkung bei den Thermometern mit den

Erscheinungen der Depression und dem säkularen Anstieg des Nullpunktes sind in der früheren Auflage ausführlich behandelt. Dagegen muß hier noch ein wichtiger Punkt, nämlich die Ausdehnung des Glases durch die Wärme und der sogenannte Ausdehnungskoeffizient besprochen werden, was hier im Anschluß an eine diesbezügliche Abhandlung des Verfassers¹⁾ gesehen soll.

Die Ausdehnung des Glases wächst mit dem Gehalt an Alkalien, Kalk und Tonerde, vermindert sich mit dem Gehalt an Kieselerde, Zinkoxyd, Borsäure, Magnesia. Durch teilweisen Ersatz der Alkalien durch Borax kann also die Ausdehnung herabgesetzt werden, ohne daß die Schmelzbarkeit leidet. Der sogenannte Ausdehnungskoeffizient ist also für verschiedene Gläser verschieden. Er beträgt für gewöhnliche Gläser 0,000030 bis 0,000040, dagegen für Jenaer Spezialgläser nur 0,000013 bis 0,000024; ein Stab von 1 m Länge dehnt sich bei der Erwärmung von 0 bis 1000° aus, bei gewöhnlichem Glas um 10 bis 13 mm, bei Jenaer Thermometerglas nur um 6 mm.

Die Ausdehnung des Glases bei der Erwärmung und ebenso die entsprechende Zusammenziehung bei der Abkühlung ist von großer Bedeutung für die Praxis. Je geringer die Ausdehnung eines Glases ist, um so geringer sind die bei der Abkühlung auftretenden Spannungen, und um so widerstandsfähiger ist es gegen plötzlichen Temperaturwechsel. Diese Tatsachen sind wichtig für alle derartigen Gläser wie Gerätegläser, Thermometergläser, Zylinder usw., dann für das Zusammenhalten der Überfanggläser (s. d.) und der Glasmalerfarben, wobei die verschiedenen Glasarten in ihrer Ausdehnung übereinstimmen müssen, weil sonst Abspringen eintritt.

Man hat seit längerer Zeit versucht, die Zahlenverhältnisse festzustellen, mit welchen sich die einzelnen Glasoxyde an der Ausdehnung des Glases beteiligen, um so hieraus die Ausdehnungskoeffizienten von vornherein berechnen zu können. Schott und Winkelmann haben für Glas folgende Werte festgestellt:

Natron 10,0	Arsenoxyd 2,0
Kali 8,5	Phosphoroxyd 2,0
Kalk 5,0	Zinkoxyd 1,8
Tonerde 5,0	Kieselsäure 0,8
Baryt 3,0	Magnesia 0,1
Bleioxyd 3,0	Borsäure 0,1

Ferner haben Mayer und Havas für Enail folgende Zahlen bestimmt, die mit gewissen Einschränkungen auch für Glas gelten dürften:

Kryolith 7,4	Eisenoxyd 4,0
Natriumfluorid 7,4	Antimonoxyd 3,6
Flußspat 2,5	Manganoxyd 2,2
Chromoxyd 5,1	Kupferoxyd 2,2
Kobaltoxyd 4,4	Zirkonoxyd 2,1
Nickeloxyd 4,0	Zinnoxyd 2,0

¹⁾ Siehe Chem. Zentralbl. 1905, I, S. 43. — ²⁾ Pharm. Post 1907, Nr. 33. — ³⁾ Apothekerzeitung 1914, S. 974.

¹⁾ Springer, Berechnung der Härte bzw. Ausdehnung des Glases, Sprechsaal 1920, Nr. 7.

Nach einigen Bemerkungen des Verfassers, inwieweit Arsen und Antimonoxyd sowie fluorhaltige Stoffe ins Glas eingehen und verdampfen, wird an einem Beispiel der Berechnung der Härte von Überfangglas gezeigt. Soll ein Überfangglas mit dem Grundglas zusammenpassen, so muß der Ausdehnungskoeffizient der beiden Gläser im allgemeinen möglichst gleich groß sein. Der Weißglassatz hat folgende Zusammensetzung: 100 Tle. Sand, 20 Tle. Marmormehl, 35 Tle. Pottasche (Hydr. 80 Proz.). Dieses Gemenge liefert folgende Glasbestandteile: 100,0 Kieselsäure, 11,2 Kalk, 19,0 Kali. Hieraus berechnet man nun die prozentische Zusammensetzung des Glases und vermehrt dieselbe mit den betreffenden Ausdehnungszahlen:

$$\left. \begin{array}{l} 77,0 \text{ Proz. Kieselsäure} \times 0,8 = 61,6 \\ 8,4 \text{ „ Kalk} \times 5,0 = 42,0 \\ 14,6 \text{ „ Kali} \times 8,5 = 124,1 \end{array} \right\} = 227,7.$$

Die Summe 227,7 ist die Ausdehnungszahl des Weißglassatzes.

In gleicher Weise wird nun das zugehörige Silbergelb-Überfangglas berechnet, dessen Satz lautet: 100 Tle. Sand, 70 Tle. Mennige, 30 Tle. Pottasche, 5 Tle. Kalisalpeter, 1 Tl. Silbernitrat. Hieraus ergibt sich folgende prozentische Zusammensetzung, welche wieder mit den Ausdehnungszahlen vermehrt wird (für Silber wurde annähernd 4,0 angenommen):

$$\left. \begin{array}{l} 53,5 \text{ Proz. Kieselsäure} \times 0,8 = 42,8 \\ 36,3 \text{ „ Bleioxyd} \times 3,0 = 108,8 \\ 10,0 \text{ „ Kali} \times 8,5 = 85,0 \\ 0,3 \text{ „ Silber} \times 4,0 = 1,2 \end{array} \right\} = 237,1.$$

Die Summe 237,1 ist die Ausdehnungszahl des Überfangglases.

Die Ausdehnungszahl des Überfangglases ist also um etwa neun zu hoch; es muß also an Kali weniger genommen werden, und zwar im Verhältnis von dessen Ausdehnungszahl, also um $9:8,5 =$ etwa 1 Proz. Kali; damit sich aber die prozentische Zusammensetzung des Glases nicht ändert — sonst würde ja auch wieder die Ausdehnung anders werden —, wird dafür 1 Proz. Kieselsäure mehr genommen, was bei deren sehr geringer Ausdehnungszahl nicht viel ausmacht. Das Überfangglas muß also folgende prozentische Zusammensetzung haben: 54,5 Kieselsäure, 36,3 Bleioxyd, 9,0 Kali, 0,3 Silber; hieraus berechnet sich folgender Glassatz: 100 Tle. Sand, 68 Tle. Mennige, 29 Tle. Pottasche, 5 Tle. Salpeter, 1 Tl. Silbernitrat.

Der wirkliche Ausdehnungskoeffizient der beiden Gläser wird gefunden, wenn man die Ausdehnungszahl durch 10 Millionen teilt, also 0,000 0227, was aber für die Berechnung gewöhnlich nicht nötig ist.

Weiter wird dann ein Überfang-Milchglassatz berechnet und an demselben besonders die Einrechnung der fluorhaltigen Stoffe gezeigt. — Diese Berechnungen sollen wenigstens geeignete Grundlagen für praktische Versuche bieten.

Der Ausdehnungskoeffizient kann natürlich außer durch Berechnung auch durch genaue physi-

kalische Messung bestimmt werden, wofür die gewöhnlichen Verfahren in Betracht kommen, wie die Methoden von Fizeau-Abbé mittels der Interferenz des Lichtes, von Lavoisier und Laplace mit Pogendorffscher Spiegelablesung, von Dulong und Petit mittels eines mit Quecksilber gefüllten Glaskolbens. Die erste Zusammenstellung über die Abhängigkeit der Ausdehnung von der Zusammensetzung des Glases wurde von Regnault an elf Gläsern ausgeführt, eingehend hat dann Schott den Einfluß der verschiedenen Elemente an einer Reihe von Jenaer Gläsern studiert; später haben dann Schott und Winkelmann an denselben Gläsern die Ausdehnung aus der Zusammensetzung berechnet und sind so zu den oben angegebenen Zahlen gekommen. Die Differenz zwischen beobachteten und berechneten Werten beträgt höchstens 11 Proz., durchschnittlich 4,7 Proz. Speziell die Ausdehnungszahlen einer großen Anzahl von Gläsern sind angegeben in Artikeln von J. Wolf¹⁾ und von E. Zschimmer²⁾.

Von besonderem Einfluß auf die Ausdehnung ist die Spannung; Schott fand, daß sie beim gespannten Glas stets höher ist als beim gut gekühlten Glase. Eine weitere Änderung erfährt die Ausdehnung mit der Temperatur, worüber eine Reihe von Untersuchungen gemacht wurden.

Was die sonstigen thermischen Eigenschaften des Glases betrifft, so sei noch bemerkt: Die Wärmeleitfähigkeit des Glases ist schwierig zu bestimmen, auch ihre Abhängigkeit von den Bestandteilen ist nicht so einfacher Natur. Die spezifische Wärme des Glases schwankt zwischen 0,08 bis 0,23° und läßt sich mittels der spezifischen Wärme der einzelnen Oxyde aus der Glaszusammensetzung bis auf 1 Proz. genau berechnen. Die Durchlässigkeit für Wärmestrahlen ist vor allem von der Ebenheit der Oberfläche abhängig, so läßt gewöhnliches Tafelglas etwa 60 Proz. Wärme durch, 7 mm starkes Spiegelglas 80 bis 90 Proz.; auffallenderweise ist ein Glas mit 4 Proz. Eisenoxydul für Wärmestrahlen fast undurchlässig. Praktisch sehr wichtig ist die thermische Widerstandsfähigkeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel; man hat gefunden, daß dieselbe außer von der Ausdehnungszahl auch von vielen anderen Eigenschaften des Glases abhängig ist, wofür Winkelmann folgende Gesetzmäßigkeit aufstellte:

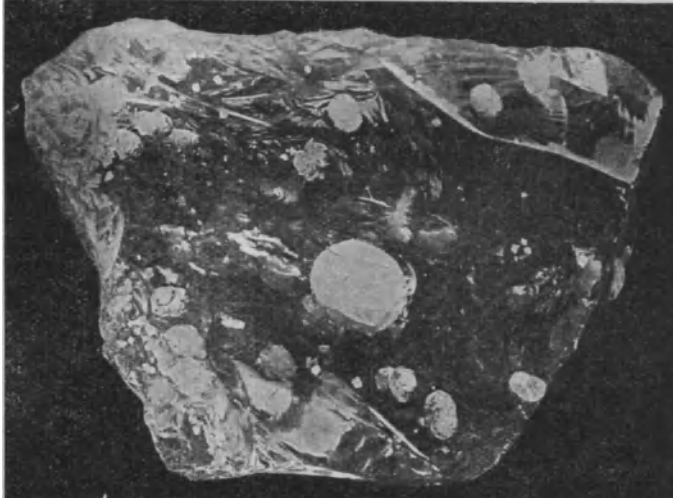
$$W = \frac{\text{Zugfestigkeit}}{\text{Elastizitätsmodul} \times \text{lin. Ausdehnung}} \sqrt{\frac{\text{Wärmeleitfähigkeit}}{\text{spez. Gew.} \times \text{spez. Wärme}}}$$

Von besonderer Bedeutung ist die thermische Widerstandsfähigkeit für alle Gläser, welche oft einen plötzlichen Temperaturwechsel aushalten müssen, wie chemisches Geräteglas, Wasserstandsröhren, Gasglühlichtzylinder. So vertragen gute

¹⁾ Sprechsaal 1911, Nr. 43. — ²⁾ Ebenda 1912, Archiv Nr. 8.

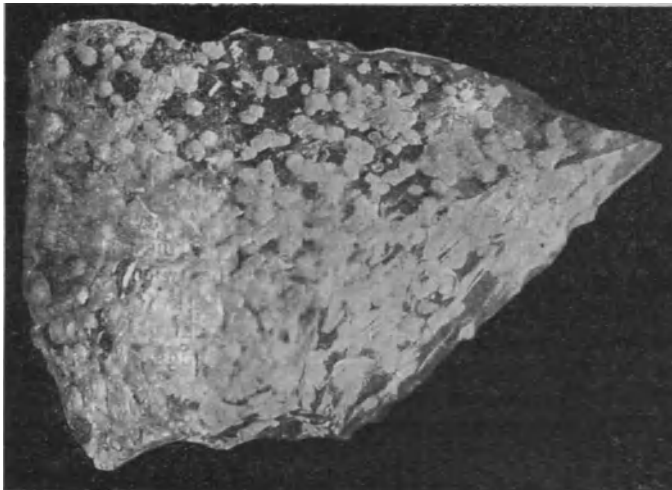
Gläser dieser Art in oder mit Flüssigkeiten, z. B. Paraffin, von 200 bis 250° erhitzt, eine plötzliche Abkühlung in Wasser von 15°, ebenso eine plötzliche Erhitzung auf hohe Temperaturen, ja letztere noch viel besser als erstere. Eine Reihe von Untersuchungen sind hierüber angestellt und diesbezügliche Prüfungsverfahren ausgearbeitet worden.

Fig. 193.



Entlastetes Fensterglas.

Fig. 194.



Entlastetes Fensterglas.

Noch ein praktischer wichtiger Punkt muß hier besprochen werden, nämlich die Zähigkeit (Viskosität) des Glases und die damit zusammenhängende Erweichungs- bzw. Erstarrungstemperatur¹⁾. Da Glas kein einheitlich chemischer

¹⁾ Vgl. hierüber besonders die Abhandlung „Über die Untersuchung von Glas für die Praxis“ von Dr. F. Späte in den Glastechnischen Berichten Nr. 1, 1923.

Körper ist, hat es keinen eigentlichen Schmelzpunkt; je nach der chemischen Zusammensetzung erweicht und erhärtet es verschieden schnell. Zu deren Untersuchung kann man verschiedene Verfahren anwenden. Nach Zschimmer beobachtet man die Verlängerung eines vertikal aufgehängten, unten beschwerten Glasstabes beim Erhitzen in einem

elektrischen Ofen unter gleichzeitiger Temperatur- und Zeitmessung¹⁾. Ein

ähnliches Verfahren wendet Späte selbst an. Nach Weidert und Berndt²⁾

stellt man die ersten Eindrücke von polierten Glaswürfeln fest (Deformations- und Fließtemperatur). Nach

Arndt³⁾ bestimmt man die absolute Zähigkeit durch Messen der Geschwindigkeit, mit welcher ein Platinkörper in geschmolzenes Glas eintaucht. Vesely⁴⁾

bestimmte die Zeit, die nötig ist, um bei bestimmter Temperatur eine sich

zwischen zwei Häkchen befindliche Glasschicht zu durchschneiden. Genaue Zusammenhänge zwischen Zusammen-

setzung und Eigenschaften konnten hier noch nicht ermittelt werden, so daß

auch eine Berechnung nicht möglich ist. Die genaue Kenntnis des Flüssig-

keitsgrades eines Glases bei verschiedener Temperatur ist aber von besonderer

Bedeutung für die maschinelle Verarbeitung des Glases, wie die verschiedenen

Hohlglasblasemaschinen, das Fensterglasziehverfahren usw. Bei der Hand-

arbeit kann sich der Mensch dem Glase anpassen, dagegen bei der Maschinen-

arbeit muß man das Glas dieser anpassen. Im allgemeinen weiß man erfahrungsgemäß, daß die Kieselsäure die

Zähigkeit eines Glases erhöht, Alkalien und Borsäure sie vermindern; Tonerde und Kalk wirken in dem Sinne, daß

das Glas beim Abkühlen schnell steif wird, während bei kieselsäurereichen Gläsern die Zunahme der Zähigkeit

mehr allmählich erfolgt⁵⁾. Ein ausführliches Referat „Über den Einfluß

der Bestandteile eines Glases auf die Viskosität“ nach S. English findet sich in der Keramischen Rund-

schau 1923, Nr. 49. Zunächst wird darauf hingewiesen, daß bekanntlich natronreiche Gläser mit geringem

Kalkgehalt sich leichter verarbeiten lassen als die schneller festwerdenden kalkreichen

Gläser. Bezüglich der Natron-Magnesia-Gläser

¹⁾ Zentral-Zeit. f. Optik u. Mechanik 1917, Nr. 10 ff.

— ²⁾ Ztschr. f. techn. Physik 1920, Nr. 2 u. 6. — ³⁾ Ztschr. f. chem. Apparatenkd. 1908, S. 474 ff. — ⁴⁾ Sprechsaal

1911, Nr. 30/31. — ⁵⁾ Vgl. auch die Referate über eine diesbezügliche amerikanische Abhandlung in den Glas-

technischen Berichten 1923, Nr. 2.

zeigte sich, daß solche mit niedrigerem Magnesia-gehalt flüssiger sind und eine Temperaturerhöhung eine merkliche Abnahme der Zähigkeit bewirkt. Die Zugabe von Tonerde wirkt sehr günstig auf die Verarbeitung, da sie die Viskositätsänderung vermindert und das Arbeitsbereich erweitert, was besonders für das Ziehen von Röhren und Stäben wichtig ist. Die Viskosität eines Kalibleiglasses von 127 Tln. Kali, 33,4 Tln. Bleioxyd, 53,9 Tln. Kieselsäure liegt zwischen den für Natron- und Tonerdegläsern gefundenen Werten; ein Natronbleiglas verhielt sich ebenso wie das Kalibleiglas und die weicherer Gläser der Natron-Kalk- und Natron-Magnesiareihe. Dieses Glas ließ sich bei niederen Temperaturen besser verarbeiten als alle übrigen, es muß also seine Wärme langsamer ausstrahlen als Gläser, die eine höhere Verarbeitungstemperatur verlangen. Die Zähigkeit des Natronbleiglasses bei 550° ist etwa dieselbe wie die des Natrontonerdeglasses bei 705°, also da ersteres hierbei nicht halb so viel Wärme verliert wie letzteres, so fällt die Temperatur bei ersterem auch nicht so schnell ab. D. i. die dem Glasmacher bekannte Erscheinung, daß Bleigläser ihre Wärme länger festhalten als Kalkgläser. Die Verarbeitungsfähigkeit der Gläser ist demnach von zwei Faktoren abhängig: Erstens von dem Verhältnis der Zähigkeitsänderung zur Temperaturerhöhung und zweitens von der Wärmeausstrahlung eines Glases bei seiner Verarbeitung.

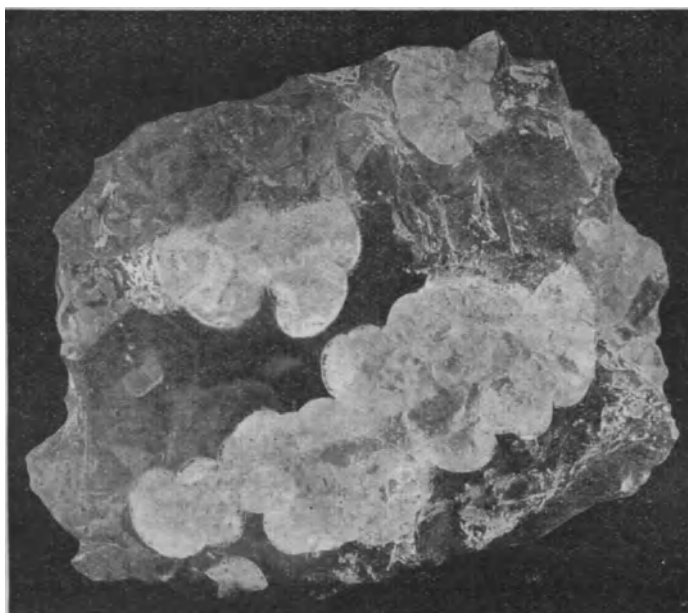
Ebenso wichtig sind noch der Spannungszustand eines Glases, die Entspannungstemperatur und Kühltemperatur. Ein gutes technisches Glas muß praktisch spannungsfrei, d. h. es muß gut gekühlt sein. Die Prüfung auf Spannungen erfolgt in Polarisationsapparaten, die sich schon in vielen Glashütten eingebürgert haben und von verschiedenen Firmen gebrauchsfertig in den Handel kommen. Ein gespanntes und dadurch doppeltbrechendes Glas wird das dunkle Gesichtsfeld bei gekreuzten Nikols aufhellen; noch deutlicher infolge Auftretens von charakteristischen Farbumschlägen wird die Beobachtung mit empfindlichen Gipsblättchen. Die Entspannungstemperatur ist diejenige Mindestkühltemperatur, bei welcher die Spannungen eines Glases eben verschwinden. Eine sehr bequeme Bestimmung gestattet das von der Firma Leitz gelieferte Erhitzungsmikroskop nach Endell. Ein weiterer Apparat zur Prüfung von Glaswaren auf Bruchgefahr, der von der Firma A. Pfeiffer in Wetzlar hergestellt wird, ist ausführlich im Sprechsaal 1912, Nr. 47, besprochen¹⁾. Weitere neuere Unter-

¹⁾ Vgl. dazu auch einen ähnlichen Apparat von L. Frink im Sprechsaal 1913, Nr. 3.

suchungen über dieses Thema siehe von E. Zschimmer¹⁾ und H. Schulz²⁾.

Die Kenntnis der Kühltemperatur ist von großer Wichtigkeit für einen rationell geleiteten Glashüttenbetrieb. Gewöhnlich spricht man von einem Kühlbereich des Glases, an dessen unterer Grenze die Spannungen allmählich, an dessen oberer Grenze sofort verschwinden. Praktisch hält man die Wärme des Kühllofens auf der unteren Grenze des Kühlbereiches, weil die Deformationstemperatur des Glases beträchtlich höher liegt, so daß ein Zusammenschmelzen der Glaswaren nicht vorkommen kann. Auch die Kühlgeschwindigkeit ist von Bedeutung, weil es keinen Zweck mehr hat, die Gläser unnötig lange bei Zeit- und Brennstoffverschwendung im Kühllofen zu belassen, wenn die Spannungen

Fig. 195.



Entglastes Flaschenglas.

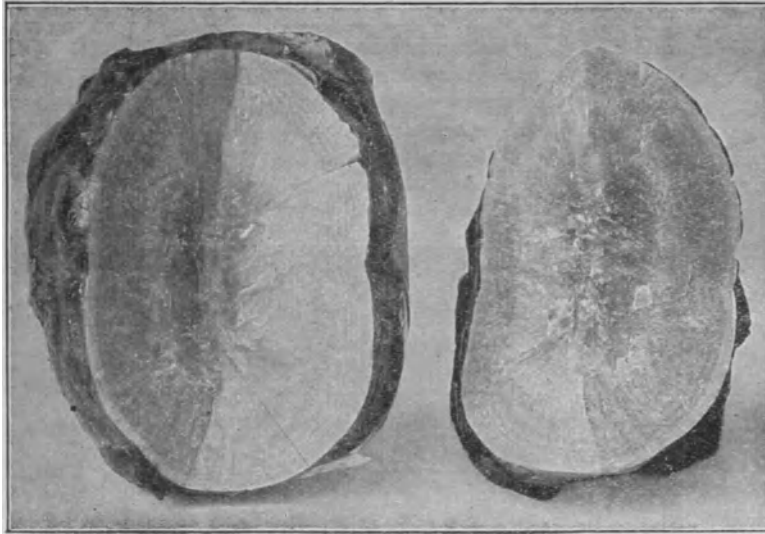
bereits behoben sind. Ein besonderes Kapitel ist die Feinkühlung des optischen Glases.

3. Entglasung. Die hier auftretenden Erscheinungen sind in der früheren Auflage des Werkes so ausführlich besprochen worden, daß hier nicht mehr darauf eingegangen zu werden braucht, besonders auch hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Entglasungsprodukte. „Über ein leicht entglasendes Glas“ wird im Sprechsaal 1911, Nr. 11, berichtet, und zwar eine Verbrennungsröhre von der Zusammensetzung 67,7 Tln. SiO₂, 8,0 Tln. BaO, 6,6 Tln. Al₂O₃, 11,6 Tln. CaO, 0,6 Tln. MgO, 1,0 Tln. K₂O, 4,5 Tln. Na₂O; die Ursache für die leichte Entglasung wird vor allem in der verwickelten Zusammensetzung des Glases

¹⁾ Sprechsaal 1912, Archiv Nr. 2. — ²⁾ Sprechsaal 1914, Nr. 28 u. 29, und Ker. Rundschau 1921, Nr. 14 u. 16.

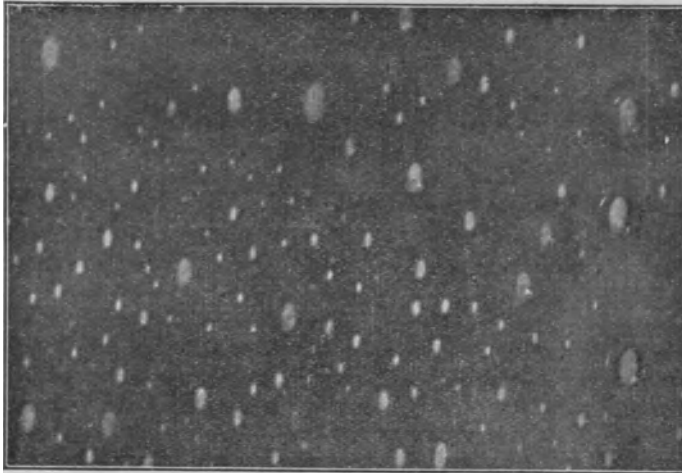
gesucht. — „Über Entglasungserscheinungen“ siehe noch Sprechsaal 1910, Nr. 35, und „Beiträge zur Entglasung des Industrieglases“ im Sprechsaal 1913, Nr. 11, sowie insbesondere die ausführliche und durch zahlreiche Abbildungen illustrierte Abhandlung „Über die Entglasungserscheinungen in der Praxis der Glashüttenbetriebe von H. Knoblauch-Freiberg

Fig. 196.



Entglastes Flaschenglas.

Fig. 197.



Glaubersalz-Kristallisationen.

im Sprechsaal 1924, Nr. 21. Aus derselben seien hier noch einige Abbildungen eingefügt, und zwar:

- Fig. 193. Entglastes Fensterglas, aus Glaubersalzgemenge im Hafen geschmolzen.
 „ 194. Entglastes Fensterglas, im Wannenofen während einer Reparatur entstanden.
 „ 195. Entglastes Flaschenglas, beim langsamen Abkühlen in einer Wanne gebildet.

Fig. 196. Entglastes Flaschenglas, braun, großer Sphärolith, 950 g schwer, 110 × 70 Durchmesser.

„ 197. Glaubersalz-Kristallisation, als sogenannte Gallflecken bei zu niedriger Schmelztemperatur abgeschieden.

Alle modernen Untersuchungen und Erfahrungen stimmen darin überein, daß Tonerde und Borsäure der Entglasung entgegenwirken.

4. Spezifisches Gewicht.

Die verschiedenen spezifischen Gewichte von Gläsern sind bereits früher angegeben, auch ist darauf hingewiesen, daß das spezifische Gewicht eines Glases mit der Güte der Kühlung zunimmt. Genauere Beziehungen zwischen spezifischem Gewicht und Zusammensetzung des Glases wurden von Winkelmann und Schott aufgestellt und folgende Zahlen für Errechnung gefunden: Bleioxyd 9,6, Baryt 7,0, Zinkoxyd 5,9, Tonerde 4,1, Magnesia 3,8, Kalk 3,3, Kali 2,8, Natron 2,6, Kieselsäure 2,3, Borsäure 1,9. Die wirklichen spezifischen Gewichte sind etwas größer, so daß bei der Glasbildung eine Zusammenziehung stattfinden muß. Bezeichnet man in einem Glase die prozentischen Bestandteile mit a_1, a_2, a_3 usw. und ihre zugehörigen spezifischen Gewichte mit s_1, s_2, s_3 usw., so ist das spezifische Gewicht des Glases $= 100 : \frac{a_1}{s_1} + \frac{a_2}{s_2} + \frac{a_3}{s_3}$ usw. Die spezifischen Gewichte der wichtigsten Jenaer Spezialgläser sind von Dr. H. Thiene (s. Literatur) angegeben worden.

5. Härte und Festigkeit.

Unter Härte des Glases im eigentlichen, richtigen Sinne muß man dessen Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Ritzungsversuche verstehen, also die Einreihung des Glases in die sogenannte Mohs'sche Härteskala der Mineralien. Deshalb hat streng genommen nur der Glasschleifer und Glasschneider den richtigen Begriff von der Härte des Glases, weil wenigstens im technischen Sinne

das schnellere oder langsamere Eindringen des Schleifrades den besten Maßstab für die Härte eines Glases bildet. Will man aber das Glas in die Härteskala der Mineralien einreihen, an deren Anfang bekanntlich als sehr weiche Stoffe der Talk (Härte 1) und der Gips (Härte 2), an deren Ende als härtester Stoff der Diamant (Härte 10)

steht, welcher jedes Glas leicht ritzt, so hat man gefunden, daß z. B. ein Borsilikatcrownglas bestimmter Zusammensetzung den Quarz (Härte 7) an Härte übertrifft, während anderseits leichte Bleifintgläser dem Flußspat (Härte 4) noch erheblich überlegen sind¹⁾. Man hat auch die Werte bestimmt, mit welchen die einzelnen Bestandteile an der Härte des Glases teilnehmen und gefunden: Tonerde 10,2, Zinkoxyd 7,1, Kali 3,9, Kieselsäure 3,3, Baryt 1,95, Bleioxyd 1,45, Borsäure 0,75, Natron — 2,65, Kalk — 6,3. Berechnet man jedoch mit diesen Zahlen und der prozentischen Zusammensetzung eines Glases seine Härte, so findet man oft sehr ungenügende Übereinstimmung mit der tatsächlich durch Ritzungs- oder Schleifversuche ermittelten Härte. Jedenfalls kann man annehmen, daß die Härte eines Glases durch Zusatz von Tonerde und Zinkoxyd stark erhöht wird; bekanntlich aber zeigt die Praxis, daß hoch kieselsäurehaltige Kristallgläser, welche im Sinne des Schmelzers hart sind (siehe unten), im Sinne des Schleifers weich sind, während umgekehrt alkalireiche, „weiche“ Gläser oft sehr hart sind. Von großem Einfluß ist jedenfalls auch noch die Kühlung (Härten des Glases, Hartglas!).

Versteht man aber unter Härte des Glases überhaupt dessen mechanische Festigkeit, besonders die Zug- und Druckfestigkeit, so ist dieselbe ebenfalls von der Zusammensetzung des Glases abhängig. Die wichtigsten Glasbestandteile sind mit folgenden Verhältniswerten an der Druckfestigkeit des Glases beteiligt: Kieselsäure 1,23, Magnesia 1,10, Tonerde 1,00, Borsäure 0,90, Baryt 0,65, Zinkoxyd 0,60, Natron 0,52, Bleioxyd 0,48, Kalk 0,20, Kali 0,05. Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Druckfestigkeit des Glases besonders erhöht wird durch den Zusatz von Kieselsäure (Sand), dann auch noch durch Magnesia und Tonerde, die dann folgenden Oxyde nehmen eine mittlere Stellung ein, während Kalk und besonders Kali diese Eigenschaft stark beeinträchtigen. Aus diesen Zahlen und der prozentischen Zusammensetzung des Glases läßt sich die Druckfestigkeit berechnen. Jedenfalls wirkt auf dieselbe auch noch ein gutes Durchschmelzen, eine sorgfältige Kühlung eventuell Härtung im günstigen Sinne ein²⁾.

Meistens versteht man unter Härte des Glases seine Schmelzbarkeit, also Härte im Sinne des Glasschmelzers oder seine Zähigkeit beim Verarbeiten, also Härte im Sinne des Glasmachers. Hier machen bekanntlich Kieselsäure, Tonerde, Kalk das Glas hart, Alkalien, Bleioxyd und bis zu einem gewissen Grade die Borsäure das Glas weich. Das gleiche gilt für die Härte des Glases im Sinne des Glasmalers, d. h. für die schnellere oder langsamere Er-

weichbarkeit des Glases beim Einbrennen in der Muffel. Ferner bezeichnet man aber als Härte des Glases vor allem auch noch seine chemische Widerstandsfähigkeit; hier wirken bekanntlich die einzelnen Glasoxyde im ähnlichen Sinne wie bei der Schmelzbarkeit des Glases, nur daß z. B. die Borsäure in nicht zu großen Mengen das Glas sogar chemisch widerstandsfähiger macht; im übrigen läßt sich diese Eigenschaft durch die Tscheuschner'sche Formel berechnen.

Hierher gehört die alte Frage: „Welches Glas ist härter, ein Sodaglas oder Sulfatglas?“ eine Frage, die gerade jetzt wieder, besonders in der Fensterglasindustrie, durch den Wechsel von Soda und Sulfat aktuell ist. Hier ist unter Härte des Glases offenbar seine Schmelzbarkeit, Verarbeitungsfähigkeit und chemische Widerstandskraft gemeint. Was die Schmelzbarkeit betrifft, so ist ein Sodaglas immer leichter schmelzbar als ein Sulfatglas, auch wenn man in richtiger Weise, um ein Glas gleicher Zusammensetzung, vor allem von gleichem Natrongehalt zu bekommen, $\frac{1}{3}$ mehr Sulfat wie Soda nimmt; denn die Zersetzung des Sulfats geht immer schwieriger vor sich. — Ist aber das Glas einmal gut durchgeschmolzen und hierbei keine Glasgalle abgeschöpft worden, so daß kein Natron verlorenging, so ist hinsichtlich der Verarbeitungsfähigkeit für den Glasmacher das Sulfatglas nicht härter und nicht weicher als das Sodaglas für den Fall, daß die Rohstoffe im richtigen Verhältnis genommen wurden. — Auch hinsichtlich der chemischen Widerstandsfähigkeit, also gegen die Einwirkung der Atmosphärien, z. B. Erblinden bei Fensterglas, sind ein Sodaglas und ein Sulfatglas gleich gut beschaffen, wenn sie von gleicher chemischer Zusammensetzung sind. Alle diesbezüglich in Fachzeitschriften und glastechnischen Büchern angegebenen Unterschiede sind unrichtig, so wenn es heißt, daß mit Soda geschmolzenes Glas geschmeidiger ist wie Sulfatglas oder daß sich ein gegen Atmosphärien widerstandsfähiges, nicht erblindendes Glas am leichtesten mit Sulfat herstellen läßt oder daß Sodaglas, als Fensterglas verwendet, sofort erblindet. Alle diese Ansichten beruhen auf falscher Beobachtung; macht man z. B. mit Glaubersalz ein vorzügliches Spiegelglas und schmilzt dann einmal mit derselben Menge Soda, dann muß ein schlechteres Glas herauskommen, weil man zuviel Natron hineinbringt; man muß eben von der Soda nur etwa $\frac{3}{4}$ nehmen wie bisher Sulfat. Werden alle diese Verhältnisse berücksichtigt, dann ist obige Frage überhaupt gegenstandslos.

Endlich versteht man unter Härte des Glases seine thermische Resistenz, d. h. seine Widerstandsfähigkeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel bzw. seine Ausdehnung und Zusammenziehung bei Wärmeunterschieden; über diese Härte des Glases siehe folgenden Abschnitt!

¹⁾ Untersuchungen von Auerbach, siehe Ann. d. Phys. u. Chem. 1894, Nr. 53. — ²⁾ Schott und Winkelmann, Ann. d. Phys. u. Chem. 1894, Nr. 37.

Die Sprödigkeit und Bruchsicherheit von Gläsern wurde von A. Föppel bestimmt, wofür nähere Einzelheiten mit Berichten im Sprechsaal 1912, S. 308 und 690 zu ersehen sind.

6. Elektrische Eigenschaften des Glases. Verschiedene Untersuchungen speziell über die elektrische Leitfähigkeit des Glases sind schon früher angegeben; neuere Untersuchungen von verschiedenen Autoren haben gezeigt, daß der Widerstand des Glases mit zunehmendem Alkaligehalt abnimmt, dagegen durch Bleioxyd und Baryt gesteigert wird; auch Borsäure vermehrt den Widerstand stark. Weiterhin ist der Nachweis Warburgs, daß die Leitfähigkeit des Glases auf Elektrolyse beruht, in der früheren Auflage beschrieben und durch neuere Versuche bestätigt worden. Tegetmeier versuchte die Einführung einer Anzahl von Elementen in das Glas durch Elektrolyse, ebenso Kopfermann und Heydwiller, welchen es oberhalb 200° für die Alkalien, Erdalkalien, Zinn, Blei, Kupfer, Eisen, Kobalt und Silber gelang. G. Schulze untersuchte Thüringer Glas bei 350° und konnte ebenfalls eine Anzahl von Elementen in das Glas einführen. Über „Die Elektrolyse des Glases“ siehe auch noch Sprechsaal 1912, Archiv Nr. 6.

Das Isolationsvermögen des Glases hängt ebenfalls von seiner Zusammensetzung ab. Hygroskopische Gläser sind auch schlechte Isolatoren; solche Gläser entladen das Goldblattelektroskop bei einer Luftfeuchtigkeit von 50 bis 60 Proz. sofort; dagegen isoliert z. B. das Jenaer Gerätglas bis über 60 Proz. vollkommen und selbst bei 80 Proz. noch sehr gut.

Die Dielektrizitätskonstante wurde von Winkelmann in ihrer Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Glases geprüft, ohne aber für ganz verschiedene Gläser besondere Abweichungen feststellen zu können. Weitere neuere Untersuchungen hierüber sind in der später zitierten Spezialliteratur angegeben.

Über das Verhalten des Glases gegen Radiumstrahlen liegen Beobachtungen von Curie vor, nach denen gewöhnliches Natronglas tiefviolett, fast schwarz, andere Glasarten gelb bis braun gefärbt werden; die Färbung geht nach Volter auf ultraviolettes Licht zurück.

Das Verhalten gegen Röntgenstrahlen untersuchten Winkelmann und Straubl für 23 Glasarten. Die Untersuchung der einzelnen Bestandteile ergab, daß Borsäure, Natronsalpeter, Soda, Tonerde am besten, Bleioxyd, Antimonoxyd und Bariumnitrat am wenigsten durchlässig sind, während die anderen Glasbestände in der Mitte stehen. Schott hat eine Anzahl von selteneren Erden hierfür untersucht und ein neues Röntgen-glas hergestellt; allein unter Berücksichtigung aller übrigen Eigenschaften einer Röntgenröhre zeigt es auch keinen besonderen Vorteil.

7. Optische Eigenschaften des Glases. Die Brechung und Zerstreuung einer Reihe älterer

optischer Gläser ist in der früheren Auflage zusammengestellt; eine ausführliche Übersicht über die Jenaer optischen Gläser, nach dem n_D - und r -Wert geordnet, findet sich in der schon erwähnten Abhandlung von Dr. H. Thiene-Jena. Systematische Versuche über die Abhängigkeit der Brechung und Zerstreuung des Lichtes von der Zusammensetzung des Glases wurden von Abbé und Schott unternommen, der mittlere Brechungsindex der geschmolzenen Borsäure von 1,462 oder der glasigen Kieselsäure von 1,459 oder eines Alkalisilikates wird durch die Auflösung von Metalloxyden erhöht, und zwar wächst im allgemeinen die Brechung mit zunehmendem Molekulargewicht der Bestandteile, also in der Reihenfolge: Zinkoxyd, Baryt, Bleioxyd; eigentümlich verhält sich die Borsäure, mit welcher zunächst die Brechung noch steigt, in großer Menge aber wieder abnimmt. Der Zusammenhang zwischen mittlerer Brechung und Zerstreuung wird am System durch eine graphische Darstellung veranschaulicht (siehe H. Thiene, das Glas nach Zschimmer); man sieht hieraus, wie erst bei den Jenaer Gläsern die Dispersion bei gegebener Brechung variiert, während die älteren Gläser alle längs einer Geraden gruppiert sind.

Der Einfluß der Temperatur auf Brechung und Dispersion wurde zuerst von Pulfrich¹⁾ genauer untersucht und gefunden, daß die Brechung mit steigender Temperatur teils zu-, teils abnimmt, während die Dispersion in allen Fällen größer wird. Ferner ist die Brechung um so niedriger, je gespannter das Glas ist; die schon im vorigen Abschnitt über Spannungs- und Entspannungstemperatur gemachten Ausführungen gelten natürlich besonders für optische Gläser und sind dort von größter praktischer Wichtigkeit, worauf aber hier nicht mehr näher eingegangen werden kann.

Die Lichtdurchlässigkeit des Glases ist sowohl für die gewöhnlichen Fenstergläser und Milchgläser als insbesondere für die optischen Gläser, hier auch noch im ultravioletten Teile des Spektrums, von großer Bedeutung. So beträgt die Lichtdurchlässigkeit von weißem Kathodenglas 90 Proz., von geriffeltem Rohrglas 67 bis 76 Proz., von Drahtglas 56 bis 66 Proz. (vgl. die diesbezüglichen Untersuchungen von Vidström und Blanquist im Sprechsaal 1908, Nr. 19). Die große Bedeutung der Lichtdurchlässigkeit besonders für Beleuchtungsgläser, ist aus einem Vortrag von Dr. E. Zschimmer, „Das Glas als Werkstoff im Dienste der Lichttechnik“, ersichtlich; ein ausführliches Referat hierüber siehe in den Glastechnischen Berichten 1923, Nr. 3; vgl. auch noch optische Spezialgläser. Ein Glas, welches gerade für die ultravioletten Lichtstrahlen besonders durchlässig ist, wurde als „Uviolglas“ in Jena hergestellt; es wird für Quecksilberdampflampen, mikroskopische Zwecke und astronomische Objektive angewandt, wobei eine

¹⁾ Ann. d. Phys. u. Chem. 1892, Nr. 45.

größere Anzahl von Sternen und feinere Einzelheiten sichtbar sind. Umgekehrt besitzt das „Euphosglas“ der Gebr. Putzler-Penzig die geringste Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen und vermag die Augen dagegen zu schützen (siehe später: Optische Spezialgläser!).

Die Wirkung des Lichtes auf Glas, speziell des Sonnenlichtes, ist in der früheren Auflage eingehend erörtert. Neuerdings wurden ähnliche Versuche mit ultraviolettem Lichte einer Quarzquecksilberdampf Lampe gemacht. So bestrahlte Fischer acht Gläser hiermit; die eine Hälfte hiervon, meist Thüringer Apparategläser, darunter auch das Jenaer Glas 16^{III}, erhielten starke Färbung; die Analyse ergab, daß sie alle Mengen enthielten; die andere Hälfte, zwei Jenaer Spezialgläser sowie ein deutsches und ein englisches Bleiglas zeigten keine Färbung. Beim Erwärmen verschwand die Färbung, erschien aber bei erneuter Bestrahlung wieder.

Spezialliteratur über die Zusammensetzung und Eigenschaften der Gläser:

- Dr. E. Zschimmer, Theorie der Glasschmelzkunst. 1. Buch: Die Aufgabe der Theorie und die historische Entwicklung des Glasbegriffs.
 Dr. E. Zschimmer, Die Glasindustrie in Jena.
 H. Hovestadt, Jenaer Glas.
 Dr. H. Thiene, Das Glas in dem Buche „Werkstoffe“ von Dr. P. Kraus.
 H. Schulz, Das Glas.
 F. Eckert, Über die physikalischen Eigenschaften der Gläser.
 Speziell die Methoden für die chemische Analyse des Glases sowie die Prüfung der chemischen und physikalischen Eigenschaften desselben sind zusammengestellt in dem Werke: Dr. L. Springer, Laboratoriumsbuch für die Glasindustrie, 2. Aufl., 1924.
 Vom gleichen Verfasser ist auch der Abschnitt „Glas“ in dem Werke „Chem.-techn. Untersuchungsmethoden von Lunge-Berl“, Neueste 7. Aufl., 2. Bd., 1923.

Glasfabrikation.

Nachdem in der vorausgegangenen Abhandlung die allgemeine Zusammensetzung und die Eigenschaften des Glases besprochen wurden, soll nun in den folgenden Abschnitten die eigentliche Glasfabrikation mit ihren Rohmaterialien, ihrer Feuerungstechnik und Zusammensetzung und Herstellung der einzelnen Glassorten erörtert werden.

Erster Abschnitt.

I. Die Rohmaterialien.

1. Kieselsäure. Das wichtigste Kieselsäure liefernde Material ist heutzutage der Sand; der Gebrauch von Quarz und Feuerstein ist zurückgegangen, weil ihre Aufbereitung meist nicht mehr

rentabel erscheint; auch von Kieselgur wird meist abgesehen. An die Reinheit des Sandes werden für farbloses Glas, abgesehen von den anderen Nebenbestandteilen, besonders hinsichtlich des Eisengehaltes hohe Anforderungen gestellt, während natürlich für gewöhnliches Glas auch weniger reine Sande brauchbar sind¹⁾. Es ist merkwürdig, daß gerade der Eisengehalt bei den Angeboten der Sandlieferanten fast nie zum Ausdruck kommt; da wird bei den Sanden — das gleiche gilt auch für andere Rohstoffe, z. B. Kalkspat — eine möglichst hochprozentige Analyse des Hauptbestandteiles angeführt, jedoch von den anderen Bestandteilen, vor allem vom Eisenoxyd ist keine Rede. Es ist natürlich klar, daß ein Sand mit 99,9 Proz. Kieselsäure nicht mehr viel, höchstensfalls 0,1 Proz. Eisenoxyd enthalten kann; allein damit ist dem Glasfabrikanten noch nicht gedient, weil Sand für Kristallglas nur 0,03 Proz. Eisenoxyd enthalten soll. Für den Eisengehalt der Glasschmelzsande kann etwa folgende Regel gelten²⁾:

Höchstens 0,03 Proz. Eisenoxyd für Kristallglas,			
bis etwa 0,1 „ „ „ Spiegelglas,			
„ 0,3 bis 0,5 „ „ „ gewöhnliches Hohlglas und Fensterglas,			
über 0,5 „ „ „ Flaschenglas und ähnliches ordinäres Glas.			

Andererseits wird auch ein kleiner Gehalt an anderen Nebenbestandteilen, wie Tonerde, Kalk, oft zu sehr gefürchtet. So haben die neueren Untersuchungen und Erfahrungen gezeigt, daß ein Gehalt von einigen Prozenten Tonerde für kein Glas schädlich, sondern eher nützlich ist (näheres s. Tonerde!); auch Kalk beeinträchtigt die Güte eines Glases nicht, weil ja fast alle Glasgemenge an sich Kalk enthalten; Magnesia ist erst in größerer Menge infolge Schwerschmelzbarkeit schädlich; ein Gehalt an Alkalien könnte nur erwünscht sein. Dagegen sollen nach Zschimmer kohlige Bestandteile sehr schädlich sein für seine oxydierend geschmolzenen Gläser, da sie „blasen“, d. h. das Glas gispig machen. Nachfolgend die Zusammensetzung einiger vor allem in Deutschland und Böhmen verwendeter Glasschmelzsande, meist nach eigenen Analysen des Verfassers.

Firma	Nivelsteiner Kristallsand extra	Dörentruper Kristallsand	Hohenbocker Sand (Gesellschaft für Glassandindustrie)	
			I. Qualität	II. Qualität
Bestandteile				
Glühverlust	—	0,080	—	—
Eisenoxyd	0,009	0,007	0,015	0,043
Tonerde	—	0,054	0,070	0,051
Kalk	0,010	0,002	—	0,024
Magnesia	0,006	—	—	0,014
Alkalien	—	—	—	0,030
Kieselsäure	99,975	99,850	99,825	99,838

¹⁾ Vgl. Springer, Welche Anforderungen werden an Glasschmelzsande gestellt? Ztschr. f. Steinbruch und Sandgrube 1921. — ²⁾ Vgl. R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Bd.

Im Gegensatz hierzu zeigten eine Reihe böhmischer Glasschmelzsande folgendes Untersuchungsergebnis:

Bestandteile	B	M	Q	W
Glühverlust	1,00	0,21	0,41	0,44
Eisenoxyd	0,07	0,04	0,02	0,07
Tonerde	0,33	0,30	0,30	0,28
Kalk (+ Magnesia) . . .	0,15	Spuren	0,25	Spuren
Alkalien	Spuren	—	Spuren	—
Kieselsäure	98,30	99,40	99,00	99,10

Wie man sieht, kommen einzelne dieser böhmischen Sande zwar den deutschen Glasschmelzsanden an Reinheit, vor allem im Eisengehalt nahe, so daß solche auch für rein weißes Kristallglas verwendet werden können. Aber diese reinen Sande sind in ihrem Vorkommen dort verhältnismäßig selten und knapp.

Die Zusammensetzung und Beschaffenheit der amerikanischen Glasschmelzsande ist aus zwei derartigen Abhandlungen nach Referaten in den Glastechnischen Berichten 1923, Nr. 4 und 5, von Swinne ersichtlich. Die zwei wichtigsten Sandvorkommnisse sind die von Ottawa (Illinois) und Rockwood (Michigan). Ersteres Vorkommen ist ein Sandstein, der aus runden Quarzkörnern besteht. Derselbe wird gesprengt und zerfällt leicht beim Eintauchen in Wasser; nach dem Absieben wird er geschlämmt und getrocknet. Die Zusammensetzung ist folgende im gewaschenen Zustand (in Klammern ungewaschen); 99,48 (98,47) Kieselsäure, Spuren (0,05) Titanoxyd, 0,16 (0,75) Tonerde, 0,02 (0,08) Eisenoxyd, 0,05 (0,08) Magnesia, 0,11 (0,21) Kalk, 0 (0,06) Kali, 0,13 (0,47) Glühverlust. Der für Glasschmelzzwecke dienende Sand hat folgende Korngröße: Über 1 mm 0,5 Proz., über 0,5 mm 21,6 Proz., über 0,25 mm 75,6 Proz., Rest 2,3 Proz. Das zweite Vorkommen ist jung und wurde 1918 ausschließlich für optisches Glas verwendet wie auch für die allgemeine Glasfabrikation; es ist ebenfalls ein Sandstein, der wie vorher aufbereitet wird und im ungewaschenen Zustand folgende Zusammensetzung hat: 98,00 Tle. Kieselsäure, Spur Titanoxyd, 0,13 Tle. Tonerde, 0,012 Tle. Eisenoxyd,

0,41 Tle. Magnesia, 0,72 Tle. Kalk (Strontian), 0 Tle. Alkalien, 0,89 Tle. Glühverlust. Die Siebanalyse des ungewaschenen Sandes ergab: Unter 1 mm, aber über 0,5 mm 2,5 Proz., über 0,20 mm 79,5 Proz., über 0,1 mm 18,0 Proz., Rest 0,3 Proz.

Die chemische Zusammensetzung anderer amerikanischer Sande¹⁾ ist:

Vorkommen	Kiesel-säure	Eisen-oxyd	Tonerde	Kalk (Magnesia)
Hancock	99,30	0,03	0,52	0,08
Greer	99,55	0,02	0,15	0,09
Shreveport	96,01	0,44	3,12	0,38
Roft	99,58	0,11	0,21	0,08
Hannover	97,71	0,15	0,76	1,40
Mapleton	99,76	0,07	0,14	—

Endlich spielt die Korngröße bei der Verwendung eines Sandes für die Glasschmelze eine wichtige Rolle. Zu grobe Körnung verzögert die Schmelze und gibt leicht „sandiges“ und „steiniges“ Glas; zu feinkörniger, mehrlartiger Sand (Kieselgur!) verstäubt leicht und scheint infolge Luft einschusses auch schwerer zu schmelzen. Im allgemeinen soll die Korngröße bei Sanden für Kristallglas wie überhaupt für die Schmelze im Hafenofer höchstens 1/2 mm betragen, bei der Schmelze von besserem Glase in Wannenöfen kann sie auf 1 1/4 bis 1 1/2 mm steigen, während für gewöhnliches Glas in Wannen der Sand und andere kieselsäurehaltige Stoffe oft noch in viel größerer Körnung verwendet werden. Die Korngröße verschiedener bewährter Glasschmelzsande ist aus untenstehender Tabelle nach eigenen Untersuchungen des Verf. ersichtlich.

Eine besondere Frage ist noch die Reinigung des Sandes. Dieselbe geschieht hauptsächlich in eigenen Sandwäschereien und Schlämmereien zur Beseitigung des Tongehaltes, womit meist auch ein größerer Eisengehalt entfernt wird, sowie von organischen, kohligen Stoffen.

¹⁾ Verf. erinnert sich, in einer Fachzeitschrift gelesen zu haben, daß die amerikanischen Glasschmelzsande sämtlich kleine Mengen von Kobaltoxyd enthalten, wovon aber hier keine Spur angegeben ist.

Siebweite bzw. Korngröße	a) Sande für feines Glas						b) Sande für gewöhnliches Glas					
	Dorentruper Sand		Hohenbockaer Sand		Sandgrube		Sand für gewöhnl. Hohlglas	Sande für Fensterglas		Hirschauer Sande		
	I	II	I	II	Mathilde	Gotthold		I	II	I	II	
Auf das 100-Maschensieb, Korn über 1 mm	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	
Auf das 625-Maschensieb, Korn 1,0 bis 0,4 mm	33	12	5	16	15	9	33	16	84	32	56	
Auf das 900-Maschensieb, Korn 0,4 bis 0,3 mm	23	46	42	43	25	52	8	9	7	29	21	
Rest unter 0,3 mm	44	42	53	41	60	39	58,5	65	9	39	23	

„Über Bestimmung und Beseitigung des Eisengehaltes in einem Glasschmelzsand“ hat der Verf. eine ausführliche Abhandlung veröffentlicht in den „Glastechnischen Berichten“ 1923, Heft 4. Ein sächsischer Glasschmelzsand, fast nur aus Quarz bestehend und von grauer Farbe, ergab bei einer ersten Untersuchung des Verf. etwa 0,04 Proz. Eisenoxyd und wurde daher als Sand zweiter Qualität bezeichnet gegenüber reinen Hohenbockaer Sanden mit nur etwa 0,02 Proz. Eisenoxyd. Es ergab sich die Frage, ob der Eisengehalt nicht durch irgend ein Verfahren stark herabgemindert werden könnte. Zunächst wurde eine Enteisenung des Sandes versucht mit Salzsäure, dann mit Blankit, einem Spezialpräparat der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen. Hierbei wird der Sand wohl oberflächlich weißer und damit auch eisenärmer; allein die Hauptmenge des Eisenoxys — etwa $\frac{4}{6}$ des gesamten Eisengehaltes — wird nicht herausgebracht, weil es im Kern der Quarzkörner vorhanden ist. Bei der Glasschmelze übt der gesamte Eisengehalt seine mißfärbende Wirkung aus.

Weiter war die Sandgrube auf den Gedanken gekommen, die Enteisenung durch Glühen des Sandes herbeizuführen, weil er hierbei eine viel weißere Farbe bekommt und ein anderes Laboratorium in einer solchen geglühten Probe nur mehr 0,02 Proz. Eisenoxyd fand. Allein der Verf. muß zunächst darauf hinweisen, daß dieser Analysenunterschied von der Ungenauigkeit der Bestimmungsverfahren bei solch kleinen Eisenmengen herrühren kann, ferner daß nach allen bisherigen Erfahrungen ein Sand durch bloßes Glühen an Eisenoxyd nicht wesentlich verliert. Trotzdem aber sollte der Sache auf den Grund gegangen werden, indem an verschiedenen ungeglühten und geglühten Proben dieses Sandes Eisenbestimmungen ausgeführt wurden. Überraschenderweise fand der Verf. hierbei zunächst eine Herabminderung des Eisengehaltes um etwa den vierten Teil bei den geglühten Proben. Nun wurden diese Untersuchungen in neuen Sandproben wiederholt. Während aber diesmal der Verf. keine wesentliche Herabminderung des Eisengehaltes feststellen konnte, fand ein anderes glastechnisches Speziallaboratorium, das um gleichzeitige Kontrollbestimmungen gebeten wurde, eine Verminderung des Eisengehaltes auf die Hälfte, dagegen konnte ein keramisches Speziallaboratorium keinen Unterschied feststellen. Eine Erklärung dieser Verschiedenheiten — etwa bloß durch die Verschiedenheit der Analysenverfahren — ist vorerst nicht möglich.

Weiter wurde vom Verf. selbst eine größere Probe des Sandes gebrannt und wieder auf den Eisengehalt geprüft. Während der Verf. wieder keinen wesentlichen Unterschied in der ungebrannten und gebrannten Probe feststellen konnte, vermochte diesmal das genannte glastechnische Laboratorium doch wieder einen größeren Unterschied zugunsten des gebrannten Sandes festzustellen. Dagegen fand

ein anderes Laboratorium keine Differenz. Endlich hat der Verf. mit dem gleichen Sand im ungebrannten und gebrannten Zustand eine Reihe von Glasschmelzversuchen im größeren Maßstab in einem industriellen Glasschmelzofen zur Herstellung von rein weißem Kristallglas angestellt; allein solches konnte nicht erzielt werden, was wohl ein sicherer Beweis dafür ist, daß der Sand nur von zweiter Qualität ist und auch durch Brennen in seinem Eisengehalt nicht wesentlich verbessert werden kann.

2. Natron. Das billigste Natron liefernde Rohmaterial wäre das Chlornatrium in Form des Steinsalzes; es kann aber nicht verwendet werden, weil es mit Sand usw. nicht verglast. Es schmilzt zwar schon bei 800°, scheidet sich aber dann beispielsweise als Galle ab, oder verdampft größtenteils, weshalb es manchmal als Läuterungsmittel verwendet wird. Es tauchten zwar auch in der letzten Zeit wieder „Sodakompositionen“ auf, welche als wesentlichen Bestandteil das Chlornatrium enthielten¹⁾; allein man hat nichts davon gehört, daß mit denselben günstige Erfahrungen gemacht worden wären. Für die Glasschmelze wird das Natron meist mit Sulfat (Glaubersalz) oder Soda eingeführt.

Das Glaubersalz wird in Form des kristallisierten Sulfats verwendet; wasserhaltiges, kristallisiertes Salz ist nicht im Gebrauch, weil es sich nicht so fein mischen läßt und weil die Verdampfung des Wassers unnötig viel Wärme verbraucht; zudem müßte über die doppelte Menge mehr gemessen werden. Es zieht aber das wasserfreie Sulfat besonders bei längerer und feuchter Lagerung leicht Wasser an und backt schon bei wenigen Prozenten zu harten Knollen zusammen. Über die Zersetzung des Sulfats unter dem Einfluß der Schmelzkohle siehe frühere Auflage und später beim Schmelzprozeß! Für die Herstellung eines möglichst weißen Glases soll das Glaubersalz möglichst eisenarm sein, wie es vor allem für das Bleipfannensulfat und das Hargreavesche Sulfat der Fall ist (0,01 bis 0,03 Proz. Fe_2O_3).

Die Soda kommt heutzutage meist in sehr reiner Zusammensetzung, nach dem Solvayverfahren hergestellt, im Handel vor, während Leblancsoda kaum mehr im Gebrauch ist. Wasserhaltige Kristallsoda wird aus den gleichen Gründen wie das kristallisierte Glaubersalz nicht verwendet. Dagegen befindet sich im Handel eine Solvaysoda mit einem absichtlichen Zusatz von 8 bis 10 Proz. Sulfat, welche deswegen besser schmelzen und läutern soll (siehe Pottasche!). Endlich hört man oft von leichter und schwerer Soda sprechen, worüber in der Glasindustrie oft große Unklarheit herrscht. Falsch ist es, unter leichter Soda nur die Solvaysoda, unter schwerer Soda nur die Leblancsoda zu verstehen; die Unterscheidung gründet sich vielmehr auf die richtige Schwere (Volumgewicht) der

¹⁾ Springer, Sodakomposition und Steinsalz bei der Glasschmelze, im Sprechsaal 1920, Nr. 30.

einzelnen Sodaarten, und zwar ist eine Soda um so schwerer, je höher sie gebrannt ist. Das Litergewicht schwankt zwischen 0,7 bis 1,5 kg, wenn man die Probe gerüttelt voll einfüllt (bei loser Füllung 0,5 bis 1,0); in der chemischen Zusammensetzung braucht kein Unterschied vorhanden zu sein. Doch schmilzt die schwere Soda besser, weshalb für die Glasschmelze vielfach eine „extra schwere Glassoda“ hergestellt wird. Zwei Proben Bernburger Solvaysoda haben nach eigener Angabe der Firma folgende Zusammensetzung, ihr Volumgewicht betrug nach Bestimmungen des Verfassers:

Bestandteile bzw. Volumgewicht	Leichte Soda	Schwere Soda
Kohlensaures Natron . . .	99,08	98,96
Schwefelsaures Natron . . .	—	0,10
Chlornatrium	0,85	0,81
Unlöslicher Rückstand . . .	0,07	0,13
Volumgewicht, gerüttelt voll	0,738	1,180
„ lose eingefüllt	0,535	0,885

In den letzten Jahren kommt die afrikanische Magadisodaasche in den Handel, eine aus einem Sodasee gewonnene und kalzinierte Soda von hohem Prozentgehalt (58° Alkali = 98 Proz. kohlensaures Natron) und sehr geringen Nebenbestandteilen, außer etwas auf dem Transport angezogener Feuchtigkeit. Zwei besonders auf ihre Brauchbarkeit für die Glasschmelze untersuchte Proben dieses Materials hatten folgende Zusammensetzung:

Bestandteile	Muster I	Muster II
Feuchtigkeit	7,5	11,0
Unlöslicher Rückstand . .	0,4	0,2
Eisenoxyd	0,013	0,015
Chlornatrium	0,12	0,16
Schwefelsaures Natron . .	—	Spuren
Kohlensaures Natron . . .	91,8	88,6
Schwere (Dichte)	1,10	1,25

In der äußeren Beschaffenheit erwiesen sich beide Proben als gelblichgraue, ziemlich schwere, etwas grobkörnige Pulver. Wenn man von dem jedenfalls zum größeren Teil während der Mustersendung angezogenen Wassergehalt absieht, dann ist die Sodaasche etwa 99 Proz. Ihre Nebenbestandteile sind sehr gering, wenn auch der Eisengehalt bei ganz reiner Soda für reinweißes Glas 0,010 Proz. nicht übersteigen soll. Immerhin ist vor der Verwendung ein Schmelzversuch zu empfehlen.

Die Frage des Sodaersatzes spielt jetzt keine so große Rolle mehr wie während des Weltkrieges¹⁾. Die meisten der damaligen Sodaersatzmittel waren Glaubersalz, allenfalls besondere Sodakompositionen (s. Chlornatrium), auch Sulfat-Wasserglasmischungen als Alkalienersatz²⁾ wurden angeboten.

¹⁾ Springer, Sodaersatz, Die Glashütte 1916, Nr. 25/26, und Keram. Rundschau 1916, Nr. 27. —

²⁾ Springer, Sulfat-Wasserglasmischungen als Alkalienersatz in Glassätzen, Sprechsaal 1920, Nr. 3.

Dagegen war die Frage „Soda oder Sulfat?“¹⁾ bzw. die völlige Verdrängung des Sulfats durch Soda vor dem Kriege sehr in Fluß geraten, weil eine große Anzahl von Gründen, wie der hinsichtlich des höheren Natrongehaltes der Soda, der oft gar nicht große Preisunterschied besonders auf den gleichen Natrongehalt berechnet, die kürzere und bequemere Schmelze und damit verbundene Kohlenersparnis, die bessere Haltbarkeit der Schmelzgefäße sehr zugunsten der Soda sprechen. Deshalb sollte jeder Glasfabrikant nach Möglichkeit das Sulfat vollständig durch Soda ersetzen.

3. Kali. Zur Einführung desselben in das Glas wird fast ausschließlich kohlen-saures Kali, das ist Pottasche, verwendet, und zwar ist in unseren Gegenden die Holzpottasche selten mehr im Gebrauch, wohl aber noch häufig die Melassepottasche, welche meist einen größeren Gehalt an kohlen-saurem Natron aufweist, noch mehr jedoch die Staßfurter Mineralpottasche, welche meist frei von Soda in zwei Sorten geliefert wird, nämlich einerseits als kalzinierte Pottasche, etwa 97 bzw. 99 Proz. und meist nur etwas Chlorkalium als Nebenbestandteil enthaltend, andererseits als kristallisierte Hydratpottasche mit 17 bis 20 Proz. Kristallwasser.

Aus der jüngsten Zeit sind dem Verfasser folgende Analysen von Neustaßfurter Pottaschen bekannt geworden:

Bestandteile	Hydratpottasche 83/85 Proz.	Kalzinierte Pottasche 96/98 Proz.	Sodahaltige Pottasche 80 Proz.
Kohlens. Kalium	83,27	97,55	80,39
Chlorkalium	0,22	0,90	2,56
Schwefels. Kalium	0,05	0,05	0,14
Kohlens. Natron	0,06	0,09	15,19
Wasser	16,40	1,41	1,72

(Die für die Kristallglasschmelze wichtige Angabe des Eisengehaltes fehlt hier.)

Zahlreiche vom Verfasser selbst untersuchte Pottascheproben hatten ähnliche Ergebnisse. Als Beispiel sei hier nur eine sogenannte Alabasterpottasche genannt, die sich zur Herstellung von Alabasterglas besonders eignen soll; ihre Zusammensetzung war:

Unlöslicher Rückstand	0,3 Proz.
Schwefelsaures Kalium	2,4 „
Chlorkalium	4,1 „
Tonerde und Kalk	0,4 „
Phosphorsaures Kalium	Spuren „
Kohlensaures Kali und Natron	63,4 „
(Nicht separat bestimmt)	
Wasser (Feuchtigkeit)	28,8 „

Warum sich diese Pottasche zur Herstellung von Alabasterglas besonders eignen soll, ist nicht recht einzusehen, es müßte denn sein, daß der hohe Gehalt an Chlorkalium infolge unvollständiger Verdampfung eine trübende Wirkung ausübt.

¹⁾ R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Bd., und eine ausführliche Diskussion im Sprechsaal 1914, Nr. 43—52.

Bei der Bewertung einer Pottasche für die Glasschmelze ist besonders ihre starke Feuchtigkeitsanziehung zu beachten, aber auch ihre Nebenbestandteile, wie Soda, Chlorkalium und Kaliumsulfat. So kann der merkwürdige Fall eintreten, daß z. B. sogenannte 97proz. sehr reine Mineralpottasche schwerer schmilzt als eine ebenfalls 97proz. Melassepottasche, weil letztere 10 bis 14 Proz. Soda enthält, die bekanntlich leichter schmilzt als Pottasche. Ebenso kann die reine Pottasche schlechter läutern, weil ihr die größeren Mengen von Chloriden und Sulfaten fehlen (das gleiche kann auch für Soda gelten¹⁾. Verfasser passierte folgender Fall: Eine Fabrik wußte beim Wechsel von Melassepottasche zu kalzinierter Mineralpottasche trotz aller Mittel kein blankes Glas zu bekommen. Nun wurde geraten, zunächst von der Mineralpottasche einige Kilogramm weniger, dafür einige Kilogramm Sode mehr zu nehmen; allein das genügte noch nicht, erst als auf 100 kg Sand noch etwa 1½ kg Kochsalz oder Glaubersalz zugesetzt wurden, resultierte ein gut läuterndes Glas.

4. Kalk wird heutzutage meist als kohlen-saurer Kalk in Form seiner verschiedenen natürlichen Vorkommen für die Glasschmelze verwendet. Abgesehen von den anderen Nebenbestandteilen, wie Tonerde und Magnesia, die ähnlich wie beim Sande zu beurteilen sind, ist sein Eisengehalt von Bedeutung²⁾. Guter Kalkspat für rein weißes Glas enthält nicht mehr als 0,1 Proz. Eisenoxyd, in den besten Sorten findet man oft bloß 0,03 bis 0,06 Proz. Eisenoxyd. Manchmal ist ein Kalk ziemlich stark gelblich bis bräunlich gefärbt, scheinbar von höherem Eisengehalt; die Untersuchung ergibt jedoch, daß er nur wenig Eisen enthält, sondern kohlige (organische) Substanzen, er brennt sich rein weiß und liefert ein tadelloses Kristallglas. Hier sei noch auf den Umstand hingewiesen, daß die Schmelzbarkeit eines Kalkes nicht bloß von der chemischen Zusammensetzung abhängig ist, sondern auch von der mineralogischen Beschaffenheit und der Mahl-

feinheit, wie Verfasser an mehreren Fällen praktisch erleben konnte¹⁾. Nach seinen Untersuchungen beträgt die Mahlfeinheit einiger bei der Glasschmelze gut bewährter Kalkspatsorten (siehe vorst. Tabelle).

Nach eigenen Untersuchungen des Verfassers (l. c.), sei hier noch die Zusammensetzung einiger vor allen in der deutschen Glasindustrie verwendeten Kalksorten mitgeteilt. Ein gutes, eisenarmes Marmormehl einer Dresdener Firma hatte folgende Bestandteile:

Calciumoxyd = 96,4 kohlen-s. Kalk . . .	53,26	Proz.
Unlös. Rückstand samt Tonerde + Eisen .	2,84	"
Hiervon an Eisenoxyd	0,028	"
Gips (keine Magnesia)	Spuren	"

Ein Kalkspat aus dem Rheinland erwies sich zwar als nicht besonders hochprozentig, jedoch auch noch von ziemlich geringem Eisengehalt; die Analyse ergab:

Calciumoxyd = 92,90 Proz. kohlen-s. Kalk .	52,0	Proz.
Rückstand + Tonerde (haupts. Quarz) . .	4,05	"
Hiervon an Eisenoxyd	0,053	"
Feuchtigkeit	etwa 3,0	"

Der Kalk eines bayerischen Spiegel- und Tafelglaswerkes zeigt folgende Bestandteile:

Unlöslicher Rückstand	2,21	Proz.
Tonerde (+ Eisenoxyd)	0,60	"
Insgesamt Eisenoxyd	0,15	"
Glührückstand	56,84	"
Calciumoxyd = 96,4 Proz. kohlen-saurer Kalk		
also etwa	54,00	"

Eine spätere Lieferung für die gleiche Firma erwies sich von ähnlicher Beschaffenheit, allerdings zeigte sie einen größeren unlöslichen Rückstand von etwa 6 Proz., trotzdem aber sogar etwas weniger Eisenoxyd von nur etwa 0,1 Proz.

Zwei magnesiahaltige Marmormehle aus Landeshut und Tschirnhaus ergaben folgendes Resultat:

	Landeshut Proz.	Tschirnhaus Proz.
Unlöslicher Rückstand	2,17	2,08
Tonerde + Eisenoxyd	2,74	0,17
Hiervon an Eisenoxyd allein	0,14	0,08
Calciumoxyd	30,22	52,84
Magnesiumoxyd	20,33	3,62
Glühverlust (haupts. Kohlen-säure)	45,32	42,80

Eine bayerische Kristallglasfabrik ließ es sich besonders angelegen sein, einen möglichst eisenfreien, aber dabei auch möglichst billigen Kalkspat zu beziehen. Bis in die letzten Jahre hatte sie immer böhmisches Marmormehl aus Hohenelbe bei Prag bezogen und mit demselben nur gute Erfahrungen gemacht; allein wegen der hohen Fracht sollte nunmehr einheimisches, möglichst bayerisches Material verwendet werden (Analyse s. später).

¹⁾ Springer, Der Kalk als Glasschmelzmaterial, Sprechsaal 1923, Nr. 18.

Bezeichnung	Es verbleiben an Rückstand auf dem		Rest Proz.
	625-Maschensieb	900-Maschensieb	
Rheinisches Marmormehl	—	1,0	99,0
Kalkspat von Hohenelbe b. Prag	5,0	7,0	88,0
Kalkspat v. Marktredwitz (Bayern)	2,5	3,0	94,5
Kalkspat Ia v. Wunsiedel (Bayern)	10,0	11,0	79,0
Kalkspat IIa v. Wunsiedel (Bayern)	5,0	8,5	86,5
Marmormehl unbek. Herkunft	6,0	2,5	91,5

²⁾ Springer, Was ist beim Wechsel von Pottasche und Soda zu beachten?, Sprechsaal 1919, Nr. 39.

Eine erste Musterprobe, deren Herkunft dem Verfasser unbekannt blieb, zeigte bei einer bloß vergleichenden Eisenprüfung etwa achtmal soviel Eisen wie der bisherige Kalk und enthielt viel mehr unlöslichen Rückstand (etwa 6 Proz.).

Nun wurden von einer Leipziger Firma zwei Musterproben eingeholt und untersucht; sie zeigten folgende Zusammensetzung:

	Probe a Proz.	Probe b Proz.
Unlöslicher Rückstand samt Tonerde (+ Eisen)	5,01	8,10
Hiervon an Eisenoxyd allein	0,10	0,11
Kohlensaurer Kalk	92,43	91,19
Kohlensaure Magnesia	2,61	0,71

Eine vergleichende Prüfung zeigte, daß auch der Eisengehalt dieser Proben etwa $2\frac{1}{2}$ - bis 3 mal so groß war wie im böhmischen Kalk, der einen Gehalt von nur etwa 0,04 Proz. Eisenoxyd zeigte.

Hierauf wurden zwei Muster einer Marktreidwitzer Firma geprüft. Allein die erste Probe zeigte folgende Zusammensetzung:

Unlös. Rückstand samt Tonerde + Eisenoxyd	18,16 Proz.
Hiervon an Eisenoxyd allein	0,5 "
Calciumoxyd = 81,06 kohlen. Kalk	45,42 "

Es handelt sich also um einen sehr niedrigprozentigen Kalk, der vor allem infolge seines hohen Eisengehaltes, dann auch wegen seiner vielen Nebenbestandteile für Kristallglas nicht brauchbar ist; für anderes Glas mußte seine Zusammensetzung wohl in Rechnung gezogen werden. Eine zweite Probe zeigte wohl einen viel geringeren Rückstand, aber immerhin auch noch etwa 0,12 Proz. Eisenoxyd.

Eine Probe einer Penziger Firma zeigte folgende Zusammensetzung:

Unlöslicher Rückstand + Tonerde	2,7 Proz.
Eisenoxyd	0,08 "
Calciumoxyd = 96,8 Proz. kohlen. Kalk	54,0 "
Glühverlust (Kohlensäure)	42,9 "

Dieser Kalk kann, wenn auch noch nicht als Ia, so doch als mittlere Qualität speziell für Kristallglas angesprochen werden.

Nun wurden unter dem Hinweis, daß möglichst eisenfreier Kalkspat benötigt wird, nochmals Offerten von der Marktreidwitzer Firma eingeholt. Zuerst wurden drei Muster gesandt, die nur einer einfachen Untersuchung unterzogen wurden; während zwei Proben wieder ziemlich viel unlöslichen Rückstand und 0,11 bis 0,14 Proz. Eisenoxyd ergaben, zeigte eine Probe wenig Rückstand und nur 0,07 Proz. Eisenoxyd. Endlich ergab eine letzte Probe, als „Ia Marmoralkspat, Calc. carbonic., besonders rein“ bezeichnet, nur wenig unlöslichen Rückstand und insbesondere nur 0,048 Proz. Eisenoxyd.

Bei einem zur gleichen Zeit als Waggonlieferung erhaltenen böhmischen Kalkspat von Hohenelbe ergab die Analyse:

Unlöslicher Rückstand + Tonerde	1,28 Proz.
Eisenoxyd	0,029 "
Calciumoxyd } 98,98 kohlen. Kalk {	55,88 "
Glühverlust }	43,10 "

Vergleicht man die beiden Kalkproben, so muß man sagen, daß das letzte Muster von Marktreidwitz dem böhmischen Kalk an Reinheit fast gleichkommt und jedenfalls für Kristallglas auch gut brauchbar ist.

Von sehr großer Reinheit ist der jetzt auf bayerischen Kristallfabriken viel verwendete „Ulmer Kalk“ (Deutsche Terrazzo-Gesellschaft in Ulm a. D.). Nach den Angaben der Firma enthält er laut fünf verschiedener Analysen 99,6 bis 99,8 Proz. kohlensauren Kalk. Eine vom Verfasser ausgeführte Analyse von der Sendung an eine Glasfabrik, die allerdings ziemlich feucht war — etwa 5 Proz. Feuchtigkeit —, ergab in der getrockneten Substanz:

Kohlensaurer Kalk	99,02 Proz.
Schwefelsaurer Kalk	0,25 "
Rückstand + Tonerde	0,62 "
Eisenoxyd	0,04 "

Vgl. noch ein Referat im Sprechsaal 1924, Nr. 39 über die Zusammensetzung amerikanischer Kalke und die Ansprüche der dortigen Industrie an diese Materialien.

5. Baryt wird heutzutage verhältnismäßig selten verwendet, weil er wesentlich teurer ist als Kalk und außerordentliche Vorzüge vor demselben nicht voraus hat; er macht zwar das Glas leichter schmelzbar und dünnflüssiger sowie glänzender, weshalb er oft für Preßglas verwendet wird, sonst nur zu einigen Spezialgläsern. Auf jeden Fall wird hierbei immer kohlensaurer Baryt, künstlicher oder natürlicher Witherit, nie schwefelsaurer Baryt (Schwerspat) gebraucht. Benrath hat eingehende Studien über die Verwendung des Baryts für die Glaschmelze gemacht, neuerdings im Anschluß an dessen Versuche der Verfasser selbst¹⁾ im industriellen Glasofen mit folgenden Ergebnissen: Ersetzt man in normalen Gläsern den Kalk vollständig durch die entsprechende, das ist die doppelte Menge Baryt, so wird das Gemenge bedeutend leichter schmelzbar und läutert ausgezeichnet. Nimmt man dann weniger Alkalien, so ist das Glas auch noch gut schmelzbar, neigt aber zur Steinebildung. Nimmt man noch mehr Baryt und weniger Alkalien, so erhält man noch gut schmelzende und läuternde Gläser, besonders mit Soda. Ersetzt man den Kalk teilweise durch Baryt, so schmilzt das Glas entweder gleich gut oder höchstens etwas schwerer, zeigt aber immer viel bessere Läuterung. Eine Alkaliersparnis kann man nur dann erzielen, wenn man reine Barytgläser ohne Kalk schmilzt, oder wenn man einen

¹⁾ Springer, Über Baryt beim Glasschmelzprozeß in Österreichs Glasindustrie 1918, Nr. 8 bis 10.

Teil des Kalkes durch die doppelte und gleichzeitig die Alkalien durch die gleiche Gewichtsmenge Baryt ersetzt.

6. Bleioxyd wird heutzutage fast ausschließlicly als Mennige in den Glassatz eingeführt, weil sie reiner, d. h. besonders frei von metallischem Blei hergestellt werden kann gegenüber Bleiglätte; früher glaubte man, die Mennige besonders auch wegen ihrer Sauerstoffentwicklung bei der Bleiglasschmelze zwecks Verhinderung von Bleireduktionen verwenden zu müssen, allein dieser Sauerstoff entweicht schon bei sehr niedriger Temperatur am Anfang des Schmelzprozesses, so daß er später nicht mehr zur Wirkung kommt.

„Über die Verflüchtigung von Bleioxyd bei der Glasschmelze“ wurden Versuche in Amerika gemacht, aber nur eine sehr geringe Verflüchtigung festgestellt (siehe Sprechsaal 1924, Nr. 2).

Speziell für Kristallglas und optisches Glas muß die Mennige sehr rein sein, insbesondere auch frei von färbenden Metalloxyden wie Eisen- und Kupferoxyd (auch Nickel- und Kobaltoxyd wären möglich); dagegen hat man früher einen übertrieben hohen Wert auch auf Reinheit von Antimon- und Wismutoxyd gelegt, es färben jedoch diese Oxyde die technischen Gläser auch in größerer Menge nicht (siehe später über Antimonoxyd)!

Nachfolgend einige Beispiele von den vielen eigenen Untersuchungen des Verfassers aus der letzten Zeit¹⁾.

Eine erste Probe einer Mennige, welche grünlich-blaues Kristallglas lieferte, ergab bei der Untersuchung 2,5 Proz. Rückstand und 0,15 Proz. Eisenoxyd. Eine auf Reklamation bei der chemischen Fabrik gelieferte neue Mennige zeigte keinen unlöslichen Rückstand und nur 0,018 Proz. Eisenoxyd, ergab dann auch rein weißes Glas. — In einem anderen Falle handelte es sich um ein Produkt von sehr hellroter Farbe und grobschuppiger Beschaffenheit; es war aber trotzdem hochprozentig (etwa 97 Proz. Mennige) ohne wesentliche Nebenbestandteile (auch nur 0,02 Proz. Eisenoxyd).

Weiter zeigte sich in einer Kristallglashütte, daß drei Fässer Mennige ein stark bläulich gefärbtes Glas lieferten, das nicht rein weiß zu bekommen war. Die drei Mennigeproben waren in der äußeren Beschaffenheit hellrot, ihre Pulver ohne wesentlichen Unterschied. Dagegen zeigte die chemische Analyse folgendes Bild:

Muster	Rückstand Proz.	Eisenoxyd Proz.	Mennige Proz.
I	Spuren	0,005	99,7
II	gering	0,007	99,3
III	0,9	0,350	96,5

¹⁾ Springer, Über Bleimennige und Bleiglas, Sprechsaal 1924, Nr. 34 u. 35.

Während also Muster I und II sehr hochprozentige und reine Materialien waren, erwies sich Muster III als niedrigprozentig und vor allem stark eisenhaltig, so daß mit ihm unmöglich ein farbloser Bleikristall zu erzielen war.

Der Merkwürdigkeit halber sei noch erwähnt, daß eine Glasfabrik ein großes Quantum Mennige für die Bleiglasschmelze billig erworben hatte. Allein die chemische Untersuchung ergab, daß das Produkt stark mit Barytweiß (schwefelsaurer Baryt) versetzt war, und zwar fanden sich neben 17,5 Proz. Bleioxyd etwa 78 Proz. Barytweiß. Ein solches Material ist selbstverständlich für die Glasschmelze nicht brauchbar, ja nicht einmal als Anstreichmennige zu bezeichnen, da dieselbe meistens nur etwa 25 Proz. Barytweiß enthält.

7. Zinkoxyd wird nur in Form von Zinkweiß verwendet und im allgemeinen nur für Spezialgläser (chem. Geräte, Thermometer, Wasserstandsgläser usw.), weil es das Glas chemisch und thermisch sehr widerstandsfähig macht; sonst ist es ziemlich schwer schmelzbar, es macht zwar das Glas etwas glänzender wie Kalk, erreicht aber nicht das Bleioxyd.

Vgl. noch „Zinkoxyd in der Glasindustrie“ von W. Schmidt in der keramischen Rundschau 1924, Nr. 21.

8. Boroxyd wird in Form von wasserhaltiger bzw. kalzinierter Borsäure oder desgleichen Borax in das Glas eingeführt, wobei natürlich in letzterem Falle auch Natron hineinkommt. Boroxyd macht das Glas leichter schmelzbar, wirkt der Entglasung entgegen, verleiht dem Glase größeren Glanz, erhöht in nicht zu großer Menge die chemische Haltbarkeit, macht es besonders widerstandsfähig gegen plötzlichen Temperaturwechsel und gestattet eine leichte Anpassung der Überfanggläser; endlich hat es besondere Eigenschaften in optischen Gläsern hinsichtlich Brechung und Zerstreuung des Lichts. Aus diesen Gründen verwendete man Borsäure und Borax früher häufig für Kristallglas, was aber heutzutage wenig mehr geschieht, außer für Überfanggläser; jetzt gebraucht man diese Materialien hauptsächlich nur noch für chemische und physikalische Spezialgläser, weil Borsäure hochsilicierte, alkaliarme, für diesen Zweck besonders günstige Gläser herzustellen gestattet (s. Spezialgläser), außerdem noch für optisches Glas und in kleinen Mengen für Glasmalerfarben.

9. Magnesia wird selten dem Glassatz absichtlich zugesetzt, außer manchmal bei Spezialgläsern, bildet aber einen nicht unwesentlichen Bestandteil vieler gewöhnlicher Gläser, besonders Flaschen, in welche sie mit dolomitischem Kalk und Gesteinen hineinkommt. In nicht zu großen Mengen (bis zu etwa 5 Proz.) wirkt sie nur günstig auf die mechanischen und chemischen Eigenschaften des Glases, in größerer Quantität erschwert sie die Schmelzbarkeit und Läuterung.

Eine ausführliche Darstellung über die sogenannten selteneren Glasoxyde, nämlich Baryt, Borsäure, Zinkoxyd, Magnesia und die nachher noch zu besprechende Tonerde, findet sich in der Abhandlung „Die Verwendung der seltenen Glasoxyde in der Glasfabrikation“ von Dr. L. Springer im Sprechsaal 1913, Nr. 32—35.

10. Tonerde und natürliche Silikate (Gesteine). In früheren Zeiten wurde die Tonerde nie absichtlich ins Glas eingeführt, sondern kam in dasselbe durch die Verwendung von tonerdehaltigen Gesteinen bei gewöhnlichem Glas. Heutzutage setzt man Spezialgläsern, besonders chemischem Geräteglas, oft absichtlich eine größere Menge Tonerde zu und verwendet hierbei auch manchmal reine kalzierte Tonerde oder Tonerdehydrat, häufiger aber Kaolin und Feldspat oder aber wie seit alters tonerdehaltige Sande und Gesteine. Im Gegensatz zu früheren teilweise irrigen Anschauungen über die Wirkung der Tonerde im Glassatz bzw. im Glase geht die moderne Ansicht dahin, daß die Tonerde das Glas widerstandsfähig macht gegen Chemikalien (daher Verwendung für Flaschenglas, Geräteglas usw.) und der Entglasung und somit dem Rauh- und Mattwerden des Glases entgegenwirkt [bekanntes Beispiel das Thüringer Glas, welches seine gute Verarbeitungsfähigkeit, besonders die Nichtentglasung vor der Lampe dem Tonerdegehalt (3,66 Proz.) des Martinrodaer Sandes verdankt]; andererseits macht Tonerde in größerer Menge das Glas schwer schmelzbar, dagegen soll sie in kleinen Mengen sogar die Schmelzbarkeit erleichtern, was eine Untersuchung „Über den Einfluß von Tonerde auf die Schmelzbarkeit von Gläsern“ von Dr. F. Singer (Keram. Rundschau 1915, Nr. 12, 18) beweisen will. Singer hat zahlreiche Probeschmelzen gemacht mit zwei tonerdehaltigen Pegmatiten, das ist ein alkali- und tonerdehaltiger „Sand“, und dabei gefunden, daß Gläser bis zu einem gewissen niedrigen Tonerdegehalt leichter schmelzen als tonerdefreie Gläser, wodurch man verhältnismäßig mehr Kalk und Sand einführen und an den teureren Alkalien sparen kann. — Dr. L. Springer spricht dagegen die Meinung aus (Entgegnung in der Keram. Rundschau 1915, Nr. 45); daß die leichtere Schmelzbarkeit dieser Gläser nicht durch die Einführung der Tonerde verursacht wird, sondern durch die Verwendung von Pegmatit statt Sand, welcher ersterer an sich leichter schmilzt und einen gewissen Alkaligehalt hat. Diesen Ausführungen hält aber F. Singer entgegen, daß Tonerde bis zu einem gewissen Grade den Schmelzpunkt des Sandes erniedrigt, und gibt in einer neuen Abhandlung in der Keram. Rundschau 1917, Nr. 23 ff., eine Beschreibung weiterer Versuche; dieselben wurden nicht mehr mit Pegmatit, sondern mit Tonerde selbst und Kaolin ausgeführt. Es wurde wieder beobachtet, daß die tonerdefreien Versätze am schwersten schmolzen, während Tonerde bis zu einer gewissen Höchstmenge das Glas leichter schmelzbar macht.

In einer letzten Abhandlung von Dr. L. Springer in der Keram. Rundschau 1917, Nr. 48, bis 1918, Nr. 1 über das gleiche Thema werden Glasschmelzversuche mit tonerdehaltigen Stoffen in einem industriellen Glasofen beschrieben. Unter Zugrundelegung der Singerschen Versätze wie auch anderer Sätze wurden viele Schmelzen mit Kaolin und Tonerdehydrat ausgeführt. Als Gesamtergebnis der Schmelzversuche stellten sich heraus: Beim Normalglas und einem weichen Fabrikglassatz, ferner einem Spezialglas wurde mit Kaolin und Tonerde im Gegensatz zu Singer schwerere Schmelzbarkeit und schlechtere Läuterung festgestellt; dagegen wurde bei einem kalkreichen Glas durch wenig Kaolin oder Tonerde die Schmelzbarkeit erleichtert. Mit Pegmatit wurde bei zwei Versuchen eine schwerere Schmelzbarkeit festgestellt, in einem Falle schmolz es gleich gut, in einem anderen Falle sogar etwas besser. Daraus ergibt sich, daß die Schmelzbarkeit tonerdehaltiger Gläser nicht einem bestimmten Gesetz folgt, sondern von mannigfaltigen Umständen, vor allem auch den Glassätzen, abhängig ist.

Ein besonderer Artikel, „Ersparnis von Alkalien durch alkalihaltige Gesteine bei der Glasindustrie“, erschien vom Verfasser in der Keram. Rundschau 1920, Nr. 24. Um größere Mengen von Tonerde und somit von alkalihaltigen Gesteinen, die ja immer auch einen größeren Tonerdegehalt aufweisen, ins Glas einzuführen, ist der Verfasser folgender Ansicht: Es muß entsprechend dem Tonerdegehalt des Gesteins weniger Kieselsäure (Sand) genommen werden, vielleicht könnte auch mit dem Kalk zurückgegangen werden, obwohl Schmelzversuche eher für das Gegenteil sprechen; oder es muß beim Ersatz des Sandes durch tonerdehaltige Gesteine die Tonerde auch noch zur Kieselsäure gezählt werden, um einen gewissen Ausgleich in der Schmelzbarkeit zu schaffen. Die Güte des Glases kann hierunter nicht wesentlich leiden, weil ja auch z. B. in den Flaschengläsern bei erhöhtem Tonerdegehalt mit der Kieselsäure zurückgegangen wird. Praktisch kann der gegenseitige Ersatz von Kieselsäure und Tonerde im absoluten Gewichtsverhältnis versucht werden. Weiter wird dann an einigen Schmelzversuchen, die im industriellen Glasofen durchgeführt wurden, die Verwendung eines Gesteins gezeigt, und zwar eines Pegmatits von der annähernden Zusammensetzung: 76 Proz. Kieselsäure, 13 Proz. Tonerde, 10 Proz. Alkalien (Kali und Natron), dazu kleine Mengen Kalium, Magnesia und Eisenoxyd, welche hier nicht berücksichtigt wurden.

Beim Ersatz im angegebenen Verhältnis schmilzt der Satz mit Pegmatit und $\frac{1}{3}$ weniger Soda ebenso gut wie im Sand, dagegen scheint sich die Läuterung etwas zu verzögern. Die Verarbeitungsfähigkeit der Gläser müßte noch genauer ausprobiert werden. Es steht also der Verwendung solcher Materialien nichts im Wege, nur dürfen sie nicht zu viel Eisen enthalten und infolge der nötigen Feinmahlung nicht zu teuer kommen.

In einer Abhandlung im Sprechsaal 1920, Nr. 22, „Phonolith in der Glasfabrikation“, wird vor allem auf den Phonolith der Chemischen Fabrik Rhenania A.-G., Aachen, zwecks Alkaliersparnis aufmerksam gemacht. Derselbe enthält als Hauptbestandteile: 24,0 Proz. Tonerde, 2,3 Proz. Eisenoxyd, 1,5 Proz. Kalk und Magnesium, 9,5 Proz. Kali, 8,1 Proz. Natron, 50,3 Proz. Kieselsäure, 3,2 Proz. Wasser. 100 kg Phonolith ersetzen also zunächst etwa 50 kg Sand und 36 kg Sulfat bzw. 27 kg Soda.

Im Vergleich zum Gemenge ohne Phonolith ist eine ganz erhebliche Alkaliersparnis eingetreten. Die chemische Zusammensetzung dieser Gläser ist ebenfalls berechnet.

„Der Einfluß der Tonerde auf die Schmelzbarkeit von Gläsern“ findet eine abermalige ausführliche Besprechung von Obergeringenieur Meier, Solln-München, in der Keram. Rundschau 1920, Nr. 27 ff., und zwar hauptsächlich in Form einer kritischen Würdigung der früheren diesbezüglichen Arbeiten und Veröffentlichungen von Singer und Springer.

Weiter findet sich zu diesem Thema ein Artikel unter der Überschrift „Arzneiflaschenglas“ von Dr. H. Kühl, Kiel, in der Glashütte 1923, Nr. 29 u. 30. Nachdem zunächst die Anforderungen aufgezählt werden, welche an ein gutes Arzneiflaschenglas zu stellen sind, wird für dessen Herstellung ein Phonolith aus der Eifel, der von der Rhenania, Verein chemischer Fabriken, in den Handel gebracht wird, empfohlen. Die Zusammensetzung dieser vulkanischen Lava ist folgende: 50,3 Proz. Kieselsäure, 24,0 Proz. Tonerde, 2,3 Proz. Eisenoxyd, 1,2 Proz. Kalk, 1,3 Proz. Magnesia, 9,5 Proz. Kali, 1,2 Proz. Natron.

Ein Glassatz mit größeren Mengen Phonolith gibt nun kein weißes, sondern das für Arzneiflaschen meist erwünschte braune Glas, wenn man statt Soda das Glaubersalz und etwas Kohle verwendet. Was aber die Schmelzbarkeit des Phonoliths betrifft, so wirkt er trotz seines hohen Tonerdegehaltes, eben wegen seines vielen Alkalis, geradezu als Flußmittel. Zwei Glassätze, welche in den Tiegelversuchen durchgeschmolzen, werden vorgegeben; leicht schmolz der Satz: 35,0 Phonolith, 60,4 Sand, 8,0 Kalk, 6,0 kohlen-saures Baryt, 20,0 Soda.

„Die wirtschaftlichen und technischen Vorteile der Verwendung von Phonolith in der Glasindustrie“ behandelt ausführlich Dr. H. Pfloch, Dresden, im Sprechsaal 1923, Nr. 34. Nachdem einleitend auch auf den Vorteil der Verwendung von Gesteinen bei der Glasschmelze überhaupt hingewiesen wurde, die der Chemiker laut Analyse in jeden Glassatz einrechnen kann, wird speziell ein Phonolith aus Mitteldeutschland, welches die „Deutsche Erden-A.-G.“, Dresden, vertreibt, empfohlen; derselbe hat folgende Zusammensetzung: 2,3 Proz. Glühverlust, 60,5 Proz. Kiesel-

säure, 20,3 Proz. Tonerde, 3,0 Proz. Eisenoxyd, 2,5 Proz. Kalk, 0,1 Proz. Magnesia, 5,1 Proz. Kali, 6,3 Proz. Natron.

Ein Doppelwagen dieses Phonoliths entspricht also: 12 000 kg Sand, 4000 kg Tonerde, 870 kg Kalk, 3400 kg Soda (als Gesamtalkalien).

Diese Materialien einzeln bezogen kosten etwa den $2\frac{1}{2}$ -fachen Preis. Weitere wirtschaftliche Vorteile sind: Günstige Lage in Mitteldeutschland, dauernde Lieferbarkeit, billige Fracht, freie Lagerung.

Die technischen Vorteile sind: Zunächst leichtere Herstellung des Gemenges; ferner rasches Niederschmelzen. Der Phonolith allein schmilzt schon bei 1150° glatt zu einem graugrünen Glas. Zweifellos — der Verfasser hat es allerdings noch nicht probiert — schmilzt ein Phonolith enthaltendes Gemenge immer leichter als ein anderes von gleicher analytischer Zusammensetzung. Dadurch wird Brennmaterial gespart und der Ofen mehr geschont. Das Gestein wird daher empfohlen nicht nur für Flaschenglas, sondern auch für Bauglas, Akkumulatorenkasten, farbige Arzneigläser, ferner als Zuschlag für Fenster, Hohl- und Preßglas und alle Arten farbigen Glases (?). Bezüglich der chemischen, thermischen und mechanischen Widerstandsfähigkeit des Glases kann der Phonolith gerade wegen seines hohen Tonerdegehaltes nur günstig wirken, wie ausführlich auseinandergesetzt wird.

Für weißes Glas steht natürlich der Eisengehalt im Wege, auf „Halbweiß“ glaubt der Verfasser die Phonolithylansätze mit den gewöhnlichen Entfärbungsmitteln entfärben zu können (?). Aber eine günstige Wirkung könnte der Eisengehalt auf jeden Fall haben, bei denjenigen Glassorten, deren Inhalte gegen Licht und Wärme geschützt werden sollen, wie Konservierungs- und Sterilisationsgefäße, auch Bier- und Weinflaschen, weil ein Eisengehalt von etwa 2 Proz. im Glase fast alle Wärmestrahlen absorbiert (?). — Jedenfalls kann die Verwendung von Phonolith eine erhebliche Verbilligung und Verbesserung vieler Glassorten herbeiführen.

Bemerkung des Verfassers. Diesem letzten Satz und im allgemeinen auch den vorhergehenden Ausführungen muß man gewiß zustimmen. Verfasser hat ja auch immer schon — siehe diesbezügliche Ausführungen bei Tonerde — auf möglichste Verwendung von Gesteinen für die Glasschmelze hingewiesen. Verfasser hatte auch Gelegenheit, sich mit dem vorgenannten Phonolith gutachtlich näher zu befassen, als insbesondere einen rheinischen Bimsstein von ähnlicher Zusammensetzung nach allen Seiten in wirtschaftlicher und technischer Richtung auf seine Verwendbarkeit für die Glasschmelze zu prüfen und vor allem auch mit demselben Glasschmelzversuche im größeren Maßstabe in einem industriellen Glasofen anzustellen, die auch dessen Brauchbarkeit in ähnlicher Weise wie die des Phonoliths für viele Glassorten ergab.

Immerhin müssen aber bei der Begutachtung solcher Gesteine zwei Punkte beachtet werden:

1. Wie fein muß das Gestein gemahlen werden, daß es im Glasgemenge gut durchschmilzt? Denn eine allenfalls nötige, sehr feine Mahlung kann die ganze Rentabilität in Frage stellen.

2. Wie steht es mit dem Eisengehalt bezüglich der Farbe des zu erwartenden Glases? Gerade der meist verhältnismäßig hohe Eisengehalt dieser Gesteine ist es, welcher ihrer allgemeinen Verwendung im Wege steht. Gibt man reichlich Phonolith in den Satz, d. h. so viel als vom glaschemischen Standpunkt aus zulässig ist (ohne Überschreitung des Tonerdegehaltes), so läßt sich nie weißes, auch nicht halbweißes Glas herstellen, wobei mit Entfärbung ebenfalls nichts zu erreichen ist. Gibt man aber wenig Phonolith, so daß man allenfalls noch mit Hilfe von Entfärbungsmitteln ein ziemlich weißes Glas erzielen könnte, dann ist sein Zuschlag infolge der geringen Menge nicht mehr rentabel.

Was speziell noch die Einrechnung der Gesteine in Glassätze betrifft, so sei noch auf folgende, ausführliche Abhandlungen von Dr. E. Pleuske verwiesen:

„Über die Nutzbarmachung der Gesteine für Flaschenglas“ im Sprechsaal 1909, Nr. 6 u. 7.

„Über die Nutzbarmachung der Schlämmpolymere des Hirschauer Kaolinsandsteins für keramische und glas-technische Zwecke“ im Sprechsaal 1910, Nr. 1 u. 2.

„Zur Wertbestimmung der Gesteine“ im Sprechsaal 1911, Nr. 21.

Aus diesen zahlreichen Veröffentlichungen über die Verwendung der Gesteine für die Glasschmelze geht hervor, welche große Bedeutung dieses Kapitel für die Glasindustrie hat.

11. Fluorverbindungen. Von denselben wird oft noch der Flußspat als Fluß- und Läuterungsmittel für unentbehrlich gehalten. Allein die Erleichterung der Schmelze kommt nicht etwa daher, weil er selbst leicht schmilzt — natürlicher Flußspat schmilzt nach neueren Untersuchungen erst bei etwa 1380° —, sondern weil er infolge wechselseitiger Umsetzung einen Teil der Kieselsäure (des Sandes usw.) verflüchtigt als Fluorsilicium. Letzteres kann allerdings eine Läuterung und Homogenisierung des Glases bewirken; allein durch die Verminderung des Kieselsäuregehalts wird das Glas in der Qualität schlechter, und dazu, zudem der Flußspat die Schmelzgefäße stark angreift, soll man von seiner Verwendung als bloßes Schmelzmittel möglichst absehen. Eine Ersparnis an Alkalien ist allerdings bei Gebrauch von Flußspat möglich, muß aber genau überlegt werden¹⁾. — Über die Verwendung des Flußspats sowie anderer Fluor-

verbindungen (natürlicher und künstlicher Kryolith sowie Kieselfluornatrium) für getrübe Gläser siehe später „Undurchsichtiges, farbloses Glas“!

Weiterhin sind auch die „Färbungsmittel des Glases“ beim Abschnitt „Gefärbtes Glas“ besprochen, dann die Entfärbungs- und Läuterungsmittel (Mangan bzw. Braunstein, arsenige Säure bzw. Arsenik, Antimonoxyd, Nickel- und Selenverbindungen, Salpeter) beim Abschnitt „Das Glasschmelzen“.

II. Bereitung des Satzes (Gemenges) und die Entfärbung des Glases.

Die Bereitung des Gemenges geschieht durch Abwägen der Rohstoffe nach dem Glassatz und durch inniges Mischen. Die Rohstoffe müssen zu diesem Zweck in feinpulverigem Zustand vorhanden sein; doch wird vielfach vor zu mehlig gemahlener Materialien gewarnt, weil diese viel Luft einschließen und so die gegenseitige „Benetzung“ bei der Schmelze verzögern, welche zu einer raschen Lösung nötig ist¹⁾. Auch dürfen die Stoffe nicht feucht sein, weil sie sonst klumpen und eine gute Mischung unmöglich machen. Dieses erfolgt meistens durch Handarbeit auf einem geeigneten Mischplatz oder in passenden Mischtrögen durch mehrmahliges Hin- und Herschaufeln. Doch werden auch Mischmaschinen verwendet, wie solche schon in der früheren Auflage beschrieben und abgebildet sind; sie sind besonders für bleihaltige Gemenge wegen der Giftigkeit des Mennigestaubes zu empfehlen, andererseits können sie bei vielem Wechsel der Gemenge besonders in Farbglashütten wegen der schwierigen Reinigung nicht mit Vorteil verwendet werden.

Nun sind aber die Schmelzmaterialien nie so rein und insbesondere frei von Eisenverbindungen, daß durch ihr Zusammenschmelzen allein ein völlig farbloses Glas erhalten würde, wie es vor allem für Kristallglas nötig ist; es zeigt vielmehr einen schwach blaugrünen Farbton (Eisenoxydulfärbung). Deshalb wird für möglichst farblose, „reinweiße“ Gläser dem Gemenge noch die sogenannte Entfärbung zugesetzt, wozu die nachfolgend benannten Entfärbungsmittel (Oxydations- und Reinigungsmittel) gebraucht werden; einige davon, vor allem Arsenik und Salpeter, sind zugleich auch noch Läuterungsmittel (s. Schmelzprozeß).

Die wichtigsten Entfärbungs- und Läuterungsmittel sind:

1. Braunstein wirkt teils physikalisch, indem er das Eisengrün durch das Manganrot komplementiert,

¹⁾ Springer, Der Flußspat bei der Glasschmelze mit rechnerischen Grundlagen für seine Anwendung. Sprechsaal 1914, Nr. 1 u. 2.

¹⁾ Vgl. R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Bd., und die auch für den Glasschmelzprozeß einschlägige Polemik über „Einfluß der Feinmahlung auf Massen und Glasuren“ in der Keram. Rundschau 1915.

teils chemisch, indem sein Sauerstoff das deutlich sichtbare Eisengrün in das weniger hervortretende Eisengelb oxydiert. Auf 100 kg Sand treffen 200 bis 250 g hochprozentiger Braunstein. Nachteile der Braunsteinentfärbung: sie ist sehr empfindlich gegen reduzierende Flammen und Reduktionsmittel und geht auch im Kühllofen zurück (s. frühere Auflage); ferner nehmen die Gläser im Sonnenlicht leicht eine gelbliche bis violette Mißfärbung an. Statt Braunstein verwendet man manchmal das übermangansaure Kali.

2. Nickeloxyd. Es werden die wasserfreien und wasserhaltigen Nickeloxyside verwendet; auf 100 kg Sand sind etwa 2 bis 3 g reines Nickeloxyd erforderlich. Die Entfärbung ist sehr beständig.

3. Selenverbindungen (Selen rot und schwarz, selenigsaures Natron) geben zwar eine sehr vollkommene Entfärbung, zeigen aber ähnliche Nachteile wie der Braunstein. Eine eingehende Abhandlung über „Das Entfärbungsmittel Selen“ von W. Frommel findet sich in der Keram. Rundschau 1917, Nr. 15 bis 17 und 1923, Nr. 24 nach einer englischen Zeitschrift.

Als Zusatz bei der Entfärbung mit Braunstein oder Nickeloxyd wird manchmal etwas Kobaltoxyd ($\frac{1}{2}$ g) hinzugegeben, auch Antimonoxyd wird empfohlen (über dessen Wert siehe nachher). — Auch verschiedene seltene Erden wurden schon versucht, wie Neodym- und Erbiumoxyd („Achromit“ von Drossbach), Titanoxyd (Kersten).

Zahlreiche fertige Entfärbungsmischungen sind im Handel erhältlich, und zwar unter den verschiedensten Bezeichnungen, wie Kristallit, Universal, Matador, Sto-Nitrat, Be-Kn-Mischung usw. Nach vielen eigenen Untersuchungen des Verfassers haben dieselben — ohne einen bestimmten Namen zu nennen — nach ihren Hauptbestandteilen folgende Zusammensetzung:

Probe a): 20 Proz. Nickeloxyd und 80 Proz. Borsäure.

Probe b): Selenigsaures Natron, Manganoxyd, Arsenik, wenig unlöslicher Rückstand.

Probe c): 14 Proz. Entfärbungsstoffe, und zwar hauptsächlich Nickeloxyd und selenigsaures Natron, sowie 86 Proz. unlöslicher Rückstand (Feldspatmehl).

Probe d): 15 Proz. Nickeloxyd, 18 Proz. selenigsaures Natron, 67 Proz. Quarzsand.

Probe e): Etwa je ein Drittel Braunstein, Nickeloxyd und metallisches Antimon.

Probe f): 1 bis 2 Proz. Selen, Arsenik, Manganoxyd nebst 42 Proz. Rückstand bei erster und 84 Proz. Rückstand bei zweiter Qualität.

Probe g): Seltene Erden und Selen.

Probe h): Sehr viel Arsenik, Manganoxyd mit etwas Kobaltoxyd, Holzmehl (!).

4. Arsenik ist Arsenitrioxyd (As_2O_3) (auch arsenige Säure genannt), entweder ein weißes Pulver

(Arsenikmehl) oder in glasigen, oberflächlich trüb werdenden Stücken („Arsenik in Stücken“). Sehr giftig (0,06 g sind tödlich), ziemlich schwer (spez. Gew. 3,7), bei hoher Temperatur leicht flüchtig und zersetzlich; wenn daher dem Gemenge (als Mehl) oder später dem Schmelzgut (in Stücken) zugesetzt, tritt meist vollständige Verflüchtigung ein. Dabei wirkt er teils rein mechanisch-läuternd, indem die Dämpfe ein heftiges Wallen des Glases und somit eine Entfernung der Bläschen und eine Homogenisierung der Masse hervorrufen; teils chemisch-entfärbend, und zwar sowohl oxydierend — indem er in Arsen und Sauerstoff zerfällt und dieser kohlige und schweflige Verunreinigungen verbrennt und verflüchtigt — als auch reduzierend, indem man z. B. mit seiner Hilfe eine Überfärbung mit Braunstein und Selen rückgängig machen kann. Für Kristallglas muß er auch frei sein von Eisenoxyd. „Über die Wirkung des Arsens bei der Glasschmelze siehe eine ausführliche Abhandlung im Sprechsaal 1912, S. 531.

5. Metallisches Antimon (Sb) und Antimonoxyd (Sb_2O_3) wurden früher vielfach als Entfärbungs- und Läuterungsmittel angewendet. In zwei Abhandlungen des Verfassers: „Antimonoxyd als Entfärbungs- und Läuterungsmittel bei der Glasschmelze“ (Sprechsaal 1915, Nr. 11 u. 12) und „Glasschmelzversuche mit Antimonverbindungen“ (Sprechsaal 1915, Nr. 24 u. 25) wird besonders dem Antimonoxyd jeder diesbezügliche Wert so ziemlich abgesprochen. Als Läuterungsmittel kann Antimonoxyd nur schwach wirken, weil es sich im Glasofen — im Gegensatz zu Arsenik — viel schwieriger verflüchtigt; als Entfärbungsmittel kann es in kleinen Mengen nicht wirken, weil es in großen Mengen die technischen Gläser nicht färbt.

6. Salpeter. Man muß unterscheiden zwischen Kalisalpeter und Natronsalpeter (auch gibt es noch den Kalksalpeter). Beim Erhitzen schmelzen sie sehr leicht und zersetzen sich in Kali bzw. Natron, welche ins Glas eingehen, und Stickstoff- und Sauerstoffgas, welche entweichen. 1 kg Kalisalpeter liefert 0,47 kg Kali ins Glas, während 0,40 kg Sauerstoff und 0,13 kg Stickstoff entweichen. 1 kg Natronsalpeter liefert 0,365 kg Natron ins Glas, während 0,470 kg Sauerstoff und 0,165 kg Stickstoff entweichen. Hinsichtlich der Sauerstoffentwicklung, welche beim Natronsalpeter größer ist, gilt: 1 kg Kalisalpeter = 0,85 kg Natronsalpeter, umgekehrt 1 kg Natronsalpeter = 1,2 kg Kalisalpeter. Infolge der leichten Schmelzbarkeit ist der Salpeter ein gutes Flußmittel, infolge der starken Gasentwicklung ein kräftiges Läuterungsmittel und, besonders infolge der Sauerstoffabgabe, ein gutes Entfärbungsmittel. Über „Die Verwendung des Salpeters in der Glasindustrie“ orientiert in allen Einzelheiten eine Studie des Verfassers im Sprechsaal 1914, Nr. 21.

Über die durch den Weltkrieg notwendig gewordenen „Salpeterersatzstoffe“ sind folgende

Mitteilungen und Erfahrungen bekannt geworden. In einer Abhandlung, „Salpeterersatz in der Glasindustrie während des Krieges“, von R. (Sprechsaal 1915, Nr. 6) werden als in Betracht kommende Stoffe genannt: Natriumsuperoxyd, Bariumsuperoxyd, chlorsaures und überchlorsaures Kali und Natron, überschwefelsaure und überborsaure Salze; zugleich werden Angaben über gegenseitigen Ersatz und die Größe der Sauerstoffentwicklung gemacht. — In einer Abhandlung, „Ersatz von Salpeter in der Glasindustrie“, (Österr. Glasind. 1915, Nr. 14) wird vom Verfasser als Ersatz für Salpeter als Flußmittel Soda oder Pottasche, als Läuterungsmittel Arsenik, Kochsalz und Glaubersalz genannt, ferner als indirekter Ersatz eine recht sorgfältige Schmelze mit reiner, oxydierender Flamme, und nur im äußersten Falle ein direkter Zusatz in Form von Kaliumchlorat oder Bariumsuperoxyd.

Speziell mit den wichtigsten der einzelnen Ersatzmittel, die auch tatsächlich praktisch angewendet werden, hat sich der Verfasser in Studien und Versuchsschmelzen eingehend beschäftigt, so in einer Abhandlung mit Kaliumchlorat und -perchlorat als Salpeterersatz (Sprechsaal 1916). In zwei weiteren Abhandlungen mit Bariumsuperoxyd (Sprechsaal 1916 und 1917), mit Permanganat als Salpeterersatz (Keram. Rundschau 1915), mit dem Salpeterersatz der Firma Schott u. Gen. in Jena. Nach vergleichenden Versuchen des Verfassers über die Entfärbung von Glas mit Salpeter, Arsenik und Salpeterersatzstoffen (Sprechsaal 1917) wirkt am besten eine Mischung von Salpeter + Arsenik; dann folgt das Präparat von Schott u. Gen., welches besser entfärbt als Salpeter oder Arsenik allein; gut wirkt noch Bariumsuperoxyd, am schwächsten K-Chlorat.

Laut Angaben von Dr. E. Zschimmer in dem Buche „Theorie der Glasschmelzkunst“ sollen nach Versuchen von Schott weder Salpeter allein noch Arsenik allein ein blankes Glas ergeben, sondern erst die gleichzeitige Zugabe von beiden Stoffen, weil dieselben zuerst verschmelzen und dann Sauerstoff entwickeln; allein nach allen praktischen Erfahrungen wirkt jeder dieser Stoffe auch für sich allein als Läuterungsmittel.

7. Sulfate und Chloride müssen auch zu den Läuterungsmitteln gezählt werden, wenn sie in kleinen Mengen in den alkalischen Flußmitteln enthalten sind oder absichtlich zugesetzt werden; durch mehr oder weniger vollständige Verdampfung tragen sie zur Läuterung der Glasmasse bei (s. Pottasche).

Ein Bericht über die entfärbende Wirkung verschiedener Chemikalien findet sich aus einer amerikanischen Zeitschrift im Sprechsaal 1912, Nr. 53.

Die Wirkung der Entfärbungsmittel hat nach Untersuchungen von Zsigmondy über die Absorption der Farbgläser [Ann. d. Phys. 1901 (4), S. 60] einige Klärung erfahren, wenn gerade auch auf diesem Gebiete der weiteren Forschung noch

viel vorbehalten ist. Die Wirkung der Entfärbung ist teils physikalisch, teils chemisch. Hauptsächlich physikalisch wirkende Entfärbungsmittel sind Braunstein, Selen, Nickel- und Kobaltoxyd. Wie das Bläuen der Wäsche oder das Entfärben des Zuckers auf der Komplementärwirkung von blauen Stoffen gegenüber der gelblichen Mißfärbung beruht und diese zu Weiß ergänzt — sogenannte additive Entfärbung —, so dürfte dies auch bei der Entfärbung des Glases mit den an sich blaufärbenden Kobaltpräparaten der Fall sein; ebenso scheint bei der Selenabfärbung die additive Wirkung vorzuherrschen, indem Selenrot das Eisenblaugrün zu Weiß ergänzt. Diese Art der Entfärbung hat den Vorteil, daß hierbei kein Licht vernichtet wird, also das Glas seine helle Farbe und seinen Glanz beibehält, im Gegensatz zur sogenannten subtraktiven Entfärbung, die wahrscheinlich beim Braunstein, vielleicht auch beim Nickeloxyd vorherrschend ist. Mit Braunstein gefärbte Gläser zeigen im Spektrum große Durchlässigkeit für Rot und Violett, dagegen starke Absorption im Grün, was für die Auslöschung der Eisenfärbung wesentlich ist, weil die Absorptionskurve eines mit Eisenoxydul gefärbten Glases fast genau umgekehrt ist. Bei dieser subtraktiven Entfärbung wird aber Licht vernichtet, es entsteht eigentlich ein schwacher, grauer Farbton mit weniger Glanz, weshalb diese Entfärbung unvollkommener ist.

Hauptsächlich chemisch wirkende Entfärbungsmittel sind Arsenik und Antimonoxyd, sowie Salpeter und seine Ersatzstoffe; da sie auch in größeren Mengen das Glas nicht färben, so vermögen sie bei kleinem Zusatz keine optische Entfärbung auszuüben. Sie wirken vielmehr durch Abspaltung von Sauerstoff, der das im Glase stärker färbende Eisenoxydul-Blaugrün — im Gegensatz zum Porzellan! — in das weniger sichtbare Eisenoxyd-Gelb umwandelt. Auch können diese Stoffe kohlige und schweflige Verunreinigungen, welche das Glas ebenfalls mißfärben, zu flüchtigen Verbindungen (CO_2 , SO_2) oxydieren.

Die Güte einer Entfärbung ist aber nicht bloß abhängig von den zugesetzten Entfärbungsmitteln, sondern auch von anderen Umständen, in erster Linie von der Reinheit der Rohstoffe, insbesondere des Sandes und des Kalkes, vor allem hinsichtlich ihres Eisengehaltes (s. d.); geht der Eisengehalt über eine bestimmte, dort angegebene Grenze hinaus, so läßt sich auch mit der besten Entfärbung kein reinweißes Glas mehr erzielen. Ein zweiter Hauptpunkt ist dann die Zusammensetzung des Glases: Es wird um so farbloser, je härter, d. h. alkaliärmer der Satz ist, auch lassen sich Kaligläser immer farbloser erhalten als Natrongläser. Endlich ist auf größte Reinlichkeit in der Behandlung und Aufbewahrung der Schmelzmaterien und des Gemenges zu sehen. Verfasser könnte diese Punkte durch viele Erfahrungen aus seiner eigenen glashüttenchemischen Praxis belegen, doch läßt der beschränkte Raum das nicht zu.

Zweiter Abschnitt:

Der Glasschmelzprozeß und die Feuerungsanlagen.**I. Vorgänge beim Schmelzen.**

Die allgemeinen Vorgänge des Schmelzprozesses sind im Hauptband dargestellt, wozu hier noch einige Ergänzungen gegeben werden müssen.

1. Das Einlegen und Niederschmelzen des Gemenges. Die Vorbereitung zum Glasschmelzen bildet zunächst das Warmschüren des Glasofens nach der Arbeit. Auf diesen Punkt ist großes Gewicht zu legen; lieber $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde mehr hierauf verwenden, als das Gemenge in noch nicht genügend heiße Häfen einlegen; denn was man hierdurch einerseits anfänglich an Zeit zu gewinnen scheint, geht doch tatsächlich durch eine starke Verzögerung des Schmelzprozesses infolge zu kalten Ofenganges verloren. Ferner entstehen leicht Schmelzfehler, wie steiniges und gipsiges Glas, weil nur die Alkalien für sich allein in Fluß geraten, ohne sich mit Kalk und Sand zu verbinden. Nur kleinere Quantitäten von Brocken- oder Scherbenglas können gleich beim Auftempern des Ofens mitgeschmolzen werden; es ist besonders für kälter gehende Häfen vorteilhaft, sie anfänglich mit mehr Abfallglas zu beschicken, während die Zugabe eines weicheren Gemenges zu verwerfen ist.

Vor dem Einlegen des Gemenges soll der Schornsteinschieber entsprechend herabgelassen werden, damit während der Zeit des Einlegens nicht zu viel kalte Luft durch die Ofenöffnungen eingesaugt wird, um so jedem unnötigen Wärmeverlust vorzubeugen; auch wird durch diese Vorsichtsmaßregel ein Verstäuben des Gemenges vermindert. Ferner soll das Einlegen möglichst flott geschehen, damit auch überhaupt die Zeit des offenen Ofens möglichst kurz bleibt zur Vermeidung von Wärmeverlusten. Beim Einlegen des Gemenges selbst ist darauf zu achten, daß die Einlegeschaufel bis über Hafennitte eingeführt, dort kurze Zeit zwecks Vorwärmung des Gemenges dem Feuer ausgesetzt und dann der Inhalt in die Mitte des Hafens entleert wird, so daß das frische Gemenge nicht sofort in unmittelbare Berührung mit den gegen plötzliches Abschrecken äußerst empfindlichen Hafengewandungen kommt (vgl. folgende Fig. 201). Endlich darf das Gemenge nicht eben ausgebreitet werden, sondern soll in Form eines flachen Kegels im Hafen liegen, weil es so auch der Hitze eine größere Angriffsfläche darbietet.

Bevor der eigentliche Schmelzprozeß verfolgt wird, sei noch auf einen Punkt bezüglich der Mahleinheit der Gemengebestandteile hingewiesen. Im allgemeinen gilt der Satz: Fein gemahlen und gut gemischt ist halb geschmolzen. Jedoch wird vielfach davor gewarnt, zu mehlartig fein gemahlene Rohstoffe, vor allem Quarz, Sand, Kalk usw. zu verwenden. Es scheint dies nach R. Dralle folgenden

Grund zu haben: Durch die weitgehende Zerkleinerung wird viel Luft eingeschlossen; die Luft verhindert aber z. B. beim Sand die Benetzung feiner Quarzteile mit dem anfangs besonders zähen Schmelzprodukt und hält die vollkommene Lösung und Verschmelzung auf. — Auch könnte z. B. zu feines Quarzmehl aus dem gleichen Grunde die Veranlassung von schlecht läuterndem Glase bilden (der Verf.). — (Eine interessante, auch in die Glasschmelze einschlägige Polemik über diesen Punkt findet sich unter dem Titel „Einfluß der Feinmahlung auf Massen und Glasuren“ in der Keram. Rundschau 1915.)

Nach der chemischen Seite verläuft nun der Schmelzprozeß folgendermaßen: Zuerst entweicht aus dem Gemenge die Feuchtigkeit; dann beginnen die alkalischen Flußmittel zu schmelzen, ohne aber vorerst eine Zersetzung zu erleiden; auch die Mennige schmilzt leicht unter Abgabe einer kleinen Quantität Sauerstoff. Dagegen verhält sich der kohlen saure Kalk umgekehrt wie die kohlen sauren Alkalien (Soda, Pottasche); bei ihm tritt vorläufig nur eine Zersetzung in Kohlen säuregas und gebrannten Kalk ein, welcher letzterer aber schwer schmilzt. Erst allmählich tritt eine Verbindung des Kalks, des Bleioxyds und der Alkalien mit dem Sande zu Glas ein, wobei nun aus den kohlen sauren Alkalien durch die starke Kieselsäure des Sandes die Kohlen säure auch ausgetrieben wird. Ist im Gemenge Borsäure und Borax vorhanden, so geben dieselben Wasser ab, und die zurückbleibende wasserfreie Borsäure bzw. Borax verschmelzen mit den übrigen Bestandteilen. Von Fluorverbindungen wie Flußspat oder Kryolith entweicht ein großer Teil des Fluors, indem es sich mit dem Silicium des Sandes zu flüchtigem Siliciumfluoridgas verbindet. Arsenik verdampft größtenteils, außer bei stark bleihaltigen Gläsern. Metalle und Metalloxyde lösen sich erst in der geschmolzenen Masse auf. Infolge der entweichenden Gase entsteht ein Geräusch wie beim Kochen des Wassers; je rascher das Glas schmilzt, desto stärker ist das Geräusch, und der sachkundige Schmelzer erkennt daraus den Verlauf des Schmelzprozesses.

Genauere Beobachtungen und Versuche über den chemischen Verlauf des Schmelzprozesses wurden von O. Schott, G. W. Morcy und J. W. Crob gemacht, worüber von Dr. E. Zschimmer in seinem schon zitierten Buche, 2. Teil, ausführlich berichtet ist.

Nun zu dessen mechanisch-physikalischer Natur! Das Niederschmelzen des Gemenges vollzieht sich nicht gleichmäßig durch den auf einmal eingelegten Haufen hindurch, sondern das Gemenge schmilzt — niemals von unten, sondern von oben her — zuerst an seiner äußersten, obersten Schicht, so daß diese zuerst verglast und die gebildete Glasmasse nach den Seiten abfließt. Die daran schließende Zone ist nur gefrittet, während der innere Kern noch unverändertes Gemenge enthält. Da zudem das Gemenge spezifisch viel leichter ist wie die erschmolzene Glasmasse, so schwimmt es auf derselben

und wird so immer mehr in die Höhe gehoben. Aber dabei bleibt das Gemenge bis auf den letzten Rest unverändert. Wühlt man einen solchen Haufen durch, so findet man das Gemenge noch völlig unverändert. (Näheres hierüber siehe weiter unten.) Theoretisch scheint es rationeller zu sein, in häufigen kleinen Portionen das Gemenge zuzugeben und dies auch mehr auszubreiten, um eine größere Angriffsfläche für die Ofenhitze zu haben. Die althergebrachte Arbeitsweise hat aber ihren inneren Grund: Das lose Pulver stäubt beim Eintragen sehr, wodurch in kurzer Zeit der Ofen ruiniert würde auch schützt beim Schmelzen selbst der verglaste Mantel den inneren Kern vor dem Zerstäuben. Dagegen käme nach R. Dralle ein kontinuierliches Eintragen von angefeuchtetem oder gefrittetem oder sonst gefestigtem, z. B. brikettiertem Gemenge in Betracht. Speziell beim Wannenbetrieb hat man zur Verhinderung des Stäubens beim Einlegen im Anfeuchten des Gemenges mit Wasser ein Mittel in der Hand. Freilich werden hierbei große Wärmemengen zum Austreiben der Feuchtigkeit verbraucht, was eine Schattenseite der Methode ist. Wird jedoch das Gemenge trocken eingelegt, so werden die Ausgaben für das Reinigen der Lufterhitzerzüge oder das Ausspritzen der Regeneratoren, durch das Aussetzen der Kammern mit neuen Gittersteinen und durch die kürzere Betriebsdauer der Öfen, bedeutend größer, so daß hier wirklich die Not zur Tugend gemacht wird. Nur das Brikettieren des Gemenges könnte hier Abhilfe schaffen; in Gegenden mit billiger Wasserkraft und Bodenschätzen an Glasrohstoffen könnte das Gemenge in verschiedenen Grundformen billig hergestellt und brikettiert an Glashütten zum Versand gebracht werden. Auch H. Knoblauch spricht sich (in dem später erwähnten Artikel) vom brikettierten Gemenge eine wesentliche Beschleunigung der Schmelzvorgänge, indem sich in dem dichtgepreßten Brikett die Schmelzwärme viel leichter fortleitet als in dem lockeren Haufen (vgl. folgende Fig. 208). Auch die Wirkung der Feuer-gase wird infolge der größeren Angriffsfläche (?) günstiger sein und das Entweichen der Gase durch die größeren Zwischenräume der Brikette beschleunigt. Allerdings bedingt das Brikettieren des Gemenges einen Mehrkostenaufwand; immerhin aber dürfte man sich in Spezialfällen dieses Behelfes mit Vorteil bedienen können, wenn es sich z. B. um ein recht schwer schmelzbares Gemenge handelt oder, wo Kraft billig, gutes Brennmaterial aber schwer zu haben ist.

Der weitere Verlauf der Glasschmelze vollzieht sich nun folgendermaßen: Da ein Teil des Gemenges als Gas entweicht und die Dichte des geschmolzenen Glases größer ist als die des Gemenges, so nimmt die erste Einlage im Hafen nach dem Zusammenschmelzen einen viel geringeren Raum ein, füllt also erst einen Teil des Hafens aus; daher muß nochmals Gemenge eingefüllt werden, und je nach der Größe des Hafens müssen mehrere weitere

Einlagen gemacht werden. Eine wichtige Frage ist nun: Wann sollen die weiteren Einlagen gemacht werden, über deren Zeitpunkt sich zwei Ansichten und Verfahren gegenüberstehen. Das erste Verfahren ist das sogenannte „Aus-dem-Sande-Schmelzen“, wobei die vorhergehende Einlage einer so weitgehenden Durchschmelzung unterworfen wird, bis eine am Probieren gezogene Glasprobe frei von ungelösten Bestandteilen, vor allem Sand, ist („sandfrei“). Das zweite Verfahren ist das sogenannte „Sichsetzenlassen“ des Gemenges oder das „Haufen-auf-Haufen-Einlegen“, wobei man nur die vorhergehende Gemengeeinlage der Hauptsache nach so weit zusammenschmilzt, daß noch ein kleiner Gemengehaufen übrigbleibt, auf welchen sofort wieder neues Gemenge nachgegeben wird (vgl. hierzu die Fig. 198 bis 200).

Über die Vorteile und Nachteile beider Verfahren erschien eine interessante Abhandlung in der Zeitschrift „Die Glasindustrie“ 1914 und 1915, wo über diesen Punkt die Meinung verschiedener erfahrener Fachleute eingeholt wurde.

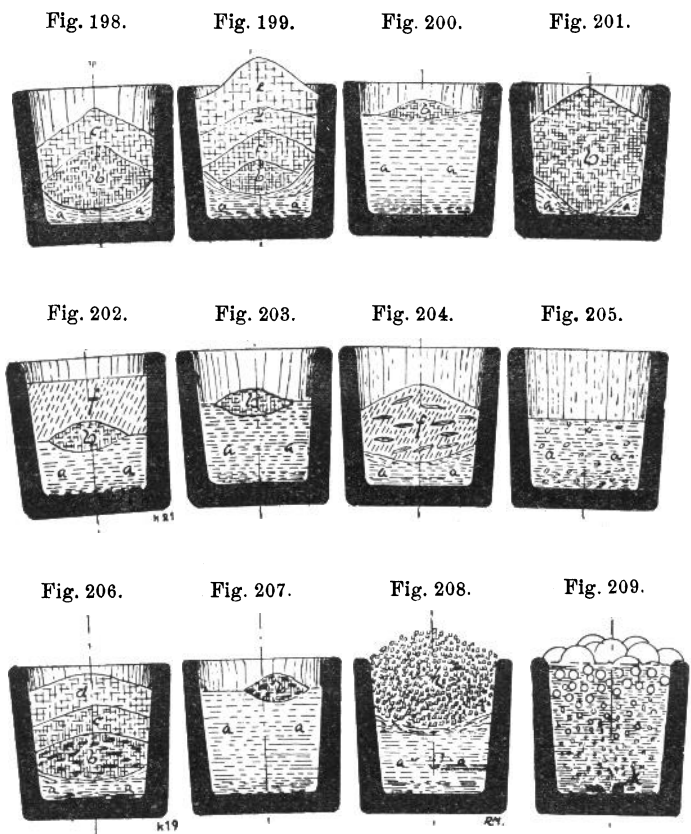
Eine ausführliche Darstellung des Schmelzprozesses mit interessanten Abbildungen findet sich in der Glasindustrie 1915 und in der Zeitschrift für angewandte Chemie 1915, insbesondere in der Keramischen Rundschau 1924, Nr. 21, von Ingenieur H. Knoblauch, letzterer Abhandlung sind auch die beifolgenden Figuren 198 bis 209 entnommen. Zunächst wird von vornherein rundweg erklärt, daß es zur Erzielung einer tadellosen Schmelze jedenfalls das Vorteilhafteste und Sicherste ist, wenn das einzelne Gemenge jedesmal vollständig sandrein durchgeschmolzen wird; allerdings erfordert dieses Verfahren mehr Zeit. Es ist aber auch beim Haufen-auf-Haufen-Einlegen sehr wohl möglich, gutes Glas zu erzielen und so die Schmelze wesentlich zu beschleunigen. — Im weiteren Verlauf der Abhandlungen werden noch einige interessante Fälle besprochen. Wird z. B. auf einen etwa halb mit Glasmasse gefüllten Hafen, auf dem noch ein Gemengerest schwimmt, eine größere Ration reines Brockenglas gelegt, so wird dasselbe bald breitfließen und endlich erweichen; dann kann man beobachten, wie der Gemengerest unverändert in der Glasmasse emporsteigt (vgl. hierzu Fig. 202 und 203). Es hat also keinen Sinn, zur Beförderung des Schmelzprozesses oben auf das Gemenge Brocken zu legen; denn das mit Glas bedeckte Gemenge bleibt unverändert, bis es wieder der direkten Flammenwirkung ausgesetzt wird; es ist also richtiger, die Brocken unten in den Hafen einzulegen. Aus dem gleichen Grunde ist es fehlerhaft, eine Mischung von Brocken und wenig Gemenge einzulegen; denn die Glasbrocken schmelzen zwar verhältnismäßig rasch durch, aber die kleinen Gemengereste vermögen nicht an die Oberfläche des zähen Glases aufzusteigen, wodurch die Schmelze verzögert oder gar fehlerhaftes

Glas erzielt wird (vgl. hierzu Fig. 204 und 205 sowie Fig. 206 und 207). Andernfalls können solche Glasbrocken selbstverständlich ganz ohne Nachteil mit dem Gemenge vermischt werden, sobald sie in einem angemessenen Verhältnis stehen, beiläufig etwa zu gleichen Teilen. Da der Schmelzprozeß immer hauptsächlich von oben erfolgt, so hat es wenig Zweck, wie es vielfach Brauch ist, unten in den Hafen zuerst ein weichschmelzenderes Gemenge einzulegen und dann gleich darauf das gewöhnliche Schmelzgut; diese Maßnahme kann zwar nichts schaden, jedenfalls aber auch nur wenig nützen.

2. Das Blasenlassen und Läutern des Glases.

Nach dem Niederschmelzen der einzelnen Gemengebestandteile ist die Glasmasse zum Teil noch mit Resten von nicht vollständig verglastem Gemenge, ferner mit einer großen Anzahl von Gasblasen durchsetzt. Dagegen beginnt jetzt, nachdem zum eigentlichen Schmelzprozeß keine Wärme mehr verbraucht wird, die Temperatur im Ofen zu steigen und hierdurch auch das Glas heißer und damit dünnflüssiger zu werden, wodurch die vollständige Durchschmelzung herbeigeführt und das Entweichen der Gasblasen begünstigt wird. Vielfach wird beim Hafenofer diese allmähliche Läuterung des Glases durch das sogenannte Blasenlassen zu befördern versucht. Bekanntlich vollführt man diesen Prozeß dadurch, daß man in die Glasmasse entweder ein Stück Arsenik einwirft, der infolge seines hohen Gewichtes (spez. Gew. 3,7, aber nicht 5,6 bis 5,9, wie es in einem glas-technischen Buche heißt) in der Glasmasse untersinkt, dann aber leicht verdampft und das Glas durchwühlt (vgl. Fig. 209) — oder indem man an einer Eisenstange ein feuchtes Holzklötzchen bzw. eine Kartoffel usw. auf den Boden des Glashafens einführt und vergasen läßt — oder indem man, besonders bei der Bleiglasschmelze, direkt mit Wasser bläst. Je nach dem Grade der Dünnflüssigkeit und der Menge des Glases muß ein mehr oder weniger großes Holzklötzchen oder Stück Arsenik verwendet werden. Ist das Glas schon sehr dünnflüssig, dann darf nur mehr mit einem kleineren Holzklötzchen geblasen werden, um ein Überschäumen zu verhindern. Ein ungemein starkes Brausen des Schmelzflusses tritt auch dann ein, wenn das erste Blasen zu lange hinausgeschoben wurde; es empfiehlt sich also immer, das Blasenlassen so bald als möglich vorzunehmen und lieber öfters zu blasen. Der Arsenik hat neben seiner rein mechanischen, Blasen werfenden auch noch eine chemische, entfärbende Wirkung auf die Glasmasse; andererseits darf man empfindliche Farb-

flüsse nicht mit Arsenik blasen lassen, weil sonst unerwünschte Farbenveränderungen auftreten können. Das Blasen mit Arsenik gestaltet sich bequemer, doch ist auch größere Vorsicht nötig; denn ist das Glas schon zu dünnflüssig geworden, und man wirft ein größeres Stück Arsenik ein, so kann leicht ein Überschäumen des Glases eintreten; dagegen hat man es beim Blasen mit einem Holzklötzchen in der Hand, dasselbe zurückzuziehen, bzw. es steigt von selbst auf,



wenn es eine zu große blasende Wirkung ausüben würde; auch kann man das Holzklötzchen auf dem ganzen Hafensboden herumbewegen und so die Wirkung erhöhen, während das Arsenikstück ruhig auf einer Stelle liegen bleibt und so mehr lokal wirkt.

Bei einer anderen Art des Blasenlassens wird ein zum Teil mit Wasser gefülltes eisernes Rohr in die flüssige Masse eingeführt. Wenn man das Rohr am anderen Ende zuhält, so macht sich sofort die blasende Wirkung des im Glase verdampfenden Wassers geltend. Diesen Behelf wendet man manchmal in sehr großen Häfen und Wannen an, solange das Glas noch steif ist. Auch bei der Bleiglas- und Farbglasschmelze ist es zu empfehlen, weil organische Stoffe, wie z. B. ein Holzklötzchen, leicht eine Reduktion und damit ein

Rauchigwerden des Bleiglasses bzw. eine Farbenveränderung herbeiführen.

Je nach der Art und dem Zustande der Schmelze kann ein 2- bis 3maliges Blasen von Nutzen sein; man darf aber auch nicht durch zu vieles Blasen die Masse nur immer unnötig wieder aufrühren, wodurch das Gegenteil der Läuterung erreicht, d. h. dieselbe immer wieder mit Bläschen durchsetzt wird. Unterläßt man aber das Blasen vollständig, so wird man zu leicht über den wirklichen Stand der Schmelze getäuscht; das Glas sieht auf dem Probierstein besser aus, als es in Wirklichkeit ist. Außerdem soll das Blasenlassen nicht bloß die Entfernung der kleinen Gispn begünstigen, sondern auch eine Durchmischung der verschiedenen, beim Einschmelzen entstandenen Glasschichten, eine sogenannte Homogenisierung der Masse bewirken, um schlieriges, rampiges, welliges Glas zu vermeiden.

Andererseits muß das Glas in der letzten Zeit des Läuterungsprozesses schließlich in möglichst großer Hitze vollkommener Ruhe ausgesetzt werden, wodurch auch das endgültige Blankwerden eintritt. Bekanntlich ist diese Periode des Schmelzprozesses, das sogenannte Blank-schüren, auch die gefährlichste für die Haltbarkeit der Häfen; denn einerseits soll die Hitze möglichst hoch getrieben werden, andererseits führt aber eine Überhitzung zu Hafensbruch und Glasverlust. Die Anwendung der modernen Wärmemaßapparate zur ständigen Kontrolle der Temperatur leistet hier sehr wertvollen Dienst und bewahrt vor manchem Schaden.

Über die Zusammensetzung der im Glase gelösten Blasen haben amerikanische Forscher ausführliche Untersuchungen angestellt, worüber im Sprechsaal 1921, S. 482 und von Dr. E. Zschimmer in seinem vorhin zitierten Buche ausführlich berichtet ist.

3. Das Abstehenlassen des Glases. Nach dem Blankwerden des Glases ist dasselbe so dünnflüssig geworden, daß es für die Verarbeitung eine zu geringe Zähigkeit besitzen würde. Man läßt deshalb vor der Verarbeitung die Ofentemperatur durch Verminderung des Feuers und Aufstellen der Ofenöffnungen zurückgehen. Durch das Abstehenlassen wird das Glas aber auch noch geläutert, indem Gasblasen, welche sich etwa noch an der Oberfläche des Glases eingeschlossen befinden, durch das Zusammenziehen der Masse herausgepreßt werden. Dabei ist zu beachten, daß durch ein zu schnelles oder ungleichmäßiges Abgehenlassen das Glas hernach beim Aufschüren und Verarbeiten wieder gispig werden kann.

Der Schmelzprozeß im Wannentofen, bei welchem sich die drei beschriebenen Prozesse zeitlich wohl auch nacheinander, aber örtlich nebeneinander mit dem Fortschreiten des Gemenges bzw. des daraus entstehenden Glases in der Längs-

richtung der Wanne von der hinteren Einlegeöffnung zu den vorderen Arbeitsöffnungen vollziehen, geschieht seiner chemisch-mechanischen Natur nach in der gleichen Weise; auf besondere Einzelheiten kann hier vorerst nicht mehr näher eingegangen werden.

„Der Verlauf des Schmelzprozesses in niedrigen Glashäfen“ mit erklärenden Skizzen wird im Sprechsaal 1920, Nr. 20, von J. Baldermann besprochen. Nach dem Aufschüren des Ofens wird mit dem Einlegen des Gemenges begonnen, und zwar so viel, als der Hafen nur fassen kann. Das Schmelzen selbst erfolgt von oben nach unten, wie man sich leicht überzeugen kann. Nach etwa 4 Stunden, wenn die erste Einlage durchgeschmolzen ist, wird wieder so viel Gemenge aufgegeben, als nur immer möglich ist, dann zum Schluß noch etwas Scherben. Jetzt folgt wie gewöhnlich das Blasenlassen, das Blank-schüren und das Abstehen des Glases. — Es ist nicht empfehlenswert, nach Beendigung der Arbeit sofort Scherben in die noch kalten Häfen einzulegen, weil dieselben dadurch leicht Risse bekommen. Ebenso zwecklos ist das öftere Einfüllen kleiner Einlagen, wie es die hartgesottenen Vertreter der „Grundhitze“ machen. Beim niedrigen Hafen genügt ein zweimaliges Einlegen zur Füllung des Hafens, was bei den alten, hohen und engen Häfen unmöglich ist; dadurch wird aber zugleich bedeutend an Schmelzzeit gespart.

„Ist Grundhitze für einen guten Schmelzverlauf nötig?“ betitelt sich eine Abhandlung im Sprechsaal 1920, Nr. 27. Der Verfasser (E. S.) führt die verschiedenen Meinungen über die Grundhitze auf die verschiedene Auffassung derselben zurück. Meistens versteht man unter Grundhitze die im Untertofen bzw. Ofengesäß befindliche Wärme. Diese Art von Grundhitze ist freilich für den Schmelzprozeß nicht nötig, weshalb sich die Ansicht vieler rechtfertigt, daß Grundhitze nicht erforderlich sei. Verfasser versteht unter Grundhitze diejenige Wärme, welche im Grunde des Ofens, also unmittelbar über dem Gefäß herrscht. Diese Art der Grundhitze ist für jede Glasschmelze nötig, und sie wird auch bei jedem Ofensystem erhalten, allerdings verschieden schnell. Die größte Grundhitze besitzen die Öfen mit offenen Büten, wenn sie auch rascher zerstört werden. Die Zungen- oder Schlitzöfen fallen dieser Zerstörung weniger rasch anheim, geben trotzdem noch genügend Grundhitze. Am wenigsten Grundhitze haben die Oberflammenöfen, sind aber keineswegs hiervon frei. Grundhitze in diesem Sinne ist also für einen guten Schmelzprozeß nötig, ohne dieselbe wird man nie ein gutes Qualitätsglas erzeugen können, besonders wird das Glas leicht steinig und gispig. Gerade auch bei Verwendung von niederen Häfen bekommt man, weil dementsprechend auch das Ofengewölbe niedrig ist, gute Grundhitze. Bei Oberflammenöfen mit flachen Häfen ist überhaupt

keine große Grundhitze erforderlich. Wannenöfen brauchen überhaupt keine eigentliche Grundhitze, weil das Gemenge nicht weit einsinken kann und ein verhältnismäßig niedriger Glasstand den eigentlichen Schmelzprozeß durchmacht.

Die Glaubersalzschnmelze. Die Glaubersalzschnmelze unterscheidet sich einmal dadurch von der gewöhnlichen Soda- und Pottascheschnmelze, daß dem Gemenge eine bestimmte Quantität von sogenannter Schnmelzkohle, d. h. kohlehaltige Stoffe, zugesetzt werden muß.

Als nötiges Quantum an Schnmelzkohle ergibt die Berechnung 4,22 bzw. 8,44 kg reinen Kohlenstoff auf 100 kg Glaubersalz. In der Praxis verwendet man 5 bis 6 Proz. des Sulfatgewichtes, weil man einerseits nie reinen Kohlenstoff nimmt und ein Teil davon nutzlos verbrennt, andererseits auch die kohlehaltigen Flammengase reduzierend wirken. Es kann von Vorteil sein, bei der ersten Gemengeeinlage etwas weniger und bei der dritten Gemengeeinlage etwas mehr Schnmelzkohle zu verwenden. Gewöhnlich verwendet man Holzkohle, Anthrazit, Koks, Graphit; die Wirkung und die genau zu bestimmende Menge ist abhängig von dem Kohlenstoffgehalt und eventuellen Feuchtigkeitsgehalt (trocken aufbewahren!); auch kann es vorteilhaft sein, die Schnmelzkohle nicht zu fein gemahlen zu benutzen. Von der Verwendung von Sägespänen als Schnmelzkohle muß abgeraten werden, weil ihr Kohlenstoffgehalt sehr wechselt, weil sie schlecht schnmelzen und stark treiben,

Ein zweiter Unterschied der Glaubersalzschnmelze ist der, daß nach dem vollständigen Niederschnmelzen des Gemenges, aber vor dem Blasenlassen, auf möglichste Beseitigung der eventuell sich bildenden Glasgalle gesehen werden muß. Die Glasgalle ist jener Stoff, welcher wegen seines bittersalzigen „galligen“ Geschmacks diesen Namen verdient und hauptsächlich nichts anderes ist als unzersetztes Glaubersalz in Mischung mit etwas Chlorverbindungen, Kalk, Sand, Glas usw. Bei richtigem Zusatz von Schnmelzkohle gelingt es heutzutage, die Entstehung der Glasgalle fast völlig zu verhindern. Tritt also viel Glasgalle auf, so ist die nächstliegende Ursache ein zu geringer Zusatz von Schnmelzkohle; es muß also dann die Schnmelzkohle vermehrt werden. Falsch ist aber die Meinung, daß durch einen reichlichen Überschuß an Schnmelzkohle die Zersetzung des Glaubersalzes vollständig vor sich gehen müßte und somit überhaupt keine Glasgalle sich bilden könnte, ganz abgesehen davon, daß dann Gelbfärbung des Glases auftreten würde. — Auf möglichste Verhinderung der Glasgalle hat ferner die Feuerung einen Einfluß: günstig wirkt eine recht heiße und dichte Flamme, so daß die Glasgalle leichter zersetzt wird. Durch verminderte Luftzufuhr sowie durch Drücken des

Schnmelsteins nach dem Niederschnmelzen auf kurze Zeit kann man dafür sorgen, daß sich etwas Rauchfeuer auf das Glas legt, wodurch die reduzierenden Flammengase zersetzend einwirken. Wenn bei trägem Ofengang die Glasgalle nicht an die Oberfläche treten will, so kann mitunter das Umrühren mit einer feuchten Holzstange von Vorteil sein. — Ein besonderes, „die Glasgalle verzehrendes Chemikal“, das man bloß dem Gemenge zuzusetzen braucht, gibt es nicht; es können darunter auch nur wieder kohlehaltige Stoffe gemeint sein.

Zur Beseitigung der Glasgalle, falls sie sich doch in größerer Menge gebildet haben sollte, gibt es verschiedene Wege. Kleinere Mengen von Glasgalle können, wie vorher kurz erwähnt, bereits durch Rauchfeuer zersetzt (abgebrannt) werden; sollte dieses Mittel nicht genügen, so kann man etwas kohlehaltige Stoffe, z. B. kleine Holzstücke, auf die Glasgalle werfen, wodurch ebenfalls eine Zersetzung bzw. ein „Abbrennen“ der Glasgalle eintritt. Die beste Beseitigung der Glasgalle ist das Abschöpfen mit einem trockenen (!) Löffel, wobei aber wohl zu beachten ist, daß in diesem Falle das mit der Galle abgeschöpfte Natron für das Glas verloren geht, wodurch sich dessen Zusammensetzung ändert. Manche Schnmelzer helfen sich noch durch übermäßig volles Einlegen des Satzes in den Hafen, wodurch die Galle über den Haftrand abfließt, jedoch die Ofenteile stark angreift; sehr gefährlich ist das sogenannte „Abknallen“ der Glasgalle mit Wasser.

Tritt die Glasgalle nicht vollständig an die Oberfläche des Glases bzw. wird sie nicht völlig zersetzt oder wenigstens abgeschöpft, so können verschiedene Schnmelzfehler auftreten. Steiniges Glas erhält man durch geringen Kohlezusatz, also bei unvollständiger Zersetzung der Glasgalle, indem die schwer schnmelzbaren Bestandteile des Gemenges, wie Kalk und Sand, nicht genügend Flußmittel zur Verglasung vorfinden. Diese Teile „fahren zusammen“ und bilden schwer zersetzbare Krusten, welche eventuell noch durch Zerreißen, Blasenlassen (?) und große Hitze, eventuell Abschöpfen beseitigt werden können. — Ein anderer Fehler sind Gallblasen und Gallflecken. Gelingt es nicht, das Glaubersalz im Schnmelzfluß vollständig zu zersetzen oder wenigstens die letzten Reste an die Oberfläche der Glasmasse zu bringen und sie zu beseitigen, oder treibt man nachträglich die bereits obenauf schwimmende Glasgalle wieder in das Glas hinein dadurch, daß man sie vor dem Blasenlassen nicht völlig entfernt hat, so kann sich etwas Glasgalle im Glase selbst auflösen; die Galle durchsetzt dann die ganze Glasmasse in Form von bläulich- bis grauweißen Flecken und Bläschen. Dieser Fehler muß mit denselben Mitteln bekämpft werden wie die Glasgalle. Eine Entstehung dieses Fehlers durch stark schwefelhaltige Heizgase ist wohl nicht möglich.

Ein anderer Fehler ist die gelbliche Mißfärbung des Glaubersalzglases, verursacht meist durch ein zu großes Quantum an Schmelzkohle oder auch durch zu starkes Rauchfeuer beim Abbrennen der Glasgalle. Bei einem zu großen Kohlezusatz geht die Zersetzung des Glaubersalzes zu weit, es bildet sich nicht bloß das schweflige saure Natrium, sondern sogar Schwefelnatrium, welches, wie alle Schwefelverbindungen, das Glas gelb färbt (aber nicht der Kohlenstoff färbt direkt gelb!). Ein Überschuß von Kohle verursacht auch ein starkes Schäumen der Glasmasse infolge der reichlichen Gasentwicklung. Dann tritt aber zugleich eine Gelbfärbung der Galle ein, ein gelbroter Schaum bedeckt die Glasmasse, jedenfalls Schwefelnatrium (die Galle ist „angebrannt“). Zur Verhütung dieser Fehler muß man also weniger Schmelzkohle nehmen; ist aber der Fehler einmal aufgetreten, so kann man ihn bekämpfen durch oxydierendes Feuer, eventuell auch durch Zugabe von Salpeter (bzw. Salpetersatz), auch Aufstreuen von Glaubersalz soll günstig wirken (?).

Eine ausführlichere Darstellung aller hier nur kurz gestreiften Punkte über die Glaubersalzschnmelze mit möglichst vollständigen Literaturangaben von Originalartikeln und Fragekasten-Beantwortungen gibt der Artikel „Über die Glaubersalzschnmelze“ von Dr. L. Springer im Sprechsaal 1916, Nr. 28 bis 32, auch als Sonderdruck erschienen.

„Über Rauchschäden bei der Glasschnmelze“

schrrieb der Verfasser in der Zeitschrift „Die Glashütte“ 1921, Nr. 23 und 24 einen ausführlichen Artikel.

Die lästigen bzw. schädlichen Bestandteile der Abgase bei der Glasschnmelze können sein Kohlenrauch (Ruß) und dann vor allem gasförmige Säuren wie schweflige Säure und Fluorgase.

Kohlenrauch, d. h. Ruß (Kohlenstoff), und teerige Bestandteile dürfen natürlich bei einer richtig geleiteten Gasfeuerung in den Abgasen einer Glasschnmelze nur wenig auftreten; denn ein rauchender Schornstein ist in diesem Falle immer ein Zeichen unrichtiger Feuerung, sei es, daß der Ofen zu kalt geht oder zu wenig Luft gegeben wird usw. Nur beim Aufheizen eines Ofens oder beim Wechseln läßt sich meist ein Gasverlust und somit ein Rauchen des Schornsteins nicht vermeiden. Auch bei Halbgasfeuerung und direkter Heizung, sei es von Haupt- oder Nebenöfen der Glasindustrie, soll der Kamin möglichst wenig rauchen bzw. rußen. Immerhin ist der Ruß bloß lästig als Schmutzstoff, eine direkte schädliche Wirkung übt er auf die Lebewesen nicht aus.

Dagegen sind es die sauren Bestandteile der Abgase bei der Glasschnmelze, vor allem schweflige Säure und Fluorgase, welche

Rauchschäden verursachen, weniger bei Mensch und Tier, als vielmehr in der Pflanzenwelt, besonders bei den Nadelhölzern; die Laubblätter werden fleckig, die Nadeln braunspitzig und fallen ab, schließlich verkümmert die ganze Vegetation und geht bei langanhaltender und starker Einwirkung der Gase vollständig zugrunde.

In welchen Fällen können nun bei der Glasschnmelze schädliche Rauchgase entweichen?

Zunächst ganz allgemein bei der Verwendung von schwefelhaltigem Brennmaterial; das ist nicht möglich bei Holz, selten bei Torf, weil diese keinen oder nur wenig Schwefel enthalten; wohl aber bei Braun- und Steinkohlen sowie Briketts; dagegen wiederum fast nicht bei Koks, weil bei demselben der Schwefel schon entgast ist. In den schwefelhaltigen Brennmaterialien ist der Schwefel vielfach in Form von Schwefelkies und Schwefeleisen enthalten, wobei er als schweflige Säure in die Rauchgase übergeht. — Dazu kommt in der Glasindustrie noch der spezielle Fall der Glaubersalzschnmelze; das Glaubersalz (Sulfat) zersetzt sich unter dem Einfluß der meist zugegebenen Kohle in Natron, das ins Glas eingeht, und in schweflige Säure, die sich als Gas verflüchtigt. — In kleinen Mengen kann schweflige Säure noch auftreten bei der Herstellung von gelbem Glas mit Sulfat und kohlehaltigen Stoffen oder direkt mit Schwefel bzw. Schwefelverbindungen wie Schwefelcadmium, Schwefelantimon usw., wobei auch immer ein Teil des Schwefels zu schwefliger Säure verbrennt.

Fluorhaltige Abgase treten bei der Glasschnmelze auf beim Gebrauch von fluorhaltigen Stoffen, also Flußspat, Kryolith (natürlicher und künstlicher), Kieselfluornatrium; hierbei entweicht immer ein kleinerer oder größerer Teil des Fluors mit dem Silicium des Sandes als Siliciumfluoridgas bzw. durch Umsetzung mit Wasserdämpfen als Flußsäuregas.

Endlich hat man auch schon Salzsäuredämpfe in den Abgasen von Glasfabriken gefunden; deren Bildung ist möglich bei Zugabe von Kochsalz bzw. bei einem größeren Gehalt von chlorhaltigen Stoffen (Chlornatrium, Chlorkalium) in den alkalischen Flußmitteln.

Nun kommt die Hauptfrage: Welche Mengen an sauren Bestandteilen, vor allem an schwefliger Säure, sind in den Abgasen zulässig, ohne eine schädliche Wirkung befürchten zu müssen. — Diese Frage beantworten am besten die Vorschriften, welche in den einzelnen Ländern hierfür erlassen wurden.

In England, wo die Rauchschäden bei chemischen Fabriken zuerst sehr fühlbar wurden, ist durch die sogenannten Alkaliakte von 1863 und 1881 der Höchstgehalt der Abgase auf etwa 9 g Schwefelsäuregas (SO_2) in

1 cbm (= etwa 0,24 Vol.-Proz. SO₂) gesetzlich begrenzt; hierbei ist der gesamte Gehalt an Säuren des Schwefels, also auch an schwefliger Säure (SO₂) auf Schwefelsäuregas (SO₃) umgerechnet. Für Salzsäuregas gilt etwa 0,5 g in 1 cbm.

In Deutschland sind allgemein gültige Vorschriften in dieser Hinsicht nicht erlassen worden, es wird bei Fabrikkonzessionen von Fall zu Fall entschieden; das ist auch ganz richtig, weil es nicht bloß auf den Gehalt an sauren Bestandteilen, sondern auch auf die Lage der Fabrik, die Höhe des Kamins usw. ankommt, wovon später noch ausführlicher die Rede ist. Immerhin ist z. B. in Preußen 1895 für Sulfatfabriken bestimmt worden, daß die auftretende schweflige Säure in hohe Essen zu leiten und so weit zu verdünnen ist, daß der Gehalt der Essengase an derselben in der Nähe menschlicher Wohnungen 0,01, im übrigen 0,02 Vol.-Proz. (= etwa 0,4 bzw. 0,8 g Schwefelsäuregas SO₃ in 1 cbm) nicht überschreitet. Ferner teilt Chr. Dralle in einem Aufsatz „Über die Fortschritte auf dem Gebiete der Glasindustrie“¹⁾ mit, daß hier die Gewerbeinspektoren in Preußen bei der Erteilung der Konzession von Neuanlagen verlangen, daß der Gehalt an Schwefelsäure (SO₃) 5 g in 1 cbm (= 0,13 Vol.-Proz. SO₂) nicht übersteigt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß derartige Bestimmungen von den Betrieben eingehalten werden können; ob hierbei in allen Fällen eine Beschädigung der Vegetation in der nächsten Umgebung der betreffenden Fabrikanlage hintangehalten wird, muß dahingestellt bleiben und in jedem einzelnen Falle besonders untersucht werden.

Wirkliche Angaben über die in der Praxis gefundenen Zahlen von sauren Bestandteilen in den Abgasen von Glasfabriken finden sich in dem am Schluß angegebenen Buche von Haselhoff und Lindau, die in folgender Übersichtstabelle wiedergegeben seien:

Art des Betriebes	Salzsäuregas (HCl)	Schwefligsäuregas (SO ₂)	Schwefelsäuregas (SO ₃)	Summe SO ₂ + SO ₃
	in g pro cbm			in g pro cbm
1. Tafelglasfabrik				
a) wenn sehr viel Säure entwickelt wurde (also offenbar in der Rauhschmelze)	0,46 0,60	7,1 8,9	3,3 3,4	10,4 12,3
b) nach der Schmelze (fast nur Kohlenrauch) . . .	—	0,8	0,2	1,0
2. Spiegelglashütte				
a) wenn viel Säure entwich (Rauhschmelze)	0,09 0,14	1,1 7,2	0,6 2,2	1,7 9,4
b) bei wenig Säureentwicklung	0,11 0,12	3,0 3,4	0,2 0,9	3,2 4,3

¹⁾ Chem. Ztschr. 1902, I, S. 436.

Da nun ein schädlicher Gehalt an schwefliger Säure in erster Linie durch den in den Kohlen vorhandenen Schwefel in die Abgase kommt, so wird man weiter fragen: Welches ist der höchstzulässige Schwefelgehalt in den Brennstoffmaterialien?

Vor Beantwortung dieser Frage muß zunächst betont werden, daß es hier nicht auf den Gesamtgehalt der Kohle an Schwefel ankommt, sondern nur auf den sogenannten flüchtigen Schwefel. Die mineralischen Bestandteile der Kohle können den Schwefel teils schon in einem solchen Zustand enthalten (in Form von schwefelsauren Salzen = Sulfaten), daß er bei der Verbrennung bzw. Vergasung in der Asche zurückbleibt, teils aber kann auch anderer Schwefel in nichtflüchtige und somit in der Asche zurückbleibende Verbindungen übergehen; der Rest des Schwefels geht flüchtig bzw. verbrennt und geht in Form von Schwefligsäuregas in die Abgase.

Was nun den höchstzulässigen Schwefelgehalt in Kohlen betrifft, so schreibt darüber Ost (l. c.): „Steinkohlen mit 1 Proz. flüchtigem Schwefel geben bei normaler Verbrennung mit der Luftmenge 2:1 (d. h. der doppelten Luftmenge als theoretisch nötig, was bei direkter Feuerung zutrifft) Rauchgase mit 0,04 Vol.-Proz. Schwefligsäuregas (SO₂) = 1,5 g Schwefelsäuregas (SO₃) in 1 cbm; in der Regel sind solche Gase unschädlich, sie können aber Schäden anrichten, wenn sie in großen Massen oder aus niedrigen Essen oder in gebirgigem Gelände auströmen (vgl. die früheren Ausführungen über den höchstzulässigen Schwefligsäuregehalt!). Kohlen mit mehr als 3 Proz. flüchtigem Schwefel sollten von der Verwendung als Brennstoff ausgeschlossen sein.“

Bei Haselhoff und Lindau (l. c.) heißt es: Im Durchschnitt kann man den Gehalt an flüchtigem Schwefel in den Steinkohlen zu 1 Proz., in den Braunkohlen zu 0,5 Proz. annehmen, es sind aber für Steinkohlen schon mehr als 5 Proz. und für Braunkohlen weit höhere Zahlen gefunden worden. Manchen Industrien werden kaum ausführliche Bestimmungen über den Gehalt der Abgase an schwefliger Säure auferlegt, während unbeanstandet in jeder gewöhnlichen Feuerungsanlage Kohlen mit 8 Proz., ja mit 17 Proz. Schwefel gebrannt werden dürfen, deren Rauchgase 0,18 Vol.-Proz. und mehr Schwefligsäuregas enthalten.

Hier seien noch einige kurze Bemerkungen über die Schädlichkeit fluorhaltiger Abgase speziell in der Glasindustrie gemacht. Wie schon erwähnt, treten sie bei Verwendung fluorhaltiger Stoffe auf. Ost ist der Ansicht, daß die Fluorschäden in der Praxis diejenigen von Schwefligsäuregas an Intensität weit übertreffen, weil Flußsäuregas rasch zur Erde sinkt, feuchte Nebel bildet und auf weite Strecken konzentriert beisammen bleibt. Andererseits sind Beschädigungen durch fluorhaltige Abgase bei der Glasschmelze weit seltener. Bei

Haselhoff und Lindau (l. c.) wird nur ein einziger Fall von einer Glasfabrik im sächsischen Erzgebirge erwähnt; hierbei lagen aber nicht einmal Analysen der Nadeln vor, so daß es unsicher ist, ob die Schädigung wirklich durch Flußsäure oder durch schweflige Säure verursacht wurde. — In dem Buche „Chemische Technologie des Glases“ von B. Müller heißt es: „Bei der Herstellung von Milchgläsern mit Kryolith bildet sich nebenbei auch Siliciumfluorid, welches mit den Rauchgasen in den Schornstein entweicht; wegen der Giftigkeit desselben für Nadelholzbäume können Glasfabriken, welche Milchglas mit Fluorverbindungen als Trübungsmittel schmelzen, großen Forstschaden anrichten, wie es der Fall war bei einer im Fichtelgebirge gelegenen Glasfabrik, welche die Odolfläschchen anfertigte.“ — R. Dralle (l. c.) erwähnt noch, daß der Flußspat bei der Glasmelze die Schädlichkeit der Rauchgase stark vermehrt.

Endlich noch einige Worte über die Feststellung und Untersuchung der Rauchschäden! Wie sich die Rauchbeschädigung im allgemeinen in der Pflanzenwelt bemerkbar macht, wurde schon in der Einleitung erwähnt; dabei ist zu beachten, daß ähnliche Erscheinungen auch aus anderen Ursachen auftreten können, z. B. durch Insekten, Pilze, Fröste, anhaltende Dürre usw.

Vermag auch unter Rücksichtnahme auf diese Umstände die bloße Besichtigung und eventuell botanische Untersuchung der Pflanzenwelt säurehaltige Abgase als Ursache der Schädigung festzustellen, so bildet doch erst die chemische Analyse von Pflanzenproben einen eindeutigen Beweis. Freilich haben auch gesunde Pflanzen einen bestimmten Gehalt z. B. an Schwefel; steigt aber derselbe abnorm hoch, so muß eine Einwirkung von Schwefelgasen vorliegen.

Zum Schluß wird noch als charakteristisches Beispiel ein besonderer Fall aus der Glasindustrie nach den eigenen Erfahrungen des Verfassers angeführt.

Übersicht über die glastechnischen Fabrikationsfehler.

Eine ausführliche Abhandlung: „Über das Wesen, die Ursache und Verhütung der Glasfehler“, von E. Plenske findet sich im Sprechsaal 1911, Nr. 1 bis 6; ein ähnlicher Artikel, „Glasfehler, ihre Ursachen und Verhütung, ihre Pflege und Ausnutzung in der Glastechnik unserer Zeit“ von C. J. Stahl, in der „Glashütte“ 1920/21, ab Nr. 52. Nach diesen Artikeln und den eigenen Untersuchungen und Erfahrungen des Verfassers sei hier zur raschen Orientierung eine Übersicht über die wichtigsten glastechnischen Fabrikationsfehler gegeben. (Spezielle Fehler bei der Glaubersalzsammelze siehe in der vorhergehenden Abhandlung.)

I. Steiniges Glas.

Steine sind im allgemeinen solche Bestandteile des Glases, welche keine glasartige Beschaffenheit haben; hierher gehört das eigentliche steinige Glas, dann sandiges Glas, Pocken und Knoten, dunkle Punkte und Streifen. Beim eigentlichen steinigen Glase kann man unterscheiden zwischen Gesteinen und Schamottesteinen.

a) Ursache und Verhütung der Gesteine:

1. Ungenügende Mahlfineinheit des Gemenges, besonders der schwer schmelzbaren Bestandteile, wie Sand und Kalk.

2. Schlechte Mischung des Gemenges, besonders im feuchten Zustand.

3. Zu hart eingestelltes Gemenge, d. h. mit zu viel Sand oder zu wenig Alkalien, was natürlich auch für feucht gewordene oder wasserhaltige Flußmittel gilt.

4. Fehlerhaftes Einlegen: Zu frühes Einlegen in den noch kalten Ofen, Ersäufen der neuen Einlage in zu dünnflüssigem Glase, zu rasches Einlegen der einzelnen Gemenge.

5. Zu kalter Ofengang, d. h. zu geringe Schmelzhitze, wohl eine der Hauptursachen von steinigem Glase.

6. Spezielle Ursachen beim Wannbetrieb: Nicht genügende Länge der Wanne zum Durchschmelzen des Glases, besonders bei starker Besetzung bzw. zu großen Gegenständen (vorläufige Abhilfe: Heißergehen der Wanne oder weicherer Gemenge); an neu eingesetzten Schiffchen oder Kränzen hängengebliebenes Gemenge.

b) Ursache und Verhütung der Schamottesteine.

1. Ton oder Schamottebrocken mit den Scherben aus der Hütte oder bei Ofenreparaturen.

2. Steine von den Wandungen der Häfen, Schiffchen, Kränze oder dem Ofen bei geringwertigem oder schlecht verarbeitetem oder zu niedrig gebranntem oder ungenügend verglastem oder schon stark abgenutztem Material; speziell ist auch die Loslösung von Bodensteinen bei Wannern möglich.

3. Die Entstehung wird begünstigt durch übermäßige Hitze im Ofen, ein zu weiches, alkalireiches Gemenge, besonders bei Glaubersalz- und Fluorverbindungen enthaltenden Versätzen.

4. Verwendung von Schamottesteinen bzw. Schamottemörtel statt Dinas für das Ofengewölbe (eventuell auch tonhaltige Dinassteine); Einwirkung einer Stichflamme oder überhaupt zu großer bzw. zu langdauernder Hitze auf Teile des Ofengewölbes.

5. Oberflächliches Eindringen von Schamottesteinen ins Glas bei der Verarbeitung am Schmelz- oder Trommelofen, beim Strecken, beim Einschieben in den Kühlöfen usw.

c) Sandiges Glas, d. h. viele, kleine, von Sand herrührende Steinchen; Ursache: zu grobes Korn, zu hartes Gemenge usw. wie beim eigentlichen

steinigen Glas; nachträgliche Verunreinigung durch Sand eventuell auch noch in den Formen (sandige Schmiere).

d) Pocken (Kritz) sind nichts anderes als größtenteils gelöste Gemengesteine, daher Ursache und Verhütung wie bei diesen; Knoten sind entsprechende Schamottesteine.

e) Dunkle Punkte speziell bei Farbglas; Ursache: zu grobe Körnung oder schlechte Mischung oder schwere Löslichkeit der Farbstoffe (besonders bei Chromoxyd); Verhütung: feinste Mahlung und beste Mischung, eventuell mit einem Flußmittel (Borax) oder einem leicht flüssigen Gemenge (eventuell vorgefrittet) oder Verwendung in Form leichter schmelzbarer Verbindungen (bor- und phosphorsaure Salze) oder in gelöstem Zustand mit Sand usw. gemischt. Farbige Streifen haben meist ähnliche Ursachen wie vorher; Abhilfe eventuell Blasenlassen und gute Hitze; ferner Verunreinigungen durch Eisen (von den Gemengewagen, Einlegkellen, Pfeifen, Scherben).

II. Entglastes, rauhes, krätziges Glas.

Wesen: Milchige Trübung, steinchenähnliche Ausscheidungen, weiße Häute auf der Oberfläche.

1. Ursache: Zu geringe Hitze, zu hoher Kalk- eventuell auch Alkaligehalt; Abhilfe bringt heißer Ofengang, Wiedererhitzen des entglasten Glases, Zusatz von tonerdehaltigen Stoffen.

2. Ursache: Zu starke Abkühlung der Schmelzen beim Einlegen des Gemenges oder von kalten Glasbrocken oder beim Einstellen von Reserveklärapparaten.

Bemerkungen. Umgekehrt hat verglastes Glas, d. h. klargestandenes, „ausgebranntes“ Milchglas seine Ursache in zu langem bzw. zu starkem Erhitzen oder zu wenig Trübungsmittel bzw. zu viel Alkalien. Eine spezielle Abhandlung über steiniges und entglastes Glas siehe noch Sprechsaal 1924, Nr. 3.

III. Rampiges, schlieriges, windiges Glas,

1. Rampen (Wellen) sind Glasschichten von ungleicher Zusammensetzung (daher ist rampiges Glas auch wenig widerstandsfähig); Ursache: schlechte Vermischung der einzelnen Glasschichten infolge zu niedriger oder schwankender Ofentemperatur, zu frühen Einlegens, schlechter Läuterung, Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Gemenges, anders zusammengesetzte Scherben, Verschieben der Schiffchen und Kränze in der Schmelze. Eine besondere Art sind die Trommelringe bei den Tafelglaswalzen.

2. Schlieren sind meist sehr feine Rampen; ein spezieller Fall von Schlierenbildung tritt ein beim Verdampfen leichtflüchtiger Bestandteile an der Glasoberfläche.

3. Winden und Fäden sind dünne, langgezogene Partien eines tonerdeichen, stärker lichtbrechenden Glases; die Fäden rühren her von Schamottesteinchen, die Winden davon, daß an den

Häfen oder Kränzen befindliches und daher tonerdeiches Glas durch die übrige Schmelze gezogen wird. Ein Artikel, „Einiges über Schlieren, Rampen und Winden im Glas“, findet sich von E. S. im Sprechsaal 1922, Nr. 9.

IV. Blasiges (gispiges) Glas.

Man kann unterscheiden Gispfen, Gallbläschen, gewöhnliche Gasblasen und Luftblasen.

a) Gispfen sind kleine mit Luft oder Gasen gefüllte Bläschen; Ursachen: unvollkommene Läuterung infolge kalten Ofengangs; zu geringes oder nicht rechtzeitiges Blasenlassen; zu heißer Ofengang bis zur Verdampfung von Gemengebestandteilen; zu frühes oder zu rasches Einlegen (wodurch das Glas selbst beim Ausarbeiten noch gispig werden kann); zu plötzlichem oder ungleichmäßigem Abgehenlassen; zu großer Alkaligehalt des Gemenges; zu schwefelreiche Kohle; Übergang von unreinen, läuternde Stoffe wie Sulfate und Chloride enthaltenden Flußmitteln (Soda, Pottasche) zu sehr reinen Materialien, wobei dann absichtlich kleine Mengen von Kochsalz oder Glaubersalz zugesetzt werden müssen.

b) Gallblasen, das sind größere, linsenförmige Blasen mit Sulfatgehalt von bitterem Geschmack. Über Ursache und Beseitigung siehe den vorigen Abschnitt über die Glaubersalzschnmelze.

c) Gasblasen sind größere Blasen, die meist durch Eisenteile in der Schmelze verursacht werden. Eine besondere Art sind sehr kleine, aber auch sehr zahlreiche Gasblasen (schäumiges Glas) durch zu hohen Gasdruck bzw. stark rauchige Flammen.

d) Luftblasen: Hierher gehören die Anfangsblasen beim Blasen und Gießen des Glases. Ein spezieller Fall sind feine Bläschen nach dem Setzen von neuen Häfen, Kränzen, Schiffchen aus den Poren dieser feuerfesten Produkte; Abhilfe: vorübergehendes genügendes Tempern bzw. Verglasen.

Eine besondere Abhandlung, „Die Einteilung der Blasen im Glase und ihre Ursachen“, findet sich nach einem Referat des nordamerikanischen Glasfachmannes L. Frink im Sprechsaal 1921, Nr. 11, siehe ferner einen einschlägigen Artikel über „Staubiges Glas“ im Sprechsaal 1924, Nr. 49.

V. Beschläge auf Glas.

Erscheinung: Beschlagen, Anlaufen, Erblinden, Irisieren, Fleckigwerden.

1. Am wenigsten zeigt ein hart eingestelltes Glas, eventuell mit Tonerdegehalt, diesen Fehler, am ehesten tritt er auf bei zu hohem Alkalizusatz.

2. Bläulichweiße bis schwarze Beschläge verursachen an Schwefelverbindungen reiche Gase, indem sich ein Beschlag von Alkalisulfat bildet; Abhilfe: schwach reduzierende Flamme bzw. schwefelarme Kohle (Reinigung mit verdünnter Salzsäure oder Flußsäure).

3. Fettige Beschläge entstehen vor allem durch teerige Bestandteile im Gase (Reinigung mit

schwefelsaurer Chromkalilösung), dann auch beim nochmaligen Überglühen des Glases im Trommelofen usw., was durch schwaches Rauchfeuer mittels Einlegen von Holzstücken verhindert werden kann.

4. Schmieriges Aussehen durch Flugstaub aus den Gaserzeugern oder durch schlechte Schmierung der Formen.

5. Perlmutterartiger Glanz durch zu heiße Formen oder zu viel Schmiermittel.

6. Natürliche Verwitterung (Erblinden, Iri-sieren, Schwitzen, spinnwebenartige Überzüge) infolge falscher, vor allem zu weicher Glaszusammensetzung.

7. Blindwerden des Preßglases durch unrichtiges Pressen, zu kalte oder zu heiße Formen und Stempel, durch schlechte Schmiermittel, durch minderwertige, vor allem poröse Gußeisenformen, durch zu stark oxydierende Flamme bei der Feuerpolitur (daher mehr rauchiges Feuer durch Einlegen von Holz); Reinigung des blinden Preßglases mit einem Flußsäure-Schwefelsäurebad nach Art der Säurepolitur.

VI. Farbenänderungen im Glas.

1. Mißfärbung des Glases beider Schmelze: Dunklerfarbiges Farbglas oder gelblich gefärbtes Weißglas wird, abgesehen von Unreinigkeiten der Rohstoffe, erhalten durch rußende oder schwefelreiche oder flugstaubhaltige Flammengase; speziell bei Wannen kann auch das Aufsteigen von Bodenglas schuld sein.

2. Nachträgliche Mißfärbungen, besonders am Sonnenlicht, haben ihre Ursache meist in einem Überschuß der Entfärbungsmittel, besonders bei weichen Gläsern; Abhilfe: nochmaliges Erhitzen des Glases in einer Muffel.

VII. Risse und Sprünge im Glas.

Die Hauptursache ist vor allem schlechte bzw. ungleichmäßige oder zu rasche Abkühlung des Glases bei oder nach der Verarbeitung. Besondere hierher gehörige Fälle sind: das Rissigwerden und schließliche Abspringen von Flaschenmundstücken, das Auftreten von Sprüngen im Preßglas, die sogenannten Millionenrisse besonders im Flaschenglas, die Schrennstriche, das Abringeln beim Verschmelzen von Gläsern, die Einläufe bei Glastafeln.

II. Die Schmelzgefäße und anderen feuerfesten Materialien.

Die für die Glasindustrie wichtigsten feuerfesten Rohstoffe sind in erster Linie der Ton, dann Quarz und Sandsteine, selten Graphit oder Kalk- und Magnesitsteine. Bezüglich der Fundorte guter feuerfester und chemisch widerstandsfähiger Tone speziell für die Glasindustrie und der an dieselben zu stellenden Ansprüche sei auf die frühere Auflage dieses Buches verwiesen.

Die für die Glasindustrie wichtigsten feuerfesten Materialien, welche aus diesen Rohstoffen hergestellt werden, sind nun vor allem die verschiedenen Ziegel- und Steinsorten zum Aufbau der Hafen- und Wannenöfen, dann insbesondere die Glasschmelzhäfen für die Hafenöfen mit den zugehörigen Ringen (Kränzen), sowie die Schiffchen, Brücken und Stiefel speziell für die Wannenöfen, endlich die Strecksteine für die Strecköfen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der feuerfesten Materialien ist etwa 1 bis 2 Tle. roher Ton und 2 Tle. gebrannter Ton (Schamotte), für welche die bereits gebrauchten Materialien (Hafenschalen usw.) weitergehend wieder verwendet werden können; manchmal wird Quarz zugesetzt, selten Graphit. Allgemeine Regeln lassen sich hier nicht aufstellen; die Zusammensetzung muß sich nach dem Verwendungszweck, nach den Eigenschaften des Tones (ob fett oder mager usw.) richten, siehe jedoch noch die später angegebenen englischen Normen. Nachfolgend sollen einige durchschnittliche Gemengesätze für die feuerfesten Materialien angegeben werden und zwar nach den Büchern R. Dralle, Die „Glasfabrikation“ 2. Bd. und H. Schnurpfeil, „Die Tonindustrie im Glashüttenbetrieb“, welche alle hier einschlägigen Fragen ausführlich behandeln.

Gemengesatz für ungebrannte Ringmauersteine: 1 Tl. roher Ton (Großalmeroder, Westerwalder oder ähnliche Tone) + 2 Tle. gemahlene Schamottesteine von der alten Ringmauer.

Wannenbodensteine (grobkörnig): 1 Tl. Großalmeroder oder Westerwalder Ton roh, fett + 1 Tl. dgl. gebrannt + 1 Tl. gemahlener und gebrannter Sandstein.

Wannenseitensteine (fein): 1 Tl. Großalmeroder oder ähnlicher Bindeton roh + 1 Tl. dgl. gebrannt + 1 Tl. Sandstein oder Hafenschalen.

Hafenofen-Senkplatten: 1 Tl. Großalmeroder Ton roh + 1 Tl. dgl. gebrannt.

Glasschmelzhäfen: 1 Tl. Großalmeroder oder Meißener Ton roh + 1 Tl. dgl. gebrannt. — 5 Tle. Wildsteiner Ton roh, 3 Tle. dgl. gebrannt, 2 Tle. Hafenschalen.

Ringe (Kränze), Brücken, Schiffchen, Stiefel werden im allgemeinen ebenso zusammengesetzt wie die Glashäfen.

Strecksteine: In der unteren Hälfte aus 3 Tln. rohem, fettem Bindeton + 5 Tln. grobkörniger Schamotte, in der oberen Hälfte aus 1 Tl. rohem Grünstädter Ton + 1 Tl. Hafenschalen + 2 Tln. Graphit (alle Materialien möglichst fein).

Speziell bezüglich der Glashäfen sei hier noch bemerkt: Form, Größe und Fassungsvermögen derselben sind im früheren Werke ausführlich besprochen und durch Tabellen und Berechnungen erläutert; die sogenannten kontinuierlichen Glashäfen werden auch heutzutage nur selten verwendet¹⁾;

¹⁾ Über Glasschmelzhäfen für unterbrochenen und ununterbrochenen Betrieb s. Sprechsaal 1910, Nr. 19, 20 u. 31.

dagegen gebraucht man besonders für Oberflammenöfen gern niedrige und breite Häfen¹⁾.

Ebensowenig kann hier auf die Herstellung der verschiedenen feuerfesten Materialien näher eingegangen werden²⁾, sondern ebenfalls auf die schon erwähnte Spezialliteratur und besondere Abhandlungen verwiesen werden. Nur einer Neuerung sei hier ausführlich gedacht, nämlich des Schamotte-Gießverfahrens von Dr. Weber & Co. in Schwepnitz, das in der Glasindustrie besonders auch zur Herstellung der Glashäfen verwendet werden kann.

Hierüber unterrichtet zunächst der Artikel „Die Herstellung von Glasschmelzhäfen durch Gießen“³⁾; ferner entspann sich hierüber auf eine Anfrage im Sprechsaal 1908 eine ausführliche Diskussion verschiedener Glasfachleute in der gleichen Zeitschrift. Ebenso berichtet „Vom Hafengießverfahren“ H. Knoblauch-Löbau im Sprechsaal 1911, Nr. 46 und 47. Endlich findet sich in den neueren Glasbüchern, z. B. bei R. Dralle, „Die Glasfabrikation“ und H. Schnurpfeil, „Die Tonindustrie im Glashüttenbetrieb“, das Verfahren ausführlich beschrieben. Hier soll eine kurze Beschreibung der praktischen Ausführung folgen. Das Wesentliche der Gießanlage (siehe Fig. 210) besteht in einem Mischkessel *a* und einem Wasserbehälter *b*. Ein abgemessenes Gemengequantum wird in den Einschüttkasten gegeben, an dessen Sohle sich eine horizontale Transportschnecke befindet. Diese transportiert es in Verbindung mit einem Elevator in gleichmäßigem Strome nach dem Mischkessel *a*. Die für ein gewisses Gemengequantum vorher berechnete Wassermenge wird in dem Wasserbehälter *b* abgemessen und hierin das vorher abgewogene Alkali gelöst. Dieses alkalische Wasser fließt gleichzeitig mit dem Ton-Schamottegemenge dem Mischkessel zu, dessen rasch rotierende Flügel beides gut durchmischen und zu einer homogenen, flüssigen Masse verarbeiten. Die Arbeitsweise dieser Anlage ist so berechnet, daß innerhalb 30 bis 40 Minuten ein Gemenge von 250 oder 500 oder 900 kg und mehr fertig gerührt wird. Um ein kontinuierliches Arbeiten zu ermöglichen und der Masse noch weiterhin Zeit zur völligen Aufschließung zu lassen, ist noch ein Rührapparat angeordnet. Erst von hier aus erfolgt der Guß z. B. in eine darunter stehende Hafenform. Dieselbe ist zweckmäßig aus Gips hergestellt, weil dieser der

Masse rasch einen Teil des Wassers entzieht und so eine schnellere Verfestigung derselben bewirkt.

Das ganze Verfahren erfordert im allgemeinen nur einen Arbeiter, wodurch eine sehr beträchtliche Arbeitersparnis gewährleistet wird. Die kleinste Maschine verflüssigt bequem 2500 kg Gemenge in zehn Stunden, die größte dagegen verarbeitet 9000 bis 10 000 kg. Erfahrungsgemäß sind die durch Gießen erzeugten Häfen und andere feuerfeste Gegenstände von viel größerer Dichte als handgemachte, weshalb das Glas viel weniger durch Ton verunreinigt wird. Das Trocknen der gegossenen Gegenstände erfolgt wie das der handgemachten.

Wenn sich das Verfahren in der Glasindustrie noch nicht so eingebürgert hat, wie man erwarten

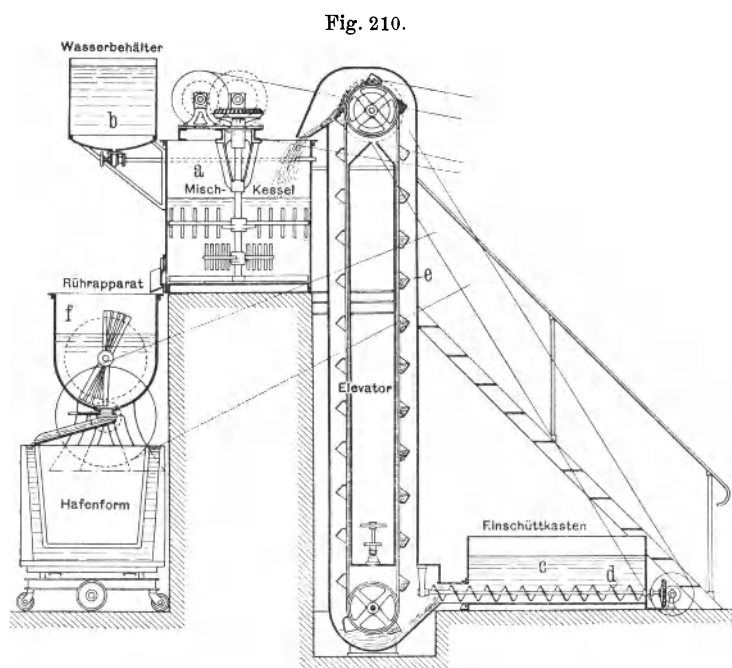


Fig. 210.

Schamotte-Gießanlage von Dr. Weber & Co.

sollte, so liegt das nicht an irgendwelcher technischer Unvollkommenheit, sondern einmal daran, daß gerade kleinere Hütten nur langsam an Neuerungen herangehen, und daß es, wie alle maschinelle Verfahren, eine peinliche Genauigkeit und Sorgfalt in der Ausführung erfordert.

Wie schon erwähnt, wurde dieses Verfahren von Dr. Weber-Schwepnitz zuerst auf Schamottewaren angewandt (D. R.-P. Nr. 158 496) und von Dr. Keppeler-Hannover sowie A. Spangenberg-Merfig (D. R.-P. Nr. 201 987) vervollkommenet; durch eine Verabredung zwischen den beiden Parteien ist letzteres bis jetzt auf Glashütten nicht eingeführt, dagegen in Schamottfabriken und feinkeramischen Werken.

Weiter enthält noch speziell das schon zitierte Werk von R. Dralle im 2. Bd. ein eigenes Kapitel

¹⁾ J. Baldermann, Über die Größenverhältnisse der niedrigen und breiten Glasschmelzhäfen, Sprechsaal 1920, Nr. 2. — ²⁾ Vgl. den Artikel „Die Hafenstube“ von C. T. Stahl in der Glashütte 1923, Nr. 46 ff. und den gleichen Verfasser, „Die Herstellung der Strecksteine“, in der Glashütte 1923, Nr. 20 ff. — ³⁾ E. Weber im Sprechsaal 1905, Nr. 4.

über die „Normalsteine“, worin das Format samt Gewicht aller für den Glasofenbau in Betracht kommenden Steine ausführlich zusammengestellt und skizziert ist, ferner an Hand von zahlreichen Abbildungen für eine Reihe von Wannenseitenblöcken die Berechnung des gesamten erforderlichen feuerfesten Materials beschrieben ist.

Nicht uninteressant dürften aber auch für die deutschen Glasindustriellen „Die Ansprüche der englischen Glasindustrie an die feuerfesten Erzeugnisse“ sein. Über dieses Thema erschienen mehrere Berichte in der *Keram. Rundschau* 1920, Nr. 37, 39, 42, sowie ein zusammenfassender Bericht in der gleichen Zeitschrift 1921, Nr. 2.

1. Glashäfen und Glashüttentone. Über die Massemischung für Glashäfen wird bestimmt, daß diese mindestens aus drei Teilen bestehen soll, nämlich Grundton, Bindeton und Schamotte. Der Grundton soll ein besonders ausgesuchter, hochfeuerfester Ton sein, aus welchem der Schwefelkies von Hand ausgelesen wurde. Der Bindeton soll ein fetter, bildsamer, gewetterter Ton sein. Die Schamotte muß aus ausgewähltem, feuerfestem Ton und nicht aus gewöhnlichen Schamotteziegeln sein, sie darf keine Anzeichen von Blausteinigkeit oder schwarzem Kern zeigen. Auf Wunsch des Käufers müssen lieferungsgetreue Proben mit Angabe der Analyse und Erweichungstemperatur (nach Segerkegel) zur Verfügung gestellt werden, Proben der Tone oder Schamotte dürfen nach dem Erhitzen auf 1400° keine Eisenflecke zeigen und sollen besonders beim Bindeton ein dichtes Gefüge haben; Sinterungs- und Schmelztemperatur sollen weit auseinander liegen.

2. Glaswannenblöcke. Bei Wannenseitenblöcken können ebenfalls lieferungsgetreue Durchschnittsproben sowie Angaben über die chemische Zusammensetzung, die Feuerfestigkeit, die Porigkeit, die Längenschwindung und das Längenwachstum sowie die Druckfestigkeit verlangt werden. Die chemische Analyse muß die gewöhnlichen Bestandteile (nebst Titanoxyd) umfassen. Hinsichtlich der Feuerfestigkeit sollen aus den Blöcken geschnittene Kegel den Segerkegel 30 erreichen. Die Blöcke müssen ein regelmäßiges Gefüge ohne Hohlräume und Risse, ferner scharfe Kanten und glatte Oberflächen haben; sie müssen gleichmäßig gebrannt sein und dürfen keine Flecken von Schwefelkies oder anderen ausgeschiedenen Verunreinigungen aufweisen. Die Porigkeit für die Seitenblöcke der Schmelzzone soll 18 Proz., für die anschließenden weniger beanspruchten Blöcke 23 Proz., für die unteren oder Sohlenseitenblöcke 25 Proz., für die Bodenblöcke 30 Proz. nicht übersteigen. Bezüglich Nachschwinden oder Nachwachsen dürfen aus dem Block herausgeschnittene Versuchsstücke (von etwa $7,5 \times 5 \times 2,5$ cm) nach zweistündigem Erhitzen bei Segerkegel 14 nicht mehr als 2 Proz. Zusammenziehung oder Ausdehnung zeigen. Die Druckfestigkeit soll bei würfelförmigen Probekörpern (von 4 engl. Zoll = 10 cm Kanten-

länge) nicht weniger als 1600 engl. Pfund auf 1 Quadratzoll = 112,5 kg auf 1 qcm betragen.

Die Herstellung der Wannenseitenblöcke soll geschehen aus:

a) Einem fetten Bindeton mit wenig Kieselsäure, 36 bis 40 Proz. Tonerde, weniger als 2,5 Proz. Alkalien- bzw. 4,5 Proz. Gesamtflußmittelgehalt, niedriger Sinterungstemperatur und einem Schmelzpunkt nicht unter Segerkegel 31.

b) Einem hochfeuerfesten Grundton von 25 bis 32 Proz. Tonerde, weniger als 1,4 Proz. Alkalien und mindestens Segerkegel 31 Feuerfestigkeit.

c) Einer Schamotte, bestehend aus einer Mischung der beiden vorigen Massen, bei Segerkegel 14 gebrannt.

Für die Massemischung zu Wannenseitenblöcken wird vorgeschlagen:

Für Wannenseitenblöcke (Bodensteine) werden 1 Tl. Bindeton und 3 Tle. Grundton trocken gemahlen; ein Teil dieser Mischung wird zur Herstellung von Schamotte mit Wasser angemacht, zu Platten verformt, bei Segerkegel 10 gebrannt und zu scharfen Körnern vermahlen. 5 Raumteile obiger Tonmischung, ferner 1 Tl. Schamotte, die durch $\frac{1}{4}$ -Zollsieb geht und auf dem $\frac{1}{8}$ -Zollsieb bleibt, sowie 1 Tl. Schamotte, die durch $\frac{1}{16}$ -Zollsieb geht und auf dem $\frac{1}{32}$ -Zollsieb bleibt, werden trocken gemischt, mit möglichst wenig Wasser angemacht, auf einem Kollergang geknetet und einen Monat gemaukt. Die Blöcke werden langsam getrocknet und bei Segerkegel 10 gebrannt.

Für Sohlenseitenblöcke besteht die Mischung aus gleichen Teilen Grund- und Bindeton, die hieraus hergestellte Schamotte wird bei Segerkegel 12 gebrannt; auf 5 Tle. Tonmischung kommen 2 bzw. 1 Tl. Schamotte, wie vorher gesiebt; die Blöcke werden bei Segerkegel 12 gebrannt.

Für die oberen Seitenblöcke: Tonmischung aus 2 Tln. Bindeton und 1 Tl. Grundton, Schamotte hieraus bei Segerkegel 14 gebrannt; auf 5 Tle. Tonmischung kommen 1 bzw. 2 Tle. Schamotte; Brennen bei Segerkegel 14.

Im allgemeinen sollen die Wannenseitenblöcke keine größeren Seitenflächen haben als 4 Quadratfuß; sie müssen in einem trockenen und warmen Raume gelagert werden.

3. Quarzziegel und Quarzmörtel. Auch hier sind bestimmte Normen für Zusammensetzung, Feuerfestigkeit, Schwindung usw. festgestellt worden.

Quarz- (Silika-) Ziegel dürfen nicht weniger als 94 Proz. Kieselsäure und nicht mehr als 2 Proz. Kalk enthalten. Der Schmelzpunkt darf nicht unter Segerkegel 32, die Längenausdehnung nach zweistündigem Erhitzen bei Segerkegel 12 und darauffolgender Abkühlung nicht über 0,75 Proz. liegen. Die Ziegel müssen gleichmäßig gebrannt sein und ein regelmäßiges, löcher- und rissfreies Gefüge haben.

Quarz- (Silika-) Mörtel soll fein gemahlen sein, nicht weniger als 92 Proz. Kieselsäure enthalten und von gleicher Feuerfestigkeit wie die Ziegel sein.

Hören wir nun eines deutschen Fachmannes Ansichten über „Die Schamotteerzeugnisse zum Bau der Glasöfen und Glasschmelzwannen“ von J. Baldermann in der Keram. Rundschau 1920, Nr. 39 u. 41. Jeder Ofenbaustoff muß vor allem höchste Feuerfestigkeit besitzen; die Verluste, welche durch Zerstörung der Ofenmauern entstehen, sind durch Arbeitsunterbrechung und Wiederherstellungskosten oft sehr beträchtlich. Zwei Fehler werden nun bei der Herstellung von Ofenbausteinen besonders für Schmelzwannen gemacht:

1. Das Schamottemehl wird oft zu grobkörnig verwendet; die Korngröße soll nicht über 3 mm betragen. Ferner soll der Schamotteton möglichst hoch, also bis zur Braunfärbung gebrannt sein; dann tritt fast keine Schwindung und somit keine Rissebildung im Mauerwerk ein.

2. Der alte Gebrauch, dem Schamottemehl einen Teil von grobem Quarz beizumischen. Der Quarz ist aber als der größte Zerstörer aller Schamottewaren bei der Glasschmelze anzusehen, weil die Quarzkörner von den flüssigen Alkalien in erster Linie aufgelöst werden; sie schmelzen aus dem Mauerwerk heraus und machen dasselbe porös, um so leichter noch, je grobkörniger das Schamottemehl war.

Kurz gesagt: Es sollen die Wannensteine aus der gleichen Tonmasse wie die Häfen angefertigt werden.

Zum Schlusse wird noch auf das Brennen der Schamotteerzeugnisse, besonders der Bankplatten, hingewiesen, sowie die Herstellung der Strecksteine für Fensterglasfabriken, welche bisher vielfach aus Belgien bezogen wurden, den Schamottefabriken empfohlen und auch kurz beschrieben.

III. Die Feuerungen.

Bevor die verschiedenen Ofenkonstruktionen besprochen werden, müssen einige Bemerkungen über die heutzutage verwendeten Brennmaterialien und die Gaserzeuger, vorangeschickt werden.

a) Die Brennmaterialien.

Holz wird heutzutage für Glasschmelzöfen nur mehr selten verwendet, außer in sehr holzreichen Gegenden und bei allenfallsigem Kohlenmangel, z. B. in Deutschland und Frankreich während des Weltkrieges, manchmal auch noch für die Herstellung sehr reinen Kristallglases, weil es eine reine, von Flugstaub und Schwefel freie Flamme gibt. Soweit es nicht in kleinen, alten Öfen in großen Scheiten direkt verfeuert wird, soll es in den Gaserzeugern in Stücken von

20 bis 30 cm Länge und 20 cm Dicke verwendet werden. Es muß durch einen hohen Gaserzeugerraum für einen genügenden Vorrat an Holz gesorgt werden, um die Entgasung ruhig und gleichmäßig zu gestalten. Ferner soll das Holz möglichst wasserarm, d. h. wenigstens gut lufttrocken gebraucht werden.

Torf gibt reichlich Gas und eine reine Flamme; bei wenig Asche und in gut trockenem Zustand ist das Gas heizkräftig genug für den Glasofen und bildet daher, wenn nicht zu teuer, einen guten Ersatz für Kohle. Deshalb fand der Torf in der letzten Zeit für die Glasindustrie wieder steigende Verwendung. Nebst anderen Abhandlungen¹⁾ findet sich unter dem Titel „Torf in der Glasindustrie“ ein ausführliches Referat im Sprechsaal 1921, Nr. 15 über eine diesbezügliche Besprechung von Torflieferanten und Glasfabrikanten. — Ein Glashüttenbesitzer führte aus, daß man nach seinen Erfahrungen mit leichtem und auch mit feuchtem Torf nichts anfangen kann; hierzu sind die Siemensgeneratoren zu klein und haben nicht genügend Schütthöhe. Am besten verwendet man schwereren, besonders Maschinentorf. Auch beim Verbrennen von Steinkohlen mit Torf wurden ganz gute Resultate erzielt. Freilich wäre die Kohle allein schon hinsichtlich des Preises vorzuziehen, dazu kommt die größere Belästigung der Schürer durch Mehrarbeit und Gasaustritt. — Ein Vertreter der Wärmetechnischen Beratungsstelle in Frankfurt bemerkte: Man muß vor allem die Größe des Generators zur Durchsatzmenge ins richtige Verhältnis bringen, dann ein Gas mit möglichst viel Kohlenoxyd erzeugen. Die Schlackenbildung ist im allgemeinen bei Torf gutartig, außer er enthält viel Lehm oder Sand. Das Torfgas ist sehr gut, nur darf es nicht zu feucht sein, weshalb besonders bei Gasfeuerung gut getrockneter Torf verwendet werden muß. Die Luftzufuhr darf nicht allzu groß sein. An Volumen ist die 3- bis 3½ fache Menge Torf gegenüber Steinkohle nötig. Auch die Einführung von Gebläsewind und Dampf wäre bei Torfvergasung zu raten, muß aber sachgemäß angewendet werden. Wirtschaftlich vorteilhaft ist Torf für die Glasindustrie nur, wenn sein Preis herabgesetzt wird. — Ein anderer Glashüttenbesitzer teilte folgende Erfahrungen mit: Ein Vorteil der Torffeuerung ist zunächst der, daß man auch bei Mangel an Kohle den Betrieb aufrecht erhalten kann. Ferner ist eine Mischfeuerung aus Torf und Staubkohle sehr rationell; einerseits wird das Durchbrennen, wie es bei Torf allein leichter eintritt, vermieden, andererseits aber auch ein Erstickten des Feuers, wie es bei Staubkohle allein

¹⁾ Wuronus, Torf für die Glasindustrie, Sprechsaal 1920, Nr. 5; Reiboldt, Der Torf und seine Vergasung im Drehrostgenerator, Sprechsaal 1920, Nr. 8.

vorkommen kann. Auch das Rosten gestaltet sich in diesem Falle bequemer; allerdings können infolge zu frühen Zusammenbrechens des Feuerkuchens Löcher in der Brennstoffschicht entstehen, welche den Generatorengang nachteilig beeinflussen. Dieser Übelstand kann dadurch behoben werden, daß die Rostbreite der Länge nach durch eine durchlaufende Wand geteilt (System Dralle) und somit für den Feuerkuchen eine künstliche Auflage geschaffen wird; die hierdurch etwas verminderte Rostfläche ist nicht nachteilig, da Torf an sich weniger Luft braucht. Bezüglich der Form wurde Maschinentorf in der Größe von Braunkohlenbriketts als am vorteilhaftesten befunden, sowohl für die Beschickung als auch für die Lagerung.

Der Vorsitzende faßte das Ergebnis der Aussprache folgendermaßen zusammen: Die Glasindustrie hat feuerungstechnisch mit Torf im ganzen gute Erfahrungen gemacht. Die Verwendung ist aber durch den hohen Preis erschwert; hinsichtlich der Qualität ist ein dichter, nicht zu großer, asche- und wasserarmer Torf zu verwenden.

Braunkohle ist infolge ihrer wechselnden Beschaffenheit nicht gleich gut für die Glasschmelzöfen geeignet. Während die sogenannte ältere, böhmische Braunkohle eine vorzügliche Gaskohle für diesen Zweck ist, läßt sich sogenannte jüngere, deutsche Braunkohle mit hohem Wasser- und Aschegehalt sowie erdiger Beschaffenheit oft nur schwer vergasen und liefert oft ein nicht genügend heizkräftiges Gas; allein in den letzten Jahren hat man notgedrungen, d. h. aus Mangel an hochwertigen Braun- und Steinkohlen, diese Schwierigkeiten größtenteils zu überwinden gelernt, so daß jetzt einigermaßen gutartige, jüngere Braunkohlen sowohl in einfachen Siemens-Generatoren als auch in Gebläse- und Drehrost-Generatoren für die Glasschmelzöfen vorteilhaft vergast werden. Bei einem Vortrag in der „Deutschen Glastechnischen Gesellschaft“¹⁾ wurden folgende Grundsätze hierfür aufgestellt: Die Vergasung von Rohkohle ist besonders in Spezialgeneratoren ohne Zusatz von Brikett möglich, unbedingt empfehlenswert ist aber abgeseibte Kohle; ferner ist gleichmäßige Windverteilung und schonende Ascheustragung erforderlich. Die meisten Glashütten sind auf Rohkohle nicht eingerichtet, es müssen also neue Anlagen geschaffen werden, deren Rentabilität allerdings wohl überlegt werden muß. Die nötigen Flammentemperaturen von 1450 bis 1500° sind mit dem nassen Gase im allgemeinennicht erreichbar; entweder schlägt man einen Teil der Gasfeuchtigkeit durch Kühlung nieder oder indem man Briketts beimischt oder die Kohle durch besondere Einrichtungen vertrocknet.

¹⁾ G. Müller, Die Vergasung von Rohbraunkohle in der Glasindustrie, Sprechsaal 1922, Nr. 81.

Betreffs der neueren Braunkohlenstaub-Feuerung¹⁾ in der Glasindustrie kann man sagen, daß sie sich zum Brennen von feuerfesten Materialien und zum Schmelzen von Glas in verdeckten Häfen eignen müßte. Bei allen Glasöfen mit offenen Häfen und den Wannen dürfte sie nicht in Betracht kommen, da der Braunkohlenstaub bzw. die entstehende Flugasche das Glas verunreinigen wird, wie man schon bei scharfgehenden Gebläsegeneratoren beobachtet hat. Praktische Erfahrungen liegen nicht vor.

Braunkohlenbriketts sind im allgemeinen ein sehr gutes Heizmaterial für die Glasindustrie, wenn sie von hohem Heizwert sind und beim Verfeuern nicht zu stark zerfallen. Sie werden sowohl zur direkten Heizung von Kühlöfen, Auftrieböfen usw. verwendet, als auch als Zusatz von minderwertiger Generatorkohle oder allein bei Gasfeuerung für die Glasschmelz- und Nebenöfen.

Steinkohlen werden seit langer Zeit zum Glasschmelzen verwendet, wobei bei direkter bzw. Halbgasfeuerung früher verdeckte Häfen angewendet wurden, während man bei der vorherigen Vergasung der Kohlen in Generatoren auch in offenen Häfen und Wannenöfen schmelzen kann. Wie zu jeder Vergasung eignen sich am besten von den deutschen Steinkohlen die oberschlesischen Marken, da sie wenig zur Verschlackung neigen und eine gute Gasausbeute geben; von den westfälischen Produkten sind die Gasflammkohlen vorzuziehen.

Koks wird zur Feuerung der Glasöfen selten verwendet, wohl aber benutzt man in einzelnen Gegenden hierzu das Koksofengas, in Fernleitungen den Glasöfen zugeführt.

Flüssige Brennstoffe, wie rohes Erdöl und Erdölrückstände, ferner Teeröle bilden wegen ihrer großen Heizkraft einen ausgezeichneten Brennstoff für Glasöfen, wenn sie in genügender Menge bzw. zu billigem Preise, wie z. B. in Rußland, zur Verfügung stehen; näheres siehe bei den Öfen für Ölfeuerung.

Gasförmige Brennstoffe. Unter denselben ist an erster Stelle das Naturgas (Methan) zu nennen, das sich als äußerst vorteilhaft für die Beheizung der Glasöfen erweist, wo es in größerer Menge, wie z. B. in Amerika, der Erde entströmt; näheres hierüber siehe später bei den Öfen für Naturgasfeuerung. Im Gegensatz hierzu stehen die verschiedenen Arten von künstlich erzeugtem Gas; in erster Linie käme das Leuchtgas in Betracht, welches wohl sehr geeignet wäre, aber sich zu teuer stellt. Dagegen werden Koksofen- und Hochofengicht-Gas von günstig gelegenen Glasfabriken zur Heizung von Glasöfen erfolgreich benutzt; ersteres gleicht in seiner Zusammensetzung mehr dem Leuchtgas, letzteres

¹⁾ G. Keppeler, Braunkohlenstaubfeuerung für großräumige Öfen, Sprechsaal 1922, Nr. 8, sowie ein Artikel in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 20.

dem folgenden Generatorgas. In den meisten Fällen werden ja heutzutage die vorher besprochenen festen Brennstoffe nicht mehr direkt verfeuert, sondern in brennbares Gas umgewandelt und dieses zur Beheizung der Glasöfen verwendet (siehe nachher die Glasöfen nach Art ihrer Feuerung). Hierbei dient selten reines Wasser-gas, weil es sich teurer stellt und auch leicht eine zu kurze und zu heiße Stichflamme gibt, sondern das gewöhnliche Luftgas, welches ja in Wirklichkeit immer ein Mischgas mit mehr oder weniger hohem Wasserstoffgehalt ist. Die Erzeugung dieses Gases erfolgt in den gleich zu besprechenden Generatoren. Natürlich kann an dieser Stelle weder auf die Brennstoffe noch auf die Gaserzeuger näher eingegangen werden, da ja dieselben heutzutage fast in allen Industrien verwendet werden. Hier soll nur auf einige Besonderheiten der Glasindustrie aufmerksam gemacht werden.

b) Die Gaserzeuger (Generatoren).

Gerade in der Glasindustrie haben sich die alten Siemens-Generatoren und ähnliche Konstruktionen mit natürlichem Zug am längsten erhalten und werden besonders auf den kleineren Werken noch viel verwendet; dagegen sind auf größeren Hütten die moderneren Gebläsegeneratoren, insbesondere auch mit Drehrost, in ihren verschiedenen Systemen mit sehr gutem Erfolg im Betrieb. Auf nähere Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, sondern muß auf die neueren Abhandlungen in den Fachzeitschriften¹⁾ verwiesen werden. Besonders für die Drehrostgeneratoren hat sich in den letzten Jahren großes Interesse gezeigt, und ist speziell deren Rentabilität auch für kleinere Glasfabriken eingehend diskutiert worden²⁾, wobei im allgemeinen die Ansicht herauskam, daß dieselben für Glashüttenbetriebe nur dann verwendbar sind, wenn für einen Generator Vergasungsleistungen in 24 Stunden von etwa 15 t Kohlen in Betracht kommen. Nun liegt aber meist der für einen Glasofen benötigte Kohledurchsatz unter 15 t, wonach der Drehrostgenerator für einen bis zwei mittlere Öfen nicht rentabel wäre; man könnte zwar einen Generator für zwei Öfen aufstellen, aber im Falle einer Betriebsstörung müssen dann gleich beide Öfen stillstehen.

¹⁾ K. Quasebart, Die modernen Gaserzeuger im Glashüttenbetrieb, Sprechsaal 1912, Nr. 1; R. Dralle, Gewinnung von Ammonsulfat und Teer aus den Generatorgasen der Glasfabriken, Sprechsaal 1915, Nr. 45 ff.; K. Quasebart, Gasgenerator und Gasfeuerung, Sprechsaal 1916, Nr. 1 ff.; O. Happach, Gasgenerator und Gasfeuerung (besonders über die Drehrostgeneratoren), Keram. Rundschau 1918, Nr. 17; W. Friedmann, Geblasene Gaserzeuger, Vortrag i. d. D. G. G. 1924. — ²⁾ C. Jung, Die Rentabilität von Drehrost-Generatoren, Sprechsaal 1918, Nr. 51; E. Störch, Die Rentabilität von Drehrost-Generatoren, Sprechsaal 1919, Nr. 7; C. Jung, Die Rentabilität von Drehrost-Generatoren, Sprechsaal 1919, Nr. 22.

Hier soll noch ein wichtiges Kapitel über die Aufarbeitung von Feuerungsrückständen in Glashütten angeschossen werden; hierüber erschien 1921 eine Sonderabhandlung der Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie (Frankfurt a. M.), der im nachfolgenden die wichtigsten Punkte entnommen sind. Die auf Veranlassung und unter Mitwirkung der Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie unternommenen Vorversuche im Laboratorium und praktischen Versuche im größeren Maßstab ergaben eine durchschnittliche Ausbeute an hochwertigen Brennstoffen von etwa 35 Proz. des Gewichtes der gesamten Rückstände. Zunächst tritt natürlich die Frage auf, wodurch die Brennstoffe im Generator möglichst ausgenutzt werden können, so daß die Rückstände möglichst wenig brennbare Substanz enthalten. Hierbei sind vor allem drei Punkte zu beachten: Erstens die richtige Auswahl des Brennstoffs, besonders auch in der Korngröße, was allerdings heutzutage oft unmöglich ist, aber jedenfalls müssen ganz große Stücke vor dem Einwerfen in den Generator zerkleinert werden; zweitens eine sorgfältige Generatorenbedienung, d. h. Einhaltung der richtigen Schütthöhe und des günstigsten Wind- und Dampfzusatzes, das richtige Stochen und eine vorsichtige Entschlackung; drittens die Auswahl des richtigen Generatorsystems, was freilich auch schwierig ist, da nicht bloß die technische, sondern auch die wirtschaftliche Seite einer Neuanlage in Betracht kommt.

Wenn aber trotzdem noch Abfälle mit brennbarer Substanz auftreten, so soll letztere möglichst noch rückgewonnen werden, wozu es heutzutage drei Aufbereitungsverfahren gibt:

1. Scheidung durch Hand mit oder ohne Hilfsapparate. Das Auslesen von Kohle bzw. Koks durch Hand wird auch in Glashütten meist vorgenommen, und zwar entweder durch direktes Ausklauben oder mit Hilfe von Wurfsieben und Siebtrommeln. Dieses Verfahren ist natürlich sehr unvollkommen.

2. Mechanische Naßverfahren in Anlehnung an die bekannten Kohlaufbereitungsverfahren; als praktisch brauchbar haben sich in der jüngsten Zeit zwei Systeme erwiesen:

a) Die Aschenwäsche „Welerco“ der Firma „Geffa“-Wiesbaden nimmt die Trennung mit Hilfe des Unterschiedes in den spezifischen Gewichten von Schlacke und Koks vor, indem in Wasser allein die schwerere Schlacke niedersinkt, der leichtere Koks obenauf schwimmt und abgezogen werden kann; bei der neuesten Anordnung wird der Koks sofort von einer Oberflächenströmung erfaßt und abgeführt.

b) Der Kolumbus-Separator von Schilde beruht ebenfalls auf dem Gewichtsunterschied von Koks und Schlacke, verwendet aber als Trennungsfähigkeit nicht reines Wasser, sondern eine

schwere Flüssigkeit, z. B. durch Aufschwimmen von Lehm in Wasser.

3. Der trockenen, elektromagnetisch arbeitende Scheideapparat, Bauart Ullrich, der Firma Fr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg. Hierbei wird die Tatsache verwertet, daß die Schlacken von Steinkohlen (und einigen Braunkohlenarten) infolge ihres Gehaltes an Schwefelkies bei der Vergasung magnetisch werden und hierdurch mittels einer geeigneten magneto-elektrischen Trommel von dem unmagnetischen Koks getrennt werden. (Nähere Beschreibung der einzelnen Apparate mit Abbildungen siehe in der Broschüre.)

In drei von zehn untersuchten Fällen erschien infolge der Geringfügigkeit des Brennstoffgehaltes der Rückstände deren Aufbereitung nicht vorteilhaft, in den übrigen sieben Fällen wurden zunächst bei Laboratoriumsversuchen 30 bis 75 Proz. brennbare Substanz ausgeschieden. Mit den Rückständen dieser sieben Glashütten wurden dann praktische Aufbereitungsversuche im großen Maßstab, und zwar teils nach dem Verfahren von Schilde, teils von Krupp durchgeführt. Die erzielte Brennstoffausbeute war in jedem Falle groß genug, um eine Rentabilität der Anlage gesichert erscheinen zu lassen; sie betrug, bezogen auf das gesamte Gewicht der Rückstände, bei nasser Aufbereitung 17 bis 61 Proz., durchschnittlich 32 Proz.; bei trockener Aufbereitung 30 bis 44 Proz., durchschnittlich 37 Proz.; im Mittel aller Versuche 35 Proz.

Ein Vergleich des trockenen (Krupp-) und nassen (Schilde-) Verfahrens ergibt folgende Punkte:

Das nasse Verfahren eignet sich nicht zur Trennung feinkörniger Teile, weil diese in der Flüssigkeit bald untersinken. Umgekehrt liefert das trockene Verfahren eine erheblich größere Ausbeute bei grusreichen Rückständen (Schlackenstücke über 35 bis 40 mm werden von der Magnettrommel überhaupt nicht festgehalten und müssen von Hand ausgelesen werden). Andererseits versagt das Kruppverfahren bei schwefelkiesfreien Brennstoffen, wozu aber nur wenige Braunkohlen gehören. Beide Verfahren ergänzen sich gegenseitig, so daß sich oft eine Kombination beider empfiehlt. In beiden Fällen enthält natürlich der ausgeschiedene Brennstoff noch größere Mengen Aschenrückstände, allein bei einem Heizwert von 4000 bis 6500 WE. ist er sehr gut brauchbar. Beim Kruppverfahren fällt der Brennstoff natürlich trocken an, dagegen beim Schildeverfahren feucht, trocknet aber an freier Luft sehr schnell; im letzteren Falle wird auch das Aussehen des Kokes durch etwas anhaftenden Lehm beeinträchtigt, die Menge ist aber so gering, daß sie wärmetechnisch nicht in Frage kommt, und kann übrigens durch eine Brause leicht beseitigt werden.

Zum Schlusse werden noch die Betriebsbedingungen, sowie die Anlage- und Betriebskosten der einzelnen Apparate erörtert und die Verwendungsmöglichkeiten der Abfallschlacke zu Bausteinen besprochen.

c) Die Glasschmelzöfen.

Die Glasschmelzöfen kann man einteilen einerseits nach der Art des Schmelzraumes für das Glas in Hafenöfen, bei welchen das Glas in einzelnen in den Oberofen eingestellten Häfen geschmolzen wird, und in Wannenöfen, bei welchen die ganze Sohle des Oberofens als Schmelzraum dient. Die Hafenöfen sind auch heutzutage noch unentbehrlich für feinere Glasarten, wie Kristallglas, optisches Glas, viele Farbgläser usw.; dagegen werden die gewöhnlichen Glassorten, insbesondere Flaschen- und Fensterglas, in Wannenöfen geschmolzen, weil dieselben größere Leistungsfähigkeit bei geringerem Brennstoffverbrauch haben und die teuren, zerbrechlichen Häfen in Wegfall kommen. Weiterhin sind die Wannenöfen entweder für intermittierenden oder kontinuierlichen Betrieb eingerichtet. Im ersteren Falle entspricht er dem gewöhnlichen Hafenofenbetrieb, d. h. also, daß auch eine Periode (meist nachts) geschmolzen und in der anderen Periode (meist tagsüber, daher auch Tageswannen genannt) das Glas ausgearbeitet wird; im letzteren Falle geht der Betrieb in der Weise vor sich, daß in dem hintersten, heißesten Teile das Einlegen und Niederschmelzen des Gemenges kontinuierlich vor sich geht, so daß an dem vorderen, kälteren Teile eine ununterbrochene Arbeit der Glasmacher bzw. Glasmaschinen stattfinden kann; hierbei sind lange Wannen durch schwimmende, glasdurchlässige Brücken oft in drei Zonen, den Schmelz-, Läuterungs- und Arbeitsraum getrennt. Endlich kann man auch noch mehrteilige Wannen unterscheiden, welche durch eingebaute Zwischenwände oder kreuzweise angeordnete Querwände in zwei bis vier Teile zerlegt sind, in welchen gleichzeitig verschiedene Glassorten geschmolzen werden können, z. B. verschiedene Farben in Flaschengläsern; allein infolge der geringen Haltbarkeit der Zwischenwände sind diese Wannen wenig im Gebrauch.

Andererseits kann man die Glasschmelzöfen nach Art ihrer Feuerung einmal einteilen in solche mit vertikaler und horizontaler Flammenführung. Bei ersterer entströmt die Heizflamme einer oder mehreren vertikalen Öffnungen (Bütten, Schlitze, Brenner) in der Sohle des Oberofens, weshalb sie nur bei Hafenöfen angewendet werden kann; bei letzterer entströmt die Flamme einem oder mehreren Brennern in den oberen Seitenwandungen des Ofens, so daß diese Art der Feuerung meist bei Wannenöfen, seltener bei Hafenöfen im Gebrauch ist (Oberflammenöfen). Dann aber kann man nach Art der verwendeten Brennmaterialien noch

unterscheiden: Öfen mit direkter Heizung, mit Halbgasfeuerung, Gasfeuerung, Ölheizung, Feuerung mit Naturgas, elektrische Glasschmelzöfen.

Im nachfolgenden sollen nun einige moderne Glasschmelzöfen, vor allem nach diesen Gesichtspunkten geordnet, mehr oder weniger ausführlich beschrieben werden.

a) Öfen mit direkter (Rost-) Feuerung haben in der modernen Glasindustrie keine Bedeutung mehr.

b) Öfen mit Halbgasfeuerung (auch „Preßöfen“ genannt) werden noch häufiger verwendet, besonders zur Herstellung von weichem Bleiglas in verdeckten Häfen. Eine charakteristische Type ist der Boëtiusofen¹⁾. Während der Oberofen aus einem überwölbten Raum mit den Häfen besteht, wird der Unterofen meist aus zwei Feuerungen an jeder Stirnseite des Ofens gebildet. Hierbei wird die Brennmaterialschicht so stark gemacht, daß die Verbrennung unvollkommen ist, also eine russende Flamme entsteht; bevor dieselbe in den Oberofen gelangt, führt man ihr in eigenen Kanälen die nötige Luft zu. Vorteile des Ofens sind: Einfache Ausführung und genügend heißer Ofengang; Nachteile: Unreine Flamme, Verunreinigung des Hüttengebäudes, Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Arbeiter.

Die Öfen mit Halbgasfeuerung werden neuerdings auch mit Luffterhitzern und Wärmespeichern gebaut²⁾ und bilden dann den Übergang zu den eigentlichen Gasöfen.

Etwas über den Boëtiusofen. Unter diesem Titel schreibt der Hüttdirektor a. D. W. Schmidt-Gräfenroda in der *Keram. Rundschau* 1923, Nr. 51: Trotz der Einführung der Gasfeuerung sind in Frankreich, Belgien, England und auch in Deutschland noch eine beachtenswerte Anzahl von Öfen mit Halbgasfeuerung, sogenannten Preßöfen im Betrieb, von welchen der Boëtiusofen die verbreitetste Bauart ist. Nach einer kurzen Schilderung von Bau und Betrieb sowie den Nachteilen des Boëtiusofens wird darauf hingewiesen, daß dieses System eine höchst mangelhafte Ausnutzung des Brennmaterials, meist Steinkohle, zeigt. Im Oktoberheft der belgischen Zeitschrift „Le verre“ erschien ein Aufsatz über: Vergleichende Beobachtungen von drei Boëtiusöfen, dem folgende Angaben entnommen sind. Der Boëtiusofen ist nur noch in

einem kleinen Teil der Glasindustrie Frankreichs im Gebrauch und würde rentabler durch den reinen Gasofen ersetzt werden. Es ist fast unmöglich, die Verbrennungsbedingungen im ersteren genauer festzulegen, man kann aber ohne weiteres sagen, daß sie herzlich schlecht sind; die Sekundärluft ist nahezu kalt. Die auf einer Rutsche lagernde, frisch aufgegebene Kohle bekommt keine Luft und vergast nur, während die unten auf dem Rost lagernde Kohle (bzw. Koks) mit reichlich Luftüberschuß verbrennt. Die Beschickung der beiden Feuerungen geschieht halbstündlich. Nach jeder neuen Beschickung entsteht plötzlich starke Gasentwicklung, was die Zufuhr der Sekundärluft sehr behindert, so daß der Ofen in dieser Zeit stark raucht. Die erwähnten, vergleichenden Beobachtungen an den drei Öfen wurden folgendermaßen vorgenommen: Jeder Versuch dauerte 24 Stunden; es wurden alle 5 Minuten Rauchanalysen und Temperaturmessungen gemacht (erstere mit einem Orsatapparat, letztere mit einem thermoelektrischen Pyrometer). Es wurden auch Proben der Kohlen sowie der Schlacken entnommen; die Gewichte der verbrauchten Kohle sowie des erzeugten Glases wurden durch die Betriebsleitung zur Verfügung gestellt. Nun folgt ausführlicher Bericht über alle diese Untersuchungen an den drei Öfen, der aber hier nur auszugsweise wiedergegeben werden kann. Die Öfen waren rund von etwa 4,50 bis 5,50 m Durchmesser; mit zwei Rosten (Feuerungen) von 1¹/₂ bis 1³/₄ qm Oberfläche; in den Öfen standen 11 bis 12 Häfen mit 500 bis 750 kg Glas. Die Gesamtproduktion in 24 Stunden betrug 3000 bis 4600 kg Glas, wofür 4000 bis 5000 kg Steinkohle verbraucht wurden; dieselbe enthielt nur einige Prozent Feuchtigkeit, aber 15 bis 18 Proz., einmal allerdings auch nur 8 Proz. Schlacke mit einem Heizwert von 6500 bis 7500 WE. Die Asche enthielt durchschnittlich noch etwa 50 Proz. brennbare Substanz. Die mittlere Temperatur des Ofenraumes wurde gemessen zu 1340 bis 1450° (?), die der Rauchgase unmittelbar beim Austritt aus dem Ofen zu 1190 bis 1280°. Die Untersuchung der Gase zeigte, daß anfänglich, d. h. nach frischer Füllung bis zu 12 Proz. Kohlenoxyd vorhanden sein können, während später derselbe auf 0 sinkt; der Stickstoffgehalt war durchschnittlich 80 Proz. Diese Versuche zeigen klar die Hauptfehler des Boëtiusofens, nämlich Schwierigkeit des Abrostens mit großen Kohlenverlusten und außerordentlich hohen Abgasverlusten sowie trotzdem ungenügender Hitze. — Der Berichtersteller bemerkt hierzu noch, daß nach seinen eigenen Schmelzversuchen am Boëtiusofen die Temperatur in der Hafenkappe nie über 1230° hinausging und auch diese nur ganz vorübergehend zu erreichen war; es konnten deshalb nur leicht schmelzbare Gläser eingelegt werden, wie Blei- oder Halbkristall, und auch dann dauert die Schmelze noch 18 bis 24, ja 30 Stunden. Zudem müssen auch

¹⁾ Nähere Beschreibung mit Abbildungen siehe R. Hohlbaum, Zeitgemäße Herstellung usw. des feinen Hohlglases und W. Schipmann, Aus der Praxis eines Glashüttenfachmannes, 1. Teil; ähnliche Öfen sind aber auch im alten Bande dieses Werkes dargestellt. — ²⁾ Nähere Beschreibung solcher Anlagen siehe R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Teil.

noch alle Nebenöfen direkt gefeuert werden, was abermals einen großen Kohlenverbrauch bedingt. Zudem ist die Ausnutzung der großen Abhitze am Boëtiusofen auch fast unmöglich. Alle diese Erscheinungen weisen auf den reinen Gasofen als den viel rationelleren Betrieb hin.

c) Öfen mit Gasfeuerung (Gasöfen) werden heutzutage fast ausschließlich verwendet, natürlich entweder in Verbindung mit der Regeneration der Abwärme in Kammern (Regeneratoren, Wärmespeichern) zur Vorwärmung von Gas und Luft (Regenerativsystem), oder viel weniger häufig bloß mit Luftvorwärmung (Rekuperativsystem). Die prinzipielle Konstruktion beider Systeme darf vorausgesetzt werden und ist im Hauptwerk, 3. Bd., in der Anwendung auf Hafen- und Wannenöfen ausführlich beschrieben. Dabei sei gleich hier erwähnt, daß die dort ebenfalls besprochenen Öfen mit Metallwannen sich nicht eingebürgert haben, ebensowenig wie die Öfen mit voneinander unabhängigen Schmelz- und Arbeitsräumen in dem dort gemeinten Sinne (vgl. dagegen z. B. die Drehwanne für die Owensmaschine). Hier sollen einige neuere Ofenanlagen besonders hinsichtlich verschiedener Neuerungen in der Flammenführung dargestellt werden.

1. Regenerativgas-Hafenöfen. Bei diesen Anlagen kann man hinsichtlich der Feuerführung zunächst unterscheiden die sogenannten Büttensöfen und Schlitzöfen, obwohl hinsichtlich dieser Bezeichnungen keine völlige Klarheit herrscht und oft gerade die gegenteiligen Ansichten hierüber herrschen¹⁾. Im allgemeinen gilt aber als Büttensöfen ein solcher, bei welchem die aus den Kammern kommenden Gas- und Luftkanäle sich nicht erst im Schmelzraum des Ofens, sondern schon vor diesem in der sogenannten Bütte vereinigen und in dieser daher schon die Verbindung von Gas und Luft, also die Flammenbildung sich vollzieht. Beim Schlitzofen dagegen münden die einzelnen Gas- und Luftzuführungskanäle (Schlitze) erst im Oberofen, so daß erst dort die Flammenbildung stattfindet. Über die Vorteile und Nachteile der beiden Systeme sind sich die Fachleute noch nicht ganz einig, es läßt sich wohl keine allgemeine Regel aufstellen, sondern es kommt auf den einzelnen Fall an. Nach der einen Meinung²⁾ hat beim Schlitzofen die Flamme erst die größte Hitze, wenn sie den Ofenraum verlassen hat, wodurch der Unterofen stark angegriffen wird, während im Oberofen die Temperatur nicht so hoch ist. Beim Büttensöfen hingegen strömt die Flamme schon in der Entwicklung begriffen in den Oberofen ein und verläßt ihn nach guter Wärmeabgabe mit niedrigerer Temperatur. Nach anderer Ansicht³⁾

aber gilt: Sowohl bezüglich der Wärmeverteilung im Ofen — die Eckhäfen bleiben vielfach gegenüber den Mittelhäfen in der Schmelze zurück — als auch bezüglich der Haltbarkeit, insbesondere der Bank — die sogenannten Bütten werden von der Flamme viel mehr angegriffen und ausgefressen —, sind die Büttensöfen als die minderwertigeren zu bezeichnen. Bei den Schlitzöfen wird bei richtiger Konstruktion das Zurückbleiben der Eckhäfen vermieden und eine viel geringere Abnutzung der Schlitze und damit seltener Reparatur des Oberofens erreicht.

Eine dritte Konstruktion sind die Schneideröfen, bei denen die Gas- und Luftzuführungskanäle nicht zwischen den Hafensreihen, sondern an den beiden Stirnseiten des Ofens liegen. Da die beiden ersteren Ofensysteme allgemein bekannt sind (siehe auch das Hauptwerk) und das eine oder andere nachfolgend noch beschrieben und abgebildet wird, soll zunächst dieser Schneiderofen in einer kleinen Skizze¹⁾ (siehe Fig. 211) wiedergegeben werden, deren einzelne Teile ohne weiteres verständlich sein dürften. Bei diesem Ofen soll ein Zurückbleiben der Eckhäfen ausgeschlossen und die Haltbarkeit der Schlitze erfahrungsgemäß doppelt so lange als bei den anderen Anlagen sein. Ferner arbeitet er gleichmäßiger und etwas brennstoffsparend, weil er durch den Wegfall der Schlitze zwischen den Häfen schmaler ist. Allerdings müssen die Häfen an der Breitseite des Ofens durch ein oder mehrere Hafentore eingesetzt werden.

Ein anderes hierher gehöriges System ist der Siebertofen (D. R.-P. Nr. 3647 vom 7. Mai 1878 von H. Siebert). Während der Schmelze geht er wie ein Siemensofen mit wechselnder Flammenrichtung; während der Arbeit dagegen befindet sich das Feuer in der Nähe der Arbeitsöffnungen, wo man bei der Kristallglaserzeugung, besonders für ein hartes Glas die meiste Wärme braucht. Zu diesem Zwecke befinden sich in der Umfassungsmauer zwischen je zwei Häfen konstante Abzüge. Während der Arbeit stellt man die Wechsellvorrichtungen bei abgesperrtem Schornsteinkanal auf die Hälfte, so daß Gas und Luft in beide Regeneratoren einströmen und die Flammen durch beide Bütten brennen; die Abgase ziehen dann zwischen den Häfen hin durch eigene konstante Abzüge und einen Konstantsammelkanal fort. — Eine ausführliche Beschreibung mit Ofenzeichnungen siehe in den Büchern von R. Hohlbaum, „Die Herstellung usw. des feinen Hohlglases“ und R. Dralle, „Die Glasfabrikation“, 1. Bd. Im letzteren Werke finden sich auch ein Kostenüberschlag und die Dimensionierung eines Siebertofens, ferner Betriebsergebnisse aus verschiedenen ungarischen Glasfabriken, von denen hier noch einige Angaben gemacht seien.

¹⁾ M. v. Reiboldt, Die Merkmale des Büttensöfens und Kennzeichen des Schlitzöfens, Sprechsaal 1914, Nr. 3. — ²⁾ R. Hohlbaum, Zeitgemäße Herstellung usw. des feineren Hohlglases. — ³⁾ R. Schneider, Gaserzeuger- und Ofenanlagen in der Glasindustrie.

¹⁾ Nach R. Schneider, Gaserzeuger- und Ofenanlagen in der Glasindustrie im Verlag „Die Glashütte“, Dresden-A. 24.

Ein Siebertofen verbraucht jährlich rund 2750000 kg Stein- und Braunkohlen von geringem Heizwert und hohem Aschegehalt. Er hatte zwölf Häfen von je 180 kg und zwei Sätzel von je 140 kg Glas; es wurden pro Jahr 242 Schmelzen und Arbeiten gemacht und dabei 590480 kg Weißhohl- und Luxusglas produziert. Somit wurden für 1 kg verkaufsfertiges Glas einschließlich Beheizung aller Nebenöfen 4,65 kg Kohlen verbraucht.

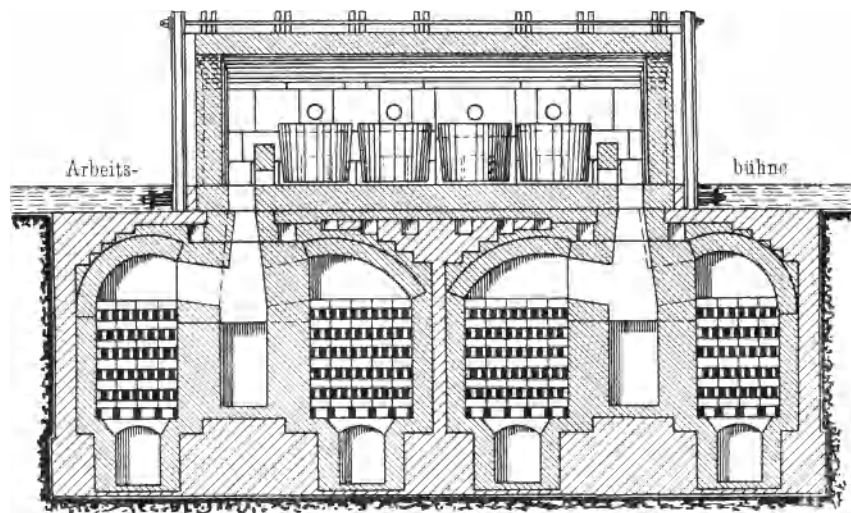
Ein anderer Siebertofen verbraucht jährlich 5475 cbm gutes, lufttrockenes Buchenscheitholz und produziert in zwölf Häfen, von je 170 kg, in 290 Schmelzen und Arbeiten 591600 kg ordinäres Weißhohlglas. Für 100 kg fertiges Glas wurde daher einschließlich Beheizung aller Nebenöfen fast 1 cbm (0,925) Buchenholz verbraucht.

„Bau und Wesen eines neuen Vielflamm-Hafenofens“ wurde von Ingenieur H. Knoblauch

eines weichen Glases, z. B. Preßglas, nicht aber für hartes Kristallglas, chemisches Geräteglas usw. verwendet werden kann, da ihm die Grundhitze fehle. Denn beim Oberflammmofen tritt die Flamme aus zwei Brennern ein bzw. aus, die an den beiden Stirnseiten des Ofens in etwas über Hafenhöhe angeordnet sind. Bei R. Dralle, „Die Glasfabrikation“, 1. Bd., ist ein Oberflammmofen für Spiegelgußglas mit 16 Häfen ausführlich beschrieben und abgebildet, dem hier einige Angaben und Zeichnungen entnommen sind.

Eine nähere Beschreibung der Anlage, wie über die Konstruktion der Brenner, die Lage der Kanäle und der Kammern, die Stellung der Häfen im Ofen dürfte sich erübrigen, die Größenverhältnisse sind im allgemeinen aus den eingezeichneten Maßen ersichtlich. Im Originalwerk finden sich noch ausführliche Angaben über neuere Gasventile und

Fig. 211.



Schneider-Hafenofen.

auf der 2. Tagung der D. G. G. 1924 ausführlich erörtert; jeder Hafen hat seinen eigenen Brenner und seine eigenen Kammern, so daß jeder Hafen individuell im Feuer behandelt und der Ofen beliebig lang gemacht werden kann.

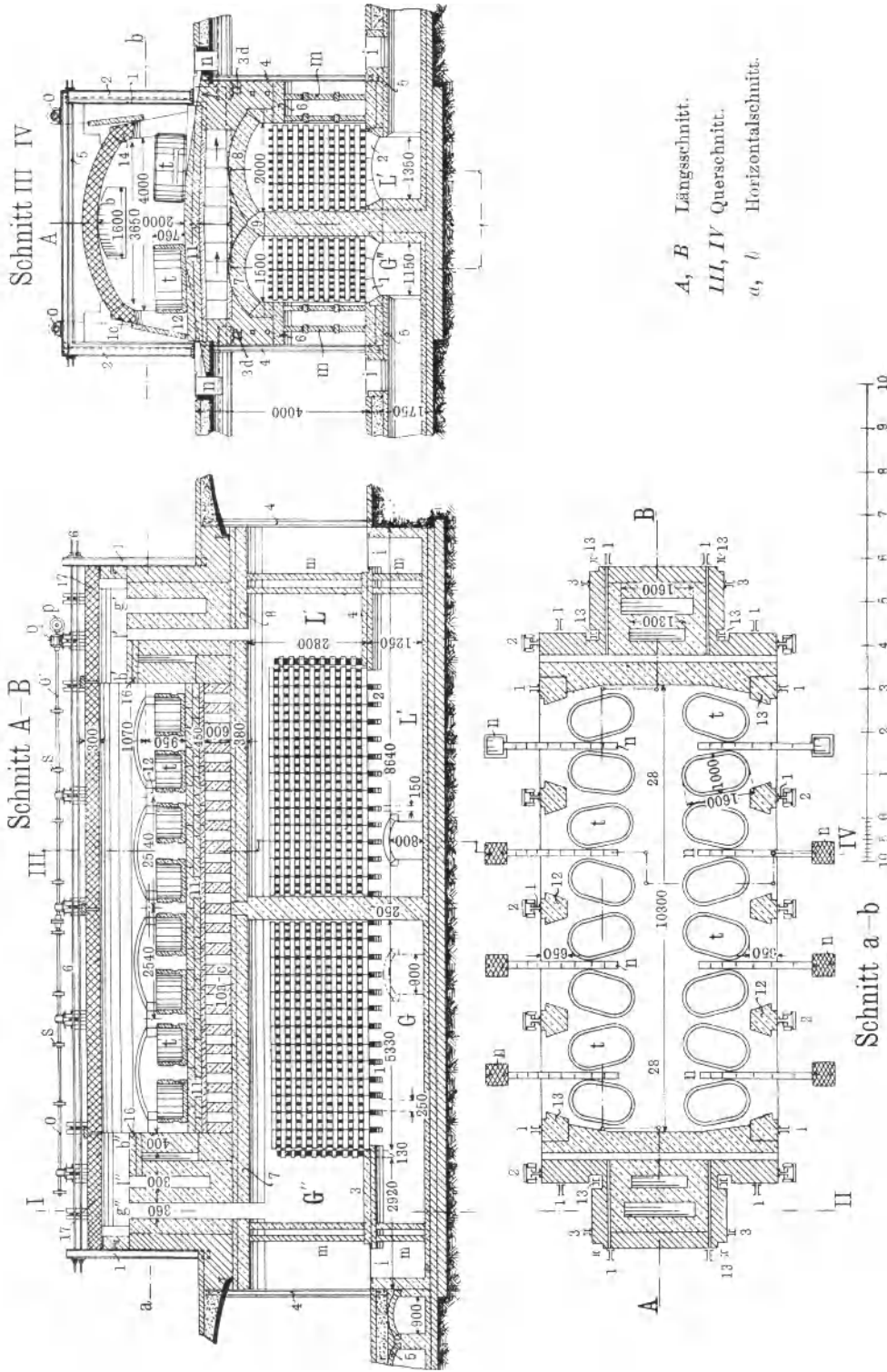
Die bisherigen Ofensysteme werden vor allem zur Herstellung von Kristall- und Hohlglas, aber auch Tafelglas usw. verwendet. Ein anderes System, das sich wieder durch die Feuerführung von den bisherigen Anlagen unterscheidet, ist der Oberflammmofen. Derselbe wird vor allem von J. Baldermann¹⁾ in Verbindung mit niedrigen und breiten Häfen empfohlen, während andere Fachleute²⁾ behaupten, daß er nur zur Schmelze

Gas- und Luftwechsellvorrichtungen, über die Verankerung des Ofens, das Aussehen der Kammern, Vorrichtungen zum Verschließen der Hafentore, Geräte und Maschinen zum Ein- und Ausbringen der Häfen, das Hafensetzen und die Inbetriebsetzung der Ofenanlage. Hier seien nur noch einige Konstruktions- und Betriebsangaben kurz erwähnt.

Kohlenverbrauch für die Generatoren und das Gebläse in 24 Stunden . .	9 374 kg
Gemeingeverbrauch (aus 100 Tln. Sand, 4,1 Tln. Kalk, 40 Tln. Sulfat, 1,1 Tln. Kohle, 4 Tln. Soda) in 24 Stunden . .	14 010 kg
Glasproduktion (rohes Spiegelglas) . .	11 760 kg
	= 327 qm
Gesamtinhalt d. Gaskammer (m. Brenner)	28,35 cbm
Gewicht u. Inhalt von 2834 Gittersteinen (à 40 × 7,5 × 13,5 cm und 8,1 kg)	10,67 cbm (= 21 286 kg)
Gesamtinhalt d. Luftkammer (m. Brenner)	37,80 cbm
Gewicht u. Inhalt von 3156 Gittersteinen (à 40 × 7,5 × 13,5 cm und 8,1 kg)	12,82 cbm (= 25 564 kg)
Inhalt des Oberofens	64,20 cbm

¹⁾ J. Baldermann, in dem Buche „Der praktische Glashüttentechniker“ und in verschiedenen Zeitschriften Abhandlungen, z. B. Sprechsaal 1919, Nr. 25 und Die Glasindustrie 1917, Nr. 44 bis 45. — ²⁾ G. Suchy, Zum neuen Verfahren über das Aussehen der Kammer (s. fahrbare Kammer bei Regeneratoren), Sprechsaal 1919, Nr. 29.

Fig. 212 bis 214.



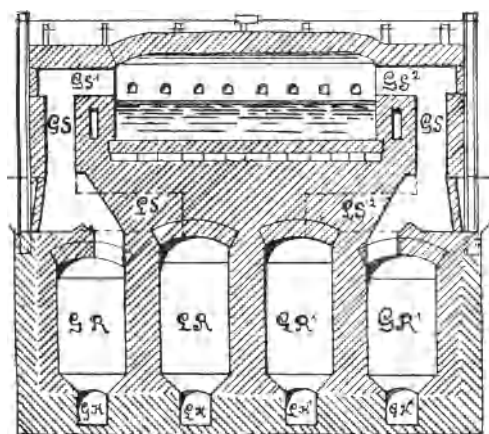
A, B Längsschnitt.
 III, IV Querschnitt.
 a, b Horizontalschnitt.

Schnitt a-b Oberflammen für Spiegelglas (nach R. Dralle).

2. Regenerativgas-Wannenöfen. Nur das Oberflammosensystem kommt bei den verschiedenen Arten der Glaswannen in Betracht, deren verschiedene Einteilung nach der Art des Betriebes bereits besprochen wurde. Von den Tageswannen, die auch heute noch häufig zu finden sind, ist nur ein kurzer Schritt zu den kontinuierlichen Wannenöfen; waren hierbei, wenigstens bei den langen Wannen, der Schmelz-, Läuterungs- und Arbeitsraum durch feste, aber natürlich mit Öffnungen durchbrochene Zwischenwände voneinander getrennt, so macht man jetzt diese Scheidung durch die sogenannten schwimmenden Brücken; die einzelnen Teile derselben stützen sich gegenseitig und gegen Vorsprünge in

Wanne durchzieht, und rückwärtig durch eine daneben liegende Öffnung wieder abzieht; nach dem Wechseln ist der Gang der Flamme natürlich umgekehrt. Andererseits erwies sich aber für die Erzeugung von gutem Weißhohlglas und besonders für Fensterglas eine schmale, aber langgestreckte Wannenform mit den ursprünglichen Seitenbrennern doch als am vorteilhaftesten, um dem Glas für gutes Durchschmelzen und Läutern einen genügend langen Weg bzw. die nötige Zeit zu geben; zudem braucht man besonders bei der Fensterglasfabrikation nur wenige Arbeitsplätze. Ein letztes System der Flammenführung, das sowohl bei Regenerativ- als bei Rekuperativgasfeuerung angewandt werden kann, ist die rückkehrende Flamme,

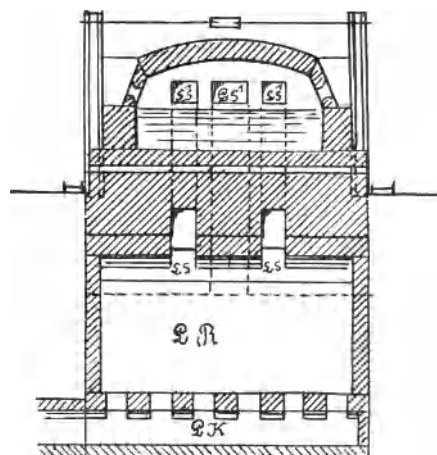
Fig. 215.



Längsschnitt

Tageswanne nach dem Regenerativsystem (W. Schipmann).

Fig. 216.



Querschnitt.

den Seitenwänden, wodurch sie am Fortschwimmen verhindert werden. Je nach der Form der Wanne und der damit meist zusammenhängenden Feuerführung kann man verschiedene Systeme unterscheiden. Bei den kleineren Tageswannen, die meist eine rechteckige Form haben, wechselt das Feuer gewöhnlich zwischen der schmaleren Vorder- und Rückseite, durchstreicht also die ganze Länge der Wanne. Die kontinuierlichen Wannen hatten ursprünglich auch langgestreckte Form, auf deren Rückseite das Gemenge eingelegt und auf deren Vorderseite das fertige Glas ausgearbeitet wird; das Feuer dagegen bestreicht hauptsächlich den rückwärtigen Schmelzraum, und zwar rechtwinklig zu der Längsachse des Ofens aus mehreren Brennern, an den Seitenwandungen hin und her gehend. Da man aber hierbei oft eine größere Anzahl von Arbeitsplätzen nicht unterbringen konnte, bildete sich für mittelgroße Flaschenwannen die vorne hufeisenförmig abgerundete oder gar kreisrunde Wanne aus mit sogenannter freier Flammenentfaltung, bei welcher aus einer Öffnung der Rückwand das Feuer austritt, dann hufeisenförmig die ganze

worüber später ein Beispiel bei den Rekuperativgasöfen belehrt.

Eine einfache Tageswanne nach dem Regenerativsystem zeigt beifolgende Figur¹⁾; eine genauere Beschreibung erübrigt sich, da das Wesen derselben aus der Skizze genügend ersichtlich ist. Man sieht, daß das Feuer die Längsrichtung der rechteckigen Wanne abwechselnd von der einen oder der anderen Seite durchstreicht; der Brenner ist so angeordnet, daß sich in der Mitte die Gasausströmöffnung befindet, während zu beiden Seiten Luft Zutritt.

Bei sogenannten Stiefelwannen²⁾, das sind kleine Wannenanlagen für Dauerbetrieb, wird das Glas nicht wie gewöhnlich aus Ringen oder Schiffchen ausgearbeitet, sondern aus Schamotterrohren, sogenannten Stiefeln, welche bis zu einer gewissen Tiefe in die Glasmasse eingestellt werden. Bei

¹⁾ Nach W. Schipmann, Aus der Praxis eines Glashüttenfachmanns im Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig.
²⁾ G. Schall, Kleine Stiefelwanne für Dauerbetrieb, Keram. Rundschau 1917, Nr. 8. G. Knoblauch, Betrieb der Stiefelwannen, Sprechsaal 1919, Nr. 35.

Art des Ofens	Kohlenverbrauch	
	für 1 qm 2-mm-Glas kg	1 kg Glas, verpackt kg
Siemens-Hafenofen	12,60	2,51
Großer deutscher Siemens-Wannen- ofen	9,14	1,83
Kleine belgische Wanne	7,50	1,14

Bekannt ist, daß in einem Hafenofen für dieselbe Glasmenge immer mehr Kohle verbraucht wird wie in einer Wanne, auffallend ist aber der geringe Wert, bei der belgischen Wanne; dieser wird damit erklärt, daß in Belgien an der Wanne selbst (nicht in eigenen Trommelöfen) geblasen wird, daß das belgische Glas weicher eingestellt ist, daß dort Sonntags durchgearbeitet wird, daß dort Ofenreparaturen viel rascher vor sich gehen, daß die belgischen Wannen meist tiefer (etwa 1,20 m) sind.

Einige Dimensionsangaben der deutschen Wanne sind:

Inhalt der leeren Gaskammer und der Gittersteine	23,1 bzw. 12,5 cbm
Inhalt der leeren Luftkammer und der Gittersteine	27,3 " 13,1 "
Freie Fläche der Gittersteine in Gas- und Luftkammer	227 " 252 "
Oberfläche des Glasspiegels	76,0 qm
Inhalt des ganzen Wannenraumes	234,5 cbm
" " Glasraumes	91,2 "
" " Raumes über dem Glas	143,3 "
Gewicht des Glases von 91,2 cbm à 2500 kg	228 000 kg

Eine kontinuierliche Siemenswanne mit freier Flammenentfaltung, und zwar eine kreisrunde Wanne mit drei getrennten Räumen für Flaschenglas mit einer Jahresproduktion von etwa 11 000 000 Flaschen à 0,65 kg = 7 150 000 kg Glas zeigt nachfolgende Beschreibung und Figur 220, 221, 222¹⁾.

Die meisten Einzelheiten dürften aus den Figurenschnitten genügend ersichtlich sein. Die Dreiteilung der Wanne durch luftgekühlte Scheidewände ermöglicht die gleichzeitige Herstellung von drei verschiedenen Farben in der Flaschenproduktion; die Kühlluft tritt bei 15 ein und wird durch einen regulierbaren Kanal 16 vom Hauptschornstein abgesogen; jede Abteilung hat ihr besonderes Einlegloch 14. Die geringe Haltbarkeit dieser Zwischenwände wurde schon früher erwähnt. Die Konstruktion der beiden Brenner ist so eingerichtet, daß die Verbrennung erst in der Flamme stattfindet (Trennung durch Gewölbe 17); die Luftzufuhr liegt über der Gaszufuhr. Da die Brenner vom Wannenumfang fast 1½ m zurückliegen und die Kuppe sich bis zu 3 m über den Glasspiegel erhebt, so wird das Mauerwerk an keiner Stelle von der Flamme direkt getroffen, die von dem einen Brenner nur in kreisförmiger Richtung zum anderen Brenner zieht. Auch das Gemenge und

die Glasfläche bleiben unberührt, da die Flamme nicht aus der Horizontalebene abweicht, so daß man hier tatsächlich von freier Flammenentfaltung sprechen kann.

Hier sollen noch einige Bemerkungen speziell über die Regeneratoren der Regenerativgasöfen angeschlossen werden.

Die Regeneratoren (Kammern) dienen zur Vorerhitzung von Gas und Luft bei dem Regenerativsystem. Zum Zwecke der richtigen Wärmeausnutzung ist ihre Größe richtig zu bemessen. Sind sie zu groß, so werden sie nicht heiß genug, und die Vorwärmung von Luft und Gas wird zu gering, was kalten Ofengang zur Folge hat. Sind sie dagegen zu klein, so können die Abgase mit zu hoher Temperatur in den Schornsteinkanal entweichen, was also zu direkten Wärmeverlusten führt; ferner beeinträchtigen zu kleine Kammern den Zufluß von Gas und Luft zum Ofen, so daß das Feuer den Ofen nicht füllt.

Gegenüber den gewöhnlichen Normalsteinen haben die sogenannten elliptischen Kammersteine (System Knoblauch) den Vorteil, daß eine bedeutend größere Heizfläche erzielt wird, daß die Zugverhältnisse sehr günstig sind, daß eine Verstopfung durch Gemengestaub, Flugasche viel weniger möglich ist.

Über die fahrbaren Kammern für Glasöfen, die sich aber nicht einzubürgern scheinen, hat in der letzten Zeit ein lebhafter Meinungs-austausch stattgefunden; die betreffenden Abhandlungen seien hier aufgezählt:

„Ein neues Verfahren für das Aussetzen der Kammern“ von J. Baldermann im Sprechsaal 1919, Nr. 19, „Zum neuen Verfahren für das Aussetzen der Kammern“, zwei Entgegnungen von M. v. Reiboldt und H. Schnurpfeil im Sprechsaal 1919, Nr. 22 mit einer abermaligen Erwiderung von J. Baldermann im Sprechsaal 1919, Nr. 25, „Zum neuen Verfahren über das Aussetzen der Kammern“ von G. Suchy im Sprechsaal 1919, Nr. 29.

3. Rekuperativgasöfen. Bei diesen Öfen wird, wie schon einleitend kurz erwähnt, bei stets gleich gerichteter Flamme nur die Luft allein in sogenannten Rekuperatoren, manchmal auch Luft und Gas in besonderen Kanälen vorgewärmt. Die Vorteile dieser Feuerung sind einfachere und billigere Anlage und Bedienung; ihre Nachteile aber sind: Lage der Generatoren mehr am Ofen, meist im Hüttengebäude, wodurch Verunreinigungen des Gebäudes und der Luft eintreten, ferner kann leicht Flugasche beim Rostputzen in den Ofen und ins Glas kommen. Im allgemeinen gilt daher für die Glasindustrie (nach R. Dralle, vgl. auch Sprechsaal 1915, Nr. 2): Es gibt viel mehr Öfen nach dem Regenerativsystem als nach dem Rekuperativsystem, und es gibt viel mehr ausgebildetes Personal für jene als für diese, viel mehr Leute beurteilen jenes günstig und dieses ungünstig, ohne jemals mit diesem wirklich vertraut geworden zu sein. —

¹⁾ Nach R. Dralle, Die Glafabrikation, 1. Bd.

Fig. 220. Längsschnitt.

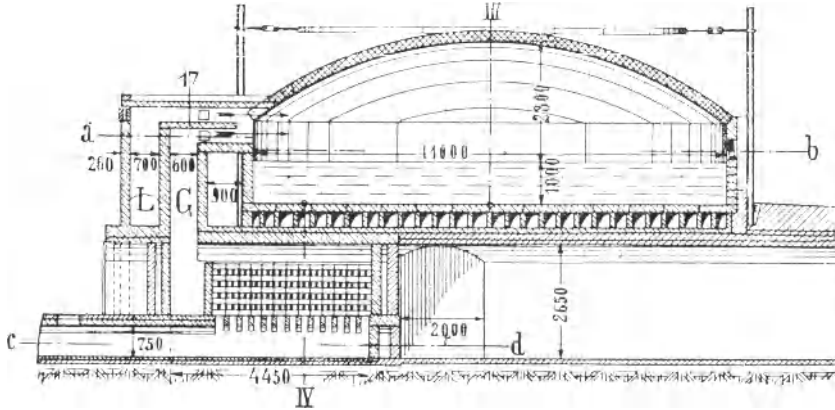


Fig. 221. Querschnitt.

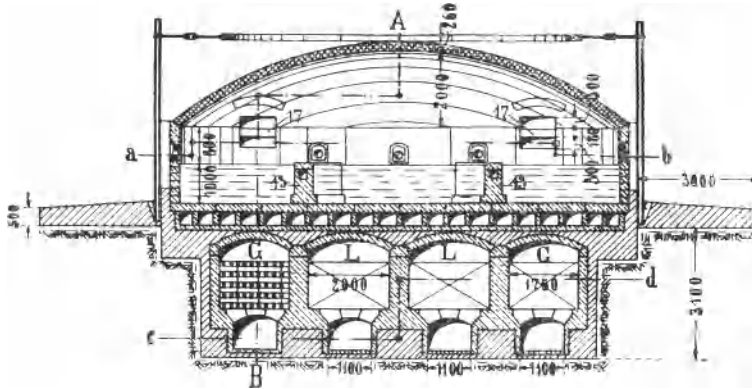


Fig. 222. Horizontalschnitt.

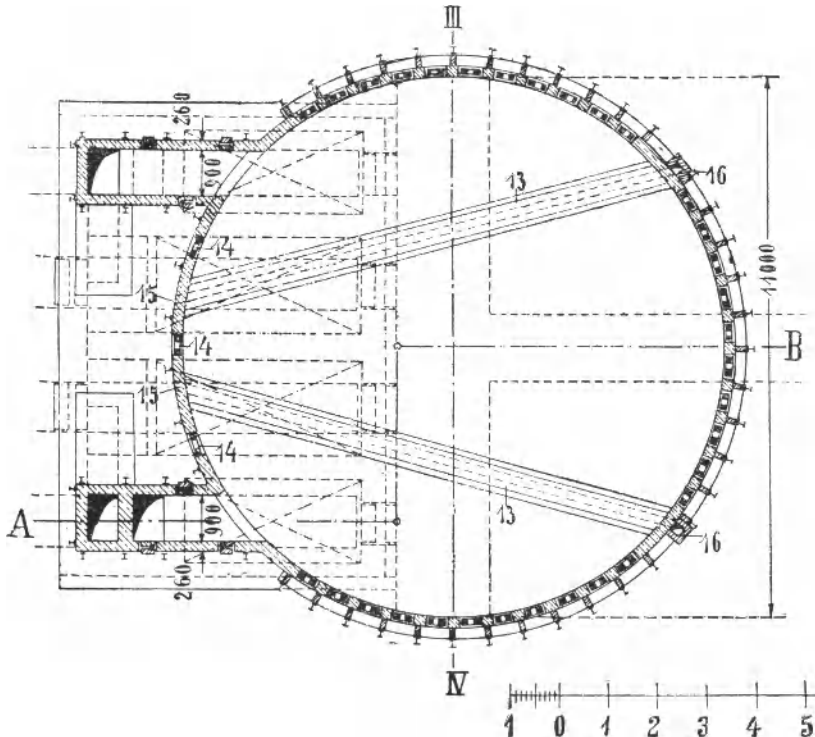


Fig. 220 bis 222. Kreisrunde, dreigeteilte Flaschenglaswanne (nach R. Dralle).

Sehr böse ist es, wenn die Lufterhitzerplatten der oberen Reihe abtropfen, dann muß die Hitze im Ofen so geregelt werden, daß das Abtropfen aufhört. Geschieht dies nicht, so tritt eine starke Versetzung der Züge ein, und nehmen solche Verstopfungen überhand, dann hört es mit einem regelmäßigen Betrieb auf. R. Dralle bezeichnet diese Erscheinung als Achillesferse beim Rekuperativsystem. Aber dem System werden die Fehler der Ofenbehandlung und die Qualitätsfehler der Schamottesteine unbedenklich aufgebürdet, jedoch die Unterlassungssünden des Betriebspersonals oder die falsche Sparsamkeit bei den feuerfesten Materialien werden nachsichtig verschwiegen.

Ein ebenfalls hierher gehöriger Rekuperativgasofen ist der dänische Hermansen-Ofen, über welchen in den „Glastechnischen Berichten“, Bd. 2, Heft 3 (Beilage zum Sprechsaal 1924) nach Artikeln der ausländischen Fachzeitschriften eingehend berichtet wird. Wenn eine gute Kohle zur Verfügung steht, soll dieses Rekuperativsystem hinsichtlich

Brennmaterialverbrauch gegenüber dem Siemensofen sogar sparsamer sein, während die gleichen Glasarten, also auch Qualitätsgläser, in offenen Häfen erschmolzen werden können. Der Ofen soll in anderen Ländern sehr viel im Gebrauch sein. — In ähnlichem Sinne äußert sich Hermansen selbst auf der zweiten Tagung der D. G. G. in Dresden 1924.

Eine kontinuierliche Wanne von Nehse-Dralle nach dem Rekuperativsystem mit sogenannter zurückkehrender Flamme zeigt

Figur 223 bis 225 und Beschreibung in dem Buche „Aus der Praxis eines Glashüttenfachmannes“ von W. Schipmann im Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig.

Die Generatoren werden beim Rekuperativsystem zweckmäßig nahe an der Wanne angeordnet, die Gase treten nicht vorgewärmt durch den Kanal *K* und den Schacht *GS* in die Verbrennungskammer *VK*, wo auch die Verbrennungsluft hinzutritt, nachdem sie in den Rekuperatoren vorgewärmt wurde. Die Verbrennungsprodukte werden mehr oder weniger stark nach dem Arbeitraum getrieben. Hier teilt sich der Flammenstrom je zur Hälfte nach rechts und links und kehrt so in entgegengesetzter Richtung zu den Abhitzeschichten (*AZ*) zurück, von wo sie durch die Lufterhitzer abziehen. Die Verbrennungsluft tritt durch den Kanal *LV* unten in denselben ein, bewegt sich unter Umspülung der Abhitzezellen nach oben in den Luftsammelraum *L* und von dort in die Verbrennungskammer *VK*.

Bei einem anderen System, den sog. Sticzinskiwannen, herrscht eine andere Flammenführung, in dem zwei Flammenströme durch die Rückwand der Wanne eintreten, vorne zusammentreffen, gemeinsam umkehren, und nun in der Mitte der Wanne und durch eine einzige mittlere Öffnung in der Rückwand abziehen.

„Die kritische Besprechung eines Glasofens“, und zwar nach dem Rekuperativsystem von R. W. Müller findet sich in der *Keram. Rundschau* 1923, Nr. 24. Auf einem ausländischen Werke dient zur Erzeugung der für die in einem Ofen vereinigten 14 Glashäfen erforderliche Gasmenge zwei Drehrostgeneratoren von 1,5 m Durchmesser; jeder Generator leistet in 24 Stunden etwa 25 000 cbm Gas von folgender Zusammensetzung: 6,5 Proz.

Fig. 223. Längsschnitt.

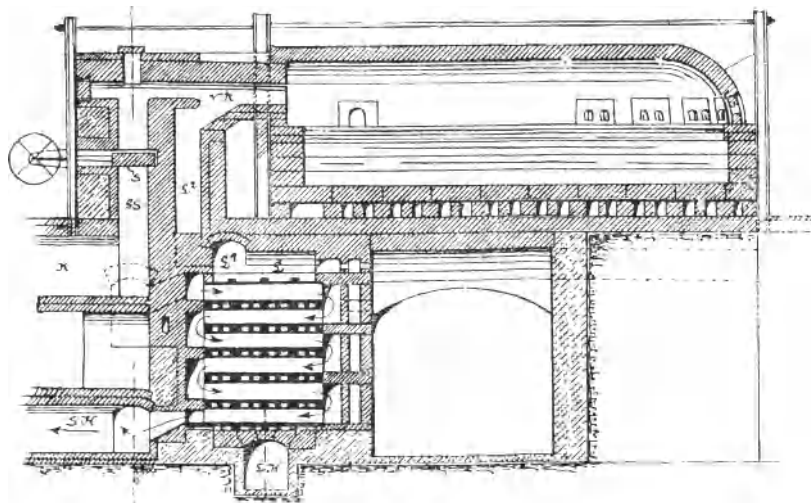


Fig. 224. Querschnitt

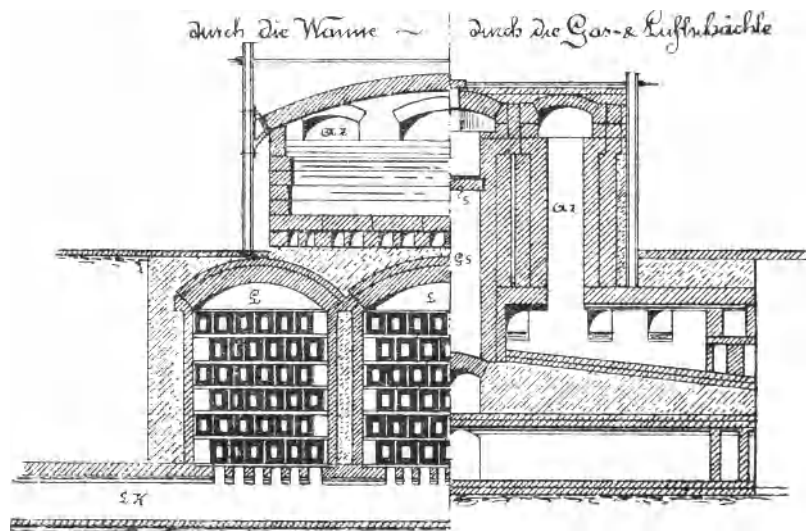


Fig. 225. Horizontalschnitt.

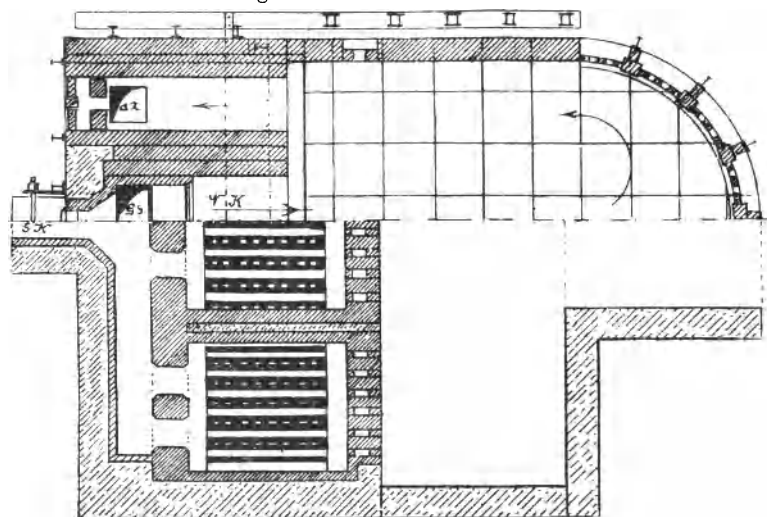


Fig. 223 bis 225. Kontinuierliche Wanne nach dem Rekuperativsystem mit rückkehrender Flamme (nach W. Schipmann).

Kohlensäure, 25,1 Proz. Kohlenoxyd, 18,8 Proz. Wasserstoff, 0,3 Proz. Methan, Rest Stickstoff, eine Temperatur von 700° und einen Heizwert von 1480 WE, was als sehr gut bezeichnet werden muß. Allein dieser Wärmeinhalt kam dem Ofen durchaus nicht voll zugute; denn sonst hätte die Schmelze in den einzelnen Häfen nicht 28 bis 36 Stunden gedauert. Um nämlich den zur Erzeugung des Mischgases nötigen Dampf zu bekommen, wurden gleich hinter den Generatoren zwei Abhitzeessel eingebaut, wodurch das Gas zunächst auf 200°, dann noch durch Passieren von zwei Gasreinigern auf 30° abgekühlt wurde. Weiter war der Glasofen nur mit Reku-perativsystem versehen, so daß eine Vorwärmung des Gases nicht mehr stattfand, sondern nur die Luft wurde durch die Abgase erhitzt. Das Feuer wurde jedem Hafen separat zugeführt. Die Abgase hatten aber nach Verlassen des Reku-perators noch eine Wärme von 600°, welche verloren ging. Hier und nicht nach den Generatoren hätten natürlich die Abhitzeessel eingebaut werden müssen, was der erste große Fehler der Anlage war. Weiter war die Luftzufuhr zur Verbrennung des Gases infolge zu geringen Druckes eine völlig ungenügende, so daß viel Kohlenoxyd und Wasserstoff unverbrannt in die Abgase gingen. Also trotz großer Brennmaterialverschwendung geringe Leistung des Ofens, ein typisches Beispiel dafür, wenn die einfachsten Grundsätze der Feuerungstechnik beim Ofenbau außer acht gelassen werden.

4. Öfen mit Naturgasfeuerung. An die Öfen mit künstlicher Gasfeuerung schließen sich solche mit Naturgas an, wo dieses Brennmaterial in genügender Menge von der Natur gespendet wird, wie z. B. insbesondere in Amerika, wo daher diese Feuerungsart auch für Glasöfen schon seit langer Zeit verwendet wird; der hauptsächlichste Bestandteil des Naturgases ist Methan, weshalb es einen viel größeren Heizwert als künstliches Gas besitzt. Weitere Vorteile sind der Wegfall der Gaserzeuger und Kammern, damit billigere Anlage und einfacherer Betrieb, wozu noch die große Reinheit des Gases kommt (vgl. auch die Abhandlung „Erdgas und seine Verwendung“ von Ingenieur Seimetz im Sprechsaal 1912, Nr. 47).

5. Öfen für flüssige Brennstoffe (Ölfeuerung). Dieses Gebiet der Glasofenheizung soll an Hand der hierüber erschienenen Literatur ausführlich besprochen werden, da es immer wieder Interesse erweckt.

Zunächst sei hierbei der einschlägigen Abhandlung von R. Dralle in dem Buche „Die Glasfabrikation“ I, S. 592 ff. gefolgt. 1896 begann die „Société Belge de Glaces de Roux“ Versuche mit Rohöl auf ihrer Filiale in Lakasch anzustellen, die zu gutem Erfolg führten. An einem Siemensofen zu 16 Häfen wurden an jeder Stirnseite und in der Mitte Einrichtungen zum Heizen mit Rohöl getroffen unter Beibehaltung der Luftgeneratoren zum Erhitzen der Verbrennungs-

luft; jeder Hafen lieferte das Glas zu einer Spiegelglasscheibe von 15 qm und 14 mm Stärke. Die Versuche ergaben für Steinkohlen eine Wärmeausnutzung von 60 Proz., für Rohöl von 75 Proz. — Prof. Kroupsky benutzte Rohöl im Siemens-Hafenofen, derart, daß er das Öl direkt in den heißen Gasregenerator führt, in welchem es gasförmig wird und so mit der heißen Luft im Ofen verbrennt; gewechselt wird wie bei der Gasfeuerung; dann muß natürlich das Öl dem anderen Gasregenerator zugeführt werden. Bei dem Ofensystem Malicheff, das dortselbst abgebildet ist, kommt dasselbe Prinzip zur Geltung; diese Wanne produziert angeblich 4000 kg Glas mit 1300 kg Petroleumrückständen.

In der neuesten Zeit haben sich Gebr. Körting A.-G. in Körtingsdorf bei Hannover mit bestem Erfolge auf dem Gebiet der Ölfeuerung betätigt. Es wird dann zunächst ein Nehse-Hafenofen beschrieben und abgebildet, der mit einer solchen Anlage eingerichtet wurde (siehe später).

Weiter findet sich in dem gleichen Buche die Einrichtung der Körting-Ölfeuerung für einen kleinen Hafenofen beschrieben, der zur Herstellung von pharmazeutischen Artikeln dient, sowie die Berechnung der Einrichtungskosten angegeben; der Ölverbrauch würde stündlich etwa 60 kg betragen. — Ferner wird die Anbringung des Systems an einer Flaschenglaswanne (nach Nehse-Dralle) erörtert. Die Beheizung der Wanne mit Kohle erforderte pro Monat 530 000 kg bei einem Heizwert von 3957 Kal. und 10 Proz. Asche; die Monatsproduktion betrug etwa 210 000 kg verkaufsfähige Flaschen. In Frage kam galizisches Rohöl mit 10504 Kal.; der Verbrauch desselben wurde zu 86 400 kg pro Monat berechnet. Hieraus würde sich eine direkte Ersparnis von jährlich 12 000 Mk. ergeben; allerdings müßten die Betriebskosten für etwa 6 PS abgezogen werden, wofür andererseits die Löhne von mindestens vier Arbeitern fortfallen. Folgt noch ein Kostenvorschlag für den Umbau einer solchen Wanne mit Gasfeuerung in eine solche mit Ölfeuerung. — Den Schluß bildet die Ölfeuerung für eine vollständige Fensterglasfabrik mit einer Jahresproduktion von 250 000 qm, wobei die Schmelzwanne, zwei Brennöfen sowie die beiden Streck-

	I Ölgas- feuerung <i>M</i>	II Gene- ratorgas- feuerung <i>M</i>
Kohlenverbrauch 9000 · 365 = 3 280 000 kg (15 <i>M</i> für 1000 kg)	—	49 200
Ölverbrauch 3000 · 365 = 1 095 000 kg (3 <i>M</i> für 100 kg)	32 850	—
Etwa 25 PS Betriebskraft	7 500	—
Für I 2 Schürer, für II 4 Schürer (à 1200 <i>M</i>)	2 400	4 800
Die Ausgaben verhalten sich wie	42 750	54 000

und Kuhlöfen mit diesem Heizsystem versehen sind. Die Wanne würde bei Gasfeuerung in 24 Stunden etwa 9000 kg gute Kohle benötigen, dagegen dürfte sich der Verbrauch an Rohöl in 24 Stunden auf etwa 4000 kg belaufen. Welche Feuerungsart vorzuziehen ist, hängt vom Preise der Kohlen und des Öles ab; eine beigelegte Aufstellung ergibt einen diesbezüglichen Vergleich. Unter entsprechender Einstellung der heutigen viel höheren Preise läßt sich die Tabelle trotzdem noch zu einer Kostenübersicht benutzen.

Als Brennmaterial für solche Öfen kommen in Betracht: Benzin, Rohpetroleum, Petroleum-Destillationsrückstände, Teeröle. Vorteile der Feuerungsanlagen sind: Fortfall der Gaserzeuger und Gaskanäle, Erleichterung des Transportes, Verbesserung der Hüttenluft, leichte Regulierbarkeit, billiges Anlagekapital und sparsamer Betrieb; hierbei muß beim Brennstoffvergleich außerdem noch bedacht werden, daß bei den festen Brennstoffen im Gaserzeuger fast ein Drittel ihres Wärmeinhaltes zur Gaserzeugung selbst verbraucht wird.

In einer Abhandlung: „Ölfeuerung in Glashütten“ von E. Hatscher im Sprechsaal 1912, Nr. 34, werden die Vorteile dieses Systems ausführlich dargelegt, aber gleich von Anfang an bemerkt, daß auch hier eine fachkundige Anlage und Leitung zu den notwendigen Grundbedingungen eines rationellen Betriebes gehören. Der Hauptvorteil besteht in der leichten und raschen Erzielung hoher Hitzegrade, was zugleich Verkürzung der Schmelzzeit, Erhöhung der Produktion, Qualitätsverbesserung des Glases bedeutet. Weiter kann der Ölverbrauch genau nach dem jeweiligen Bedarf geregelt werden, was bei der Gasfeuerung viel schwieriger ist. Dazu kommt die geringe Rauchentwicklung; das Öl brennt mit reinweißer Flamme ohne Rauch; ist aber reduzierendes Feuer, z. B. zum Abbrennen der Glasgalle, nötig, so läßt sich dasselbe auch leicht und schnell erreichen. Störungen des Schmelzprozesses durch kalten Ofengang, Verstopfen der Kanäle durch Teer und Flugasche, Zuschmelzen der Kammern usw. sind ausgeschlossen. Die Bedienung ist leichter und einfacher, auch gesünder. Für die Glasschmelze kommt hauptsächlich das System des Oberflammpfens in Betracht. Aber auch die Anlage und Beheizung der Trommelöfen ist äußerst einfach und vorteilhaft, z. B. rasches Anheizen, kein Erblinden des Glases. Überhaupt sind alle Nebenöfen mit Ölfeuerung rationell zu betreiben, darunter auch die Strecköfen, bei welchen ein Erblinden des Glases vollständig ausgeschlossen und das Verfahren der Holzstreckerei ganz ebenbürtig ist. — In einem „Eingesandt“ zu diesem Artikel von F. Suiram im Sprechsaal 1912, Nr. 37, wird betont, daß die auf dem Gebiet der Ölfeuerung in Deutschland gemachten geringen Versuche zu wenig in die Presse kommen bzw. meistens aus den Kreisen der Öllieferanten oder Ölfeuerungskonstrukteure herrühren. Es sollten aber auch die Fachleute,

welche eine solche Anlage längere Zeit in Betrieb hatten, mit ihren Beobachtungen und Erfahrungen hervortreten. Dann wird noch auf die großen Ersparnisse im Ofenbau hingewiesen durch Wegfall des teuren Ofenunterbaues und der Generatoranlage. Freilich hängt die Einführung des Systems davon ab, daß genügende Mengen Öl zu einem verhältnismäßig billigen Preis auf längere Zeit zur Verfügung stehen, zudem mit einem Mehrverbrauch an sich schon der Preis steigt.

In einem Artikel: „Ölfeuerung in der Glas- und Keramikindustrie“ von Ing. Seimetz in der Keram. Rundsch. 1913, Nr. 3, wird betont, daß diesem Heizsystem vielfach der gute Erfolg fehlt; die Ursache hiervon liegt meistens in den zu großen Verbrauchsmengen, in den zu hohen Preisen des Rohöles und in der unvollkommenen Betriebssicherheit infolge Versagens der Brenner. Die technischen Vorteile der Ölfeuerung werden natürlich schon anerkannt; wirtschaftliche Vorteile bringt sie aber nur dann, wenn ein Werk an der Erzeugungsstelle des Rohöles errichtet, und der Ofen nach den neuesten Erfahrungen gebaut wird.

Bei einer Anfrage im Sprechsaal 1913, Nr. 4, handelt es sich darum, ob es Ölfeuerungsanlagen gibt, bei welchen das Öl nicht durch Brenner mit Druckluft zerstäubt, sondern durch eine entsprechende Vorrichtung vergast wird, weil die Brenner infolge Verstopfung oft versagen. In den Antworten wird auf das ursprüngliche System der Ölfeuerung hingewiesen, die sogenannten Öltropfanlagen, wobei das Öl — vielfach im Regenerator — durch Auftropfen auf Platten usw. direkt vergast wurde; allein hierbei wird, abgesehen von anderen Nachteilen, zu viel Öl verbraucht, weshalb die Zerstäubung des Öles durch Druckluftbrenner vorzuziehen ist. Weiter werden dann Ratschläge zur richtigen Behandlung der Brenner zwecks Hintanhaltens des Verstopfens gegeben. — Im Anschluß an diese Anfrage erschien eine kurze Abhandlung: „Einiges über Ölfeuerung in Glasschmelzöfen“ von F. Kraze im Sprechsaal 1913, Nr. 8. Zunächst wird über ein neues System eines Ölzerstäubers für Glasschmelzöfen berichtet, das berufen sein dürfte, ein Festbrennen des Öles im Düsenmund durch weitgehende Verstellbarkeit der Düsen und eine sehr intensive Zerstäubung tunlichst zu verhindern. Dann werden ausführliche Mitteilungen über eine bewährte Anlage mit Rohölfeuerung für die Schmelzwanne mit Drehwanne und Owensmaschine für 24 Stundenleistung von 20000 Flaschen (à 0,049 kg Gewicht) gemacht. Zum Schmelzen des Gemenges von 10000 kg (Einschmelzverlust nur 2 Proz.!) braucht man hierbei 1728 kg galizisches Rohöl (spez. Gew. 0,8, Brennwert 11064 Kal.). Es werden in 24 Stunden für 86,4 Mk. Rohöl benötigt, und 1 kg fertig geschmolzenes Glas stellt sich auf rund 1 Pfennig gegenüber 2 Pfennig bei festen Brennstoffen. Weiter folgen noch ausführliche Angaben über Zufuhr

und Vergasung des Öles. — Der Vollständigkeit halber sei hier noch auf eine Anfrage, betreffend die Einrichtung der Ölfeuerung speziell für Kühltöfen, im Sprechsaal 1914, Nr. 14, aufmerksam gemacht.

So weit waren die Ansichten und Erfahrungen über die Ölfeuerung gediehen bis zum Ausbruch des Weltkrieges; während der Kriegsjahre kamen hinsichtlich dieses Heizsystems, wenigstens in Deutschland-Österreich, nur mehr wenig Nachrichten in die Öffentlichkeit, offenbar, weil ausländisches Öl ganz fehlte und die einheimischen Teere für andere Zwecke nötiger waren. Erst nach dem Ende des Weltkrieges gewinnt die Teerölfeuerung neues Interesse. Speziell hinsichtlich ihrer Verwendung in der Glasindustrie erschien eine Abhandlung: „Die Milderung der Kohlennot durch Einführung der Teerölfeuerung“ von F. Imgrund im Sprechsaal 1919, Nr. 11. Zuerst wird der große Kohlenmangel dargelegt und wenig Hoffnung auf Besserung in Aussicht gestellt. Es müssen also andere Heizstoffe herangezogen werden, ein Problem, das als gelöst zu betrachten ist. In Schiffahrtskreisen sind die Vorteile der Ölfeuerung schon längst erkannt, in der Industrie findet sie langsamer Eingang, was in dem unsicheren Preisverhältnis des Öles zur Kohle liegt, das aber durch den Krieg stark zugunsten des ersteren verschoben wurde. Teeröl hat einen Heizwert von 8000 bis 9000 WE pro 1 kg gegenüber höchstens 7000 bis 7500 WE der besten deutschen Kohle; dabei ist der Nutzeffekt bis dreimal höher gegenüber einer mittleren Kohle. Es findet fast kein Verlust durch Strahlung, unverbrannte Rückstände, unvollkommene Verbrennung statt; keine Abkühlung der Heizräume beim Abschlacken, keine ungleichmäßige Gas- oder Luftzufuhr; Ersparnisse an Arbeitslöhnen, Transport- und Lagerungserleichterungen, Reinlichkeit des Betriebes; einfache und angenehme Bedienung. Als Beispiel hierfür wird aus der Praxis eine Wannenanlage mit Ölfeuerung angeführt, die etwa 6000 kg Glasur und Email in 24 Stunden leistet. Dazu besorgten zwei Arbeiter für die Schicht nicht nur die Mischung der Rohstoffe und das Füllen bzw. Ablassen der Wanne, sondern auch noch die ganze Bedienung der Ölfeuerung. Zum Schlusse wird die Frage der Teerölbeschaffung erörtert und die Ansicht vertreten, daß in Zukunft genügend Teeröl zu annehmbarem Preis zu haben ist. Der Bedarf der Marine und der Rüstungsindustrie kommt in Wegfall, zudem muß — voraussichtlich durch Gesetzgebung — der größte Teil der Kohle auf Nebenprodukte verarbeitet werden, so daß auch das Teeröl zu einem Überschussprodukt werden wird.

Kurz nach dieser vielleicht etwas zu optimistischen Abhandlung erschien im Sprechsaal d. J., Nr. 16, eine Anfrage, ob sich bei der Einführung der Ölfeuerung beim Neubau einer Weißhohlglashütte gewisse Vorteile bieten, und wie sich die Beschaffung dieses Brennstoffes augenblicklich und in Zukunft ge-

staltet. Zunächst wird es nicht empfohlen, sich unter den jetzigen Verhältnissen auf Ölfeuerung allein einzurichten; ihre Vorteile werden anerkannt, man ist aber vielfach auf ausländisches Öl angewiesen. Die Hütte soll deshalb für den nächstgelegenen Brennstoff eingerichtet, aber eine Ölfeuerung vorgesehen werden. Weiter wird betont, daß dieses System nur in Gegenden mit billigem natürlichen Heizöl, wie Rußland, eine Bedeutung hat. Aber selbst dort mußten infolge des steigenden Preises Glasfabriken wieder zur Kohlenfeuerung übergehen: Es ist überhaupt sinnwidrig — abgesehen von der Abscheidung wertvoller Schmier- und Motoröle oder für Edelprodukte —, Teeröle aus Generatorgasen zu gewinnen, um sie dann doch wieder für die Beheizung der Industrieöfen zu verwenden; da soll man doch lieber die heizkräftigen Teeröle in den Gasen belassen und direkt verbrennen. Bei steigender Nachfrage geht auch der Preis des Öles in die Höhe; wenn es aber keine Kohlen mehr gibt, tritt sehr bald auch Ölman gel ein. — In einer weiteren Antwort werden dagegen die bekannten Vorteile der Ölfeuerung betont und der Ölfeuerung das Wort geredet. — Dagegen rät ein anderer Antwortgeber, daß sich die Glashütte auf das nächstgelegene Brennmaterial einrichten soll, da Öl in Deutschland immer teuer zu stehen kommt; er habe selbst eine Hohlglaswanne mit Teerölfeuerung gebaut, die gut arbeitet, aber die Beheizung kommt teurer als mit Generatorgas. Ja, weiter wird sogar von der Einrichtung der Teerölfeuerung in Deutschland ganz entschieden abgeraten wegen des jetzigen und zukünftigen hohen Preises des Öles. Die letzten Antworten betonen die großen Vorteile der Ölfeuerung, darunter auch noch die Transportkosten, weil ein Waggon Heizöl den gleichen Wert hat wie drei Waggons mittlerer Kohle; ferner werden die Aussichten für Teeröl wenigstens für die Zukunft, wenn die Streiks abflauen, die Kokereien und Teerdestillationen wieder in vollen Betrieb kommen, und die chemische Industrie wieder gut beschäftigt ist, als günstig beurteilt.

Endlich erschien ein Artikel: „Über Ölfeuerungen in Glashütten“ zugleich mit einem Prospekt der Firma Gebr. Körting in der „Glashütte“ 1919, Nr. 11/12. Zunächst wird darauf hingewiesen, daß der Einbau der Ölfeuerung schon genaue Kenntnisse und Spezialerfahrungen benötige. Als Brennstoffe kommen in Deutschland in Betracht: die Teeröle, Rohnaphthalin, der Rohteer selbst sowie Kreosotöl. Man unterscheidet drei Arten von Ölfeuerungssystemen, nämlich solche mit Zentrifugalzerstäubern (Druckbrenner), Dampfstrahlzerstäubern und Druckluftzerstäubern; die ersteren werden bei Schiffskesseln verwendet, die zweiten bei kleineren Dampfkesseln oder für lange Flammen oder bei Rohteer bzw. Naphthalin, die dritten für hohe Verbrennungstemperaturen, vor allem auch für die industriellen Öfen, z. B. die der Glasindustrie, wo außerdem die Luft noch vorgewärmt wird. Weiter wird dann noch auf die bekannten Vorteile der Öl-

feuerung verwiesen. — In dem Prospekt werden zunächst die Ausführungen über die Ölfeuerung gemacht, wie sie schon in der Einleitung dieses Abschnittes dargelegt sind, und dann die Einrichtungen dieses Heizsystems an den verschiedenen Haupt- und Nebenöfen der Glasindustrie kurz gezeigt.

Beim Betriebe von Glasschmelzöfen mittels Ölfeuerung werden ganz erhebliche Ersparnisse an Brennmaterial gegenüber dem Betriebe mit Stein- oder Braunkohlengeneratoren dadurch erreicht, daß das Öl direkt im Schmelzraum zur Verbrennung gebracht wird, und zwar weil dabei die Verluste vermieden werden, die der Generatorbetrieb mit sich bringt. Diese Ersparnisse erstrecken sich aber nicht nur auf die eigentlichen Schmelzöfen, sondern auch auf den Betrieb der zugehörigen Kühl- und Trommelöfen. Dabei ist nebensächlich, ob letztere vorher mit Gas oder aber direkt mit Kohle beheizt wurden.

Ein mit Ölfeuerung eingerichteter Schmelzofen mit 12 gedeckten Häfen, jeder etwa 10 bis 12 Zentner flüssiges Glas haltend, ergab den verblüffenden Erfolg, daß derselbe mit dem halben Wärmeaufwand gegenüber einem gleich großen anderen Schmelzofen mit Steinkohlen-Generatorfeuerung gut arbeitete, d. h. also, während letzterer innerhalb 24 Stunden etwa 3600 kg Steinkohle verbrauchte, benötigt der mit Ölfeuerung ausgerüstete Schmelzofen nur etwa 1600 kg Öl.

Der zu letzterem gehörige Kühlofen mit zwei Kanälen verbraucht stündlich nur 14 kg Öl und der doppelseitige Trommelofen kommt mit einem Verbrauch von stündlich 5,5 kg Öl bequem aus.

Außer dieser bedeutsamen Brennmaterialersparnis ergibt die Ölfeuerungsanlage noch folgende hervorragende Vorteile:

1. Die Temperatur an den betreffenden Feuerstellen ist eine stets gleichbleibende und damit der Gang der Öfen ein denkbar vollkommener.

2. Die Temperaturen, die an den verschiedenen Verwendungsstellen des Öles verlangt werden, sind zuverlässig erreichbar.

3. Die Rauchkanäle des Ofens bleiben frei von Schmutz, weil die Verbrennung des Öles eine vollkommene ist und deshalb eine Absonderung von Flugasche und Ruß, die eine öftere Reinigung der Steinkohlengeneratoren und deren Kanäle erfordern, nicht stattfindet.

4. Der Betrieb der Ölfeuerung erfordert kein besonderes Brennmaterial.

5. Der Betrieb selbst ist ein außerordentlich zuverlässiger.

6. Die Wartung der gesamten Anlage ist eine sehr einfache.

7. Der Hüttenraum selbst bleibt frei von Verbrennungsgasen, und ist deshalb der Aufenthalt darin für die Arbeiter ein gesundheitlich bei weitem besserer, als wie in einer mit Steinkohlen-Generatorfeuerung betriebenen Hütte.

Die Einrichtung einer Glashütte mit Ölfeuerung ist folgende:

Im Hüttenraum selbst in einer Höhe von etwa 4 m wird ein mit doppelter Filtervorrichtung ausgestatteter Ölbehälter aufgestellt, von dem aus das flüssige Brennmaterial den verschiedenen Verwendungsstellen zufließt. An diesen wird das Öl mittels eigenartig ausgebildeter Luftstrahlzerstäuber aufs feinste verteilt, mit möglichst hoch vorgewärmter Verbrennungsluft gemischt und dann verbrannt.

Der Ölzufluß zu diesen Zerstäubern erfolgt jedoch nicht unvermittelt von dem hochstehenden Behälter, sondern von zwischengeschalteten Schwimmkugelreglern aus. Diese sind mittels Spindels in ihrer Höhenlage verstellbare Kästen, in die ein Schwimmkugelventil eingebaut ist, um das Ölniveau im Reglerkasten stets in gleicher Höhe zu halten. Die Ölhöhe ist an einem Glasrohre stets erkenntlich. Der Ausfluß aus den Schwimmkugelkästen nach den Zerstäubern erfolgt durch genau gebohrte Düsen, so daß also bei einer bestimmten Höhenlage dieses Kastens den Zerstäubern in der Zeiteinheit stets die gleichen Ölmengen zugeführt werden. Durch Verstellung der Höhenlage des Schwimmkugelkastens wird diese Ölmenge vermehrt bzw. vermindert.

Der Anschluß des Schwimmkugelkastens an die Öl-Zu- und Ablaufleitung wird seiner Stellbarkeit entsprechend durch Metallschläuche vermittelt.

Für den Betrieb des Schmelzofens werden, dessen Größe entsprechend, zwei oder mehrere Luftstrahlzerstäuber angeordnet, während für den Betrieb der Kühl- und Trommelöfen je ein Apparat genügt.

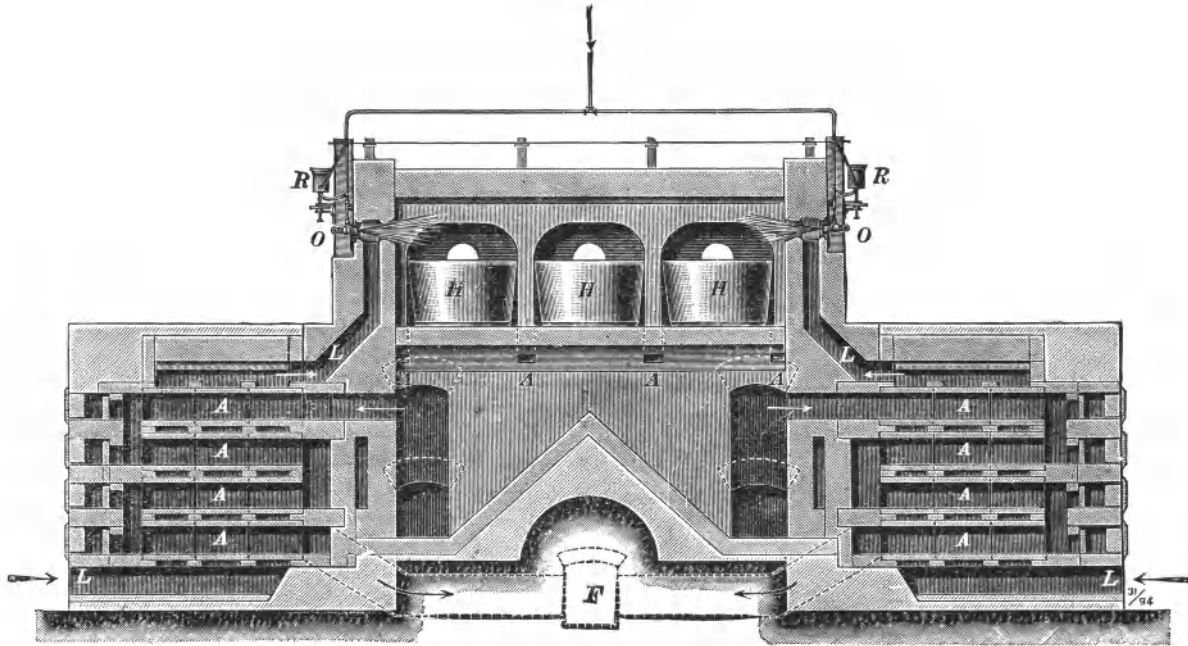
Die Abgase des Schmelzofens durchziehen vor ihrem Eintritt in den Fuchs Rekuperatoren, um dort einen Teil ihrer Wärme an die Verbrennungsluft abzugeben, während die Abgase der Kühl- und Trommelöfen durch Schlotte über Dach abziehen.

Die in den Abgasen des Schmelzofens nach dem Durchzug der Rekuperatoren noch enthaltene Wärme wird weiterhin noch nutzbar gemacht durch Einschaltung eines Dampfkessels in den Fuchs, der seinerseits den Dampf erzeugt, der zum Betriebe des Kompressors, zur Erwärmung des Öles bei der kälteren Jahreszeit, sowie zur Förderung des Öles aus dem tieferliegenden Hauptbehälter in den vorher erwähnten hochstehenden kleineren Behälter notwendig ist.

Durch diese Ausnutzung der zum Schornstein strömenden Abgase erfordert die Feuerungsanlage keinerlei besondere Aufwendungen für Brennmaterial.

Die Ausrüstung eines Glasschmelzofens mit Häfen, seien es offene oder gedeckte, zeigt Fig. 226 u. 227. Nach dieser werden an den kurzen Seiten des Ofens, je nach der Breite des letzteren, ein oder zwei Luftstrahlzerstäuber mit den zugehörigen Schwimmkugelreglern montiert. Die erforderliche Verbrennungsluft strömt den Strahlapparaten selbsttätig von den Rekuperatoren aus

Fig. 226.

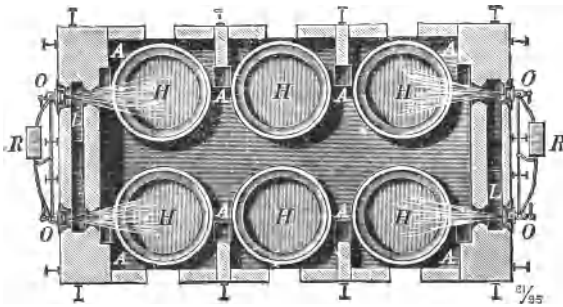


Längsschnitt.

A Kanäle für den Abzug der Verbrennungsgase. F Fuchs. HH Glashäfen. L Frischluftzuführung. OO Ölzerstäuber. R Regler für den Ölzufluß.

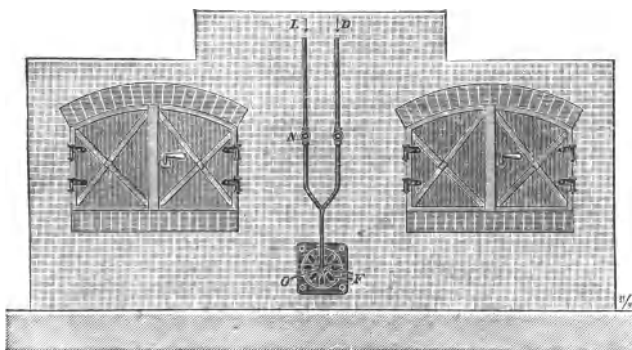
Fig. 226 u. 227. Glasschmelzofen (sechs Häfen) mit Ölfeuerung.

Fig. 227.



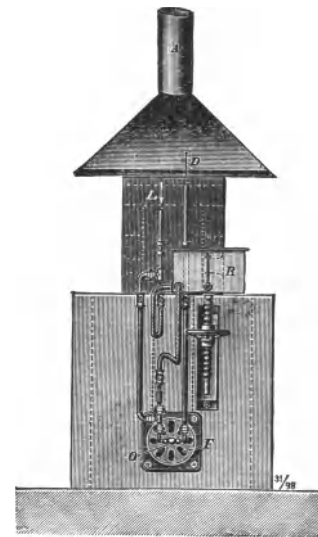
Horizontalschnitt.

Fig. 229.



Kühlöfen mit Ölfeuerung.

Fig. 228.



Trommelöfen mit Ölfeuerung.

zu, während die Verbrennungsgase unter der Einwirkung des Schornsteins nach dem Fuchs abziehen, nachdem sie vorher die Luftkanäle der Rekuperatoren umspülten.

Die Regulierung des Ganges des Schmelzofens erfolgt durch einen in den Fuchs eingeschalteten Schieber, sowie durch die Schwimmkugelregler. Hinter dem Schieber im Fuchs wird der vorher erwähnte Dampfkessel, oder besser deren zwei, zur Erzeugung des Betriebsdampfes der Anlage eingeschaltet.

Der zweite Kessel dient zur Reserve, um bei dem ununterbrochenen Betriebe, den ein Glasschmelzofen erfordert, gegen etwaige Reparaturen an den Dampfkesseln vor Betriebsstörungen gesichert zu sein.

Bei Boetiusöfen werden die Ölzerstäuber unter Flur angeordnet. Um den Betrieb derartiger Öfen von vornherein ökonomischer zu gestalten, als wie bei direkter Kohlenheizung, werden die heißen Abgase zweckmäßig in Rekuperatoren zur Vorwärmung der Verbrennungsluft ausgenutzt.

An Wannensäulen werden Luftstrahlzerstäuber ganz ähnlich angebracht wie an Hafensäulen, nur mit der Abweichung, daß die Befuerung zweckmäßig von der Rückseite her an der Peripherie des Ofens erfolgt und die Abgase zwischen den Zerstäubern nach den Rekuperatoren abziehen.

Die Ausrüstung eines Trommelofens mit Ölfeuerung zeigt nebenstehende Figur 228. Im Prinzip ist sie dieselbe wie die eines Hafensäulen- oder Wannensäulenofens, nur dadurch unterschieden, daß dem zerstäubten Öl nicht vorgewärmte Verbrennungsluft, sondern Luft von Raumtemperatur zugeführt wird. Die Verbrennung des Öles ist dabei eine ebenso rauchfreie wie im anderen Falle.

Die Installation des Ölbranders an einem Kühlfen ist, bis auf den Wegfall des Schwimmkugelreglers, genau die am Trommelofen (Fig. 229). Bei dem stets gleichbleibenden Ölverbrauch des Kühlfens während des ganzen Wochenbetriebes erfolgt die Einstellung des Ölverbrauches einfach durch ein Drosselventil.

Auf eine Anfrage im Sprechsaal 1921, Nr. 23, wird die Ölfeuerung auch zur Beheizung für kontinuierliche Wannensäulen übereinstimmend empfohlen.

Eine neueste Abhandlung über „Die Ölfeuerung in Glashüttenbetrieben“ von H. Mühlert-Hamelnd findet sich im Sprechsaal 1922, Nr. 1. Die Ölfeuerung ist der Generatorgasfeuerung nicht nur ebenbürtig, sondern teilweise überlegen. Nach ausführlichen Darlegungen über die Ölbehälter werden die verschiedenen Ölbranders besprochen, von welchen für Glasöfen fast nur die Zerstäuber in Betracht kommen; einige derselben werden ausführlich beschrieben. Sehr wichtig ist auch bei der Ölfeuerung die Lufterwärmung, wobei das Rekuperativsystem am geeignetsten ist. Für eine Tagesproduktion von 10 000 kg Glas werden etwa 5000 kg Öl benötigt, welche pro 1 kg etwa 14 cbm Luft brauchen. Die Anlagekosten einer Ölfeuerung

dürften bei kleinen Schmelzöfen sogar etwas billiger kommen als für Generatorgasfeuerung, dagegen nicht für größere Öfen, die eine Kompressoranlage, einen Dampfkessel und einen Tank erfordern. Dafür gestalten sich aber die Betriebskosten billiger.

Aus dieser Übersicht über die Ölfeuerung für die Glasindustrie darf man den allgemeinen Schluß ziehen: Sie ist technisch von großem Vorteil, wirtschaftlich ist sie aber in erster Linie von der Beschaffung und dem Preise eines geeigneten Öles abhängig. In Ländern, wo Petroleumrückstände in großer Menge zur Verfügung stehen, wie z. B. in Rußland, kann sich die Ölfeuerung sehr gut einführen (vgl. noch diesbezügliche Beschreibungen und Konstruktionszeichnungen von Ölfeuerungs-, Hafen- und Wannensäulen in dem Buche „Der praktische Glashütten-Techniker“ von Baldermann). Wo aber, wie z. B. in Deutschland, ein passender Brennstoff, also hier etwa Teeröl, nicht in genügender Menge und zu einem wirtschaftlichen Preise zu haben ist, kann auch die Ölfeuerung zu keinem rechten Aufschwung kommen.

6. Öfen mit elektrischer Heizung dürften in der jetzigen Zeit der Kohlenknappheit wenigstens in Gegenden mit billigen Wasserkraften gute Aussicht auf Erfolg haben, wenn auch zurzeit das Problem der elektrischen Schmelze im großen Maßstabe für technisches Glas noch nicht restlos gelöst ist. Zum Verständnis der hier einschlägigen Fragen seien folgende neuere Abhandlungen auszugsweise wiedergegeben. Unter der Überschrift „Glashüttenöfen mit elektrischer Heizung“ gab der Verfasser in der Zeitschrift „Die Glashütte“ 1920, Nr. 25 bis 30, einen Überblick über die bisherigen Versuche auf diesem Gebiete.

Nach einleitenden Ausführungen über die beiden Hauptarten der elektrischen Heizung, die Widerstands- und die Flammbogenheizung, werden vor allem an Hand des Buches „Der elektrische Ofen im Dienste der keramischen Gewerbe und der Glas- und Quarzglas-herzeugung“ von J. Bronn die bisherigen Versuche auf diesem Gebiete beschrieben und mittels Figuren erläutert. Der erste Vorschlag für elektrische Glashüttenöfen soll von der Firma S. Reich & Co. stammen, die 1881 ein Patent darauf anmeldete. Weitere Versuche machte dann besonders der Glashüttenbesitzer F. H. Becker. Bei seinem ersten Patent 1897 ist der wichtigste Teil des Ofens der treppenartige Schmelzkanal, auf welchem das Gemenge unter Einwirkung des Lichtbogens schmilzt und dann in eigenen Räumen gesammelt, geläutert und ausgearbeitet wird (Fig. 230). Eine Reihe weiterer auf den Namen der „Gesellschaft zur Verwertung der Patente für Glasherzeugung auf elektrischem Wege, Becker & Co.“ erteilten Patent rührt von Dr. A. Voelker her. Die erste kleine kontinuierlich arbeitende Versuchsanlage obiger Firma wurde im Lenne-Elektrizitätswerk bei Plettendorf in Westfalen errichtet und blieb dort etwa ein Jahr im

Betrieb. Der Ofen bestand aus einem Schmelzkanal mit drei Lichtbogen und einem darunter befindlichen, durch Koksfeuer erwärmten Hafen von 35 Liter Inhalt. Weiter konnte J. Bronn, der Verfasser des genannten Werkes, in seinem Ofen jeden beliebigen technischen Glassatz schmelzen, allein eine nie vollkommen zu beseitigende Schwierigkeit war die, daß beim Schmelzen im

Kohlen- bzw. Gasfeuerung im verarbeitungsfähigen Zustande erhalten (Fig. 231). Der Glassatz bestand aus 100 Sand, 40 Soda, 20 Marmor, 0,2 Salpeter, allein auch hier war das Glas hellgelb bis braungelb gefärbt und öfters mit kleinen Steinchen durchsetzt. Ein weiterer Versuch, die Glasmasse auch auf elektrischem Wege längere Zeit flüssig und verarbeitungsfähig zu erhalten, führte zu keinem besseren Ergebnis.

Weitere Versuche der gleichen Gesellschaft gingen nun dahin, das Glas wie bisher in Häfen zu schmelzen, welche von außen elektrisch erhitzt wurden (Fig. 232). Als Heizwiderstände wurden zunächst rings um den Hafen aufgestellte Kohlenstäbe gewählt, später wurde der Hafen mit einem Mantel von elektrisch erhitzten Kohlenkörnern umgeben — genannt Kohlegrieß oder Kryptol —, wonach auch dieses Verfahren benannt ist. Jetzt wurde zwar in kleinen Tiegeln ein reines Glas erhalten, allein größere Häfen erhielten bald viele Sprünge und Risse, so daß auch dieser Weg im Großbetrieb noch nicht brauchbar ist.

Andere Vorschläge für die elektrische Glasschmelze werden dann noch von J. Bronn an Hand von Patentliteratur besprochen, wobei er aber bemerkt, daß diese Konstruktionen meistens praktisch noch nicht ausgeführt wurden und sich wohl auch nicht bewähren würden, weshalb sie hier ganz über-

gangen seien. Dann wird auf die gaselektrischen Schmelzöfen der Firma G. Mettler-Berlin hingewiesen, welche sich neuerdings mit der elektrischen Glasschmelze in Verbindung mit der Gasfeuerung erfolgreich betätigt.

Eine indirekte elektrische Heizung von Glasöfen könnte dadurch erzielt werden, daß man mit Hilfe des elektrischen Stromes aus Wasser Knallgas herstellt und dieses zur Heizung benutzt, weil es sich vor allem durch große Hitze und Reinheit auszeichnet. Diesbezügliche Versuche sind mit gutem Erfolg in Italien gemacht worden.

Eine Verwendung der elektrischen Heizung bei der Verarbeitung des Glases kommt in Betracht beim Auswalzen der Glastafeln, beim Isolieren von Spiegelglas, beim Absprennen von Walzen- und Hohlglas und dessen Verschmelzung. In einem Artikel „Die Verwendung der Elektrizität in der Glasindustrie“ im Sprechsaal 1919, Nr. 50, wird nur darauf hingewiesen, daß elektrisch erzeugte Wärme vorteilhaft in der Glasmalerei, zur Heizung von Muffelöfen und in der Glasspinnerei benutzt werden kann. Zum Schlusse sind noch einige Meinungen über die elektrische Glasschmelze wieder gegeben, wie sie auf zwei Anfragen im Sprechsaal 1914 und 1919 zum Ausdruck kamen.

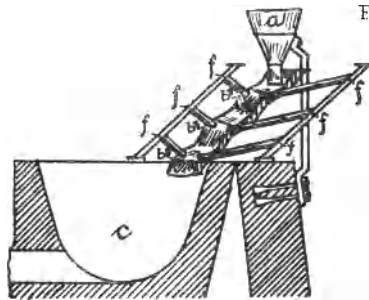


Fig. 230.

Elektrischer Flambogen-Glasschmelzofen.

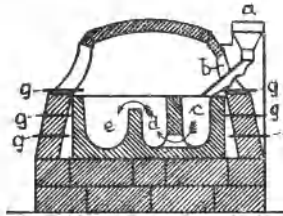
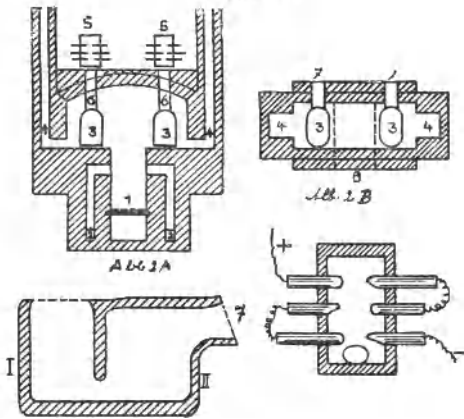


Fig. 231.



Elektrischer Flambogen-Glasschmelzofen.

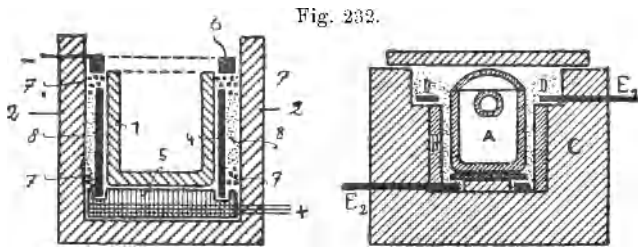


Fig. 232.

Elektrischer Kohlestab- und Kohlegrieß-Hafenschmelzofen
(nach Druckstöcken im Verlag „Die Glashütte“, Dresden).

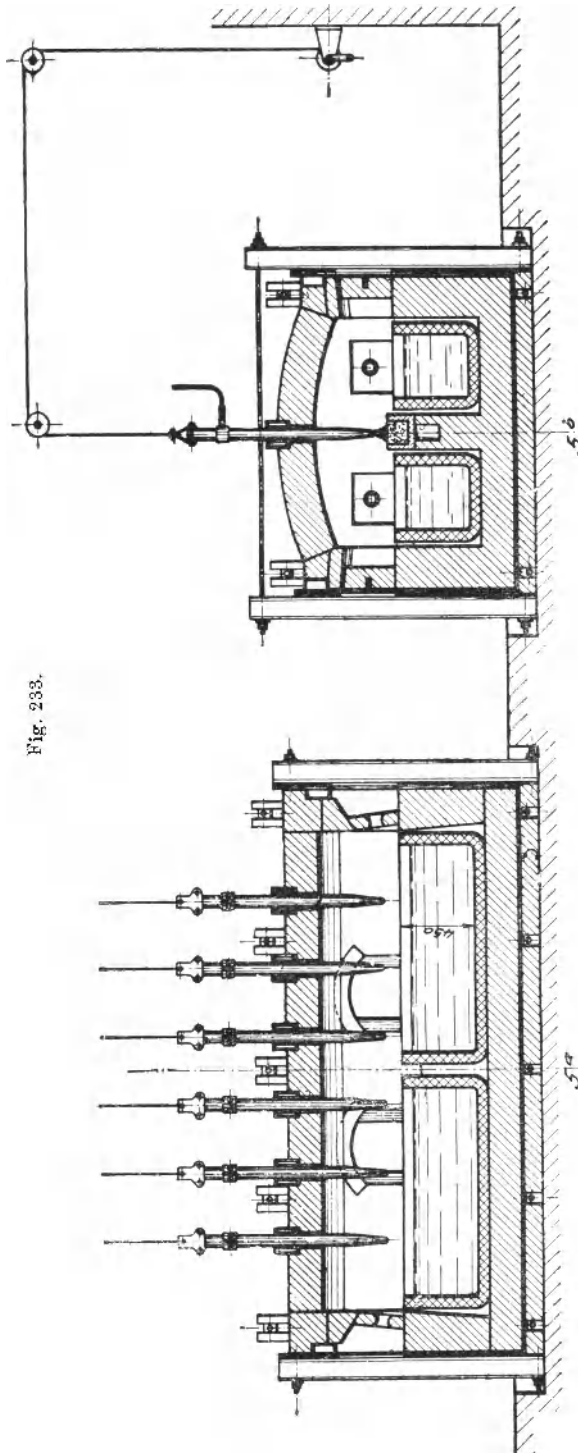
Lichtbogen ein sehr verschiedenartig und unregelmäßig gefärbtes Glas erhalten wurde, und zwar infolge Abstaubens der Elektrodenkohlen.

Ein größerer Versuchsofen für elektrische Glasschmelze wurde von genannter Gesellschaft 1902 in dem Tiroler Carbidgebiet zu Matrei errichtet. Auch hier wurde das Glas im Flambogen geschmolzen und dann durch

Ein weiterer Artikel „Elektro-Glasschmelzöfen“ von O. Mätz-Düsseldorf findet sich im Sprechsaal 1920, Nr. 40 u. 41. Während in der Eisen- und Metallindustrie die elektrische Schmelze immer mehr in Aufnahme gekommen ist, hat der Elektroofen in der Glasindustrie noch wenig Eingang

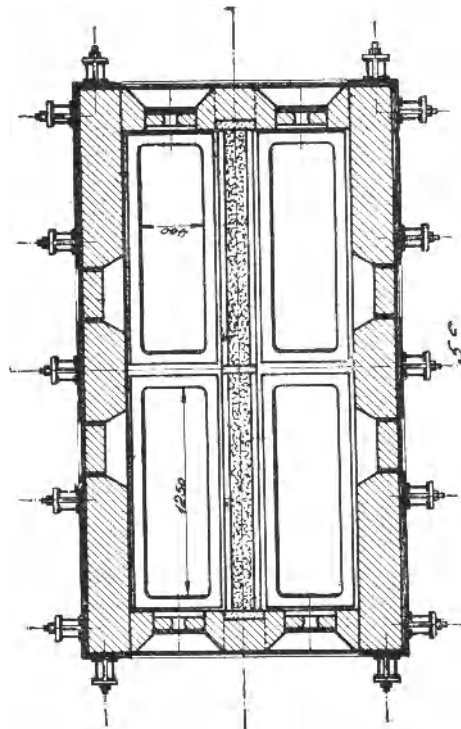
gefunden, obwohl er auch hier Vorteile haben kann. Nun wird zunächst ein Überblick über die in der Eisen- und Stahlindustrie gebräuchlichen elektrischen Heizungsarten gegeben, wie sie ähnlich auch in der Einleitung zum vorigen Artikel zusammengestellt sind. Als Beispiel wird zunächst ein Lichtbogenofen Bauart Reimerfelt einer schwedischen Firma (Vertretung durch Poetter-Düsseldorf) näher beschrieben, weil diese Firma eine führende Stellung im Elektroofenbau einnimmt und einige bemerkenswerte Spezialkonstruktionen für die Glasindustrie herausgebracht hat. Allerdings kommt dieser Ofen für Qualitätsglas nicht in Frage; Versuche mit gewöhnlichem Flaschenglas fielen befriedigend aus, das Gemenge schmilzt sehr leicht, allein es gelangen Kohlenteilchen in die Glasmasse, welche dieselbe mißfärben und reduzieren. Daher hat die schwedische Firma speziell für die Glasindustrie einige Ofenkonstruktionen geschaffen, bei denen die Lichtbogen nicht mehr frei über der Schmelzmasse brennen. Diese Öfen werden nun ausführlich beschrieben und durch zahlreiche Abbildungen erläutert.

Zunächst wird ein Ofen für nur zwei rechteckige Häfen geschildert, der aber beliebig verlängert werden kann, z. B. auf einen Ofen mit vier Häfen (Fig. 233) für ein Gesamtfassungsvermögen von 2000 kg Glas; auch für kontinuierlichen Betrieb lassen sich diese Öfen durch Anwendung der bekannten kontinuierlichen Schmelzgefäße einrichten. Die Stromzuführung geschieht bei diesen Ofensystemen in der Weise, daß einerseits die Mitte des Ofengeführs in der Längsrichtung



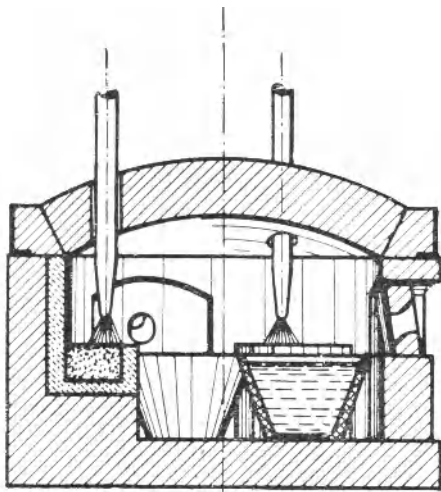
Querschnitt.

Längsschnitt.

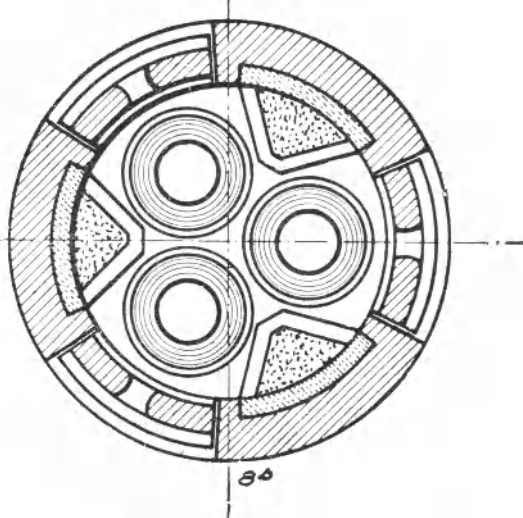


Horizontalschnitt.
Großer elektrischer Glasschmelzofen für 4 Häfen.

Fig. 234.



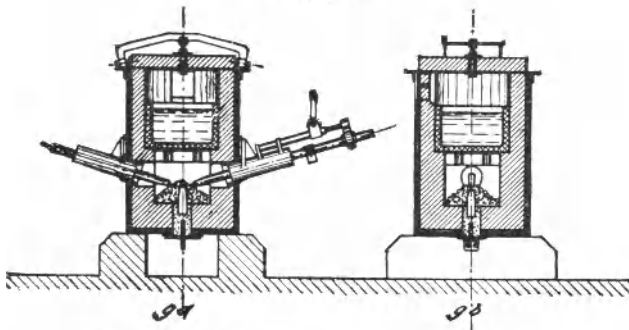
Längsschnitt.



Horizontalschnitt.

Großer elektrischer Glasschmelzofen mit 3 Häfen.

Fig. 235.



Längsschnitt.

Querschnitt.

Kleiner elektrischer Eintiegelofen.

zwischen den Häfen ein sogenanntes Leitungsbett darstellt, andererseits darüber von der Ofenkappe aus eine Reihe von Elektroden angeordnet sind.

Durch Fortfall der Tiegel und Aufmauern der Ofenwände lassen sich diese Öfen zu Tageswannen von beliebiger Länge ausbilden. — Eine vollständig abweichende Glasofenkonstruktion ist ein Ofen mit drei runden Häfen; hierbei sind die Elektroden an die Peripherie des Ofens verlegt (Fig. 234). — Dann wird noch ein kleiner Eintiegelofen erwähnt, dessen Heizung nach dem gleichen Lichtbogenprinzip erfolgt wie vorher, aber unter dem Tiegel (Fig. 235).

Zum Schlusse werden noch ausführliche Angaben über die Betriebskosten der Elektroöfen gemacht. Dieselben setzen sich zusammen aus dem Stromverbrauch und der Elektrodenabnutzung. Über die Strommenge liegen dem Verfasser keine Angaben aus der Praxis vor, weshalb sie berechnet wird. Für das Schmelzen und Ausarbeiten von 1 kg Sodaglas sind etwa 750 WE nötig, tatsächlich wird aber mindestens 1 kg Kohle von 7500 WE gebraucht, so daß der Wirkungsgrad der Gasöfen nur 10 Proz. ist. Dagegen wird der Nutzeffekt der vorstehenden Elektroöfen mit 45 Proz. angegeben. Da mit einer Kilowattstunde (Kwst.) rund 860 WE erzeugt werden, so sind für die Schmelze von 1 kg Glas bei einem Nutzeffekt von 45 Proz. etwa 1,3 Kwst. aufzuwenden; dazu kommt noch die Ausarbeitung des Glases, so daß für 1 kg farbiges Glas rund 2 Kwst. nötig sind (das Verhältnis der Kilowattstunde zu Steinkohle ist also etwa 2:1). Daraus folgt, daß die Elektroöfen für ordinäres Glas nur dann Verwendung finden können, wenn eine billige Stromquelle da ist. Anders liegen die Verhältnisse bei hochwertigen und schwer schmelzbaren Gläsern; hier kann auch noch an Arbeitslöhnen und den teuren Flußmitteln gespart werden; weitere Vorteile sind: schnelle Betriebsbereitschaft, große Sauberkeit, einfache Bedienung, größte Hitze, was besonders wichtig ist für Gläser, die gut geläutert sein sollen, wie Glühlichtkolben, optisches Glas und andere Spezialsorten. Endlich werden noch Angaben gemacht über die Abnutzung der Elektroden und die für einen Elektrodenofen nötige Ausrüstung; durch letztere verteuert sich die Anlage nicht unerheblich, wofür aber wieder der Bau von Gaserzeugern, Wärmespeichern, Kamin usw. wegfällt. Auch die Reparaturkosten sind gering.

Allgemeine Angaben über Dimensionierung und Betrieb der Glasschmelzöfen sowie sparsame Wärmewirtschaft und Neuerungen auf diesem Gebiet.

Zunächst findet sich in dem Buche R. Dralles (l. c.) ein Abschnitt über die Dimensionierung von Glasschmelzöfen mit Gasfeuerung, wo an Hand von ausführlichen Untersuchungen, an einer Glaswanne speziell aber die Bewegungsgeschwindigkeiten von Gas und Luft in den verschiedenen Ofenteilen, die richtige Dimensionierung

derselben gezeigt wird. Mit dem gleichen Problem befaßt sich eine kleine Broschüre von Miskowsky, „Pyrometrische und bautechnische Berechnung eines 10-häufigen Regenerativgasofens“. Endlich sei auf die ausführliche Abhandlung „Aus der Technik des Glasschmelzofens“ von Dr. H. Maurach in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1923, Nr. 21, hingewiesen, worin für vier Wannöfen und drei Spiegelglashafenöfen ausführliche Angaben über die zum Schmelzen von 1 kg Glas erforderliche Brennstoffmenge, Abmessungen und Produktion der Oberöfen, die Größenverhältnisse der Brenner und Wärmespeicher sowie die Stromgeschwindigkeiten der Gase, endlich die verschiedenen Arten der Gaserzeuger und ihre Leistungen gemacht sind. Einige diesbezügliche Zahlentafeln seien hierhergesetzt (s. Zahlentafel 1 bis 3, S. 62).

In weiteren Zahlentafeln finden sich dortselbst auch noch die Abmessungen des Unterofens bzw. der Wärmespeicher sowie der Brenner angegeben.

„Aus der Wärmewirtschaft in der Glasindustrie“ berichtet H. Hermanns im Sprechsaal 1920, Nr. 39, größtenteils nach vom Verfasser gemachten Angaben und Berechnungen.

„Wie groß der Wärmebedarf bei der Herstellung des Glases ist, läßt sich mangels genauer Zahlen nur annähernd berechnen. Das ist im Interesse des Fortschrittes in der Glasindustrie sehr zu bedauern, weil wir ohne Kenntnis der Wärmemenge, die wir bei idealer, wärmeverlustrfrei gedachter Durchführung des Schmelzprozesses benötigen, nie einen klaren Begriff vom Wirkungsgrad unserer Öfen haben können.“ So wird in dem Buche „Die Glasfabrikation“ von R. Dralle geurteilt und dann eine Berechnung aufgestellt über den Wärmebedarf bei der Schmelze von einem Sodagemeinge und einem Sulfatgemeinge. Aus den gefundenen Zahlen ergibt sich zunächst das bekannte Resultat, daß ein Sodagemeinge im Vergleich zu einem Sulfatsatz für die gleiche Glasproduktion etwa 33 Proz. weniger Brennmaterial zum Einschmelzen braucht. Viel wichtiger ist aber die andere Schlußfolgerung, daß in unseren heutigen Glasschmelzöfen nur ein sehr geringer Prozentsatz (10 bis 20 Proz.) des aufgewandten Brennmaterials für den eigentlichen Zweck dient; alle andere Wärme geht durch Leitung und Strahlung sowie in der Abhitze verloren. Der Vergleich wird besser verständlich, wenn man weiß, daß man bloß zur Schmelze von 1 kg Hohlglas im Hafenofer 1 bis 1½ kg Steinkohle bzw. Braunkohle braucht, während nach der vorhergehenden Berechnung zur Schmelze von 1 kg Sodaglas nur 63 g, von 1 kg Sulfatglas nur 95 g Kohle nötig sind. Der Nutzeffekt der Glasschmelzöfen ist also für Sodaglas nur ein Sechzehntel, für Sulfatglas nur ein Zehntel der aufgewendeten Wärme.

Nach ausführlichen Angaben über den Generatorbetrieb werden über die betreffenden

Wärmeverluste bei den Haupt- und Nebenöfen der Glasindustrie folgende Überlegungen gemacht.

Berechnet man zunächst an einem Glasschmelzofen, z. B. einem Siemens-Regenerativgasofen für Hohlglas, wieviel Wärme durch Leitung ohne Isolierung verloren geht, dann aber bei Isolierung erhalten bleibt, so kommt man zu Zahlen, die jedem rechnenden Glashüttentechniker zu denken geben. Wird die Isolierung am Unterofen durchgeführt, so bleibt die Hälfte der Wärme dem Ofen erhalten, was allein schon eine durchschnittliche jährliche Kohlenersparnis von vier Waggons, à 15 t, ausmacht. Die Isolierung am Oberofen bringt ebenso mannigfache Vorteile. Das Wiedererwärmen des Ofens geht schneller und sparsamer vor sich; während der Schmelze bleibt viel Wärme dem eigentlichen Schmelzprozeß erhalten; das Blankschüren bei höchster Temperatur wird ebenfalls besser und rascher geschehen; beim Ausarbeiten wird viel Wärme erspart, außerdem findet geringere Belästigung der Glasmacher durch die ausstrahlende Hitze statt. Die direkte Berechnung ergibt noch eine Brennmaterialersparnis von einem Waggon Kohle.

Aber auch die Nebenöfen der Glasindustrie absorbieren einen großen Teil der im Betriebe angewendeten Wärmemengen. Die Feuerung derselben erfordert oft den gleichen Brennstoffverbrauch wie der Schmelzofen. Auch hier lassen sich durch geeignete Isolierung große Ersparnisse und mannigfache Vorteile erzielen.

Besonders die Kühlöfen verschlingen große Mengen an Heizmaterial; da aber gerade diese Öfen große Flächen freistehenden Mauerwerks darstellen und somit große Wärmeverluste aufweisen können, besonders wenn sie noch frei stehen und jeder Witterung ausgesetzt sind, so kann hier die Isolierung große Vorteile bringen. Ähnlich wie für einen Glasschmelzofen kann auch für einen Kühlöfen die Brennstoffersparnis berechnet werden; so ergibt die Berechnung für einen Kanalöfen eine Brennstoffersparnis von etwa 50 Proz. gegenüber dem Verbrauch ohne Isolierung. Allein der Kohle- und Geldgewinn ist nicht der einzige Vorteil; infolge der gleichmäßigen Wärmeverteilung wird eine gleichmäßige Kühlung erzielt und damit viel Bruch verhindert; durch den regelmäßigen Temperaturabfall ist nicht nur eine bessere, sondern auch eine schnellere und damit sparsamere Kühlung möglich, was besonders wiederum für Spezialgläser wichtig ist.

Bei den Strecköfen der Tafelglasindustrie gestattet die Isolierung der Schieberöhre eine größere und gleichmäßigere Erwärmung und somit eine raschere Arbeit beim Strecken; ebenso ist bei guter und gleichmäßiger Hitze im Streck- und Bügelraum ein rascheres und schöneres Strecken möglich. — Ähnliche Ersparnisse und Vorteile gelten auch für die verschiedenen Arten von Auftreiböfen in der Glasindustrie. — Besonders aber bei den Temper-

Zahlentafel 1.

Zum Schmelzen von 1 kg Glas erforderliche Brennstoffmengen in Kilogramm nach allgemeinen Erfahrungen.

Brennstoffart	Spiegelglas-Hafenofen	Tafelglas-Wannenofen	Flaschenglas-Wannenofen
Steinkohlen (7000 WE)	1,2—1,3	0,9—1,0	1,0—1,2
Braunkohlenbriketts (4800 WE)	1,7—2,0	1,3—1,4	1,6—1,7
Böhmische Rohbraunkohle (4500 WE)	1,8—2,1	1,4—1,5	1,7—1,8
Torf oder Holz (3500 WE)	2,3—2,7	1,8—1,9	2,1—2,3
Junge Rohbraunkohle (2800 WE)	2,5—4,1	2,7—3,0	3,2—3,5

Zahlentafel 2.

Für die untersuchten Öfen (1 bis 4 Wannen-, A bis C Spiegelglas-Hafenöfen, s. u.) in den Gaserzeugern verbrauchte Brennstoffmengen (teilweise umgerechnet auf Steinkohlen von 7000 WE).

Art des Ofens	Brennstoffverbrauch		Gaserzeuger				Schachtquerschnitt		
	t in 24 Stunden	kg auf 1 kg geschmolzenes Glas	Anzahl	Bauart				eines Generators qm	Zusammen qm
1	35,0	0,56	7	Rundschaft-Gaserzeuger mit Gebläse				5,31	37,17
2	23,0	0,79	11	Siemens-Gaserzeuger mit natürlichem Zug				2,20	24,20
3	18,5	0,80	4	"	"	"	"	2,56	10,24
4	11,8	0,91	5	"	"	"	"	2,15	10,75
A	16,5	1,10	4	Rundschaft-Gaserzeuger mit Gebläse				3,45	13,80
B	13,5	1,23	3	Wilson-Gaserzeuger				4,44	13,32
C	3,5	2,43	1	Saxonia-Drehrost-Gaserzeuger				5,31	5,31

Zahlentafel 3.

Abmessungen und Betriebsangaben der Glasschmelzöfen.

Bezeichnung	Wannenöfen für	Länge m	Breite m	Höhe m	Fläche des Glas- spiegels qm	Glas- stand m	Glasinhalt der Wanne			Entnommenes Glas in 24 Stunden			Rauminhalt des Ofens	
							cbm	t	Glas auf 1 qm t	Gewicht t	Stärke der Schicht cm	Bruch- teil der Wanne	Gesamt- raum cbm	Freier Raum über dem Spiegel cbm
1	Tafelglas . . .	27,0	6,8	3,00	164	1,1	180	450	2,8	63	15,4	1/7	465	285
2	Tafelglas . . .	24,7	6,35 5,00	3,10	125	1,2	150	375	3,0	29	9,2	1/13	396	246
3	Ornamentglas	12,25 11,70	5,8 4,5	3,04	52	1,2	62	155	3,0	23	17,6	1/7	162	100
4	Flaschenglas	8,22 8,08	6,5 6,4	2,32	49	0,75	38	95	2,0	13	10,6	1/7	93	55

Bezeichnung	Hafenöfen für	Länge m	Breite m	Höhe m	Gesamt- raum- inhalt des Ofens cbm	Einzelner Hafen				Anzahl sämtlicher Häfen			Ausbeute bei einem Guß		
						Raum- inhalt Liter	Glas- inhalt Liter	Glas- gewicht kg	Glas- spiegel qm	Glas- inhalt kg	Glas- spiegel qm	Fläche qm	Platten- dicke mm	Gewicht kg	
A	Spiegelgußglas	10,5	4,0	2,25	80	750	650	1630	1,15	16	26000	18,5	456	15	71000
B	"	11,4	3,87	2,12	83	600	410	1030	0,96	16	16500	15,4	400	11	11000
C	"	4,85	2,30	0,90	10	72	65	163	0,24	16	2600	3,84	72	8	1440

und Brennöfen für feuerfeste Materialien, Steine, Glashäfen usw., werden bedeutende Mengen an Brennstoff erspart; denn gerade hier ist wegen der Empfindlichkeit der feuerfesten Produkte eine lange andauernde Erhitzung und langsame, allmähliche Temperatursteigerung nötig, weshalb viel Brennmaterial gebraucht wird. Da aber bei Isolierung der Öfen die Wärme gut zusammengehalten und die Oberwärmeverluste sehr vermindert werden, so tritt gerade hier große Ersparnis ein. — Ganz ähnliche Vorteile ergeben sich aus den gleichen Gründen für die Muffelöfen zum Einbrennen der Glasmalereien; hier gestattet die Isolierung ein schnelleres Aufheizen oder, wo dies nicht statthaft ist, eine direkte Brennstoffersparnis, besonders auch an dem meist verwendeten teuren Holz.

Hier schließt sich eine Abhandlung an über „Brennstoff- und Wärmemengen in Glashütten“ von H. Maurach im Sprechsaal 1921, Nr. 4. Nach einem Überblick über den Kohlenverbrauch in der Glasindustrie, geordnet nach den einzelnen Fachgruppen, vor und nach dem Kriege — es sind 2500 000 bzw. 800 000 t —, wird die Frage aufgeworfen, wohin beim Glasschmelzbetrieb die mit diesem Brennmaterial erzeugte Wärme kommt. Denn theoretisch brauchte man zum Schmelzen von Glas nur etwa 600 WE, während tatsächlich 1 bis 1,3 kg Steinkohle von 7500 WE benötigt werden, was einer Wärmeausnutzung von nur 12,5 Proz. gleichkommt. Wohin aber geht die übrige Wärme? Zunächst gehen bei den alten Siemensgeneratoren etwa 15 Proz. durch die Kohlenrückstände in der Asche und abermals 15 Proz. Strahlungswärme, also insgesamt 30 Proz. verloren; bei den modernen Drehrostgeneratoren vermindert sich dieser Verlust auf 2 Proz. Aschenrückstände, 6 Proz. Strahlungswärme, 2 Proz. für Dampferzeugung, also insgesamt nur 10 Proz. Als Mittel können 15 Proz. angenommen werden. Dazu kommen weiter 4 Proz. Verlust durch die Gasleitung und 0,5 Proz. durch das Wechselventil, ferner 6 Proz. in den Regeneratoren und 19 Proz. mit den Abgasen.

Die restlichen 43 Proz. der Wärme — praktisch etwa 1 000 000 t Steinkohle bei normalem Bedarf der Glashütte gleichkommend — sind Leitungs- und Strahlungsverluste im Ober- und Unterbau des Ofenmauerwerks und sonstige Abgänge, eine im Vergleich zu anderen Industrieöfen ganz erhebliche Zahl, so daß es wohl der Mühe wert ist, diesen Wärmeverlusten nachzugehen und sie möglichst zu verhindern.

Hingewiesen sei noch auf folgende Abhandlungen von E. S.: „Brennstoffe und Generatoren, ein Beitrag zur Einschränkung des Brennstoffverbrauchs“ im Sprechsaal 1919, Nr. 48; „Der Glasschmelzofen, ein Beitrag zur Einschränkung des Brennstoffverbrauchs“ im Sprechsaal 1920, Nr. 7; „Flammenführung bei der Schmelze“ im Sprechsaal 1920, Nr. 32.

Zum gleichen Thema vergleiche noch folgende ausführliche Abhandlungen:

„Wärmeverluste im Glashüttenbetrieb und ihre Bekämpfung“ im Sprechsaal 1921, Nr. 22; „Vergangene und zukünftige Brennstoffwirtschaft in Glashütten“ von Dr. H. Maurach in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 7; „Die Wärmeverluste und ihre Verringerung beim Glasschmelzen“ von Dr. W. Friedmann in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 7.

Abhitzekeessel in Glashütten. Unter diesem Titel erschien im Selbstverlag der W. B. G. in Frankfurt a. M. eine Broschüre (27 S. u. 10 Fig.) und ein Auszug hiervon im Sprechsaal 1922, Nr. 14. In der Eisenhüttenindustrie sind Abhitzekeessel bei den Siemens-Martinöfen allgemein verbreitet, dagegen noch wenig in Glasfabriken. Aber auch hier stecken in den Abgasen noch etwa 25 Proz. der ursprünglich aufgewendeten Wärmemenge. Durch die Aufstellung eines Abhitzekeessels, d. h. eines Dampfkessels, welcher durch die Abgase beheizt wird, soll von dieser Wärme noch ein Teil erfaßt werden, und zwar ist ein Rückgewinn von mindestens 8 bis zu 10 Proz. möglich. Zunächst ist aber ein Punkt zu beachten: Beträgt die Abgastemperatur beim Eintritt in den Abhitzekeessel weniger als 450° oder gar 400°, so ist die Dampferzeugung nicht mehr wirtschaftlich; in diesen Fällen wird die Abwärme vorteilhaft zur Vorwärmung von Speisewasser, zur Erzeugung von Warmwasser oder Vorwärmung von Gebläsewind benutzt. Andererseits muß die Temperatur der Abgase nach Beheizung des Kessels immer noch mindestens seinem Siedepunkt entsprechen, der gemäß dem höheren Druck höher als 100° ist (bei 4 Atm. über 150°, bei 14 Atm. fast 200°). Außerdem sind der Abkühlung der Abgase in Glashüttenbetrieben noch besondere Grenzen gesetzt, und zwar einmal bei natürlichem Zug durch die Abnahme der Zugstärke mit der Temperatur, wobei allerdings der Druckverlust infolge des Kesselwiderstandes verhältnismäßig sehr gering ist, dann aber auch bei schwefelhaltigen Abgasen durch die Bildung von schädlicher Schwefelsäure, wenn die Temperatur unter 160 bis 180° sinkt. In Betracht kommen nicht Walzen- und Flammrohrkeessel, sondern nur Rauchrohr- und Wasserrohrkeessel. Zahlreiche Beispiele mit Figuren von Abhitzekeesseln aus der Praxis erläutern die sehr lesenswerte Broschüre.

Kontrolle des Feuerungsbetriebes bei den Glasöfen.

Eine sparsame Wärmewirtschaft wie überhaupt ein rationeller Ofenbetrieb läßt sich nur durchführen durch eine geordnete Kontrolle des Feuerungsbetriebes, wofür in der Glasindustrie hauptsächlich Temperaturmessungen, Gasuntersuchungen und Druckmessungen in Betracht kommen; dieselben sollen hier an Hand der neuesten einschlägigen Abhandlungen geschildert werden. Einen Überblick über das ganze Kapitel gibt ein Artikel

des Verfassers, „Kontrolle des Feuerungsbetriebes“, in der *Keram. Rundschau* 1918, Nr. 37 ff., im einzelnen unterrichteten folgende Abhandlungen.

a) Temperaturmessungen.

Die „Temperaturmessungen in der Keramik und Glasindustrie“ werden besprochen von Dr. Ing. G. Keinath im Sprechsaal 1923, Nr. 2 bis 4. Zunächst wird der Nutzen einer Temperaturmeßeinrichtung für den Betrieb auseinandergesetzt. Sie kann dazu dienen, die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse zu sichern, weil vielfach bei einer bestimmten Temperatur das beste Material erhalten wird; das gilt z. B. für die Glasverarbeitung, vor allem für die maschinellen Flaschen- und Tafelglasmaschinen sowie für optisches Glas, dann für die ganze Kühlung des Glases. Ferner kann sie zur Schonung der Häfen, Gewölbe und Ofenmauerungen beitragen, insofern zu große Hitze vermieden wird. Endlich wird der Brennstoffverbrauch der Anlage überwacht.

Weiter werden die Verfahren der Temperaturmeßtechnik kurz beschrieben. Erwähnt werden nur die Segerkegel, welche aber wesentliche Nachteile haben und für die Glasindustrie überhaupt nicht in Betracht kommen. Hier helfen bevorzugt die elektrischen Pyrometer, welche man, abgesehen von den im allgemeinen nur bis 600° brauchbaren Widerstandsthermometern einteilen kann, in thermoelektrische Gesamtstrahlungs- und Teilstrahlungs-pyrometer. Dann werden diese einzelnen Instrumente nach ihrer Konstruktion, mit ihren Schutzröhren, ihrem Einbau und ihrer Anwendung an Hand zahlreicher Figuren ausführlich besprochen. Von den thermoelektrischen Pyrometern kommt hauptsächlich das Platin-Platinrhodium-Element in Betracht; es hat aber den Nachteil, daß es sehr teuer ist und außerordentlich leicht durch Kohlendampf zerstört wird. Deshalb sind in der letzten Zeit die optischen Pyrometer in den Vordergrund getreten. Von der ersten Gattung derselben, den Gesamtstrahlungs-pyrometer, sind folgende Ausführungen bekannt geworden: das Pyrometer von Féry, das Meßinstrument von Hirschsohn-Braun, das Ardometervon Siemens & Halske; den Anforderungen der Praxis hat bisher am besten das von Siemens & Halske hergestellte „Ardometervon“ entsprochen, welches dann eine ausführliche Beschreibung erfährt. Die Gesamtstrahlungs-pyrometer sind in erster Linie zur dauernden Betriebskontrolle bestimmt, da ihre Angaben auch in bequemer Weise registriert werden können.

Dann wird Wesen und Konstruktion der Teilstrahlungs-pyrometer ausführlich beschrieben, und zwar speziell das Glühfaden-pyrometer von Holborn-Kurlbaum in seiner neuesten Ausführungsform von Siemens & Halske. Es ist aber nicht zur dauernden, sondern nur zur gelegentlichen Betriebskontrolle an verschiedenen

Meßstellen bestimmt. Es hat vor dem Ardometervon den Nachteil, daß es einer besonderen Stromquelle bedarf und die Ablesung subjektiv ist und die Angaben nicht registriert werden können. Dafür hat es den Vorzug, daß man auch sehr kleine Glühflächen messen kann und die Messung sehr genau ist.

Hierher gehört auch das Wanner-Pyrometer von Dr. Hase.

Bei der Anwendung der Meßapparate in der Glasindustrie, im Schmelz- und Verarbeitungsraum der Öfen, scheiden Platinelemente heutzutage infolge des hohen Preises meist aus, so daß nur optische Temperaturmesser in Betracht kommen. Die Kernfrage ist aber immer die Armatur der Apparate. Als Innenschutzrohre haben sich für Platinelemente die Marquardschen Rohre am besten bewährt; als Außenschutzrohre hochfeuerfeste Schamotterrohre, während man mit Silitrohren für diesen Zweck vielfach schlechte Erfahrungen gemacht hat. Überhaupt hat man mit Platinelementen im Schmelzraum wenig erfreuliche Betriebserfahrungen gemacht, weshalb man heutzutage die optischen Meßmethoden vorzieht. Deshalb sind für vorübergehende Messungen die Teilstrahlungs-pyrometer (Wanner-Pyrometer von Dr. Hase-Hannover und Glühfaden-pyrometer von Siemens & Halske-Berlin) zu empfehlen, für fortlaufende Kontrolle die Gesamtstrahlungs-pyrometer, vor allem das Ardometervon Siemens & Halske-Berlin, welches ohne weiteres an Stelle von Platinelementen verwendet werden kann, aber in horizontaler Lage benutzt wird, d. h. man mauert in die Ofenwandung ein Glührohr ein und setzt das Instrument mit einem geeigneten Schutztopf davor.

Beim Einbau von Thermoelementen in Kuhlöfen treten keine besonderen Schwierigkeiten auf, es können die wohlfeilen Eisen-Konstantan-Elemente verwendet werden. Statt Quarzglas- oder Eisenschutzrohre sind die neuen metallischen Schutzrohre von Siemens & Halske zu empfehlen, die aus Nickelchromstahl hergestellt sind und Temperaturen bis 1000° dauernd standhalten. — Anzeige- und Registrierapparate, Ein- und Mehrfarbenschreiber werden noch ausführlich besprochen.

„Die betriebsmäßige Temperaturüberwachung bei Glasschmelzöfen“ ist mitgeteilt von der W. B. G.-Frankfurt im Sprechsaal 1923, Nr. 10. Nach einer Einleitung über den Wert der Temperaturmessung wird die Einrichtung derselben an einer Wannenofenanlage mit Figuren gezeigt. Die Messung erfolgt an sechs verschiedenen Meßstellen mit Thermoelementen und kann an einem gewöhnlichen Anzeigeinstrument jederzeit festgestellt oder durch einen sogenannten Temperaturmehrfachschreiber in sechs verschiedenen Farben selbsttätig aufgezeichnet werden; außerdem erfolgt noch die Messung der Dampf-Luft-Temperatur beim Generatorgebläse mit einem Widerstandsthermometer, um das richtige Dampfverhältnis kontrollieren zu können.

Ort und Bedeutung der übrigen sechs Meßstellen sind folgende (Fig. 236). An Meßstelle I wird die Wärme des Frischgases am Sammelkanal gemessen; sie ist sehr verschieden, beträgt bei Brikett- und Steinkohlengas 100 bis 400°, bei Braunkohlengas meist um 100° herum. Es soll möglichst gleichmäßige Gas-temperatur herrschen; Temperaturströmungen an den Generatoren bedeuten meistens eine Gasverschlechterung. Stärkere Temperaturerhöhungen weisen auf ein Brennen des Gases im Generator oder im Sammelkanal hin, Temperaturstürze sind auf gleichzeitige Beschickung mit viel feuchtem Brennstoff oder auf zu starke Dampfzufuhr zurückzuführen.

An zwei weiteren Meßstellen (II und V) wird die Temperatur im Brennerschacht der Luftkammer gemessen. Zu niedrige Gas- und Lufttemperatur läßt die nötige Ofenhitze nicht erreichen, zu hohe Temperatur verursacht schnelle Zerstörung des Ofens und ein zu kurzflammiges Gas. Die höhere Vorwärmung der Luft gegenüber dem Gase bezweckt die möglichst vollständige Verbrennung der schweren Kohlenwasserstoffe und der Teerdämpfe, die sonst Ruß abscheiden. Die richtige Vorwärmtemperatur muß ausprobiert werden. Das Temperaturdiagramm läßt auch noch die einzelnen Wechselperioden erkennen und kontrollieren (ähnlich wie ein Zugmeßapparat).

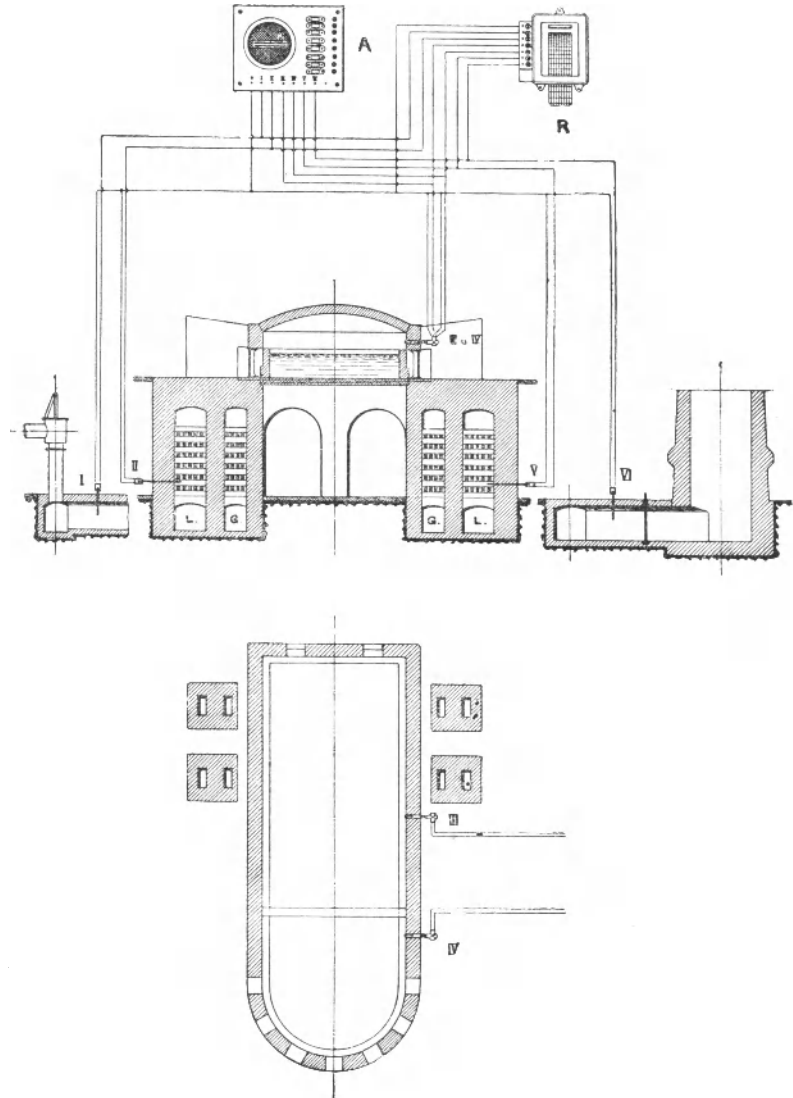
An Meßstelle III wird die Temperatur im Schmelzraum, an Meßstelle IV im Arbeitsraum der Wanne gemessen. Hier hat der Einbau der Elemente mit besonderer Vorsicht zu erfolgen, da die bisherigen Schutzrohre noch nicht allen Anforderungen des Dauerbetriebes gewachsen sind. Gemessene Werte liegen zwischen 1300 bis 1400° im Schmelzraum, zwischen 1150 bis 1200° im Arbeitsraum.

An Meßstelle VI wird die Temperatur der Abgase vor dem Kaminschieber gemessen. Zu hohe Abgastemperatur beweist schlechte Ausnutzung der Abgase im Wärmespeicher (Ursache: zu kleine Kammern, Verstopfung derselben usw.); damit ist dann ein Zurückgehen der Vorwärmtemperatur von Gas und Luft und somit der ganzen Ofenhitze verbunden. Ist die Temperatur der Abgase am Fuße der Kammer höher als 450°, so ist der Einbau eines

Abhitzekeßels zu empfehlen, anderenfalls kommt noch die Erzeugung von Warmwasser und Heißluft in Frage.

Die besprochenen Temperaturmessungen sind das Fundament einer rationellen Betriebsüberwachung; dazu kommen gelegentliche

Fig. 236.



Temperaturmeßeinrichtung für eine Glasschmelzwanne.

(Mit Genehmigung der wärmetechn. Beratungsstelle der Deutsch. Glasindustrie in Frankfurt a. M.)

Zeichen-Erklärung:

A Temperatur-Anzeige-Instrument; B Temperatur-Registrier-Instrument; Th Thermoelemente; St Strahlungs-pyrometer; I Frischgasleitung (Th); II und V Unterster Luftregenerator (Th); III Schmelzraum der Wanne (St); IV Arbeitsraum der Wanne (St); VI Esse-(Abzugs-)Kanal (Th).

Messungen an verschiedenen anderen Stellen der Anlage (Kammern usw.). Insbesondere wird sich oft der Einbau von registrierenden Strahlungs-pyrometern statt der Thermoelemente im Ofen empfehlen. Für die vollständige Betriebsüberwachung sind endlich Untersuchungen der Frisch-

und Abgase sowie Zug- und Druckmessungen nötig, um den Hauptzweck der feuerungstechnischen Betriebskontrolle, nämlich die Brennstoffersparnis, zu fördern.

b) Gasuntersuchungen.

„Der Wert der Gasuntersuchungen in Glashütten“ ist von der W. B. G.-Frankfurt im Sprechsaal 1923, Nr. 20 bis 22, ausführlich besprochen. In dem ersten Abschnitt über die Zusammensetzung des trockenen Generatorgases werden zunächst überhaupt die Grundlagen der Feuerungstechnik, wie Heizwert, Wesen und Vorteil der Gaserzeugung, die Zusammensetzung des Generatorgases erörtert und dann die Ausführung der Gasanalyse mit dem Orfatapparat beschrieben. Die durchschnittliche Zusammensetzung des trockenen Gases aus Steinkohlen oder Braunkohlenbriketts bei gut geführten Generatoren ist 3 bis 5 Proz. Kohlensäure, 0,3 bis 0,6 Proz. schwere Kohlenwasserstoffe, 0,2 Proz. Sauerstoff, 25 bis 30 Proz. Kohlenoxyd, 10 bis 13 Proz. Wasserstoff, 1,5 bis 3 Proz. Methan, Rest Stickstoff; unterer Heizwert 1400 bis 1600 WE (aus alten Siemensgeneratoren nur 1200 bis 1400 WE). Gas und Rohbraunkohle enthält meist mehr, das heißt 6 bis 10 Proz. Kohlensäure, und weniger, das heißt 20 bis 25 Proz. Kohlenoxyd. Die Berechnung des Heizwertes wird an einem Beispiel gezeigt.

Als häufigster Fehler in der Gaszusammensetzung wird ein zu hoher Gehalt an Kohlensäure und zu geringer Gehalt an Kohlenoxyd bezeichnet. Der Fehler ist meist auf zu geringe Höhe oder zu niedrige Temperatur der Reduktionszone oder auf ein Brennen des Gases im Generator zurückzuführen. Ferner kann hoher Kohlensäuregehalt eine Folge von zu starken Dampfzusatzes zum Wind sein. Wohl entsteht dadurch oft reichlich der sehr heizkräftige Wasserstoff, allein derselbe gibt leicht die Öfen angreifende Stichflammen und ist infolge der hohen Kosten der Dampferzeugung unwirtschaftlich; es soll nicht mehr Dampf gegeben werden, als zur Verhinderung der Verschlackung unbedingt nötig ist. Die Verschlechterung des Gases durch in zu großen Pausen vorgenommene Entaschung, durch zu starkes Herunterbrennenlassen und darauffolgende Beschickung mit zu großen Brennstoffmengen, ferner durch überflüssige Veränderungen im Winddruck und Dampfzusatz sind durch die Gasuntersuchung festzustellen. Außerdem soll aber gelegentlich kontrolliert werden, ob in den Kanälen und in den Kammern durch Eindringen von Luft nicht eine Verschlechterung des Gases stattfindet. Sehr empfohlen werden zur dauernden Betriebsüberwachung registrierende Kohlensäureprüfer, wie Ados, Debros, Monos und Ranacex, weil sich die meisten Fehler im Generatorbetrieb durch ein Anwachsen der Kohlensäure äußern. An einigen diesbezüglichen Diagrammen wird diese Kontrolle und ihr Einfluß auf die Güte des Gases gezeigt. — Gar

mancher Betriebsleiter würde den Generatoren mehr Aufmerksamkeit schenken, wenn er wüßte, welche Summen hierdurch erspart werden können. Oft ertönt der Ruf nach „mehr Gas“, während es richtiger „besseres Gas“ heißen sollte.

Im zweiten Abschnitt wird speziell der Feuchtigkeitsgehalt des Generatorgases, seine Herkunft und seine Schädlichkeit für die Wärmeerzeugung bei der Verbrennung des Gases besprochen. Als normale Durchschnittswerte für den Feuchtigkeitsgehalt des Frischgases werden folgende Werte angegeben:

30 bis 60 g in 1 cbm Steinkohlengas,
75 „ 150 g „ 1 „ Braunkohlenbrikettgas,
180 „ 400 g „ 1 „ Rohbraunkohlengas.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Gases kann durch Verwendung möglichst trockener Kohlen, sparsamen Dampfzusatz bei Gebläsebetrieb und gleichmäßige Beschickung der Gaserzeuger herabgesetzt werden. Zur Überwachung des Feuchtigkeitsgehaltes im Gase werden wiederholte Bestimmungen des Taupunktes mit dem Ostwaldschen Apparat empfohlen, und dessen Konstruktion und Verwendung sowie die hierauf beruhende Berechnung des Feuchtigkeitsgehaltes ausführlich beschrieben.

Im dritten Abschnitt wird die Zusammensetzung der Abgase, deren Untersuchung und Bedeutung für einen rationellen Ofenbetrieb besprochen. Vor allem ist darauf zu achten, den Wärmeinhalt der Abgase unmittelbar am Austritt aus dem Ofen möglichst niedrig zu halten, weil sonst ein zu großer „Schornsteinverlust“ eintritt, der auch durch Gewinnung der Abwärme nicht immer genügend ausgeglichen werden kann. Der Abgasverlust ist um so größer, je wärmer das Abgas ist und je höher sein Gehalt an überschüssiger Luft und unverbrannten Bestandteilen ist. Hier kann auch wieder nur die Untersuchung der Abgase — neben Temperaturmessung — Abhilfe bringen. Bei Gasfeuerungen genügt im allgemeinen ein Luftüberschuß von 10 bis 25 Proz. über den zur Verbrennung des festen Brennstoffes, aus welchem das Gas hergestellt wird, theoretisch erforderlichen Luftbedarfs; an einem Beispiel wird die Berechnung des Luftüberschusses gezeigt.

Die Abgase selbst sollen 15 bis 18 Proz. Kohlensäure aufweisen bei einem Gehalt von 6 bis 1 Proz. Sauerstoff (von der überschüssigen Luft herrührend). Die Verbrennung ist um so wirtschaftlicher, je mehr Kohlensäure und je weniger Sauerstoff und brennbare Bestandteile vorhanden sind. An weiteren Beispielen wird dann die Berechnung des Verlustes durch unverbrannte Gase und die Berechnung der Falschlufthmenge gezeigt, sowie deren Feststellung angegeben. Zur Untersuchung der Abgase dienen dieselben Apparate wie für Frischgas.

c) Zug- und Druckmessungen.

„Druck- und Zugmessungen in Glashütten“ wurden von der W. B. G.-Frankfurt im Sprechsaal 1923, Nr. 45, ausführlich erörtert. Nachdem in der Einleitung die Grundbegriffe von Druck und Zug erklärt worden sind und dann auf die Ursache der Druckverluste des Gases durch den Widerstand der Kohlschicht im Generator, durch die Reibung an den Kanalwänden und in den Kammern sowie durch den Schieberwiderstand hingewiesen wurde, findet zunächst der Auftrieb im Schornstein, welcher den Schornsteinzug hervorruft, ausführliche Erörterung. Die gemessenen Werte hierfür liegen bei Glasschmelzöfen meist zwischen 10 und 20 mm Wassersäule (W. S.). Bestimmte Regeln für die richtige Zugstärke lassen sich nicht angeben, sie richtet sich ganz nach Bau und Betrieb des Ofens. Ist der Zug stärker als zum Absaugen der Gase aus dem Ofen nötig, so entsteht im Ofenraum Unterdruck mit übermäßiger Luftzufuhr nicht nur aus der Luftkammer, sondern auch durch die Arbeitsöffnungen, Undichtigkeiten usw. Umgekehrt kann der Druck durch Verstopfen der Kammern (auch durch Einschalten von Abhitzekeßeln) zu gering werden, so daß nicht mehr das nötige Gas zum Ofen gefördert wird. Ein viel verbreiteter Irrtum ist die Annahme, daß die Einströmung der Vergasungsluft zu den Siemensgeneratoren und die Beförderung des Gases und der Verbrennungsluft in den Ofen durch den Schornsteinzug erfolge. In Wirklichkeit ist hauptsächlich der Auftrieb des heißen Gases die bewegende Kraft, und ein möglichst großer Höhenunterschied zwischen Generatorrost und Brenner im Ofen ist daher sehr wesentlich. Herrscht im Ofenraum, wie es sein soll, weder Über- noch Unterdruck, so besorgt der Schornstein nur die Wegnahme der Abgase.

Der Druckverlauf der Ofenanlagen mit natürlichem Zug ist folgender: Unter dem Rost der Generatoren herrscht ein Unterdruck (Zug) von mehreren Millimetern W. S.; im Generator selbst stellt sich allmählich ein Überdruck von 1 bis 4 mm W. S. ein, welcher das Gas durch die Kanäle treibt; aber durch deren Reibung allmählich aufgezehrt wird, so daß bis zum Gaswechsel ein Druckausgleich stattfindet. Von da an herrscht wieder Unterdruck, der am Fuße der Kammer etwa 2 bis 7 mm beträgt. Von dort nimmt der Druck allmählich ab, bis er im Ofen etwa Null sein soll; ähnliche Verhältnisse herrschen in der Luftkammer. In den Abgaskammern stellt sich dann Unterdruck ein, der am Fuße derselben 5 bis 12 mm erreicht, in den Abgaskanälen weiter zunimmt und hinter dem Schieber am Fuß des Schornsteins den höchsten Wert von 10 bis 20 mm erreicht, um dann im Schornstein allmählich wieder abzunehmen. Der Druckverlauf bei Öfen mit Gebläsewind ist ganz ähnlich, nur daß der Überdruck derselben 50 bis 200 mm beträgt.

Die wichtigsten Meßstellen zur Ofenüberwachung sind im Gassammelkanal, im Gaskanal zwischen Wechsel und Kammer und am Schornsteinfuß. Von dem Druck im Sammelkanal hängt die Menge der Gaszufuhr ab; alle Schwankungen im Gasdruck durch unregelmäßige Beschickung und Entschlackung der Generatoren, sowie Änderungen in Luft- und Dampfzufuhr können hierdurch kontrolliert werden. Geeignete, selbstregistrierende Apparate sind der Hydroapparat (Hydroapparate-Bauanstalt in Düsseldorf) und der Debroapparat (Firma Paul de Bruye-Düsseldorf). Auch zur Messung des Gasdruckes in Streckofenkanälen werden vorteilhaft solche Instrumente, allenfalls mit automatischem Gasdruckregler, verwendet. Der plötzlich wechselnde Druck zwischen Gaswechsel und Kammern beim Umsteuern kann sehr vorteilhaft bei selbsttätigen Kontrollapparaten zur automatischen Aufzeichnung des Zeitpunktes der Umschaltung benutzt werden und gestattet somit eine gute Kontrolle des Ofenbedienungspersonals. Von dieser Vorrichtung wird schon in vielen Hütten mit gutem Erfolg Gebrauch gemacht, wozu die gleichen Apparate wie vorher dienen. Endlich soll der Schornsteinzug dauernd überwacht werden, weil so Verstellungen an den Schiebern, Undichtigkeiten oder Verstopfungen an den Kammern und Kanälen erkannt werden können. Gelegentliche Messungen an sonstigen Stellen der Ofenanlage mit einfachen U-Rohr-Manometern oder solchen mit geeigneten Schenkeln (sogenannte Mikromanometer) können ebenfalls vorteilhaft sein.

Ein treffliches Illustrations- und Lehrmaterial für die gesamte Feuerungskontrolle enthalten die Mitteilungen der W. B. G.-Frankfurt unter dem Titel „Aus der Wärmewirtschaft in der Glasindustrie“ in einer Reihe von Artikeln im Sprechsaal 1923, Nr. 5, und vielen folgenden Nummern. Es handelt sich um ausführliche Berichte über wärmetechnische Untersuchungen, vor allem Temperatur-, Gas- und Druckmessungen in einer großen Zahl verschiedener Glashütten und die darauf gegründeten Vorschläge zur Abstellung feuerungstechnischer Betriebsfehler, sowie Erzielung möglichst rationeller Brennstoffwirtschaft.

Genannte Mitteilungen sind zugleich mit den vorher besprochenen Abhandlungen über die wärmetechnischen Messungen abgedruckt in einer 1924 erschienenen Broschüre der W. B. G.-Frankfurt. Endlich hat Dr. H. Maurach-Frankfurt in einem Vortrag „Vom wärmetechnischen Meßwesen in Glashütten“ auf der Berliner „Glastechnischen Tagung“ 1924, abgedruckt in der „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure“ 1924, Nr. 21, einen Überblick über dieses Gebiet gegeben und praktische Erfahrungen sowie neue Fortschritte besprochen, so über den wagerechten Einbau der Pyrometer bzw. der Glührohre der Ardometer, eine selbsttätige Verschlussvorrichtung für dieselben, das neueste Ab-

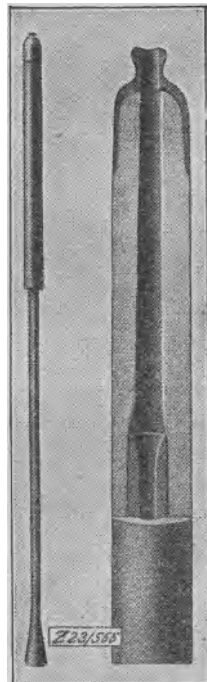
saugepyrometer, über den Einbau von selbsttätigen Gasdruckreglern, der Schwierigkeiten genauer Gasuntersuchungen, passende Gassammelgefäße und die automatischen Gasanalysen-Apparate.

IV. Werkzeuge und Utensilien des Glasbläfers.

Die Werkzeuge des Glasbläfers für Handarbeit sind im wesentlichen seit alter Zeit bis auf den heutigen Tag dieselben geblieben, wenn es auch nicht in Einzelheiten an Neuerungen gefehlt hat, besonders beim wichtigsten Glasmacherinstrument, der Pfeife. Es soll in diesem Punkte einer neuen Abhandlung in der „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure“ 1923, Nr. 21, gefolgt werden, welche denselben ausführlich behandelt.

Zur Verarbeitung des Glases im glühenden Zustand durch Blasen benutzt man die sogenannte Pfeife. Sie besteht aus einem 1 bis 1,7 m langen schmiedeeisernen Rohr mit Mundstück oben und mit einer Verstärkung, dem „Anschweißende“, unten (Fig. 237). Je nach der Art des Erzeugnisses sind auch die Größe und die Form der Pfeife ausgebildet. Der Glasmacher nimmt aus dem Schmelzofen mit der Pfeife einen Glasklumpen und bläst ihn zu einem Hohlkörper erst kegelförmig, dann von beliebiger Gestalt mittels oder ohne Form auf. Der ganze Formvorgang muß sich innerhalb kurzer Zeit abspielen, da das aus dem Schmelzofen entnommene Glas rasch erstarrt und infolge weiterer Abkühlung die Gefahr des Zerspringens eintritt. Eigenartigerweise bezeichnet man fachmännisch das fertige Erzeugnis nicht als mit dem Munde, sondern von „Hand geblasen“, zum Unterschied von reiner Maschinenarbeit. Zum stoßweise ausgeübten Aufblasen ist nur ein ganz geringer Überdruck von schätzungsweise $\frac{2}{100}$ Atm. erforderlich. Nach dem Gesetz der Oberflächenspannung nimmt der Druck mit steigendem Krümmungsdurchmesser des geblasenen Körpers ab. Das Aufblähen des zähen Glaskübelns am Anfang durch wiederholtes Ansetzen des Mundes an die Glasmacherpfeife erfordert seitens des Bläfers die Aufwendung eines größeren Druckes als im späteren Verlauf der Arbeit, bei welcher der Luftdruck geringer, dagegen das abzugebende Luftvolumen größer wird.

Fig. 237.



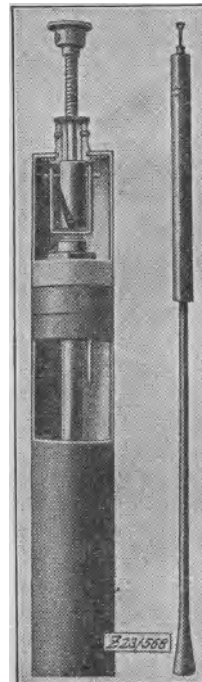
Alte
Glasbläserpfeife.

Ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der Änderung des Volumens, dem Temperaturwechsel und dem Druckausgleich besteht und wird durch den Arbeiter gefühlsmäßig befolgt.

Ein Flaschenmacher stellt in der Schicht etwa 400 bis 600 Flaschen je nach Größe her. Bei einem durchschnittlichen Rauminhalt einer Flasche von $\frac{3}{4}$ Liter sind also zum Füllen mit Luft 300 bis 450 Liter erforderlich. Die vom Bläser geforderte Luftmenge muß aber größer sein, da ein Teil der eingeblasenen Luft beim Absetzen der Pfeife und Atemholen zurückschlägt.

Ein kräftiger Bläser vermag 40 bis 60 Hohlzylinder, sogenannte „Walzen“ bis zu 2 bzw. 3 m Länge, 30 bis 40 cm Durchmesser und von einem

Fig. 238.



Druckluft-
Glasmacherpfeife.

Einzelgewicht von rund 25 kg freihändig in siebenstündiger Schicht zu blasen. Der Rauminhalt einer Walze beträgt etwa 200 Liter, so daß in der gesamten Arbeitszeit 12 000 Liter Luft vom Arbeiter gefördert werden.

Unter der Bezeichnung „Pneumatische Glasmacherpfeife“ soll das alte und bewährte Werkzeug in der Art umgeformt werden, daß an Stelle der Lungenluft „Preßluft“ in das Mundstück eingeführt wird. Durch eine kleine im Pfeifengriff angeordnete Vorrichtung wird das Ausströmen der Druckluft zum Ausblasen des Glases geregelt. Fig. 238 gibt die Ausbildung des Luftenlaßventils wieder.

Bei der Anwendung der Patentpfeife drückt der Glasmacher mit dem Kinn, oder wenn er einen Finger frei hat, mit diesem, auf den Knopf am oberen Pfeifenende und führt dadurch den Austritt bzw. Abschluß der Luft herbei.

Es ist abzuwarten, ob die vorgeführte Neuerung eine günstige Beurteilung in Glashütten findet. Sollte sich die Anwendung der Pfeife auf verschiedenen Gebieten der Flach- und Hohlglasbläserei bewähren, so sind die Vorteile für den Glasbläser unverkennbar. Abgesehen von dem technischen Fortschritt wäre auch die Einführung in gesundheitlicher Beziehung zu empfehlen. Bekanntlich gehen die Glasmacherpfeifen innerhalb eines Betriebes von Mund zu Mund. Daß dadurch der Übertragung von Krankheiten Vorschub geleistet wird, ist anzunehmen. Bei Benutzung der Glasmacherpfeife führt der fortwährende Gegenstrom von heißer Luft bei den Glasmachern be-

greiflicherweise einen ungewöhnlichen Trinkreiz herbei, der nur durch die Aufnahme größerer Mengen von Flüssigkeiten befriedigt werden kann. Auch in dieser Beziehung könnte die Glasmacherpeife Erleichterungen für den Glasmacher bringen.

Es wurden auch sonst noch an Glasmacherpeifen eine Reihe, zum Teil patentierte, Verbesserungen angebracht, die aber selten in der Praxis im Gebrauch sind.

Auch die Hilfswerkzeuge des Glasmachers, wie die verschiedenen Zangen, Scheren usw. sind im wesentlichen dieselben wie früher, im einzelnen aber oft weitgehend verbessert und spezialisiert worden. Insbesondere haben auch die Formen für Hohlglas mannigfache Veränderungen erfahren, worunter die Tretformen, allenfalls mit Wasserkühlung, einen großen Fortschritt bedeuten; an Stelle der Formen, die von Hand meistens von einem eigenen Jungen geschlossen werden, sind Formen konstruiert, bei denen das Öffnen durch eine Feder oder ein Gegengewicht, das Schließen durch Aufsetzen des Fußes auf ein Tretwerk (Pedal) und allmähliches Niederdrücken vom Glasmacher selbst erfolgt.

Eine besonders wichtige Rolle spielt die Herstellung und Pflege der Formen für Preßglas mit den reichhaltigen Mustern¹⁾.

Dritter Abschnitt.

Die Fabrikation der einzelnen Glassorten.

I. Flaschenglas.

Das Flaschenglas weicht in seiner Zusammensetzung und damit auch in seinen Glassätzen von der Normalformel der Gläser oft am weitesten ab. Damit der Zuschlag an den teuren Alkalien möglichst erspart wird, ist der Alkaligehalt sehr gering; dementsprechend muß aber auch der Kieselsäuregehalt zurückgehen; dafür aber besitzt es hohen Kalkgehalt und oft einen sehr großen Tonerdegehalt. Derselbe wird dem Glase nicht absichtlich einverleibt, sondern kommt durch die gerade bei diesem Zweige der Glasfabrikation reichlich verwendeten Gesteine hinein. Durch den geringeren oder größeren Eisengehalt derselben erhält das Glas dann oft schon die erwünschte Grünfärbung, für dunklere Farben werden eisenreichere

Materialien wie Basalt, Hochofenschlacken usw. zugesetzt; gelbe bis braune Farben erhält man meist unter Zusatz von Braunstein. Aus verschiedenen Analysen bewährter Flaschengläser (siehe frühere Auflage: Zusammensetzung des Glases, Tabelle 6 und nachfolgende Abhandlung) läßt sich folgendes molekulares Verhältnis ableiten:

0,1 — 0,3 NaKO : 1 CaO + MgO + Al₂O₃ + Fe₂O₃
+ Mn₂O₃ : 2,2 — 2,6 SiO₂.

¹⁾ Vgl. hierüber eine Abhandlung „Preßglasformen“ von P. Walter im Sprechsaal 1908, Nr. 42.

So gehen die Flaschengläser auf die Stufe der Bisilikate herab; manche betrachten sie aber doch als Trisilikate, die man erhält, wenn man die Tonerde in ihrem molekularen Verhältnis der Kieselsäure zuzählt.

Die Herstellung der Flaschengläser, soweit sie noch durch Handarbeit vor sich geht, geschieht auch heute noch nach den älteren bekannten Verfahren, wird aber meist bloß mehr auf Spezialflaschengläser, wie Champagnerflaschen, Pasteurierflaschen usw. angewandt; ein großer Teil der gewöhnlichen Flaschengläser wird auf maschinellem Wege hergestellt, wie in einem späteren Abschnitt ausführlich geschildert ist.

Speziell die Fabrikation und Zusammensetzung des Champagnerflaschenglases ist von M. v. Reiboldt und E. Plenske im Sprechsaal 1912, Nr. 36 u. 48, behandelt. Die Champagnerflasche unterscheidet sich von der gewöhnlichen Bierflasche nicht bloß in Form und Farbe, sondern auch im Gewicht, Druckfestigkeit, Arbeitsweise, Kühlung. Auch die Wanne zur Herstellung des Glases weicht von der für gewöhnliche Flaschen ab, da sie ein Mittelding ist zwischen der gewöhnlichen Flaschenwanne und einer Tafelglaswanne; diese mehr langgestreckte Form ist nötig, um für einen vollendeten Schmelz- und Läuterungsprozeß den nötigen Raum zu gewinnen. Zudem wird auf die Kühlung des Wannenbodens große Sorgfalt verwendet. Die Ausarbeitung des Glases geschieht fast allgemein aus Schiffchen; dabei haben sich, um besonders die nötige Druckfestigkeit durch eine gleichmäßige Wandstärke und einen gut geformten Hals zu erzielen, auch einige Abänderungen bei der Glasmacherarbeit ergeben, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann. Von großem Einfluß auf die Haltbarkeit der Flaschen ist ein entsprechend langsamer Kühlprozeß; die Kühlung dauert bis zu sieben Tagen, während sich heutzutage durch sorgfältige Temperaturmessung eine schnellere Kühlung ermöglichen läßt.

Auch in der Zusammensetzung des Gemenges und des Glases ist ein wesentlicher Unterschied zwischen Champagnerflaschenglas und gewöhnlichem Flaschenglas; die chemische Zusammensetzung einer Reihe von Champagnerflaschen ist:

Nr.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	58,80	1,60	4,00	—	25,10	4,70	—	6,20
2	62,84	4,10	1,35	—	20,25	5,40	0,92	5,14
3	58,00	4,85	3,27	0,63	20,60	5,11	—	5,84
4	56,82	5,36	3,52	0,43	23,68	4,24	—	6,12
5	59,25	6,21	4,53	0,83	24,60	1,24	—	4,11
6	61,35	7,00	2,00	—	17,85	1,80	2,10	7,90
7	60,40	8,12	1,20	—	23,48	1,10	—	5,70
8	57,58	11,51	1,52	0,75	19,08	1,02	1,42	6,48
9	58,08	12,30	1,82	0,64	18,50	0,58	2,30	5,53
10	56,06	12,80	1,63	0,82	18,53	0,83	2,80	6,46

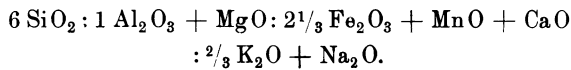
Die Durchschnittszusammensetzung sämtl. obiger Flaschen ist:

|| 59,62 | 7,59 | 2,48 | 0,68 | 22,11 | 2,60 | 1,91 | 5,95

Die mittl. Zusammensetzung der drei letzten Flaschen ist etwa:

|| 57,5 | 12,3 | 1,7 | 0,7 | 18,8 | 0,8 | 2,0 | 6,0

Im molekularen Verhältnis berechnet sich die mittlere Zusammensetzung eines guten Champagnerflaschenglases zu:



Will man dieses Glas mit gewöhnlichem Flaschenglas vergleichen, wobei man nur tonerde- und magnesiareichere Gläser heranziehen darf, so findet man z. B. folgende fünf gut bewährte, ordinäre grüne Flaschengläser:

Nr.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	64,45	3,71	1,85	0,82	15,23	4,81	2,13	6,32
2	66,42	4,02	1,81	0,40	12,72	6,44	—	8,19
3	63,63	4,88	1,72	—	14,62	6,21	—	8,94
4	61,78	8,30	1,78	0,34	14,30	5,38	—	8,12
5	63,76	9,58	1,92	0,30	15,75	0,67	3,06	5,10
Durchschnitt	63,3	6,0	1,8	0,5	14,5	4,7	2,5	7,3

Hieraus ergibt sich, daß gute Champagnerflaschengläser von guten, aber gewöhnlichen Flaschengläsern sich vor allem durch einen höheren Kalkgehalt unterscheiden, während die übrigen Bestandteile annähernd gleich sind. Auch in der Verwendung der Gemengebestandteile, vor allem auch von Eruptivgesteinen und Mergeln, besteht kein wesentlicher Unterschied; nur wird statt Sulfat beim gewöhnlichen Glase fast ausschließlich Soda beim Champagnerflaschenglas verwendet, was ein besseres, gut durchgeschmolzenes Glas und auch die sonstigen Vorteile der Sodaschmelze gegenüber der Glaubersalzschmelze zur Folge hat.

Nähere Angaben über die moderne Flaschenfabrikation seien der ausführlichen Abhandlung „Flaschenglas“ von F. M. in der Keramischen Rundschau 1919, Nr. 41 ff., entnommen. In der heutigen Glasindustrie gehört die Gruppe der Flaschen zu den bedeutendsten, weil sie in Handel, Industrie, Wissenschaft und Haushalt eine wichtige Rolle spielen, wenn sie auch vielfach als ordinäres Glas bezeichnet werden. Bei den Gemengesätzen ist der Gebrauchszweck zu berücksichtigen; es ist ein wesentlicher Unterschied, ob Arznei-, Wein-, Bier-, Champagner- oder Säureflaschen gefertigt werden. Neben großer Bruch- und Druckfestigkeit sind besonders die Ansprüche an die chemische Widerstandsfähigkeit verschieden; die Auskühlung ist besonders wichtig für die Haltbarkeit gegen hohen Druck (bis zu 20 Atm.). Da Flaschen billig erzeugt werden sollen, müssen auch die billigsten Schmelzstoffe verwendet werden, vor allem natürliche Gesteine, die noch mehr wie bisher beachtet werden sollten; da sie aber oft die Zusammensetzung ändern, muß dieselbe fortlaufend durch chemische Analyse überwacht werden. Die Glasherstellung wird an Hafeneröfen immer weniger und nur für gewisse Sorten betrieben, während Wannenbetriebe viel vorteilhafter sind, besonders die kontinuierlichen Wannen.

Freilich kann hier immer nur eine Glassorte hergestellt werden, der Wechsel der Farbe durch Umfärben ist schwierig; daher hat auch der Hafeneröfen für kleinere Posten wieder seine Vorteile. Geteilte Wannen haben sich wegen der geringen Haltbarkeit der Zwischenwände im allgemeinen nicht bewährt. Der Aufwand an Brennstoff ist bei Wannen wesentlich kleiner als bei Hafeneröfen; das Verbrauchsverhältnis stellt sich bei Braunkohlen etwa wie 13:38, bei Steinkohlen wie 7:22, also durchschnittlich wie 1:3. Die gute Haltbarkeit der Flaschen wird ferner durch richtige Formgebung und einwandfreie Kühlung bedingt; von tadellos gekühlten Flaschen ist der Ruf einer Flaschenfabrik abhängig. Die richtige Beschickungstemperatur ist etwa 600°, allein abhängig von Zusammensetzung und Stärke der Flaschen. — Weiterhin wird noch die Verwendung von Abfällen in Flaschenfabriken, die chemische und feuerungstechnische Betriebsüberwachung, sowie die Ursache und Verhütung speziell von Flaschenfehlern ausführlich besprochen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Dafür soll nicht versäumt werden, einen Vortragsbericht, „Welche Anforderungen sind an ein Flaschenglas zu stellen?“, des amerikanischen Glasfachmannes L. Frink im Sprechsaal 1919, Nr. 16, zu erwähnen. Diese Frage beschäftigt ebenso ernstlich den Fabrikanten wie den Verbraucher von Flaschen, besonders für kohlen-säurehaltige Getränke; sie müssen die zersetzende Wirkung der Flüssigkeiten und einen hohen Druck aushalten, dazu noch Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel beim Reinigen mit heißem Wasser oder Dampf besitzen. Zunächst wird auf die überraschenden Schwankungen in der Zusammensetzung der Flaschengläser hingewiesen. Bei den Untersuchungen wurde vor allem ermittelt, inwieweit die verschiedenen Flaschengläser für die Aufbewahrung von Bier und kohlen-sauren Getränken geeignet sind. Die Flasche wurde mit Bier gefüllt gekauft mit Angabe der Zeit seit der Füllung; dann wurde das Getränk auf seine Alkalinität bzw. Auflösung von Glasbestandteilen geprüft, endlich, ob hierdurch irgend ein nachteiliger Einfluß auf das Getränk eingetreten ist. Es ergab sich, daß die deutliche Verschlechterung von Bier in Flaschen mit großer Löslichkeit hierauf zurückgeführt werden muß. Ferner wurde ein deutlicher Unterschied zwischen bernsteingelbem und grünem Glas festgestellt; fast immer war das grünliche Glas löslicher als das gelbliche, und hierin wird die Bevorzugung gelber Flaschen durch die Hersteller von Getränken gegenüber grünen Flaschen zu suchen sein, weniger in dem besseren Ausschluß des Sonnenlichtes, wie gewöhnlich angenommen wird. In einem Fall war die Verschlechterung des Bieres bedeutend fortgeschritten; das Glas enthielt nur 3 Proz. Kalk, dagegen 26 Proz. Natron!

Hierauf wird eine Tabelle über die Zusammensetzung und Löslichkeit der unter-

suchten Flaschen und das Verfahren zur Ermittlung der Löslichkeit angegeben. Hierbei werden die Flaschen zuerst mit verdünnter Flußsäure gereinigt, um die Oberhaut des Glases zu entfernen (Referent hält das nicht für richtig, weil es nicht den wirklichen Verhältnissen entspricht!), dann mit Wasser gefüllt 48 Stunden auf 70 bis 80° Temperatur erhalten, hierauf die gelöste Substanz durch Eindampfen und Wiegen der Flüssigkeit bestimmt.

In den verschiedenen Flaschen zeigten sich bedeutende Schwankungen des Kalkgehaltes von 3,3 bis 12,5 Proz. Dieselben werden weniger aus der Verschiedenheit der Rohstoffe und der Gemengesätze erklärt, als vielmehr aus der wechselnden Zusammensetzung des gebrannten Kalkes, wie ihn die amerikanischen Hütten fast ausschließlich verwenden. Allein derselbe wechselt, abgesehen von seinem Magnesiagehalt, sehr bezüglich Wasser und Kohlensäure, so daß mit einem bestimmten Quantum oft sehr verschiedene Mengen wirkliches Calciumoxyd ins Glas hineinkommen. Es wird daher geraten, statt gebranntem Kalk die entsprechenden Mengen von kohlensaurem Kalk zu verwenden. Allerdings wird bei letzterem der Schmelzvorgang ein etwas anderer, indem stärkeres Schäumen eintritt und der Schmelzbereich verlängert wird. (In Deutschland wurden die Vorteile des kohlensauren Kalks gegenüber gebranntem Kalk schon längst erkannt, und wird fast ausschließlich letzterer verwendet; auch geht die Schmelze wegen der läuternden Wirkung der entweichenden Kohlensäure viel besser vor sich, so daß praktisch auch die Schmelze nicht verlängert wird. Der Verfasser.) Der größere Teil allen Bruches von Flaschen beim Reinigen und Einfüllen wird auf den wechselnden Kalkgehalt und die darauf verursachten Wellen und Spannungen zurückgeführt.

Häufig verursacht auch die Magnesia Störungen; sie ist ja in kleinerer Menge durchaus nicht schädlich, wirkt aber in größerer und besonders wechselnder Quantität störend. So bestand von zwei gleichzeitig von einer Firma bezogenen Eisenbahnwagen der eine gebrannte Kalk aus 40 Proz. CaO, 30 Proz. MgO, 25 Proz. CaCO₃ (schlecht gebrannt!), der andere aus 70 Proz. CaO, 18 Proz. MgO, 6 Proz. CaCO₃. Es ist klar, daß bei solcher wechselnder Zusammensetzung des Kalks die Schmelze und Verarbeitung des Glases große Störungen erleiden kann. Was die übrigen Bestandteile der untersuchten Gläser anbelangt, so schwankte das Natron zwischen 13 bis 26 Proz., die Tonerde zwischen 1 bis 8 Proz., die Magnesia von 0,5 bis 4 Proz., die Kieselsäure von 66 bis 74 Proz.

Die Löslichkeit eines Glases ist um so größer, je höher der Natrongehalt und je geringer bei konstanter Tonerde der Kalkgehalt; steigender Tonerdegehalt verbessert die Haltbarkeit des Glases. Die geringste Löslichkeit zeigte ein Flaschenglas mit je 12 Proz. Kalk und Natron sowie 5 bis 6 Proz.

Tonerde und eignete sich am besten für Flaschen für Bier, Schaumweine und kohlensäurehaltige Getränke. Aus diesem Grunde werden auch vielfach die nach den Vereinigten Staaten eingeführten grünen Flaschen mit 5 bis 9 Proz. Tonerde vorgezogen, wie auch als Behälter für Chemikalien; sie sind in dieser Beziehung den im Lande selbst fabrizierten Flaschen überlegen.

Weiter wurde auch noch eine mikroskopische Untersuchung der verschiedenen Gläser gemacht. Zu diesem Zwecke wurden Glasplatten von 6 cm Durchmesser nach guter Reinigung der Wirkung von Flußsäuredämpfen ausgesetzt, indem die Glasplatte auf eine mit Flußsäure gefüllte Platinschale gesetzt und letztere verdampft wurde. Unter dem Mikroskop sind dann ungleichartige Schichten, Spannungen, Entglasungen, Kristallbildungen usw. zu erkennen. Hierbei zeigten zwei Glasproben merkwürdige Zellenstruktur, deren Größe mit wachsendem Natrongehalt zunimmt.

Endlich wird betont, daß ein gutes Flaschenglas in seiner Zusammensetzung sich möglichst einem als „normales Flaschenglas“ bezeichneten nähern soll mit 13 bis 14 Proz. Natron, 12 Proz. Kalk, 70 bis 71 Proz. Kieselsäure, 3 bis 5 Proz. Tonerde, höchstens 2 bis 3 Proz. Magnesia. Dieses Glas zeigt, gut durchgeschmolzen und homogenisiert, sehr bedeutende Zugfestigkeit, geringe Löslichkeit bzw. geringe zersetzende Wirkung auf Flüssigkeiten, hohe Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel bei der Reinigung und gegen hohen Druck beim Füllen und Lagern.

Verfasser hat aus obiger Zusammensetzung eines normalen Flaschenglases einen entsprechenden Satz berechnet: Nimmt man als durchschnittlichen Prozentgehalt 13 Proz. Natron, 12 Proz. Kalk, 1 Proz. Magnesia, 4 Proz. Tonerde, 70 Proz. Kieselsäure und soll die Magnesia mit einem dolomitischen Kalkstein, die Tonerde mit einem tonerdehaltigen Sand eingefahren werden, so findet man folgenden Glassatz in (runden Zahlen): 30 kg Soda oder 40 kg Sulfat (mit etwa 2,5 kg Kohle), 34 kg dolomitischer Kalkstein (mit etwa 8,3 Proz. Magnesia), 100 kg tonerdehaltigen Sand (mit etwa 5,4 Proz. Tonerde). Das molekulare Verhältnis dieses Glases berechnet sich zu: 0,9 Natron : 1,0 Kalk + Magnesia : 5,0 Kieselsäure + Tonerde. Die theoretisch verlangte Kieselsäurezahl ist 5,43, so daß es sich um ein genügend hartes Glas handelt.

Über „Flaschenglas und Glasflaschenfabrikation“ findet sich noch ein Referat von Dr. Späte in den Glastechnischen Berichten 1923, Nr. 2, nach einer amerikanischen Abhandlung.

Zunächst wird auf die Wichtigkeit der wissenschaftlichen Behandlung auch des Flaschenglases hingewiesen. Dann werden die Analysen verschiedener Flaschengläser vom europäischen Festland und die dafür berechneten Gemenge angegeben; solche sind z. B.:

Gemengebestandteile	Böhmisches Siphonglas kg	Deutsches Siphonglas kg
Sand	100	100
Kalkspat	17	22
Soda (kalz.)	37	33
Salpeter	—	3
Glaubersalz	—	1
Entfärbung	{ Braunstein + Antimon	Braunstein, Antimon, Kobaltoxyd

Der Verfasser schlägt folgendes Gemenge vor für Weißglasflaschen in Öfen mit direkter Feuerung: 100 kg Sand, 18 kg Kalkpat, 33 kg Soda (kalz.), 4 kg Salpeter, 0,2 kg Arsenik, 0,2 kg Braunstein.

Bei der Flaschenfabrikation kommt es vor allem auf hohe Produktion verbunden mit guter Qualität, d. h. Haltbarkeit der Flaschen an; in diesem Punkte wird vor allem bei der maschinellen Herstellung durch Zusatz von zuviel Alkalien gesündigt, während ein möglichst hoher Kieselsäure- und Kalkgehalt angestrebt werden muß. — Nachdem auch die Untersuchungsmethoden auf die Haltbarkeit von Flaschengläsern angegeben wurden, wobei aber vor allem sogenannte pharmazeutische Verfahren genannt sind, werden die Faktoren für die günstige Beeinflussung der Produktion besprochen, d. h. vor allem der Einfluß der einzelnen Glasbestandteile auf die Verarbeitungsfähigkeit des Glases, und zwar gilt:

Kalk macht Glas weniger flüssig bei niedrigen Temperaturen, aber flüssiger bei hoher Hitze; deshalb erstarrt kalkhaltiges Glas schnell, ein Vorteil bei bestimmten Maschinen. Als gute Gemenge werden angegeben:

- a) 100 kg Sand, 31 kg Soda, 27,7 kg Kalkspat
b) 100 " " , 30 " " , 45,0 " "

Glas aus b) wird bei hoher Hitze flüssiger sein als a), aber schneller steif werden. Es wurde sogar folgendes Gemenge geschmolzen:

c) 105 kg Sand, 50 kg Soda, 200 kg Kalkstein;
allein das Glas ließ sich nicht leicht verarbeiten, da es in flüssigem Zustand wie Öl war.

Magnesia ähnelt dem Kalk, macht das Glas weniger flüssig und gibt dem Temperaturintervall der Verarbeitbarkeit weitere Grenzen; Gläser mit etwa 10 Proz. Magnesia werden aber leicht streifig.

Tonerde setzt zwar die Erweichungstemperatur herauf, aber die Zähigkeit des flüssigen Glases ist verhältnismäßig doch nicht zu hoch; als oberste Grenze werden 9 Proz. angegeben.

Kieselsäure verursacht hohe Zähigkeit, die sich nicht so schnell ändert.

Natron und Kali — letzteres in etwas geringerer Maße — machen das Glas flüssiger und setzen die Erstarrungsgeschwindigkeit herab.

Über „Ein neues Flaschenglas“ berichtet noch W. Schmidt in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 30.

Gemenge- und Glaszusammensetzung lauten:

100 kg Habera-Feldspatmehl	57,1 kg Kieselsäure
17 " Basalt	15,1 " Tonerde
18 " Kalkstein	1,8 " Eisenoxyd
4 " Soda	7,1 " Kalk
28 " Sulfat	0,5 " Magnesia
3 " Kohle	7,7 " Kali
	10,7 " Natron

Dasselbe ist vorwiegend mit Habera-Feldspatmehl erschmolzen, dessen Tonerdegehalt verdankt es sehr gute mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften, worüber ausführlich berichtet ist; dagegen scheint das Gemenge nicht wesentlich billiger zu sein, als wenn man ein normales Soda-Kalkgemenge mit reinem Sand verwenden würde.

II. Halbweißes und weißes Hohl- und Preßglas.

Bei der früheren Bearbeitung dieses Abschnittes fanden in demselben auch die „Gläser für chemische Laboratorien“ Aufnahme, während das Bleikristallglas in einem eigenen Kapitel behandelt wurde. Da sich aber heutzutage die Herstellung des chemischen Geräteglases und anderer Apparategläser zu einer eigenen, bedeutenden Industrie entwickelt hat, so sei dieselbe gesondert später unter „Spezialgläser“ besprochen. Andererseits kann das Bleiglas, soweit es sich nicht um optisches Glas handelt, das ebenfalls dort behandelt wird, hier angeschlossen werden. Man kann also beim weißen Hohlglas folgende Sorten unterscheiden, die aber immer durch Übergänge verbunden sind, so daß sich keine scharfen Grenzen ziehen lassen:

Das gewöhnliche Weißhohlglas (halbweiß), meist ein Natronkalkglas aus Glaubersalz oder Soda, Kalk und Sand für gewöhnliches Gebrauchs-, Wirtschafts- und Medizinglas.

Das reinweiße Hohlglas, meist ein Natronkalikalkglas oder ein fast reines Kalikalkglas, sogenannter böhmischer Halb- und Vollkristall aus Soda, Pottasche, Kalk und Sand für Schleif- und Luxusglas; noch hochwertiger ist dann der Bleikristall, bei welchem man wiederum eine Übergangsstufe, den Halbkristall aus Soda, Pottasche, Kalk, Baryt, Mennige und Sand unterscheiden kann von dem reinen Bleikristall hauptsächlich nur aus Pottasche, Mennige und Sand.

Fast alle diese Glasarten erhalten ihre reinweiße Farbe erst durch Zusatz von Entfärbungsmitteln, da auch aus reinsten Rohmaterialien erschmolzenes Glas immer etwas mißfarbig ist, ein Natronglas noch mehr als ein Kaliglas, weshalb man für die hochwertigsten böhmischen und Bleikristallgläser fast nur Pottasche als Flußmittel verwendet.

Die normale Zusammensetzung des reinen Natron- und reinen Kalikalk- und Bleiglases wurde bei der allgemeinen Zusammensetzung des Glases schon angegeben; nun weichen aber die Industriegläser hiervon oft erheblich ab, und zwar in dem Sinne, daß die gewöhnlichen Weißhohlgläser weniger Alkalien und mehr Kalk als normal enthalten wegen des billigeren Preises, während die Kristallgläser

— abgesehen vom Bleikristall — einen geringeren Kalkgehalt, aber hohen Kieselsäuregehalt aufweisen wegen des höheren Glanzes und der besseren Schleifbarkeit.

Ein durchschnittlicher Glassatz für gewöhnliches Weißhohlglas ist heutzutage: 100 kg Sand, 18 bis 27 kg kohlenaurer Kalk, 33 bis 35 kg Soda, allenfalls Entfärbung.

Für böhmisches Kristallglas kommen nach R. Hohlbaum (Zeitgemäße Herstellung des feineren Hohlglases) zunächst die billigeren Servicegläser und jene Luxusgläser mittlerer Qualität in Betracht, von denen man eine vollkommene Farblosigkeit nicht verlangt; bei denselben überwiegt noch der Natrongehalt gegenüber dem Kaligehalt oder beide sind einander höchstens gleich. Als Typen können folgende Gläser gelten:

a) $1,34 \text{ Na}_2\text{O} + 0,66 \text{ K}_2\text{O} : 1 \text{ CaO} : 14,4 \text{ SiO}_2$ mit dem Glassatz: 100 kg Sand, 12 kg Kalkspat, 13 kg Pottasche (80 bis 85 Proz.), 15 kg Soda (98 Proz.), Entfärbung;

b) $1 \text{ Na}_2\text{O} + 1 \text{ K}_2\text{O} : 1 \text{ CaO} : 12 \text{ SiO}_2$ mit dem Glassatz: 100 kg Sand, 14 kg Kalkspat, 23 kg Pottasche (80 bis 85 Proz.), 12 kg Soda (98 Proz.), Entfärbung.

Gläser aber, bei welchen der Kaligehalt den Natrongehalt übersteigt, also die feinen Kristallgläser mit vollkommener Farblosigkeit, sind folgende:

c) $1,2 \text{ K}_2\text{O} + 0,26 \text{ Na}_2\text{O} : 1 \text{ CaO} : 9,8 \text{ SiO}_2$ mit dem Glassatz: 100 kg Sand, 17 kg Kalkspat, 34 kg Pottasche (80 bis 85 Proz.);

d) $1,6 \text{ K}_2\text{O} + 0,4 \text{ Na}_2\text{O} : 1 \text{ CaO} : 13,3 \text{ SiO}_2$ mit dem Glassatz: 100 kg Sand, 13 kg Kalkspat, 35 kg Pottasche (80 bis 85 Proz.), Entfärbung. (Die kleine Menge Natron kommt hier durch einen Sodagehalt der Pottasche in die Gläser hinein.)

Die prozentische Zusammensetzung einiger der eben genannten Gläser berechnet sich aus den Glassätzen folgendermaßen:

Glassatz	Kieselsäure	Kalk	Kali	Natron
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
a	80,6	5,4	5,9	7,9
d	77,2	5,6	14,8	2,4

Dem Verfasser sind aus eigener Erfahrung z. B. folgende hierher gehörige, gut bewährte Glassätze bekannt geworden:

e) 31 Melassepottasche, 4 Soda, 17 Marmormehl, 100 kg Sand;

f) 36 Hydratpottasche, 2 Soda, 20 Marmormehl, 100 Sand.

Barytglas: Manchmal werden dem Kristallglas und insbesondere dem Preßglas größere Mengen von kohlenaurer Baryt zugesetzt, um Schwere und Glanz des Glases gegenüber einem Kalkglas zu erhöhen. Was aber speziell die Schmelzbarkeit der Barytgläser betrifft, so hat der Verfasser darüber im Anschluß an die Mitteilungen von Benrath eine Reihe von Versuchsschmelzen angestellt (Näheres

hierüber siehe Abschnitt „Rohmaterialien“, Baryt). Dem Verfasser ist auch noch folgender Glassatz bekannt geworden, der auf einer Kristallglasfabrik längere Zeit im großen Maßstab versucht wurde: 28 Pottasche, 8 Soda, 13 Kalkspat, 14 Baryt, 100 Sand. Allein dieses Glas konnte sich nicht einführen, weil es gegenüber einem gewöhnlichen böhmischen Kristall angeblich schwerer schmolz und schlechter läuterte; andererseits soll aber die Einführung hauptsächlich am Hüttenpersonal gescheitert sein.

Die Zusammensetzung des Bleikristallglases ist besonders aus einer diesbezüglichen, ausführlichen Abhandlung des Verfassers „Über Bleimennige und Bleiglas“ im Sprechsaal 1924, Nr. 34 535, ersichtlich, wobei vor allem die Zusammensetzung und die Haltbarkeit der älteren westeuropäischen und neueren mitteleuropäischen Bleikristallgläser erörtert wird. Der normalen Zusammensetzung des Kalibleiglasses und seinem Glassatz (s. früher) kommt folgendes, früher viel angewandtes Gemenge nahe:

1 Pottasche, 2 Mennige, 3 Sand oder $33\frac{1}{3}$ Pottasche, $66\frac{2}{3}$ Mennige, 100 Sand; die prozentische Zusammensetzung dieses Glases ist: 1,1 Kali, 35,1 Bleioxyd, 53,8 Kieselsäure.

Dieses Glas ist, wie überhaupt die meisten älteren westeuropäischen Gläser, ein sogenannter schwerer Bleikristall, d. h. mit hohem Bleigehalt; hierbei kann man noch unterscheiden zwischen weichen, kalireichen und harten, kaliarmen Bleigläsern, wie es z. B. in folgenden Glassätzen zum Ausdruck kommt (nach Benrath u. Tscheuschner):

a) Weicher englischer Bleikristall: 35 Pottasche (90 Proz.), 74 Mennige, 100 Sand = 9,4 Kali, 37,4 Bleioxyd, 2,0 Tonerde, 51,4 Kieselsäure.

b) Harter französischer Bleikristall: 17 Pottasche (90 Proz.), 63 Mennige, 200 Sand = 6,6 Kali, 34,4 Bleioxyd, 1,0 Tonerde, 56,0 Kieselsäure.

Von der neueren Glasliteratur empfiehlt R. Hohlbaum, l. c., folgende beiden, schweren Bleiglassätze.

c) Bleiglas von St. Baccarat: 30 Pottasche (80 bis 85 Proz.), 5 K-Salpeter, 68 Mennige, 100 Sand = 10,3 Kali, 1,3 Natron, 35,3 Bleioxyd, 53,1 Kieselsäure.

d) Typus des Bleiglasses: 20 Pottasche (80 bis 85 Proz.) 3 K-Salpeter, 73 Mennige, 100 Sand = 6,8 Kali, 1,0 Natron, 38,4 Bleioxyd, 53,8 Kieselsäure.

Wie man sieht, ist Satz c) wieder ein weiches, Satz d) ein hartes Bleiglas.

Bezüglich der Haltbarkeit dieser schweren Bleigläser erwähnt hinsichtlich der beiden ersteren Tscheuscher bloß, daß es sich um brauchbare Gläser handelt, hinsichtlich der beiden letzteren erwähnt Hohlbaum gar nichts, hält sie aber jedenfalls für gut.

Dagegen sind nach den Untersuchungen von Weber mit seiner bekannten Salzsäureprobe folgende schwere Bleigläser als gut haltbar zu bezeichnen:

e) Kristallglas von St. Baccarat: 30 Pottasche, 3 Kalkspat, 69 Mennige, 100 Sand = 10,37 Kali, 0,85 Kalk, 35,24 Bleioxyd, 1,0 Tonerde, 52,41 Kieselsäure.

f) Kristallglas von St. Louis: 19,4 Pottasche, 2,2 Soda, 70,4 Mennige, 100 Sand = 7,36 Kali, 0,7 Natron, 37,0 Bleioxyd, 1,1 Tonerde, 53,7 Kieselsäure.

Auch hier ist wieder Glas e) als weich, Glas f) als hart zu bezeichnen. Interessante Mitteilungen über die Haltbarkeit der Bleigläser, allerdings vor allem von optischen Gläsern, verdankt man noch den Untersuchungen von Faraday und von Kohlrausch, wobei — sich in Übereinstimmung mit den früher genannten Kristallgläsern — zeigte, daß man mit dem Bleigehalt beliebig hoch gehen kann, wenn man nur gleichzeitig möglichst wenig Alkalien nimmt; so ergibt sich als normale Zusammensetzung des technischen Bleikristallglases besser folgende Formel:

1 Alkali : 1 Bleioxyd : 8 Kieselsäure
oder 11,7 " 27,7 " 60,4 "
oder 28,5 Pottasche, 47 Mennige, 100 Sand.

Allerdings ist dieses Glas nicht mehr als schwerer Bleikristall zu bezeichnen, sondern als solcher mittlerer Güte; er bildet den Übergang zu dem folgenden, heute in Mitteleuropa fast ausschließlich verwendeten leichten Bleikristall. Dieser Übergang vollzog sich deshalb, weil man mit dem Aufkommen der Gasfeuerung auch ein bleiärmeres Glas in offenen Häfen schmelzen konnte, dabei eine reinere Farbe erhielt als mit dem zur Gelbfärbung neigenden schweren Bleikristall, zudem ist das Glas meist haltbarer und billiger, scheint aber trotzdem allen modernen Anforderungen hinsichtlich Schwere und Glanz zu genügen.

Nach vielen eigenen Untersuchungen und Erfahrungen des Verfassers mit modernen mitteleuropäischen Bleikristallgläsern haben dieselben etwa folgende, durchschnittliche Zusammensetzung:

12,5 Proz. Kali, 2,5 Proz. Natron, 1,0 Proz. Kalk, 22,5 Proz. Bleioxyd, 0,7 Proz. Tonerde, 61,0 Proz. Kieselsäure.

Der entsprechende Glassatz lautet etwa: 26 Pottasche (100 proz.), 4 Kalisalpeter, 6 Soda, 3 Marmor, 38 Mennige, 100 Sand.

Das Glas hat etwa folgendes molekulares Verhältnis: 1,2 Kali + Natron: 1 Bleioxyd + Kalk: 8,0 Kieselsäure: es zeigt also immer noch einen kleinen Überschuß an Alkalien gegenüber dem technischen Normalglas, weshalb derselbe zwecks besserer Haltbarkeit verringert werden soll.

Außer den reinen Bleikristallgläsern werden heutzutage wie auch schon früher die sogenannten Halb- oder Spezial-Kristallgläser angewendet, welche neben weniger Bleioxyd auch Kalk und Baryt in größerer Menge enthalten; ein solcher von R. Hohlbaum angegebener, aber auch schon in der älteren Glasliteratur ähnlich aufgeführter Satz lautet: 28 Pottasche (80 bis 85 proz.), 3 Salpeter, 13 Kalkspat, 13 Baryt, 26 Mennige, 100 Sand.

Hieraus berechnet sich folgendes molekulares Verhältnis: 0,7 Kali + Natron: 1 Kalk + Baryt + Bleioxyd: 5,38 Kieselsäure. Hieraus folgt, daß es sich um ein hartes, chemisch widerstandsfähiges, aber wohl auch schwer schmelzbares Glas handelt. — Ein dem Verfasser bekannt gewordener hier einschlägiger Glassatz hatte viel weniger Kalk und Baryt und war daher sehr weich, weshalb seine härtere Einstellung mit einer großen Menge dieser Stoffe empfohlen wurde. Vgl. auch noch die Abhandlung „Bleiglas und Glasformel“ von Ing. Knopp im Sprechsaal 1924, Nr. 41 und Notiz über die Haltbarkeit von Bleigläsern von Prof. Dr. G. Keppeler im Sprechsaal 1924, Nr. 45.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Bleikolbenglases ist in nachfolgender Abhandlung ersichtlich.

Speziell noch die Frage: „Wie muß Bleiglas zusammengesetzt bzw. verschmolzen werden, damit es sich beim Schleifen weich arbeiten läßt?“, ist im Sprechsaal 1922, Nr. 16, beantwortet. Während zwei Antworten auf die spezielle Frage nicht näher eingehen, sprechen sich die beiden anderen Antworten im folgenden Sinne aus: Sehr mild und gut schleifbar ist Bleiglas, wenn es möglichst hart, also mit viel Sand eingeschmolzen werden kann, wozu natürlich ein recht heißgehender Ofen gehört. Ein Bleiglas, das sich beim Schleifen weich arbeiten läßt, darf nicht zu weich zusammengesetzt sein, d. h. es darf vor allem nicht mehr Alkalien enthalten, als zur Erzeugung eines guten, reinen Glases gerade nötig sind. Ein mit Alkalien übersättigtes Gemenge schmilzt wohl etwas leichter und braucht daher weniger Hitze, es läßt sich aber nicht so leicht schleifen und ist etwas spröde. Dagegen benötigt ein alkaliärmerer Gemengesatz wohl mehr Hitze, ergibt aber ein milderes Glas. Entsprechende Sätze sind:

a) 100 kg Sand, 30 kg Mennige, 10 kg Kalk, 24 kg Pottasche, 7 kg Soda, 2 bis 3 kg Salpeter, 2 bis 3 g Nickeloxyd oder Salmiak.

b) 100 kg Sand, 30 kg Mennige, 15 kg Kalk, 32 kg Pottasche, 6 kg Soda, 10 kg Baryt, 1 1/2 g Nickeloxyd.

(Vgl. auch das bei II. Eigenschaften des Glases über die „Härte des Glases“ Gesagte!)

Diejenigen Gläser, welche speziell als Preßglas verwendet werden, weichen meist insofern von den übrigen Glassorten ab, als sie weicher eingestellt werden, d. h. mehr Flußmittel enthalten oder auch einen gewissen Mennigezusatz bekommen; sie stellen so eine Übergangsstufe zum eigentlichen Bleiglas dar, besonders wenn sie für sogenanntes Preßkristallglas verwendet werden, ja anfänglich preßte man überhaupt nur Bleiglas. Einige Preßglassätze sind:

Sand	100	100	100	100	100	100
Pottasche	10	22	10	22	10	9
Soda	25	15	30	22	20	28
Kalkspat	15	18	15	10	—	16
Baryt	15	—	23	—	21	5
Mennige	—	—	—	12	—	—
Zinkoxyd	—	5	—	—	—	—

Dem Verfasser sind aus seiner Praxis folgende zwei Preßglassätze bekannt geworden:

a) Sogenannter Sodasatz: 210 Sand, 60 Soda, 20 Pottasche, 34 Kalkspat, 10 kohlen-saures Baryt.

b) Sogenannter Pottaschesatz: 210 Sand, 15 Soda, 67 Pottasche, 34 Kalkspat, 10 kohlen-saures Baryt.

In einem anderen Falle lautete ein bisheriger bewährter Preßglassatz: 900 Sand, 170 Soda, 170 Pottasche (83 Proz.), 120 Kalkspat, 135 Mennige, 30 Bariumsperoxyd, 1 Braunstein, 4 Arsenik.

Dieses Gemenge sollte durch folgenden billigeren Satz ersetzt werden, wobei der sogenannte Pottaschensatz, der zugleich für Pottasche und Mennige eingeführt wird, hauptsächlich kohlen-saurer Baryt ist: 900 Sand, 180 Soda, 166 Kalkspat, 133 Pottascheersatz, 4 Braunstein, 4 Arsenik.

Allein dieser neue Satz schmolz nicht so leicht und ergab auch kein so schönes Glas.

Zusammensetzung und Herstellung des amerikanischen Preßglases finden sich im Fragekasten des Sprechsaals 1923, Nr. 3, kurz beschrieben. Als ein sehr gebräuchlicher amerikanischer Preßsatz wird folgender angegeben: 100 kg Sand, 25 kg Pottasche (90 Proz.), 10 kg Soda (90 Proz.), 20 kg Kreide, 20 kg Witherit, 6 kg Salpeter, 25 kg Scherben, 2 kg Nickeloxyd.

Ein anderer Satz, der ein besonders geschmeidiges und hochglänzendes Preßglas ergeben soll, ist folgender: 100 kg Sand, 20 kg Pottasche, 17 kg Soda, 11 kg Kalk, 18 kg Mennige, 20 kg Scherben, 200 bis 300 g Braunstein.

Schmelzmaterialien und Schmelzprozeß.

Als Schmelzmaterialien für Kristallglas können nur reinste, eisenarme Stoffe dienen. Gewöhnliches Weißglas kann noch mit Sulfat erschmolzen werden, während dies für Kristallglas nicht mehr möglich ist. Auch kann gewöhnliches Weißglas noch in Wannenöfen geschmolzen werden, während Kristallglas nur in Hafenoöfen erzeugt werden kann. Speziell Bleiglas muß mit möglichst reiner, oxydierender Flamme geschmolzen werden. Früher war bei der Halbgasfeuerung, insbesondere mit Steinkohlen, die Schmelze des Bleiglasses, vor allem des schweren Kristalls, nur in verdeckten Häfen möglich; heutzutage schmilzt man den meist verwendeten leichteren Kristall bei Gasfeuerung in offenen Häfen, nur muß auf reine Rohstoffe und eine reine Flamme gesehen werden. Bemerkenswerte Anfragen über die Bleiglasschmelze finden sich in den Fachzeitschriften der letzten Jahre. Hier handelt es sich darum, daß Bleiglas in offenen Häfen in kurzer Zeit durch Schlieren und Patzen verunreinigt und der Hafensboden durch reduziertes Blei rasch zerfressen wird; am Hafensboden finden sich dann Bleikugeln, welche womöglich verdampft werden sollen. — Die Antwortgeber weisen darauf hin, daß natürlich eine Verdampfung der Bleikugeln unmöglich ist, daß die Abscheidung des Bleis entweder in

einem falschen Gemengesatz ihre Ursache hat oder in staubigen Verunreinigungen in der Gemengekammer oder in einer stark rußenden Flamme, weshalb eventuell ein Gasreiniger einzuschalten wäre, daß zur Verhütung der Schlieren die Häfen mit großer Sorgfalt hergestellt werden, mit möglichst viel gebranntem Ton und möglichst feingemahlenem einheitlichen Ton, damit die Hafenswandungen gleichmäßig abschmelzen und nicht einzelne Teile fahren lassen. Ähnlich wird in einem anderen Falle die Schwarzfärbung und Metallabscheidung bei der Bleiglasschmelze behandelt. Auch hier werden strengstes Sauberhalten des Gemenges von Verunreinigungen (Zudecken der Gemengekästen!), Reinheit der Rohmaterialien (Sand frei von organischen Stoffen, wie Pflanzenfasern, Alkalien frei von Schwefel, kein Selen!), möglichst oxydierende, rauchlose Flamme, rasches Einschmelzen bei großer Hitze, Zusatz von Oxydationsmitteln, wie Salpeter oder dessen Ersatzstoffe, zur Abhilfe empfohlen.

Ein sehr bedeutsamer, moderner Industriezweig muß hier noch gesondert erwähnt werden, nämlich:

„Die Massenherstellung von Glühlampenkolben.“ Unter dieser Überschrift erschien in der glastechnischen Sondernummer 21, 1923, der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure eine ausführliche Beschreibung von Direktor Dr. G. Gehlhoff in Weißwasser, aus der hier einige Mitteilungen gemacht seien. Das Glas für Glühlampen muß leicht schmelzbar, nicht spröde und gegen schroffen Temperaturwechsel widerstandsfähig sein; die Kolben selbst müssen möglichst dünnwandig sein. Ebenso müssen die einzelnen Glasteile, die in der Glühlampe miteinander verschmolzen werden also Kolben, Füße, Pumpröhren, Stäbe in ihren physikalischen Eigenschaften, besonders hinsichtlich des Ausdehnungskoeffizienten, aufeinander abgestimmt sein, damit sie sich leicht untereinander und mit den Metalldrähten verschmelzen lassen. Was die Form der Glühlampenkolben betrifft, so kommt für die große Masse die Birnen- oder Kugelform in Frage; die Abmessungen der hauptsächlich in Deutschland und Amerika gebräuchlichen Lampen sind im Original genau angegeben und abgebildet. Am Rohkolben, wie er aus der Hütte kommt, müssen folgende einzelnen Teile unterschieden werden: Kappe, Wulst, Hals, Brust, Körper, Kopf (Spitze).

Das Material der Kolben ist fast allgemein ein weiches Bleiglas, wobei der Bleigehalt im Laufe der Jahre verschiedene Schwankungen durchgemacht hat; der Blei- und Alkaliengehalt darf auch nicht zu hoch sein, weil die Kolben auch eine bestimmte Lagerfähigkeit und Unempfindlichkeit gegen den über See haben sollen. Der Bleigehalt liegt etwa zwischen 20 bis 30 Proz. im fertigen Glase; ein Beispiel der Zusammensetzung gibt folgende Analyse: 5,3 Kali, 8,8 Natron, 23,6 Bleioxyd, 0,8 Tonerde + Eisenoxyd, 61,5 Kieselsäure.

Diese Analyse entspricht etwa folgendem Gemengesatz: 19,5 Pottasche, 37 Soda, 59 Mennige, 150 Sand.

Ein geringerer Eisengehalt des Sandes spielt bei der Dünnwandigkeit der Kolben keine Rolle, wird überdies noch durch Entfärbungsmittel möglichst beseitigt. Das Gemenge wird in der üblichen Weise, ebenfalls auch in Mischtrommeln, hergestellt. Der Anteil der zugesetzten Scherben richtet sich nach dem vorhandenen Abfall, wobei derselbe von der gleichen Zusammensetzung wie das frisch erschmolzene Glas sein muß; außerdem müssen die Scherben von Metalldrahtresten befreit und sauber gereinigt werden.

Das Schmelzen des Kolbenglases geschieht im Hafenofen wie bei anderen Gläsern, und zwar in offenen Häfen. Wannenbetrieb hat schlechte Erfahrungen gezeigt, da sich das Glas entmischt und ein bleireiches Glas an Boden ansammelt, was schließlich und windiges Glas und somit großen Ausschuß verursacht. Auch im Hafenofen muß eine reduzierende Flamme vermieden werden, da sonst Blei ausfällt, das Glas verunreinigt und den Hafen durchlöchert. Dieselben sind normal, etwas mehr breit als hoch, von 200 bis 300 kg Inhalt; im Laufe einiger Wochen mußten sie bereits erneuert werden. Öfen von sechs bis zehn großen Häfen bezeichnen die übliche Größe. Die Steuer- und Eckhäfen werden zur Kolbenherstellung, die Seitenhäfen zum Röhren- und Stabziehen benutzt. Die letzteren sind gewöhnlich etwas größer von 350 bis 450 kg Inhalt. Die Ofenkonstruktion spielt keine Rolle, es können ebensogut Büttel- und Schlitzöfen verwendet werden; ebenso ist die Art der Gaserzeuger und der Kohlen gleichgültig, so daß z. B. in der Lausitz fast ausschließlich Rohbraunkohlen gebraucht werden, mit denen sich die nicht allzu hohen Schmelztemperaturen des Kolbenglases leicht erzielen lassen.

Die Verarbeitung des Kolbenglases geschieht in Deutschland noch ausschließlich durch Handarbeit; in Amerika dagegen ist die Westlakemaschine, die im Prinzip der Owens-Flaschenblasemaschine entspricht, ziemlich stark verbreitet; jedoch arbeitet sie bis heute noch teurer und schlechter als Menschenkraft; ihre Tagesleistung ist 40 000 Kolben in 24 Stunden. Geformt werden die Kolben ausschließlich in Eisenformen, die in Hälften aufklappbar sind; dieselben werden mit einer besonderen Masse geschmiert und vor dem Einblasen naß gemacht, wodurch das Glas hohen Glanz erhält. Nach dem Fertigblasen werden die Kolben abgesprengt und sortiert. Das Kühlen ist wegen der Dünnwandigkeit weder möglich noch nötig. An einem Hafen arbeiten mehrere Arbeiter, bis zu zehn, je fünf an einer Form. Normal beträgt die Besetzung eines mittelgroßen Ofens 50 bis 60 Arbeiter; die achtstündige Tagesleistung ist durchschnittlich 600 Kolben.

Außer den Kolben spielen Rohre und Stäbe als Glasteile in der fertigen Glühlampe eine Rolle. Das „Fußrohrglas“ muß sich mit dem Kolben gut und dicht verschmelzen lassen und die Stromdurchführungsdrähte luftdicht halten; es wird gewöhnlich aus demselben Glas hergestellt wie der Kolben. Als

Stengelglas für die Träger und die Halter der Glühfäden dienen verschiedene Gläser, wie bleihaltiges Kolbenglas, Thüringer Glas (Jenaer 16^{III}), schwer schmelzbares Resistoglas. Das Arbeitsverfahren für die Herstellung der Röhren und Stäbe ist das gewöhnliche.

Umfang und Bedeutung der deutschen Kolbenglasindustrie erhellt aus folgenden Angaben: Die Zahl der hierin beschäftigten Arbeiter beträgt etwa 4000; jährlich werden etwa 250 Mill. Kolben im Werte von etwa 12 Mill. Goldmark hergestellt. Hiervon werden schätzungsweise 80 Proz. in Deutschland weiterverarbeitet zu fertigen Glühlampen, wovon wiederum ein sehr großer Teil ins Ausland geht. Die meisten Rohstoffe können aber im Inland gedeckt werden mit Ausnahme eines erheblichen Teils des wertvollen Bleies, besonders seit Abschneiden der wichtigen Bleigruben in Oberschlesien. Man hat zwar wiederholt versucht, den Bleigehalt des Glases zu vermindern oder ganz wegzulassen, was aber noch nicht ganz gelungen ist; denn einerseits werden hohe Anforderungen an die Güte und Schönheit der Kolben gestellt, andererseits müssen sie für die weitere Verarbeitung geeignet weich sein. — Die Heimat der Glühkolben, Herstellung und der hervorragendste Sitz ist die Lausitz, wo sie von Generaldirektor Krebs eingeführt und zu hoher Vollkommenheit gebracht wurde.

Die moderne, insbesondere maschinelle Fabrikation des gesamten Hohl- und Preßglases.

Die Herstellung des feineren Weißhohlglases erfolgt auch heutzutage noch wie von alters her durch „Handarbeit“ mittels der Glasmacherpfeife und den sonstigen schon erwähnten Werkzeugen, und zwar in vereinzelten Fällen noch rein freihändig (sogenannte „Stuhlarbeit“), meistens durch Einblasen in Formen (sogenannte „Formarbeit“); dabei hat sich im Wesen dieser Tätigkeit und der Handwerkszeuge nichts geändert, wenn auch in Einzelheiten überall Verbesserungen erzielt wurden. Dagegen hat in den letzten Jahrzehnten die maschinelle Hohl- und Preßglasfabrikation einen ungeahnten Aufschwung genommen, so daß dieselbe hier ausführlicher besprochen werden muß.

Ein Überblick über das Gesamtgebiet der Hohlglasblasemaschinen läßt sich durch folgendes Schema ausdrücken, das dem Werke R. Dralle, Glasfabrikation, 2. Bd., wie auch die folgenden einzelnen Ausführungen hierzu entnommen ist. Das Glas wird vor dem Blasen geformt:

A. Zu schichtförmiger Gestalt (Sievertsches Glasblasverfahren).

B. Zu kugeligem Gestalt (Kübelverfahren); aus dem Kübel wird hergestellt:

1. Ein Hohlkörper mit unverdickter, dünnwandiger Mündung (Maschinen für Becher und Zylinder).

2. Ein Hohlkörper mit Mundstück oder starkwandiger Mündung (wie Flaschen oder Konservengläser).

Im letzteren Falle wird das Kübel gewonnen:

- a) Durch Gießen: Gießblasemaschinen,
- b) Durch Pressen: Preßblasemaschinen.

Von den letzteren sind die eigentlichen Glaspressen wohl zu unterscheiden. In umgekehrter Reihenfolge seien nachfolgend die wichtigsten Systeme besprochen, zunächst aber noch einige Erklärungen zu dem vorausgegangenen Schema gegeben. Zur Verwirklichung einer eigentlichen Glasblasemaschine bedarf es außer der Form und der Pfeife noch einer Einrichtung, um beide Teile in die richtige Stellung zueinander und in feste Verbindung miteinander zu bringen und dadurch die unmittelbare Mitwirkung von Mund und Hand des Menschen beim Aufblasen des Glases auszuschalten. Damit aber das geschmolzene Glas eine zum Aufblasen geeignete vorläufige Gestalt erhält, muß es eine vorbereitende Behandlung erfahren, und hier entsteht nun der eigentliche Unterschied zwischen den einzelnen Verfahren. Wie bei der Handarbeit, so wird auch bei den meisten maschinellen Verfahren zunächst ein Vor- oder Zwischenkörper geformt, das sogenannte Kübel, das man hier Maschinenkübel nennen könnte und das dann erst fertig aufgeblasen wird. Je nachdem nun dieses Kübel gepreßt oder gegossen wird, unterscheidet man die Preßblasemaschinen und die Gießblasemaschinen, letztere auch Flaschenblasemaschinen geheißen, da sie hauptsächlich zur Herstellung von Flaschen verwendet werden. Besondere Schwierigkeiten bietet für die Kübelmaschinen die Herstellung von Glaskörpern ohne verstärktes Mundstück bzw. überhaupt ohne Randverstärkung wie Becher und Lampenzylinder, weshalb diese Frage eigens behandelt ist. Einen ganz neuen Weg zur vorläufigen Gestaltung des Glaskörpers ging P. Th. Sievert, indem das flüssige Glas zunächst in die Gestalt eines Kuchens gebracht wird, dessen Umriß dem Querschnitt des fertigen Glaskörpers entspricht; dann tritt ein entsprechendes Aufblasen ein, wie aus der späteren ausführlichen Beschreibung ersichtlich ist.

a) **Preßblasemaschinen.** Wie schon kurz erwähnt, ist bei den Preßblasemaschinen die gesamte Handarbeit bis zur Gewinnung des zum Aufblasen fertigen Kübels durch einen Preßvorgang ersetzt. Dasselbe wird dann an der Mündung durch einen Deckel, Stempel u. dgl. mit Preßluftzuführung abgeschlossen und nun in die durch eine „Fertigform“ dargestellte, endgültige Gestalt aufgeblasen. Diese Maschinen sind — wie die eigentlichen Glaspressen — nur zur Herstellung von Gefäßen mit weiter Mündung geeignet. Die Preßblasemaschine ist unter den verschiedenen Blasemaschinen wohl die älteste.

Schon im Jahre 1873 nahmen die amerikanischen Gebrüder Atterbury in Pittsburg ein Patent auf eine Preßblasemaschine, die aber noch allzusehr einer Glaspresse mit nur einer einzigen Form glich. Erst 1882 erhielt Arbogast ein weiteres Patent auf eine Maschine, welche eine wichtige Neuerung aufweist, indem eben die Gestaltung des Kübels in einer besonderen Preßform ausgeführt wurde; außerdem wurde noch eine besondere Kopfform für die Bildung des Kopfes des Gegenstandes und die Überführung aus der Vor- oder Preßform in die Fertig- oder Blaseform eingeführt. Preßform, Kopfform und Fertigform sind also nebst den Werkzeugen zum Pressen und Blasen die wesentlichen Bestandteile der Maschine; bezüglich der Überführung des Kübels aus der Vor- in die Fertigform können noch zwei Haupttypen unterschieden werden, nämlich die amerikanische nach Arbogast und die englische nach Windmill, worauf aber hier nicht mehr näher eingegangen werden kann. Der Anstoß zur Einführung der Preßblasemaschinen in Deutschland ist von Amerika ausgegangen, die weitere Entwicklung in Deutschland hat aber eigene Wege eingeschlagen. Während in Amerika vor allem die Löhne, weniger der Selbstkostenpreis des Glases eine Rolle spielt, ist es — oder war es wenigstens — in Deutschland umgekehrt. Die amerikanischen Systeme verbrauchten für die deutschen Verhältnisse zu viel Glas und waren zudem vielfach recht kompliziert, mehr oder weniger halb- bis ganzautomatisch (siehe Owens-Maschine). Deshalb kehrte man in Deutschland zunächst wieder zu einfacheren Maschinen zurück, wie z. B. Hecker in Wevelinghofen (Rhld.) und P. Th. Sievert. Diese Bestrebungen hatten vor allem das gute, daß man an die Ausstattung der Preßblasemaschine mit einer das Blasen besorgenden Handluftpumpe heranging, wodurch man von einer besonderen Hüttenausrüstung mit Kompressoranlage oder Maschinenkraft unabhängig wurde. Freilich hat man beim weiteren Ausbau der Maschinen zwecks Erhöhung der Produktion später auch wieder zu Kompressoranlagen usw. gegriffen. Diejenigen deutschen Firmen, welche sich heutzutage vor allem mit der Herstellung von Preßblasemaschinen beschäftigen, sind: Glasmaschinen-Industrie G. m. b. H. (Schillermaschinen) in Berlin; Wolfs-Maschinenbau-Gesellschaft in Köln; Glasmaschinenfabrik in Brühl (bei Köln); Fa. W. Kutzscher in Deuben bei Dresden.

Hier sei eine Universal-Glaspreßblasemaschine der Wolfschen Maschinenbau-Gesellschaft in Köln abgebildet und beschrieben.

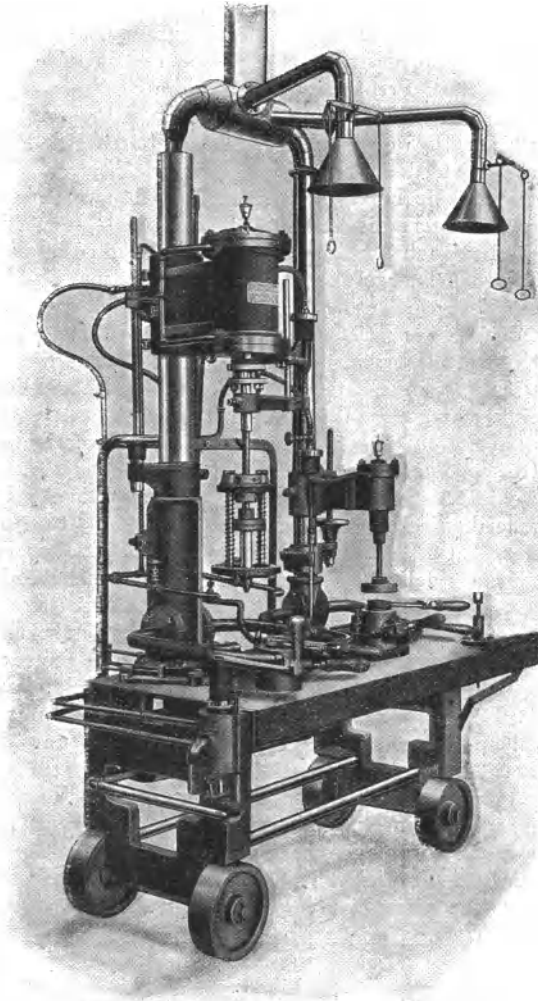
Bei dieser Maschine wird das Glas zunächst in einer Vorform vorgepreßt und dann in einer besonderen Blaseform fertiggeblasen. Beide Formen befinden sich auf einem gemeinschaftlichen Tische. Das Vorpresse geschieht mittels eines

Preßzylinders, der durch komprimierte Luft bewegt wird. Die Steuerung der Maschine wird mittels eines Hauptluftsteuerventils bewerkstelligt. Die Kühlung des Preßkerns erfolgt selbsttätig mittels eines Spezialventils; zum Kühlen der Formen und der Arbeiten ist ein besonderes Kühlrohrsystem vorgesehen. Zur Bedienung der

Dagegen arbeitet schon beinahe automatisch die Revolver-Glaspreßblasemaschine ($\frac{3}{4}$ Automat) der gleichen Firma.

Bei der Revolver-Glaspreßblasemaschine ($\frac{3}{4}$ Automat) sind auf einem runden Tische, welcher sich selbsttätig um die Standsäule dreht, fünf Formengarnituren angebracht. Die Vor-

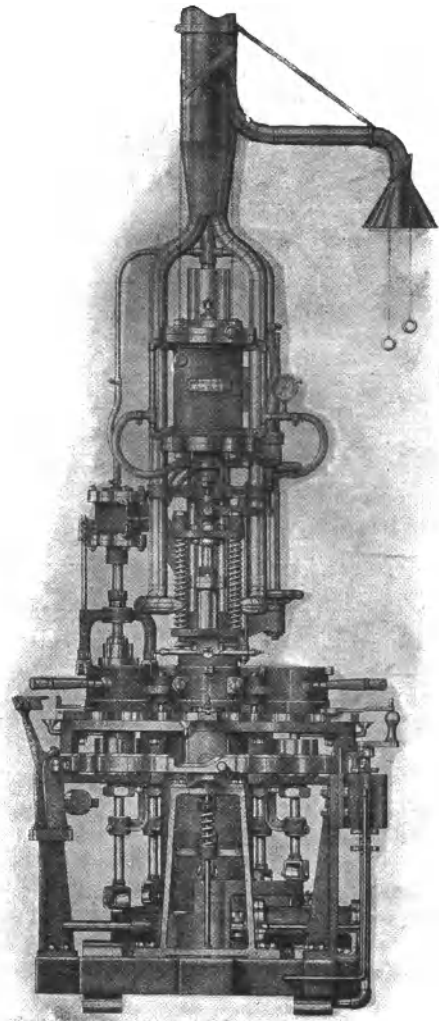
Fig. 239.



Universal-Glaspreßblasmaschine.

Maschine ist ein Anfänger zum Zubringen des Glases, ein Presser zum Abschneiden des Glases und zur Steuerung, ein Junge zur Herausnahme des fertigen Glases notwendig. Die Leistungsfähigkeit stellt sich pro Stunde auf 400 bis 500 Stück kleine Schraubengläser, 300 bis 350 solche von 1 Pfund Inhalt oder 200 bis 250 solcher von 3 Pfund Inhalt; außerdem können Beleuchtungsglocken, Lampenvasen usw. gepreßt werden. — Eine ähnliche Maschine für Handbetrieb erfordert keine Kompressoranlagen.

Fig. 240.



Revolver-Glaspreßblasmaschine.

bzw. Preßform schiebt sich selbsttätig von unten in die Blasform und entfernt sich nach erfolgtem Vorpressen des betreffenden Glasgegenstandes ebenso wieder. Die herzustellenden Glasgegenstände werden mittels eines Preßzylinders, welcher durch komprimierte Luft bei einem Überdruck von etwa 2 Atm. in Betrieb gesetzt wird, vorgepreßt und im weiteren Verlauf der Fabrikation fertiggeblasen. Die Steuerung bzw. Inbetriebsetzung der Maschine wird mittels eines Hauptluftsteuerventils bewerkstelligt, dessen

Bedienung äußerst bequem ist. Die Kühlung des Preßkerns erfolgt selbsttätig mittels eines Spezialventils, dessen Wirkung derartig ist, daß während des Pressens, d. h. während des Eintauchens des Kerns in die Glasmasse sich das Ventil selbsttätig schließt; wohingegen, sobald der Preßkern sich aus der Masse entfernt hat, das Ventil sich öffnet und die Luft auf die Kernspitze strömt. Das Umstellen der Maschine zur Fabrikation von größeren oder kleineren Artikeln, welches das Verschieben des Preßzylinders bedingt, läßt sich äußerst bequem mittels seitlich angebrachter Stellspindel erledigen. Die Bedienung der Revolver-Glaspreßblasemaschine ist sehr bequem und sind hierzu erforderlich: ein Glaszubringer, ein Arbeiter für das Abschneiden der Glasmasse und zur Steuerung des Hauptluftsteuerventils ein Junge, welcher die fertigen Glasgegenstände aus den Formen entfernt. Die Leistungsfähigkeit stellt sich pro Stunde wie folgt: etwa 800 Stück Gläser, klein mit Schraube, 600 Stück Gläser $\frac{1}{2}$ Pfd. Inhalt, 500 Stück Gläser 1 Pfd. Inhalt, 450 Stück Gläser 2 Pfd. Inhalt. Es lassen sich auch zwei Glaszubringer verwenden, wodurch sich die Leistungsfähigkeit dementsprechend erhöht. Der Luftverbrauch stellt sich auf 1200 Liter pro Minute und Maschine, welche auf 2 Atm. Überdruck bei einem Kraftverbrauch von 4 PS mittels Kompressors komprimiert wird. Diese Angaben sind als ungefähr zu betrachten. Der tatsächliche Verbrauch an Luft und Kraft wird durch die Leistung an der Maschine reguliert. Die Glasverteilung ist eine ganz vorzügliche. Deshalb eignen sich die mit der Revolver-Glaspreßblasemaschine hergestellten Gläser ganz besonders für Einkochzwecke. Die Gläser sind, sobald sie die Maschine verlassen, zum Abkühlen fix und fertig zu bedürfen keinerlei Nacharbeit mehr. Preßglasartikel, wie: Teller, Schalen, Dosen, Becher usw., lassen sich mit dieser Maschine auch herstellen. In diesem Falle ist nur der Blasmehanismus außer Betrieb zu setzen. Gewicht: netto etwa 1800 kg, Gewicht: brutto 2000 kg, Flächengröße: 1000×1000 mm.

Ganz allgemein steigert die Preßblasemaschine die Leistungsfähigkeit der menschlichen Arbeitskraft ganz beträchtlich. Die mit ihr hergestellten Gläser zeichnen sich vor den handgearbeiteten durch ganz genau und gleichmäßig ausgebildete Mundstücke aus und eignen sich daher sehr gut zur Anbringung von mechanischen Verschlüssen. Ein weiterer Vorteil der Maschine ist, daß die Bedienung im Vergleich zur Handarbeit außerordentlich einfach und auch von nicht gelernten Glasarbeitern leicht zu erfassen ist, was eine Ersparnis an Löhnen bedeutet und besonders für überseeische Länder ohne eigene Glasindustrie wichtig ist.

b) Gieß- oder Flaschenblasemaschinen. Bei diesen Maschinen wird das Kübel so her-

gestellt, daß man in einer umgekehrten, mit der Bodenöffnung nach oben stehenden Vorform das gut heiße und flüssige Glas einschneidet, so daß es bis in den Mundstückteil derselben hinunterläuft, nötigenfalls unter geringem Nachhelfen durch Preßluft oder Stempeldruck von oben; dann erst wird in einer eigenen Form der Hohlglaskörper fertiggestellt. Schon im Jahre 1859 wird C. Nein ein englisches Patent auf eine Flaschenblasemaschine erteilt; weitere Versuche stammen von Kilner 1860 und Bowron 1861. Dann ist in der englischen Patentliteratur eine Lücke von 25 Jahren. In Amerika wird 1876 R. Weber eine Flaschenmaschine patentiert. Erst 10 Jahre später kommen die Engländer Arnall und Ashley einen kleinen Schritt weiter, insbesondere letzterer fügte 1889 jenes Glied hinzu, welches Arbogast für die Preßblasemaschine einführte, nämlich die besondere Vorform mit getrennter Kopfform, und brachte sonstige Verbesserungen an. Noch verbleibende Schwierigkeiten suchten zwei Nachfolger von Ashley, nämlich Boucher in Cognac und Grote in London zu beseitigen, indem sie fast gleichzeitig 1897 auf den Gedanken kamen, eine dem Motzen ähnliche Behandlung des Kübels vorzunehmen. Endlich brachte der Maschinenkonstrukteur Severin an seiner Maschine einen richtigen Motzklotz an, in welchem das Kübel wie bei der Handbläserei unter Drehen bearbeitet wurde. Heute ist man aber von all diesen Versuchen abgekommen. Aber im allgemeinen kann man Ashley als den Vater der modernen Flaschenblasemaschine bezeichnen. Die Erfindertätigkeit erstreckte sich im weiteren hauptsächlich darauf, die einzelnen Maschinenteile in möglichst zweckmäßige Verbindung miteinander zu bringen, wodurch sich gewisse Schemata herausbildeten. Das gebräuchlichste ist das bereits von Ashley benutzte und auch von Boucher und Grote sowie Severin angewandte, nämlich daß alle formgebenden Teile in Arbeitsstellung eine gemeinschaftliche, mit der Mittelachse der Blasedüse zusammenfallende Längsachse haben; man könnte solche Maschinen als einachsige bezeichnen. Läßt man mehrere solcher Formensätze an einem Armkreuz sich drehen, so kommt man zu einer einachsigen Maschine mit mehrfacher Wirkung, z. B. bei der Owensmaschine. Ein anderes Schema findet sich bei Flaschenblasemaschinen von Hilde und Heerdt sowie Schiller und Wolf, das als mehrachsige zu bezeichnen ist. Eine wichtige Rolle spielte für einen guten Arbeitsgang die richtige Temperatur des Glases, welche zum Teil von seiner Viskosität abhängig ist, zum Teil auch von der richtigen Verteilung der Metallmassen an den einzelnen Formteilen und ihrer allenfallsigen Kühlung.

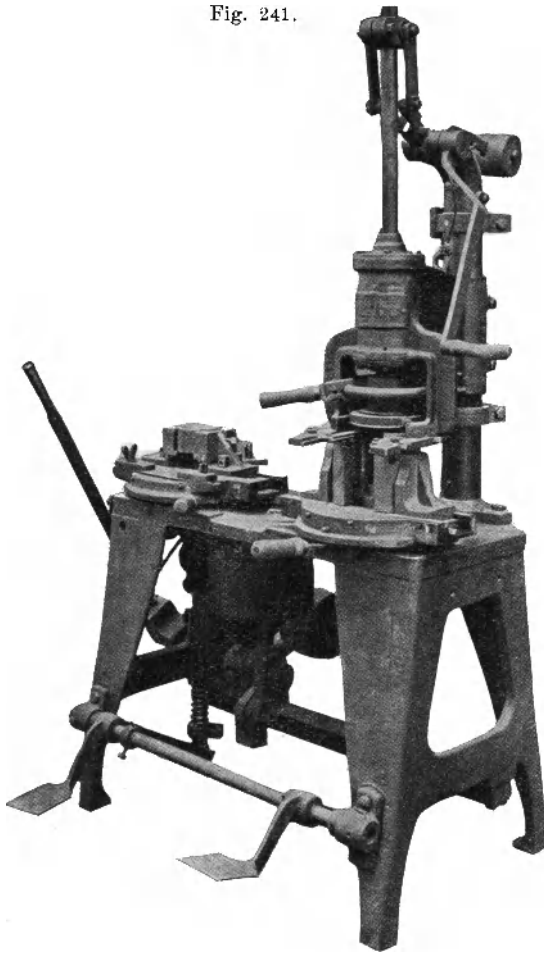
Eine weitere Unterscheidung der Flaschenblasemaschinen kann man darauf gründen, daß die einfachen und bisher erwähnten Maschinen hauptsächlich für Handbetrieb eingerichtet

sind, während von Amerika aus völlig automatische Maschinen in Betrieb kamen. Dort war die Frage der Flaschen-Blasmaschine lange in Ruhe; aber die seit etwa 1900 begonnenen Versuche führten zu der Owensmaschine, wodurch der Vorsprung Europas weit eingeholt wurde.

Hier sei zunächst eine Maschine für Handbetrieb abgebildet und beschrieben (Fig. 241 u. 242).

Die Universal-Glasblasmaschine Patent Schiller dient zur Herstellung aller im Handel vorkommenden Eng- und Weithalsgefäße wie aller

Fig. 241.



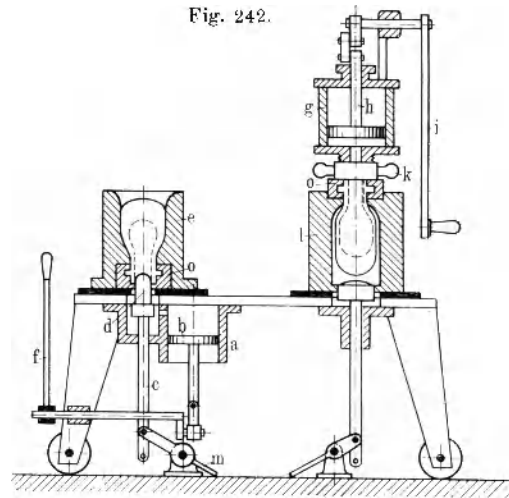
Schillers Universal-Glasblasmaschine.

Art Flaschen, Medizingläser, Flakons u. dgl., ferner Konservengläser, Honiggläser, Häfen, Gewindeglocken, Gläser für Sturmlaternen u. dgl., kurz, fast aller Gegenstände auf diesem Gebiet. Die Maschine charakterisiert sich vor allen Dingen dadurch, daß es zu ihrer Inbetriebnahme keiner Kompressorenanlage bedarf. Sie arbeitet ohne jede Hilfsmaschine, ist in sich vollkommen komplett und kann an jeder beliebigen Stelle des Hafen- oder Wannenofens ohne vorherige Vorbereitung sofort in Betrieb genommen werden. Die Handhabung der Maschine ist einfach; die

wenigen Handgriffe, die zu ihrer Bedienung gehören, können von jedem beliebigen Arbeiter in wenigen Stunden erlernt werden, so daß sie eine vollkommene Unabhängigkeit von gelernten Glasmachern gewährleistet. Die Schiller-Universal-Glasblasmaschine verarbeitet das für die Mundbläsererei übliche Glas, so daß eine Änderung des Gemenges nicht erforderlich wird. Dadurch ist es möglich, an ein und demselben Ofen Hand- und Maschinenbetrieb zu vereinigen. Auf der Schiller-Universal-Glasblasmaschine werden hergestellt: etwa 150 bis 170 Flaschen mittlerer Größe pro Stunde oder etwa 120 bis 140 Konservengläser u. dgl. (1 Liter Inhalt) pro Stunde.

Speziell die vorher abgebildete Maschine ist mit einer neuesten patentierten Formensparvorrichtung ausgestattet. Wie uns die Abbildung zeigt, ist die Konstruktion der Formen derart vereinfacht, daß lediglich nur zwei Formenhälften

Fig. 242.



Schnitt durch Schillers Glasblasmaschine.

erforderlich sind, die in obiger Vorrichtung mittels eines schnellen Handgriffs eingesetzt und herausgenommen werden können. Ferner kann das Ausblasen nicht nur mittels Handhebels, wie an der rechten Seite der Maschine ersichtlich, sondern auch mittels Kompressors erfolgen, und zwar durch eine sinnreiche Einrichtung am Blasekopf mittels Ventil und Handrad. Falls aber irgend eine Störung im Kompressor eintritt, kann das Ventil geschlossen und mit der Handpumpe weitergearbeitet werden, so daß keinerlei Produktionsausfall entsteht.

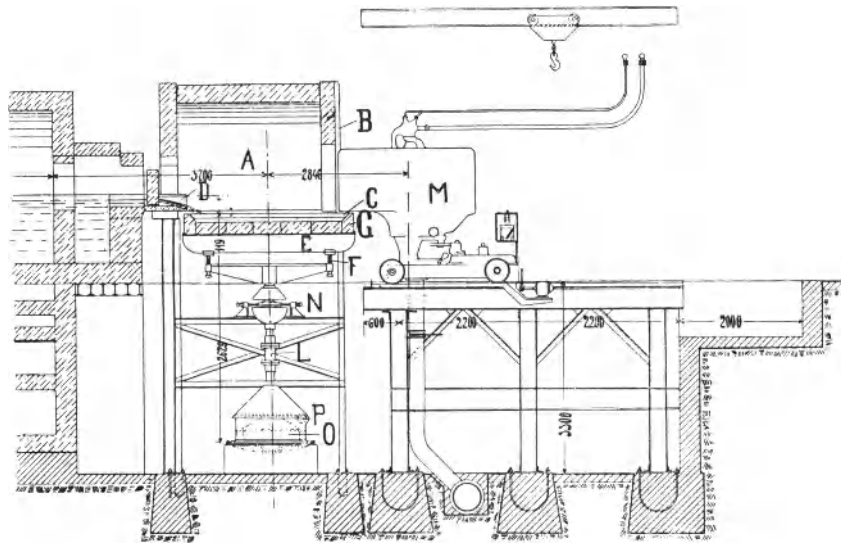
In neuerer Zeit wird nach einem Sonderverfahren mit den Gieß- oder Saugblasmaschinen so gearbeitet, daß man auf ihnen auch jedes weithalsige Gefäß herzustellen imstande ist. Die vorwiegend benutzte Saugblasmaschine (Fig. 241) stellt demnach eine Art Universalmaschine dar, weil man mit ihr fast alle im Handel vorkommenden enghalsigen und weithalsigen Gefäße herzustellen imstande ist. In Fig. 242

bedeutet *a* einen Zylinder, der unterhalb eines Tisches befestigt ist, und in dem ein Kolben *b* auf und ab bewegt werden kann. Eine durch den Fußhebel *m* zu bewegende Stange *c* trägt an ihrem oberen Ende einen Zapfen *d*, der in die sogenannte Vorform *e* hineinragt und dazu bestimmt ist, die erste Höhlung in dem Gefäß zu bilden. Auf der rechten Seite des Tisches ist an einer Säule der Zylinder *g* angebracht, in dem gleichfalls ein Kolben *h* mittels des Handhebels *i* auf und ab bewegt werden kann. *k* ist ein Handrad, das durch Drehen luftdicht auf die Fertigform *l* aufgesetzt oder von ihr abgehoben werden kann.

Die Herstellung der Gefäße geht nunmehr auf folgende Weise vor sich: In die Vorform *e* wird mittels einer gewöhnlichen Glas-

Der Kopf des Glases liegt in einer Zange *o*, die nach Öffnung der Vorform leicht herausgenommen werden kann. Die in dieser Zange hängende Blase wird nunmehr nach Drehung der Zange um 180° auf die Fertigform gelegt und das Handrad *k* durch Drehen auf die Form aufgesetzt, so daß diese mit dem Zylinder luftdicht verbunden ist. Durch Bewegung des Kolbens *h* nach unten mittels des Handhebels *i* wird die Luft unterhalb dieses Kolbens *h* im Zylinder *g* verdichtet und gelangt in die in der Form hängende Glasblase, wodurch diese ausgeblasen und zu dem gewünschten Gefäß geformt wird. Schließlich wird das Handrad *k* zurückgedreht, die Form geöffnet und die Zange mit dem daran hängenden fertigen Gefäß herausgezogen.

Fig. 243.



Schnitt durch eine Flaschenblasemaschine von Owens.

pfeife soviel Glas hineingelassen, wie zur Herstellung des Gefäßes erforderlich ist. Gleichzeitig wird der Handhebel *f* nach einer Seite bewegt, während der Fuß auf dem Tritt *m* ruht und den Zapfen *d* hochdrückt. Durch die Bewegung des Hebels *f* wird der Kolben *b* hinuntergedrückt und damit eine Saugwirkung in dem Zylinder *a* erzeugt, die sich unterhalb der Vorform *e* geltend macht und das in die Vorform eingebrachte flüssige Glas rund um den Zapfen *d* saugt. Hierdurch ist der Kopf des Gefäßes hergestellt. Nunmehr wird der Fußtritt *m* freigemacht, der Zapfen *d* sinkt herunter und hinterläßt in der Glasmasse eine entsprechende Höhlung. Durch Bewegung des Hebels *f* nach der entgegengesetzten Richtung wird der Kolben *b* nach oben getrieben, wodurch die darüber befindliche Luft zusammengedrückt wird und in die Glasmasse gelangt. Dadurch wird diese aufgeblasen und erhält die in der Vorform ersichtliche blasenförmige Gestalt.

Sämtliche Handgriffe an der Maschine sind leicht und schnell ausführbar, so daß etwa 4 bis 5 Gefäße von rund $\frac{1}{2}$ Liter Inhalt in 1 Minute hergestellt werden können.

c) Die automatische Flaschen-Blasemaschine von Owens. M. J. Owens hat als erster das Problem des völlig selbsttätigen Flaschenblasens in Angriff genommen und auch gelöst. Hierzu war es in erster Linie nötig, daß die Maschine das Glas unmittelbar aus dem Ofen entnimmt, was durch Einsaugen des Glases in die stehende Form geschieht, wodurch alle Übelstände der früheren Schöpfmethoden vermieden werden. Freilich war von diesem Gedanken bis zur praktischen Ausführung noch ein weiter Weg, an dessen Begehung sich vor allem auch W. F. Bock große Verdienste erwarb.

Zu den Hauptbestandteilen einer ganzen Owens-Maschinenanlage gehört neben dem eigentlichen Wannenen eine eigene dreh-

bare Wanne, aus welcher fortlaufend das Glas entnommen wird, die Maschine selbst mit ihren Nebenbestandteilen und einer einfachen Verschmelzvorrichtung, endlich ein Kanalkühlofen für die Flaschen mit beweglicher Fördersohle, welcher erst mit der Owensmaschine in die europäische Praxis eingedrungen ist. Diese Gesamtanlage zeigt Fig. 243 (nach R. Dralle, 2. Bd.).

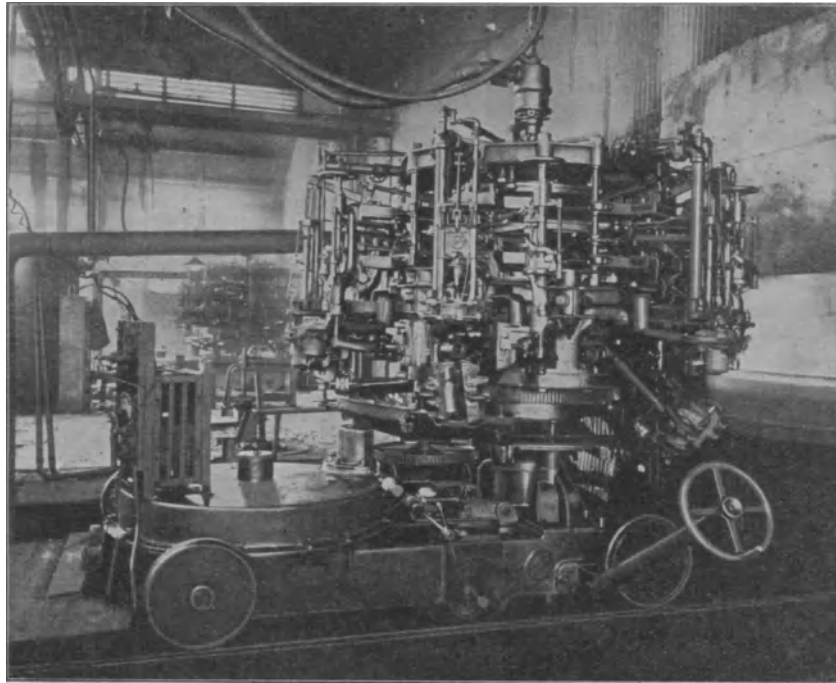
In der Mitte steht die Maschine *M* auf ihrem Unterbau und mit den von oben kommenden Leitungen für Blaseluft und der von unten kommenden Kühlluft; links ist das Ende der

Idee hinausgegangen, indem sie den ganzen Schmelzofen drehbar machten, also der Schmelzwanne eine runde Gestalt gaben und ihre ungeheure Last auf Rollenlagern drehbar gestalteten.

Die Konstruktion der Owensmaschine, von welcher Fig. 244 ein Schaubild zeigt — ausführliche Abbildungen und Beschreibungen sind hier nicht möglich, aber an genannter Stelle zu finden —, ist folgende:

Sie besteht aus einer fahrbaren, drehbaren, vertikalen Achse, an welcher sechs wagerechte bewegliche Arme angeordnet sind; an jedem Arm

Fig. 244.



Owens' Flaschenblasemaschine.

Schmelzwanne und anschließend die Drehwanne sichtbar. Vor der Wanne steht eine viereckige Ofenkammer *A*, welche eine schüsselförmige Wanne *G* größtenteils überdeckt, in welche die Vorformen eintauchen; die Wanne *G* hat etwa 25 cm Tiefe und 2 bis 2½ m Durchmesser. An diese Drehwanne ist die Maschine möglichst dicht herangerückt, so daß die Vorformen auf ihrer Kreisbahn durch eine Senkung der ganzen Maschine eingetaucht werden können. Das Glas läuft aus der Schmelzwanne durch einen rinnenartig ausgehöhlten Stein *D* in ununterbrochenem Strome in die Drehwanne. Der drehbare Unterbau der Drehwanne ist aus der Fig. 243 ersichtlich und wird von einem Elektromotor besorgt; es werden etwa 2½ Umdrehungen in 1 Minute ausgeführt, so daß die Vorformen immer in frisches Glas eintauchen. Über diese Einrichtung sind die Amerikaner mit einer außerordentlich kühnen

sind die nötigen Saug- und Blaseeinrichtungen zum Aufnehmen und Aufblasen des Glases angebracht; jeder Arm liefert bei einer Umdrehung der Maschine völlig selbständig eine fertige Flasche, welche nur noch gekühlt zu werden braucht. Das Glas wird nicht der eigentlichen Schmelzwanne entnommen, sondern aus einer ihr vorgelegten kleinen Drehwanne, damit immer genügend flüssiges, reines Glas zur Stelle ist. Kommt ein Arm über die Drehwanne, so senkt sich seine Saug- und Kopfform so weit in die Schmelze, daß sie sich mit Glas füllt, wobei ein Dorn den Kopf und die Halsöffnung der Flasche gestaltet; dann schneidet ein Messer den Glasstrang ab, die Saugform klappt auseinander, und der gebildete Glaskern wird von der Haupt- oder Fertigform erfaßt und durch Druckluft aufgeblasen. Die Maschine wird nur von einem Maschinenführer bedient und liefert, je nach

Größe, 12000 bis 24000 Flaschen in 24 Stunden. Der Preis beträgt etwa 40000 Mk. Die Owenspatente sind 1908 um den Preis von 12 Millionen Mark in den Besitz des Europäischen Verbandes der Flaschenfabriken übergegangen.

Die neueren Fortschritte der Owensmaschinen sind besprochen Sprechsaal 1913, Nr. 1 und 2: „Neues über Glasblasemaschinen, besonders eine Owensmaschine für Glühlampenkolben“, und Sprechsaal 1914, Nr. 22 und 23: „Fortschritte der Owensmaschine“. Die Maschine wird jetzt statt mit sechs Armen auch mit zehn Armen ausgerüstet und für drei Flaschengrößen gebaut, nämlich bis zu 175 ccm, bis zu 1 Liter und bis zu mehr Liter Inhalt. Die sonstigen Fortschritte betreffen die Vereinfachung und Betriebssicherheit des Maschinenorganismus. Für europäische Verhältnisse ist noch besonders wichtig die Möglichkeit, verschiedene Flaschensorten gleichzeitig mit derselben Maschine blasen zu können. Ferner wird mit der Owensmaschine die Herstellung weithalsiger Gläser, wie Konservengläser, versucht oder die Herstellung von Flaschen mit tief eingestochenen Boden (Champagnerflaschen); endlich wird die Owensmaschine zur Herstellung von Glühlampenkolben in Amerika verwendet¹⁾.

Nach einem jüngsten Referat in den Glastechnischen Berichten 1923, Nr. 5 der W. B. G.-Frankfurt, teilweise nach einer Abhandlung „The Owens Bottle-Machine“ von A. F. Wagers in „The Glass Industry“ 1923 sind die betreffenden Erfindungen inzwischen gewaltig vervollkommen und der „Toledo Glass Company“ in Toledo (Ohio) patentamtlich geschützt. Die in Deutschland im Gebrauch befindlichen Owensmaschinen werden von der Maschinenbau-A. G., vormals C. Schwartzkopf in Berlin hergestellt. Der Europäische Verband der Flaschenfabriken in Düsseldorf²⁾, der, wie schon erwähnt, die Owenspatente erworben hat, will mit Rücksicht auf die volkswirtschaftlichen Folgen der Arbeiterentlassung die Maschine in Europa nur allmählich einführen. Die in Europa bis jetzt in geringer Zahl gebräuchliche Maschine ist die zehnamige, von der zwei Typen bestehen. Der eine Typus macht alle Arten von Eng- und Weithalsgläsern von 150 bis 360 mm Höhe und 115 mm Durchmesser, und zwar bis zu 36 Stück in der Minute. Die Maschine wiegt 680 Ztr. und hat 4 m Durchmesser. Der andere Typus von etwas geringerem Gewicht und gleichem Durchmesser macht alle Arten von Medizin- und

anderen Flaschen von 50 bis 185 mm Höhe und 70 mm Durchmesser, und zwar bis zu 60 Stück in der Minute. Eine sechsarmige Maschine ist die Gallon-Packers-Maschine, welche Behälter von 250 bis 460 mm Höhe und 200 mm Durchmesser herstellt, und zwar bis zu 12 Stück in der Minute; eine ähnliche Maschine fertigt Ballons und Einmachhäfen. Die amerikanische Flaschenindustrie benutzt außerdem 15-armige Maschinen, ebenfalls in zwei Typen; dieselben machen Flaschen in ähnlicher Größe wie die oben genannten Maschinen, haben aber eine höhere Produktion. Dementsprechend sind auch die anderen Anlagen größer, die Drehwanne hat 4 m Durchmesser, der Kühllofen ist 3,70 m weit und 28 m lang.

Die automatische Glas-Preß- und Blasemaschine von H. Severin-Sasbach bei Achern i. B. (D. R.-P. Nr. 212847 und 213466) ist nur dreiarmig. Die Füllrichtung der Vorform, in welche das Glas nicht durch Saugen, sondern durch Druck hineingebracht wird, kann an jedem Ofensystem ohne die kostspielige Drehwanne angebracht werden. Zur Bedienung ist ein Meister und ein Einträger nötig. Sie liefert in 24 Stunden bis zu 9000 Flaschen, unbeschränkt in Höhe und Gewicht. Ist die Severinmaschine auch weniger leistungsfähig, so hat sie doch verschiedene Vorteile, z. B. den der größeren Billigkeit und der einfacheren Konstruktion; sie eignet sich besonders für kleine Posten von Flaschen mit rasch wechselnder Form; es können gleichzeitig drei ganz verschiedene Flaschensorten hergestellt werden, auch Spezialsorten. — Die Fabrikationsmethode eignet sich auch zur Herstellung von Preßglas, Platten, Ziegeln, Bausteinen, Isolatoren usw.

Über „vollautomatisches Glasblasen“ berichtete Dr. Wendler-Berlin auf der zweiten Tagung der D. G. G. 1924 und behandelte dabei insbesondere die modernen automatischen Flaschenblasemaschinen und die Automaten zur Herstellung von Glühlampenkolben.

d) Hohlglas-Blaseapparate und Maschinen von P. Th. Sievert-Dresden. Bei diesem Verfahren handelt es sich nicht um die mechanische Nachahmung der alten Glasbläserarbeit, sondern um eine völlig neue Arbeitsweise; sie beruht im wesentlichen auf einem Ausbreiten der Glasmasse zu einer Schicht, Festhalten derselben längs eines dem Mündungsgrundriß des fertigen Glases entsprechenden Umrisses und Ausdehnen der Glasmasse innerhalb desselben zu einem Hohlkörper. Daher ist das Verfahren besonders für Gefäße mit weiter Mündung geeignet, ferner gestattet es Massenfabrikation, unabhängig von gelernten Arbeitern, endlich können ungewöhnlich große Glasmengen bewältigt und so riesige Hohlglaskörper hergestellt werden. Hierbei können verschiedene Methoden unterschieden werden. Beim einfachsten, sogenannten Asbestblaseverfahren, werden kleinere Hohlglaskörper wie Bier-

¹⁾ Vgl. D. R.-P. Nr. 249419 der Empire Machine Co., Portland, Maine, V. St. A., und D. R.-P. Nr. 287256 vom 29. Nov. 1911, ausgegeben 14. Sept. 1915 der Westlake European Machine Co., Toledo, Ohio, V. St. A. — ²⁾ Vgl. auch dessen Broschüre „Die Owens automatische Flaschenmaschine“ mit zahlreichen Abbildungen.

seidel, Einmachgläser, Photographenschalen so gewonnen, daß man die Glasmasse auf eine nasse Asbestplatte ausgießt und dann die entsprechende Form darüberstülpt, in welche nun der sich entwickelnde Wasserdampf das Glas hineinbläst; es genügt eine Holzplatte mit Stiel mit einer leichten Vertiefung und Asbestüberzug sowie eine Form; nach dem Aufgießen des Glases rüttelt man die am Stiel erfaßte Platte, stülpt die Form auf und findet sie in kurzer Zeit mit dem fertigen Glaskörper ausgekleidet. Für größere Gegenstände und regelmäßigen Betrieb benutzt man eine mechanische Einrichtung.

Weiterhin kann ein Blaseapparat mit Metallplatte und einem Mundstück oder einem Metallrahmen verwendet werden, wenn dickwandige, größere und tiefere Gefäße hergestellt werden sollen. Außerordentlich große Glasmassen, welche Hohlglaskörper von riesigen Dimensionen liefern können, werden aber erst bewältigt durch eine Aufblaseeinrichtung mit Preßluft; hier- nach werden Kessel, Akkumulatorenkästen, Bädewannen usw. folgendermaßen gewonnen:

Auf eine wagerechte, mit zahlreichen kleinen Öffnungen versehene Platte, welcher ein Ring der oberen Öffnung des herzustellenden Gefäßes entspricht, wird die Glasmasse ausgegossen; dann wird die Platte mit derselben um 180° nach unten gekippt, wobei sich die Glasmasse aussackt und nun durch die durch die Öffnungen der Blaseplatte einströmende Preßluft oder Wasserdampf noch weiter aufgeblasen wird, entweder frei oder in bestimmte, daruntergestellte Formen.

Auf die Beschreibung von Maschinen für Hohlkörper mit unverdickter, dünnwandiger Mündung (z. B. Becher, Zylinder) kann hier nicht mehr näher eingegangen werden, zudem sie auch noch selten verwendet werden.

Die Preßglasfabrikation.

Die Hohlpreßglasfabrikation gebraucht ebenfalls Maschinen, bei welchen aber zum Unterschied von den Glasblasemaschinen das Glas nicht aufgeblasen, sondern mittels einer inneren Form, dem sogenannten Stempel, in die eigentliche äußere Form hineingepreßt wird; deshalb können diese Glaspressen nur für zylindrische oder nach oben sich erweiternde Hohlglaskörper in Anwendung kommen. — In die deutsche Praxis haben sich nur wenige bewährte und verhältnismäßig einfache Typen eingeführt, fast ausnahmslos für Handbetrieb eingerichtet. Am zweckmäßigsten ist es jedenfalls, das Glas unmittelbar aus dem Ofen unter Vermeidung jeder Zwischenberührung in die Form zu bringen; es sind aber auch Maschinen gebaut oder geplant worden, um das Aufnehmen und Einschneiden des Glases in die Form mechanisch auszuführen. Ist die Form gefüllt, so wird sie unter den Preßstempel geschoben, was bei einfachen Pressen in der Regel

von Hand geschieht; doch ist diese Bewegung auch in mechanische Verbindung mit dem Preßstempelantrieb gebracht worden, wie z. B. bei den sogenannten Revolverpressen. Nunmehr wird der Preßstempel in Bewegung gesetzt, meist mittels eines Handhebels. Falls der Preßdruck zu stark ist, kann das mit Gewalt emporgetriebene Glas den Formring abheben und austreten, so daß der obere Glasrand schlecht ausgebildet ist. Um dies zu vermeiden, wird die Bewegung des Formringes bei den sogenannten Exzenterdruckpressen in zwangsläufige Verbindung mit der Stempelbewegung gebracht. Statt des Handantriebes für den Preßstempel hat man auch pneumatische Antriebe versucht. Nachdem der Gegenstand gepreßt und die Form unter dem Stempel hervorgezogen und geöffnet ist, wird der Gegenstand daraus entfernt.

Von größter Wichtigkeit für den Betrieb der Glaspressen ist die Aufrechterhaltung der richtigen Temperatur bei Form und Preßstempel. Sind diese Teile zu kalt, so werden die gepreßten Gläser rampig und reißen an den Rändern ein; sind diese Teile zu heiß, so beginnt das Glas am Eisen zu haften. Vor der Arbeit wird die richtige Temperatur zweckmäßig durch Anwärmen in besonderen Öfen erzielt. Während der Arbeit aber muß für geeignete Abkühlung gesorgt werden, gewöhnlich durch Anblasen mit Preßluft oder durch Wechseln von Form und Stempel während der Arbeit, wie dies bei den Revolverpressen geschieht. Endlich muß auch die Arbeitsgeschwindigkeit der Temperatur angepaßt werden, sowie die Schmelzbarkeit des Glases der Presse bzw. umgekehrt; ein hartes Glas muß heiß in die Formen kommen, ein weiches Glas kann kühler verarbeitet werden.

In größtem Maßstabe wird durch Pressen das sogenannte Preßkristallgeschirr hergestellt als Imitation des echten handgeschliffenen Kristallglases. Dabei sind die Formen zwecks leichter Entfernung der Muster zwei- bis vierteilig. Die Fabrikation des echten Schleifkristalls könnte dadurch verbilligt werden, daß man die vorgepreßten Muster durch Schleifen und Polieren nacharbeitet, wenn es zugleich gelänge, auch der Innenseite des Glasgegenstandes ihr welliges Aussehen, etwa durch gründliche Feuerpolitur, zu nehmen.

Wenn es sich darum handelt, Glasrohre oder überhaupt rohrförmige Körper zu pressen, so sind besonders eingerichtete Formen in Anwendung zu bringen, z. B. für Schutzgläser zu Grubenlampen. Besonders schwierig ist die Herstellung von großen und langen Rohren, wie sie in neuerer Zeit in Deutschland im Zusammenhang mit der Herstellung gläserner Telegraphenmasten in Frage kam. Dagegen sind schon früher von Appert derartige Apparate konstruiert und in die Praxis eingeführt worden, welche lange Rohre und Säulen und besonders große und dabei tiefe Glasgefäße zu pressen gestatten, z. B. gepreßte Säulen und Akkumulatorenkästen.

Pressen zur Herstellung von Glastafeln bieten im allgemeinen nichts Besonderes; sie finden Anwendung für mäßig große und dicke Tafeln, z. B. Deckenlichter, Glasplatten, Fliesen usw. Besondere Konstruktionen sind nötig für Luxfer-Prismenglas, das sind Glastafeln, welche an einer Oberfläche mit stark vorspringenden parallelen Prismen, zwecks Vermehrung der Lichtstärke, versehen sind. Maschinen zu ihrer Herstellung sind aus einer Walz- und Preßvorrichtung kombiniert.

Glasbausteine werden entweder als massive Steine gepreßt, so besonders nach dem Verfahren von Garchey aus einer besonderen Glaspulvermasse, dem sogenannten Keramo, oder für lichtdurchlässige Mauern als Hohlglassteine geblasen, z. B. nach dem Verfahren von Falkonnier. Eine ausführliche Abhandlung hierüber siehe „Diamant“ 1916, Nr. 19 bis 21!

Für massive (nicht hohle) Gegenstände von gedrungener Gestalt werden gewöhnlich gesenkartige Werkzeuge benutzt. Knöpfe z. B. und ähnliche Sachen werden aus erweichten Glasstäben mit Hilfe von Zangen gewonnen, deren Backen Höhlungen aufweisen, die zusammengelegt der Gestalt des Knopfes entsprechen. Ebenso sind für Glaslinsen und kleine Glasfließen gesenkartige Preßvorrichtungen verwendbar.

Zum Stanzen von Glas sind meist einfache Werkzeuge (Zängeleisen usw.) im Gebrauch. Doch sind auch Maschinen gebaut worden; die bekannteste hiervon ist die von Sievert angegebene Maschine zur Herstellung von Glasbuchstaben (sogenannten Patentbuchstaben).

Eine ausführliche Darstellung über Preßglasfabrikation, besonders der zum Pressen und Stanzen von Glasgegenständen notwendigen Apparate und Maschinen, siehe R. Dralle, Bd. 2.

Nachfolgend seien einige Glaspressen der Firma Fr. W. Kutzscher in Freital-Deuben (Sachsen) abgebildet und kurz beschrieben.

Die elektrisch zu betreibende, vollständig automatische Kraftpresse (Fig. 245) ist zur Aufnahme von acht verschiedenen Formen eingerichtet, welche also verschiedenen Artikeln — nur von gleicher Höhe — entsprechen können. Die Leistung pro Stunde beträgt 400 Stück $\frac{1}{6}$ -Liter-Becher; Bedienungspersonen: 1 Anfänger, 1 Abschneider, 1 Einträger.

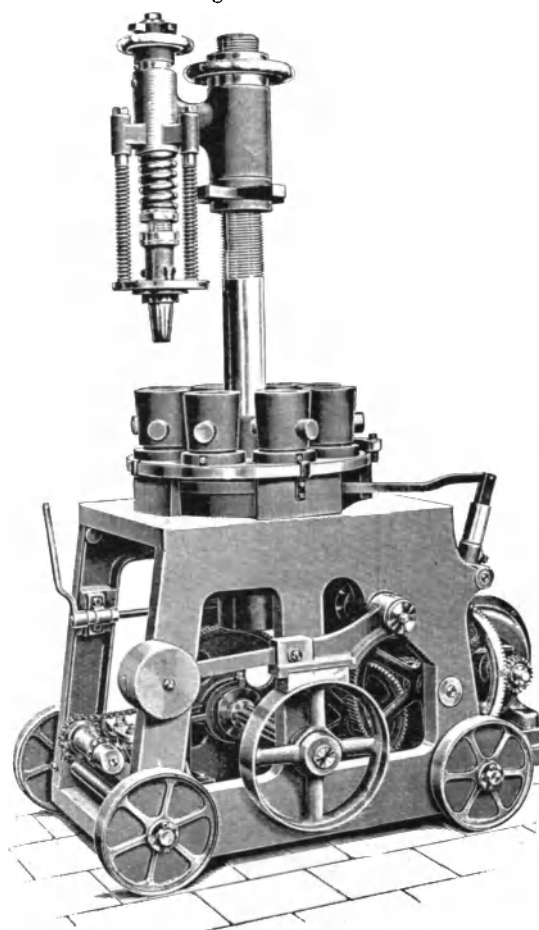
Die gewöhnliche Revolverpresse für Handbetrieb gleicht dem vorigen System und unterscheidet sich nur dadurch, daß das Herunterdrücken des Preßkerns und das Weitersteuern des Formenrevolvers durch den Presser mittels eines Handhebels erfolgt.

Das letztere System wird z. B. in verschiedenen Abarten für folgende Gegenstände geliefert: 1. für größte Sachen wie Wasserschalen, Eimer, Preßziegel; 2. für große Fruchtschalen, Schüsseln, Handleuchter, Dosen, Seidel, Tulpen, Fußbecher, Teller, Wasserbecher, Likörgläser.

Speziell die „Preßglasformen“ in ihrer Behandlung beim Gebrauch, Anwärmen und Reinigen werden in einem besonderen Artikel von P. Walter im Sprechsaal 1908, Nr. 42, beschrieben.

Auftreib- und Verschmelzöfen (Trommelöfen). In Weißhohlglasfabriken werden die halbfertigen Gläser oft in besonderen Öfen wieder angewärmt, um ihnen die für die weitere Verarbeitung nötige Temperatur zu geben; insbesondere das

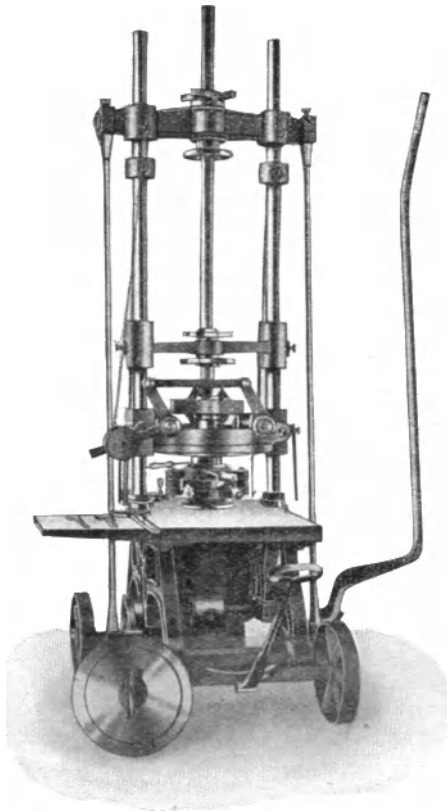
Fig. 245.



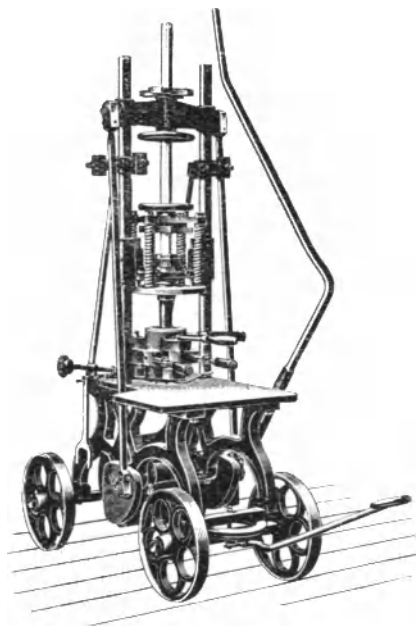
Neueste Revolverkraftpresse der Gegenwart.

Preßglas wird bei verschiedenen Formen in den sogenannten Auftreib- und Verschmelzöfen aufgetrieben und verschmolzen bzw. feuerpoliert. Solche Öfen werden sowohl mit direkter Feuerung als auch mit Gasheizung betrieben. Verschiedene solcher Öfen finden sich in dem Werke von R. Dralle, l. c., abgebildet und beschrieben. Ein größerer Verschmelz- und Auftreibofen für Hohl- und Preßglas wird von H. Knoblauch im Sprechsaal 1910, Nr. 6 besprochen; es handelt sich um einen runden Ofen mit Rekuperativgasfeuerung und sechs Arbeitsöffnungen, also einer Vereinigung

Fig. 246.



Exzenterdruckpresse.



Federkopfglaspresse.

von mehreren kleinen Öfen zu einer größeren Anlage. Weitere ausführliche Angaben hierüber finden sich in einer Abhandlung „Anlage und Betrieb der Trommelöfen in der Hohl- und Preßglasindustrie“ von H. Schall in der *Keram. Rundschau* 1916, Nr. 34. Ein größerer Trommelofen nach dem Rekuperativsystem, welcher einen in der Praxis viel gebrauchten Typ darstellt, bestehend aus zwei mit dem Rücken aneinander gemauerten Öfen, wird ausführlich beschrieben und durch Konstruktionszeichnungen erläutert.

Kühlöfen. Was die neuzeitlichen Kühlöfen für Hohl- und Preßglas betrifft, so muß man sagen, daß auch heutzutage noch vielfach einfache Kammerkühlöfen, allerdings meist mit Gasfeuerung, im Gebrauch sind, daß aber andererseits, wo irgend möglich, Kanalkühlöfen entweder mit fortlaufenden Kühlkästen oder Kühlwagen angewendet werden, in die man die Gläser einpflegt und dann langsam den Kühlkanal passieren läßt. Ein solcher Ofen ist bereits in der früheren Auflage des Werkes ausführlich beschrieben worden; daher sei hier speziell ein Flaschenkanalkühlöfen von Owens für den Owensmaschinenbetrieb abgebildet und beschrieben (Fig. 248).

Der Ofen besteht aus einem etwa 28 m langen Kühlkanal von 2 m Weite, mittels Gas geheizt; derselbe wird durch den Kanal 1 in vier Abzweigkanälen den vier Brennern 3 an jeder Ofenseite zugeführt, welche die Luft von Kanälen 4 erhalten. Die Flammen heizen zuerst und am stärksten den Vorderofen 5 und ziehen dann mit allmählichem Temperaturabfall durch den Kanal bis zum Ausnehmator 6. Auf dem Gewölbe des Ofens befindet sich ein Kanal 7, der durch zwölf Öffnungen mit dem Kühlkanal verbunden und in der Mitte mit einem Schornstein versehen ist; außerdem ist über der Vordertür 9 ein Rauchfang 10 angebracht.

Der zweite Hauptteil des Ofens wird von einem Flaschentransportband gebildet, das aus vielen Streifen von quer zur Längsrichtung des Ofens auf zwei Galléschen Ketten festgeschraubten Flach-eisen von 8 cm Breite besteht. Dieses Transportband läuft kontinuierlich auf Rollen unten im Kellerraum des Kühlöfens zurück, wie aus den Figuren ersichtlich ist.

Zur Bedienung des Kühlöfens dient derselbe Junge, welcher die Flaschen mit einer Art Einlegekelle von der Owensmaschine zum Kühlöfen trägt. Nachdem durch die Einlegeöffnungen die ganze Breite des Transportbandes in einer Tiefe von etwa fünf Flaschen vollgepflegt ist, gibt er ein Zeichen, worauf am anderen Ende durch ein Handrad das Transportband in entsprechender Länge weiterbewegt wird und so eine entsprechende Anzahl von gekühlten Flaschen zur Herausnahme gelangt. In zwölf Stunden werden rund 10000 Flaschen von der Maschine geliefert und in dem einen Kühlkanal abgekühlt; die Kühlzeit beträgt also für jede Flasche nur zwölf Stunden.

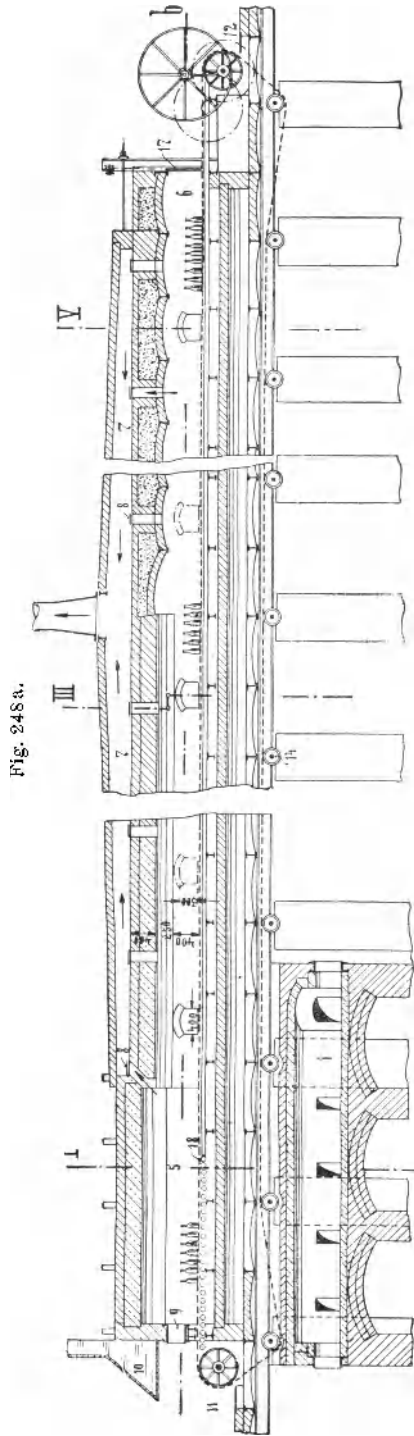


Fig. 248a.

Fig. 248b.

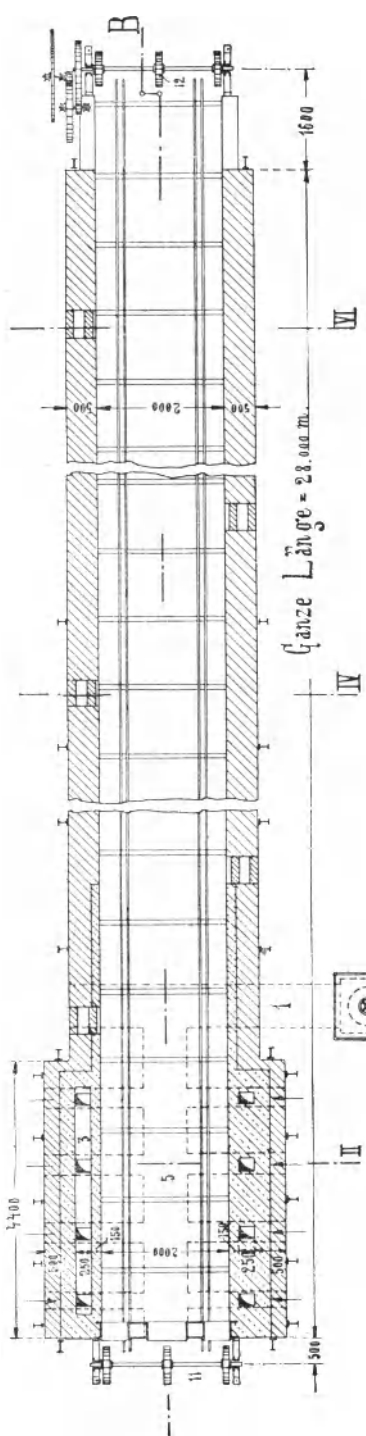
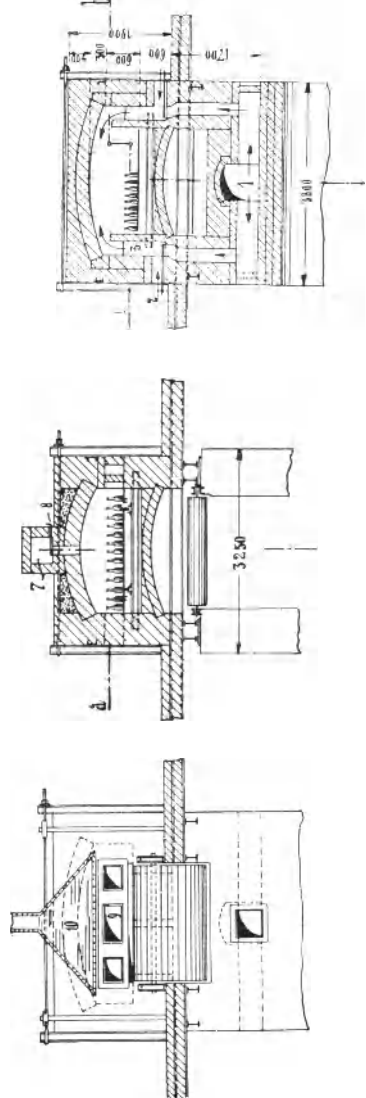


Fig. 248c.

Fig. 248d.

Fig. 248e.



Flaschenkanalkühlofen
von Owens.
a Längsschnitt, b Horizontalschnitt, c Vorderansicht, d und e je ein Querschnitt des Ofens.

III. Scheiben- oder Fensterglas, Tafelglas.

Was zunächst die Zusammensetzung dieser Glasarten betrifft, so weicht sie von dem normalen Glassatz meist insofern ab, als sie alkaliärmer und kalkreicher ist, außerdem wird fast ausschließlich Soda oder Sulfat, selten noch Pottasche als Flußmittel verwendet. Die durchschnittlichen Tafelglassätze hängen mit folgenden Zusammensetzungen bzw. Glassätzen zusammen:

a) 0,6 Natron: 1 Kalk: 4,1 Kieselsäure; 11,0 Proz. Natron: 16,5 Proz. Kalk: 72,5 Proz. Kieselsäure; 26 Soda (Sulfat): 40 Kalkstein: 100 Sand.

b) 0,8 Natron: 1 Kalk: 4,9 Kieselsäure; 12,4 Proz. Natron: 14,0 Proz. Kalk: 73,6 Proz. Kieselsäure; 31 Soda (41 Sulfat): 31 Kalkstein: 100 Sand.

Freilich sind beide Sätze, besonders a) sehr hart und werden meist mit etwas mehr Soda weicher eingestellt.

Weitere deutsche und amerikanische Glassätze siehe in der folgenden Abhandlung über amerikanisches Fensterglas.

Als Schmelzmaterialien dienen die gewöhnlichen Rohstoffe, an deren Reinheit je nach der Qualität des Glases verschiedene hohe Anforderungen gestellt werden; eine Entfärbung findet besonders im Wannentofen nicht statt, da heutzutage im großen Maßstabe wenigstens das gewöhnliche Fensterglas fast ausschließlich im Wannentofen, selten mehr im Hafentofen geschmolzen wird. Nähere Einzelheiten über die moderne Fabrikation des Fenster- und Tafelglases sind aus folgender Abhandlung ersichtlich: „Vom Schmelzprozeß des Tafelglases und dem Betrieb der Hafent- und großen Wannentöfen“ von H. Knoblauch, Sprechsaal 1911, Nr. 16 u. 17.

„Zusammensetzung und Herstellung des amerikanischen Fensterglases“ nach einem Bericht von C. J. Brockbank in der *Keram. Rundschau* 1920, Nr. 5 u. 7, und im *Sprechsaal* 1920, Nr. 51 u. 52; letzterer Artikel sei hier ausführlicher wiedergegeben. Bezüglich der Form der Wannentöfen muß ihre Breite nach der Arbeitsseite hin stark eingeeengt werden, etwa da, wo die Kränze stehen. Dann werden die gewöhnlichen Glasfehler, wie ungelöste Gemengeteile, leichter vermieden. Hervorstehende Ecken und Kanten an den feuerfesten Blöcken und Kanten des Ofenfutters müssen vermieden werden, weil sie unterhalb der Glasschmelze infolge rascherer Abnutzung Tonsteine, oberhalb der Glasschmelze infolge Angriffs von Ofengasen und Alkalidämpfen „Ofentropfen“ verursachen. Die Ofenkuppe soll nicht mehr als 6 bis 8 Fuß über dem Glasspiegel liegen; nach der Lehre von der freien Flammenentfaltung sind Wannentöfen mit hoher Kuppe gebaut worden, haben sich jedoch nicht als wirtschaftlich erwiesen, da die freie Flammenentfaltung in der Praxis versagt.

Bei der Auswahl der Werkstoffe besonders für die Wannentöfen muß vor allem folgender Ge-

sichtspunkt maßgebend sein: Bindet man eine hartgebrannte Schamotte mit einem ungebrannten Ton von gleicher Feuerfestigkeit, so wird der Bindeton sich schneller auflösen als die Schamotte, letztere wird herausgelöst und Schamottesteine im Glas verursachen. Durch Anwendung eines hochfeuerfesten Bindetons kann dieser Fehler vermieden werden. Die in Deutschland viel benutzten Großalmeroder Tone lösen sich zwar gleichmäßig auf, aber viel zu schnell, so daß die Wannent nur kurzlebig sind. Saure Stoffe, z. B. solche mit Sand oder freier Kieselsäure sind — entgegen der Theorie — besser, so daß man mit Wannentblöcken von beträchtlichem Sandgehalt befriedigende Ergebnisse erzielt hat. Ferner sollen die Wannentblöcke so dünn hergestellt werden, als die mechanischen Bedingungen es zulassen, wo die chemische Wirkung am stärksten ist, da sie sonst zu heiß bleiben und sich leichter lösen. Endlich wird die Haltbarkeit der Wannentblöcke — abgesehen von der Wirkung der Alkalien, besonders des Sulfats — von der Zusammensetzung des Glases insofern beeinflusst, als sie um so weniger angegriffen werden, je tonerdereicher das Glas ist, weil dann dasselbe gewissermaßen schon mit Tonerde gesättigt ist; daher empfiehlt sich auch aus diesem Grunde die Verwendung von tonerdehaltigen Stoffen.

Als Norm können folgende Mischungen dienen:

Glassatz Nr. 1: 557 Sand, 171 Kalkstein, 230 Glaubersalz, 25 Soda, 14 Kohle, 2 Arsenik, 1 Braunstein;

Glassatz Nr. 2: 548 Sand, 165 Kalkstein, 263 Glaubersalz, 4 Soda, 17 Kohle, 2 Arsenik, 2 Braunstein.

Während Satz Nr. 1 ein gelblichblaues Glas liefert, ist das aus Satz Nr. 2 von rein blauer Farbe, was nicht auf das Eisenoxyd zurückzuführen ist, sondern auf die Bildung von Ultramarin ähnlichen Verbindungen aus Schwefel- und Tonerde.

Hier seien noch einige vom Verfasser ausgeführte Umrechnungen mit deutschem Fensterglas eingeschaltet.

Rechnet man beide Glassätze zum besseren Vergleich auf 100 kg Sand, so findet man:

Nr. 1: 100 Sand, 30,7 Kalkstein, 41,3 Glaubersalz, 4,3 Soda, 2,5 Kohle, 0,4 Arsenik, 0,2 Braunstein;

Nr. 2: 100 Sand, 30,1 Kalkstein, 48,0 Glaubersalz, 0,7 Soda, 3,1 Kohle, 0,4 Arsenik, 0,2 Braunstein.

Hieraus ergibt sich ungefähr folgende Prozentzusammensetzung der beiden Glassorten:

Bestandteile	Fensterglas Nr. 1 Proz.	Fensterglas Nr. 2 Proz.
Kieselsäure . . .	72,6	72,3
Kalk	12,5	12,2
Natron	14,9	15,5

Das molekulare Verhältnis der einzelnen Bestandteile ist:

Nr. 1: 1,076 Natron : 1 Kalk : 5,426 Kieselsäure;
 Nr. 2: 1,146 Natron : 1 Kalk : 5,535 Kieselsäure.

Man sieht, daß sich die Glaszusammensetzung dem normalen Natronkalkglas (1 : 1 : 6) stark nähert; aber immerhin ist der Natrongehalt etwas über 1, dann mußte auch der Kieselsäuregehalt über 6 betragen; die Gläser sind also etwas weich. Die Berechnung des richtigen Kieselsäuregehaltes ergibt 6,473 bzw. 6,940.

Für deutsches Tafelglas wird von H. Knoblauch in einer Abhandlung im Sprechsaal 1911, Nr. 16, folgender durchschnittliche Satz angegeben: 170 Sand, 50 Marmormehl, 80 Sulfat, 4 Kohle; oder auf 100 Sand umgerechnet: 100 Sand, 29,4 Marmormehl, 47,1 Sulfat, 2,35 Kohle. Hieraus ergibt sich folgende prozentische Zusammensetzung und ein molekulares Verhältnis von:

1,126 Natron : 1 Kalk : 5,67 Kieselsäure;
 der berechnete Wert ist 6,89 Kieselsäure.

Der entsprechend widerstandsfähigere, aber auch schwerer schmelzbare Satz müßte lauten: 100 Sand, 25 Marmormehl, 40 Sulfat, 2 Kohle.

Dagegen findet sich in der früheren Tabelle über die Zusammensetzung verschiedener bewährter Gläser ein sehr gutes Fensterglas von folgender prozentischer Zusammensetzung angegeben: 10,78 Natron, 16,29 Kalk (Magnesia), 72,93 Kieselsäure (Tonerde). Hieraus errechnet sich ein Glassatz von: 100 Sand, 40 Marmor, 34 Sulfat, 2 Kohle (oder 25 Soda).

Während also die beiden amerikanischen Gläser und der erste deutsche Fensterglassatz etwas weich sind, handelt es sich hier um einen alkaliarmen, kalkreichen, sehr harten, schwer schmelzbaren Satz für einen heißgehenden Wannenofen.

Nach dieser Abschweifung sei über das amerikanische Fensterglas noch weiter berichtet:

Bezüglich der einzelnen Gemenge- bzw. Glasbestandteile gilt noch: Der Kohlezusatz hängt zum großen Teil von der Ofenflamme sowie von Kalk- und Sandgehalt ab; zu wenig Kohle verursacht Galle, zu viel ein Schäumen und Mißfärben des Glases; jedoch gibt ein geringer Überfluß eine braungrüne Färbung, die merkwürdigerweise bei einer kleinen Erhöhung wieder verschwindet. Die praktisch benötigte Kohlenmenge stimmt mit einschlägigen Berechnungen nicht überein.

Der Kieselsäuregehalt eines Fensterglases soll nicht unter 70 Proz. sinken und 74 bis 75 Proz. nicht übersteigen; der Eisengehalt des verwendeten Sandes soll nicht mehr als 0,3 Proz. betragen; der Tonerdegehalt kann sehr hoch sein, da dies von Vorteil ist.

Der Kalkgehalt darf 13 Proz. nicht übersteigen, da sonst das Glas hart und spröde wird und zur Entglasung neigt; freilich erteilt der Kalk dem Glase Glanz, Farbenbeständigkeit und Widerstands-

kraft. Der Kalk spielt eine wichtige Rolle bei der Reduktion des Glaubersalzes; eine Verminderung des Kalkes muß stets ausgeglichen werden durch eine Erhöhung der Kohle in dem Verhältnis, daß man auf 3 Pfund Kalk weniger ungefähr $\frac{1}{4}$ Pfund Kohle mehr nehmen muß.

Der Gehalt an Natron soll 14 Proz. nicht übersteigen und nicht unter 12 Proz. herabgehen, wenn nicht der Kalkgehalt unter 12 Proz. und der Kieselsäuregehalt über 72 Proz. geht. Wird das Natron mit Sulfat eingeführt, so gibt das vielfach die bekannten Schwierigkeiten der Gallebildung und Mißfärbung, welche nicht immer so leicht durch Änderung des Kohlezusatzes behoben werden können.

Die günstige Wirkung des Arsens wird bezweifelt. Zunächst macht er die Farbe des Glases in der Sonne unbeständig; dann kann er, besonders wenn oxydierende Stoffe wie Salpeter vorhanden sind, in die schwer flüchtige Arsensäure übergehen, welche als kristallinische Abscheidung auf der Oberfläche des Glases erscheint, ein recht häufig vorkommender Fehler. In einer kohlehaltigen, also reduzierenden Mischung ist die läuternde und entfärbende Wirkung des Arsens sehr unwahrscheinlich und daher sein Zusatz zwecklos.

Braunstein wird als Entfärbungsmittel verwendet, jedoch ist eine vollständige Neutralisierung der blauen Mißfärbung durch das Manganrot nicht zu erreichen.

Die Gaserzeuger beim Wannenbetrieb sollen durch häufige Analysen des Brennstoffes und des Gases überwacht werden. Bei Drehrostgeneratoren muß man die Dampfzufuhr so regeln, daß der Wasserstoff im Gase 20 Proz. nicht übersteigt, da sonst die Flamme zu kurz und scharf wird. Eine typische Analyse eines brauchbaren Generatorengases ist: 0 Sauerstoff, 4 bis 6 Kohlen-säure, 18 bis 20 Kohlenoxyd, 12 bis 16 Wasserstoff, 4 bis 5 Methan.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Temperaturüberwachung in der Wanne. Bei Gläsern aus obengenannten Sätzen wird im Arbeitsteil der Wanne eine Temperatur von 1190° die richtige sein, im Schmelzteile von 1290 bis 1350°. Zum Messen eignen sich im Schmelzteile am besten Wannenpyrometer, im Arbeitsteile Schreibpyrometer von Fery, welche letztere unmittelbar über den Kränzen durch ein Schauloch im Mauerwerk abzulesen. Thermoelektrische Elemente sind noch genauer, aber weniger haltbar.

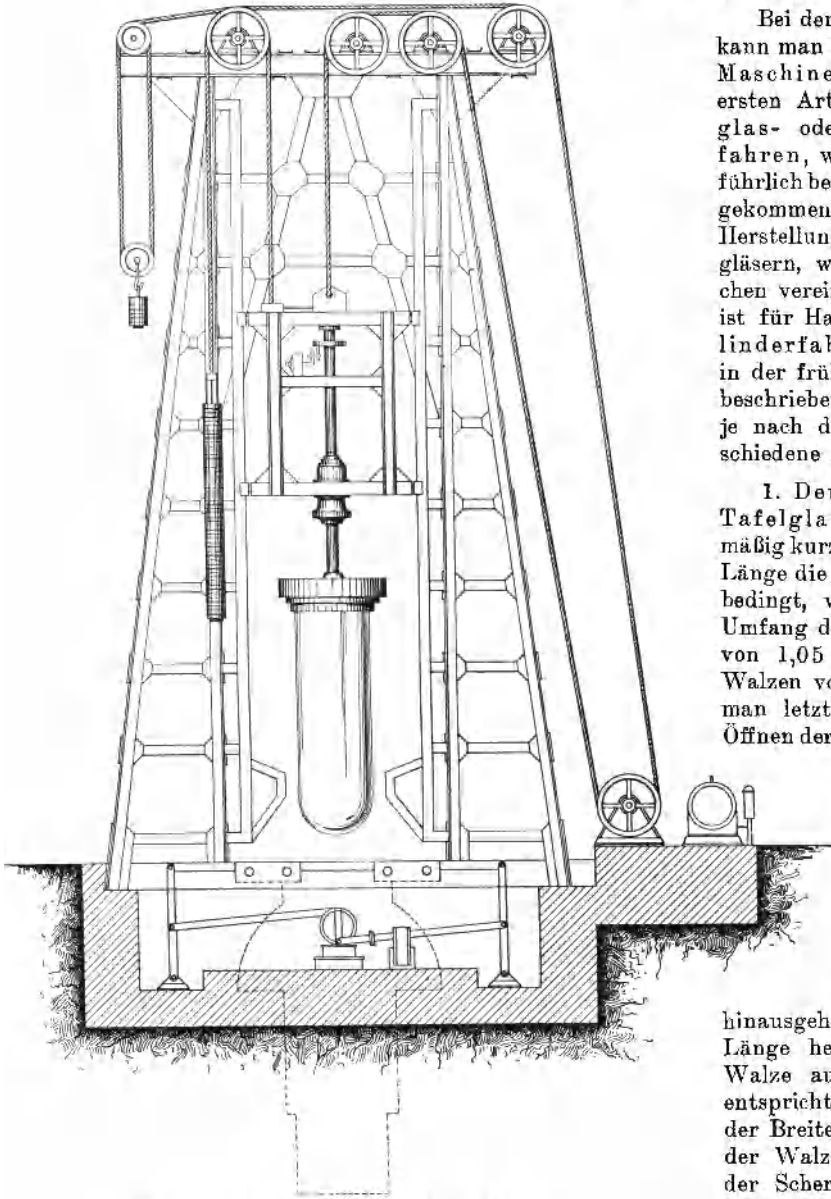
Die gewöhnlichen Schmelzfehler bei Fensterglas sind:

Galle, Sulfatsteine und gefärbter Schaum haben die Ursache gewöhnlich in einem Wechsel der Flammengase; dann muß der Kohle-, eventuell auch der Kalkzusatz geändert werden. Auch soll das Wannenglas täglich auf Sulfat geprüft werden; beträgt dessen Gehalt mehr als 1 Proz., so kann mit der Bildung von Steinen gerechnet werden.

Tonsteine können durch Zersetzung schlechter Wannensteine gebildet werden, aber auch durch zu

dichte Entnahme des Glases an den Kränzen. Entglasungssteine können durch mehrstündige höhere Erhitzung der Wanne, Schutz vor kalter Luft und Zusatz von Tonerde beseitigt werden. Ofentropfen entstehen durch Abtropfen von geschmolzenem Ton aus der Ofenkappe.

Fig. 249.



Sievert'sche Fensterglasmaschinen-Anlage.

Alle Steine sollen mittels eines petrologischen Mikroskops untersucht eventuell auch analysiert werden. Die Analyse eines Entglasungssteines ergab: 78,19 Kieselsäure, 4,48 Kalk, 1,15 Tonerde und Eisenoxyd, 15,66 Natron; die Analyse eines Ofentropfens ergab: 57,91 Kieselsäure, 578 Kalk, 1,04 Eisenoxyd, 1917 Tonerde, 15,69 Natron.

Schlieren und Rampen entstehen meist durch einen Wechsel in der Mischung, aber auch durch Lösung von Ton im Glase.

Eine eigentümliche Erscheinung ist das Erhärten des Glases in der Wanne, begleitet von einem Anwachsen des Kalkgehaltes; durch Verminderung desselben ist abzuhelfen. — Soweit dieser Bericht.

Bei der Herstellung des Fensterglases kann man heutzutage auch Handarbeit und Maschinenarbeit unterscheiden. Bei der ersten Art der Fabrikation ist das Mondglas- oder englische Crown-glas-Verfahren, wie es in der früheren Auflage ausführlich beschrieben wurde, fast ganz abhanden gekommen und wird höchstens noch für die Herstellung von sehr dünnwandigen Flachgläsern, wie z. B. mikroskopischen Deckgläschen vereinzelt angewendet. Meist verbreitet ist für Handarbeit die Walzen- oder Zylinderfabrikation, welche in ihrem Prinzip in der früheren Auflage ebenfalls ausführlich beschrieben wurde. Doch kann man hierbei je nach der Herstellung des Zylinders verschiedene Arbeitsverfahren unterscheiden.

1. Deutsch-böhmische (schlesische) Tafelglasarbeit. Es werden verhältnismäßig kurze, aber weite Walzen erzeugt, deren Länge die Breite der herzustellenden Glastafel bedingt, während der letzteren Länge dem Umfang der Glaswalze entspricht. Glastafeln von 1,05 m Länge verlangen daher schon Walzen von 33 cm Durchmesser, doch treibt man letzteren bis zu 0,5 m hinauf. Das Öffnen der Walzen erfolgt durch Durchblasen.

Die Arbeit ist für den Glasmacher höchst anstrengend, da er die weite Walze lediglich durch die Kraft seiner Lunge bzw. seiner Backenmuskeln aufzutreiben genötigt ist.

2. Rheinisch-französische Tafelglasarbeit. Es werden verhältnismäßig enge Walzen von großer, oft über 2 m hinausgehender, selbst 3 m erreichender Länge hergestellt, so daß die Länge der Walze auch der Länge der fertigen Tafel entspricht, die Weite der Walze entsprechend der Breite der Tafel wie vorher. Das Öffnen der Walze erfolgt durch Aufscheiden mit der Schere. Obwohl es schwierig ist, die langen Walzen genau gerade und von gleichem Durchmesser und gleicher Wandstärke zu erhalten, verdrängt doch das Verfahren die böhmische Methode mehr und mehr. Die Arbeit ist zudem viel weniger anstrengend, weil zur Verlängerung der Walze das Eigengewicht des Glases mitwirkt.

3. Die belgische Arbeitsmethode geschieht nach dem vorigen Verfahren, nur wird nicht an der Trommel aufgetrieben, wodurch infolge des

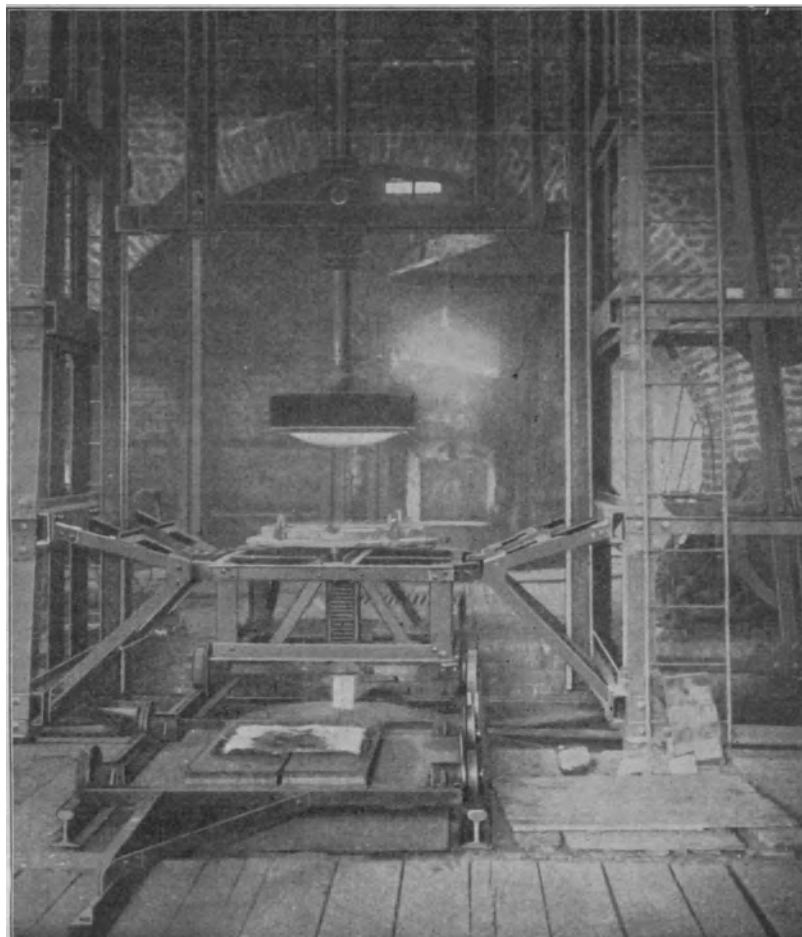
Wegfalls der Trommelöfen eine große Geldersparnis eintritt.

4. Die englische Arbeitsmethode, wobei am Hafenofer auf jeder Ofenseite immer nur ein Hafen leergearbeitet wird, damit das Glas in den anderen Häfen infolge Wärmeausstrahlung durch die Schafflöcher nicht zu zähe wird und durch die

gewandelt wird oder aber, indem direkt aus der flüssigen Glasmasse das flache Glasband gewonnen wird.

1. Das Sievertische Walzenzieh- und Blaseverfahren entsprechend der Sievertischen Herstellung von großen Hohlglaskörpern. Die gesamte Anlage zeigt schematisch die Fig. 249,

Fig. 250.



Maschinelle Herstellung von Fensterglas nach dem Sievertischen Walzenzieh- und Blaseverfahren.

beim Ausarbeiten hereingelangenenden Glasfäden nicht an Güte verliert.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Arbeitsverfahren siehe in dem Artikel „Von der Fabrikation des geblasenen Fensterglases“ im Sprechsaal 1913, Nr. 23.

Bei der maschinellen Tafelglasarbeit, zu welcher zum Teil schon in die Praxis eingeführte, zum Teil noch im Versuchsstadium befindliche Verfahren gehören, kann man zwei Methoden unterscheiden, indem entweder wie bei der Handarbeit zunächst auch ein Zylinder hergestellt und dann durch Zerschneiden und Strecken in Tafelglas um-

sie besteht aus einem etwa 10 m hohen Eisengerüst; in demselben befindet sich ein beweglicher Rahmen, welcher die Blaseplatte *B* trägt, zum Aufblasen der Walze; unter ihr im Hüttenboden versenkt ist die Feuertrömmel zum wiederholten Einwärmen der Walze. — Der Arbeitsgang, wie er durch die Fig. 250 und 251 sich darstellt, ist folgender:

Das Glas wird aus der Wanne geschöpft und in eine auf einem fahrbaren Gießtisch befindliche Eisenform gegossen. Der Tisch wird unter das Ziehgerüst gefahren und eine drehbare und mit Preßluftzuleitung versehene Blaseplatte auf die

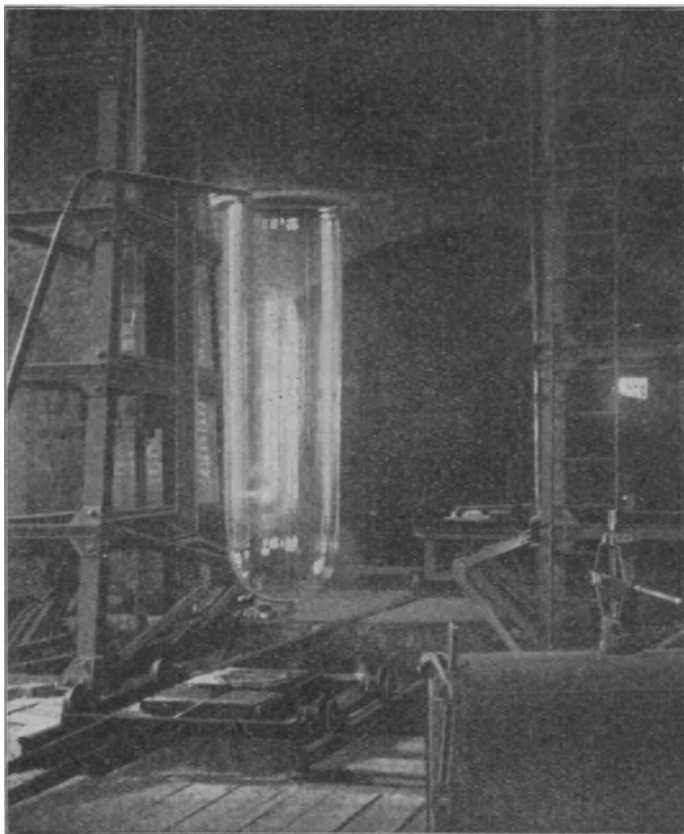
Glasmasse herabgesenkt. Haftet die Glasmasse genügend an derselben, so wird die Eisenform weggefahren. Die Glasmasse weitet sich nun zunächst zu einem flachen Beutel aus; derselbe wird in der im Hüttenflur befindlichen Feuergrube (Trommel) versenkt, wobei er sich aussackt, dann wieder ausgehoben. Gleichzeitig wird durch die Öffnungen der Blaseplatte Luft eingeblasen; das Einsenken, Anwärmen und Blasen wird wiederholt, bis die Walze die gewünschte Form angenommen hat, danach wird sie gestreckt. So werden z. B. Walzen von 62 cm Durchmesser und 2,5 mm

erfährt, hemmt die volle Erzeugungsmöglichkeit und die folgenden neueren Verfahren sind ihm so sehr überlegen, daß die Lebensarbeit Sieverts in dem Augenblick, da ihre volle Frucht reifte, bereits von anderen Erfindern überholt war.

2. Das Oppermann-Lubbersche Walzen-Aushebeverfahren. Im Jahre 1885 versuchte der belgische Glastechniker M. A. Oppermann, damals Ingenieur der Fensterglashütte von D. Fouet in Charleroi, ein Deutscher von Geburt, zunächst einen zylindrischen Körper wie bei der gewöhnlichen Tafelglasbläseerei zu gewinnen, indem er ein ringförmiges Fangstück auf die Oberfläche der Glasschmelze niedersenkte oder vielmehr eine Kappe mit senkrechtem Rande, welche mithin den oberen Deckel oder Abschluß des beim Anheben aus der Schmelze gezogenen Zylinders bildete. Oppermann verfolgte indessen seine Idee nicht weiter und auch einige 1897 von anderen Glasfachleuten angestellte Versuche blieben ohne dauerndes Ergebnis. Erst als 1900 J. H. Lubbers die Frage wieder aufnahm, wurde durch eine glückliche Verbesserung ein Fortschritt erzielt, so daß sich die amerikanischen Fensterglasfabrikanten zur weiteren Unterstützung entschlossen. Die später hierzu gegründete „American Window Glass Machine Compagny“ hat es dann bald soweit gebracht, daß schon 1910 nach diesem Verfahren mindestens 50 Proz. des in den Vereinigten Staaten hergestellten Fensterglases erzeugt wurden und heutzutage dort größtenteils, zudem auch in Europa vereinzelt nach diesem Verfahren gearbeitet wird. Die Maschinenanlage (s. Fig. 252 nach R. Dralle) besteht aus einem kleinen Ofen zum Erhitzen des Ziehhafens 3; darüber befindet sich das Gerüst zum Anheben der Ziehpfefe mit Luftzuführung.

Die Aushebemaschinen sind um eine kontinuierliche Schmelzwanne herum aufgestellt; das Glas selbst aber wird für jede Maschine in einen eigenen Ziehhafen ausgeschöpft. In die flüssige Glasmasse des Ziehhafens wird die Ziehpfefe, ein durchbohrter Eisenkolben mit Kühlschirm, eingetaucht und langsam emporgezogen und durch Einleiten von Preßluft aufgeblasen. Wenn der Zylinder eine Höhe von 6 bis 10 m erreicht hat, wird er unten von der Glasmasse getrennt, oben von der Pfeife abgesprengt und auf Tafelglas weiter verarbeitet. Das Ausheben eines Zylinders erfordert 15 bis 20 Minuten. Die Maschine bedingt allerdings eine ziemlich große Brennstoff- und Glasverschwendung, da es sehr viel Abfall gibt. Die Qualität des Glases ließ anfänglich viel zu wünschen übrig, besonders waren

Fig. 251.



Maschinelle Herstellung von Fensterglas nach dem Sievertschen Walzenzieh- und Blaseverfahren.

Dicke geblasen, und zwar 115 Stück in 8 Stunden Arbeitszeit.

Näheres vergleiche noch den Artikel „Die Fensterglasmaschine nach Sievert“ von Dr. Wendler im Sprechsaal 1912, Nr. 21, und das Spezialwerk „Das Sievertsche Tafelglasverfahren“ von J. Klein, 1918.

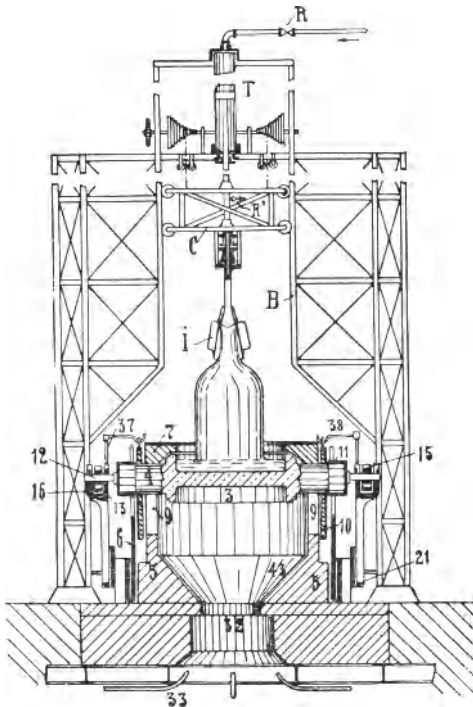
Neuerdings wird zu dem Sievertschen Verfahren bemerkt: Es ist vor dem Weltkriege zu voller technischer Brauchbarkeit entwickelt gewesen. Aber der enge Anschluß an den Werdegang, welchen das Fensterglas bei der Handarbeit

die Tafeln ungleichmäßig dick und von zahlreichen Blasen durchsetzt. Jetzt aber sind alle diese Schwierigkeiten größtenteils behoben, so daß das

Verfahren jetzt brauchbares, marktfähiges und selbst gutes Fensterglas liefert.

Nähere Einzelheiten siehe noch in Spezialabhandlungen im Sprechsaal 1912, Nr. 10 ff.; 1913, Nr. 47/48 und 1914, Nr. 19, meist von Dr. Wendler.

Fig. 252.



Oppermann-Lubbers Tafelglasverfahren.

3. Das Fourkaultsche Plattenziehverfahren. Der gerade Weg zur Herstellung von Tafelglas besteht in der Umgehung der Zylinderfabrikation, indem aus der flüssigen Glasmasse direkt Tafelglas gezogen wird. Diesbezügliche Versuche reichen bis auf das Jahr 1857 zurück, aber erst dem Belgier Fourkault und dem Amerikaner Colburn, sowie auf letzterem Verfahren weiterbauenden Männern gelang es, dieselben auch in die Praxis überzuführen. Zunächst das Fourkaultsche Verfahren zeigt Fig. 253 bis 255 und Beschreibung nach R. Dralle.

Hierbei wird aus der flüssigen Glasmasse unter Umgehung der Walze direkt eine Glastafel gezogen. In der flüssigen Glasmasse eines Vorherdes von einer kontinuierlichen Schmelzwanne schwimmt eine sogenannte Ziehdüse, d. i. ein länglich-viereckiger, feuerfester Trog mit einem länglichen Schlitz in der Mitte. Diese Ziehdüse wird so in die Glasmasse eingedrückt und festgehalten, daß aus ihrem Schlitz das Glas in Bandform hervorquillt. Dieses Glasband wird sofort mit einem sogenannten Fangstück, d. i. entweder eine Eisen-schiene oder eine Drahtglastafel von entsprechender

Fig. 254.

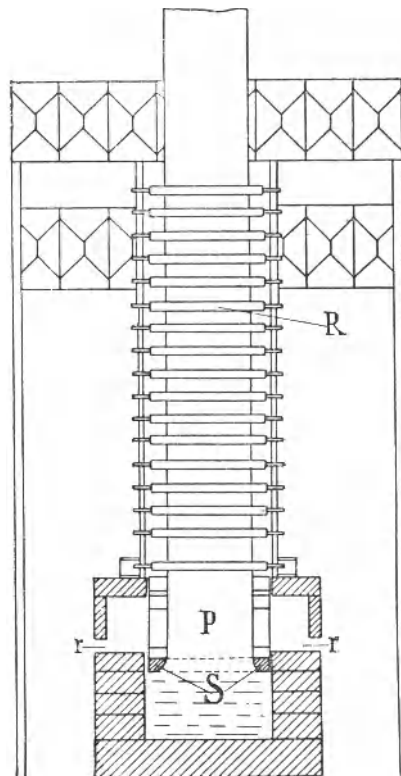
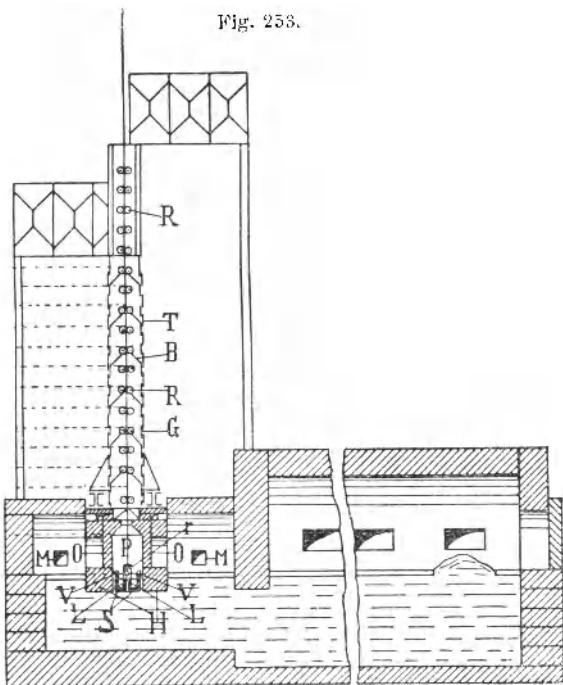


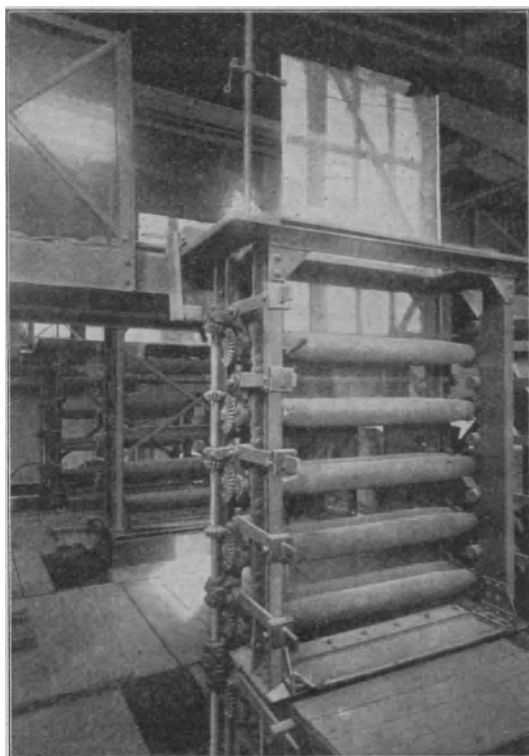
Fig. 253.



Fourkaultsches Tafelglasziehverfahren.

Form, gefaßt und emporgehoben; immer neues Glas wird nachgezogen, das Glasband kühlt sich ab und erstarrt und wird dann in bestimmter Höhe von Asbestrollen *R* gefaßt und in einen Kühlschacht emporgezogen; am oberen Ende desselben wird das nunmehr bereits fertiggestellte Glasband fortwährend in einzelne Tafeln zerlegt. Die Geschwindigkeit bei der Herstellung von 2 mm starkem Glas beträgt 25 m stündlich, entsprechend einer Monatsproduktion von 10 000 qm 1 bis 1,25 m breiten und 1,8 mm starken Glases. Große Mengen so hergestelltes Fensterglas wurden bereits verkauft, ohne das ein Unterschied von geblasenem

Fig. 255.



Ankunft der fertigen Tafel im oberen Teile der Maschine.

Glas bemerkt wurde; auch Spiegelglas kann nach diesem Verfahren erzeugt werden, es ist schön glänzend und sehr eben, so daß wenig weggeschliffen werden muß. Ein Mangel, der aber jetzt auch beseitigt sein soll, sind die in der Ziehrichtung verlaufenden Längsstreifen. Der Internationale Spiegelglas-Verband hat das Monopol der Fourkaultschen Patente für Spiegelglas übernommen. Fourkault hat nach neuesten Berichten nicht nur in der ganzen übrigen Welt seine Maschinen aufgestellt, sondern sogar in Amerika in drei Fabriken festen Fuß gefaßt.

4. Das Colburnsche Verfahren und die Libbey-Owens-Maschine. Bei diesem Ver-

fahren bestehen insofern Abweichungen von der Fourkaultschen Methode, als einmal das Glas nicht von unten nach oben durch eine Ziehdüse emporgedrückt, sondern wirklich mittels hakenartiger Werkzeuge emporgezogen wird; ferner fördert die einmal entstandene Tafel Colburn nicht wie Fourkault in einen senkrechten Kühlschacht empor, sondern er läßt das Glasband in einen sich wagerecht erstreckenden Oberofen eintreten und dort um eine große Biegelwalze im rechten Winkel herumgehen, so daß es im weiteren in wagerechter Richtung durch eine geeignete Mitnehmevorrichtung fortbewegt und in einen Kühlkanal eingeführt werden kann. Die Gesamtanlage ist aus Fig. 256 und 257 ersichtlich (nach R. Dralle, nähere Beschreibung siehe dortselbst). Eine Libbey-Owens-Maschine liefert in 24 Stunden etwa 20 000 qm Glas.

Bemerkung. Sehr verlockend erscheint der Vorschlag, das Glas aus dem am Boden eines Behälters angebrachten Schlitz kontinuierlich auslaufen zu lassen, zwecks vorläufigen Ausziehens und Erstarrens auf einer schiefen Ebene und sodann zwischen Walzenpaaren fortzubewegen in einen Kühllofen; eine solche Vorrichtung betrifft das D. R.-P. Nr. 267 586. Eine ausführliche Darstellung dieses Verfahrens siehe in der Abhandlung „Krieg und Glasfabrikation“ von P. Simon-Sulzbach (Saar) in der Zeitschrift „Diamant“ 1917, Nr. 9 bis 11 (auch als Sonderdruck erhältlich).

Eine neuere Darstellung der anderen Methoden mechanischer Tafelglasarbeit siehe ebenfalls in ebengenannter Zeitschrift 1916 und 1917; ein Vergleich der Produktionskosten zwischen Handarbeit und Maschinenarbeit in der Tafelglasherstellung findet sich bei R. Dralle, l. c., 2. Bd. — Jedenfalls wird in der kommenden Zeit die Glaswelt Zeuge eines lebhaften Wettbewerbs der einzelnen Verfahren sein, die ihrerseits gegen die Handarbeit ankämpfen.

Das Strecken und Kühlen des Fensterglases, wie es handgeblasen oder maschinell zunächst als Zylinder oder Walze entsteht, erfolgt heutzutage ausschließlich in dem kontinuierlichen Kühllofen nach System Bievez, wie er schon in der früheren Auflage beschrieben wurde. Freilich sind inzwischen an den Einzelheiten zahlreiche Verbesserungen vorgenommen worden, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann. Eine wichtige Neuerung findet sich in dem späteren Bericht über schwaches gegossenes Spiegelglas erwähnt. Außerdem sei noch auf folgende neuere Abhandlungen hingewiesen:

„Streckofen und Sortieren“ von P. Walter im Sprechsaal 1909, Nr. 43 und 44. „Über die Anlage und den Betrieb der Strecköfen“ von H. Knoblauch im Sprechsaal 1910, Nr. 45 und 46. „Holz- oder Gasstrecken“ von P. Walter im Sprechsaal 1910, Nr. 23. „Über das Strecken des Tafelglases und die Streckfehler“ von O. Schrenk im Sprechsaal 1922, Nr. 24.

Bemerkenswert ist, daß der kreisrunde Streck- und Kühllofen von Chance, wie er in der früheren Auflage dieses Werkes ausführlich beschrieben und abgebildet ist, in ähnlicher Ausführung von Baldermann in einem Artikel „Runde Streck- und Kühllofen für Tafel- und Flaschenglas“ im Sprechsaal 1920, Nr. 42, neuerdings empfohlen wird.

und Spiegelglas folgender Satz angegeben: 100 kg Sand, 40 kg Kalkstein, 40 kg Sulfat, 1,1 kg Holzkohle, 4 kg Soda. Dem Verf. ist etwa folgender Satz, hauptsächlich für Ornament- und Drahtglas, bekannt geworden: 100 kg Sand, 38 kg Kalkstein, 27 kg Soda.

Der allgemeine Arbeitsgang, insbesondere bei der Fabrikation der großen Spiegelglastafeln, ist

Fig. 256.

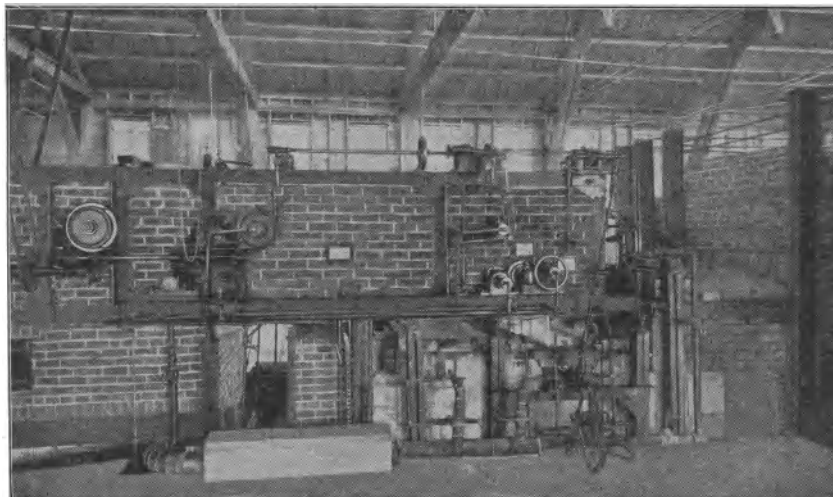
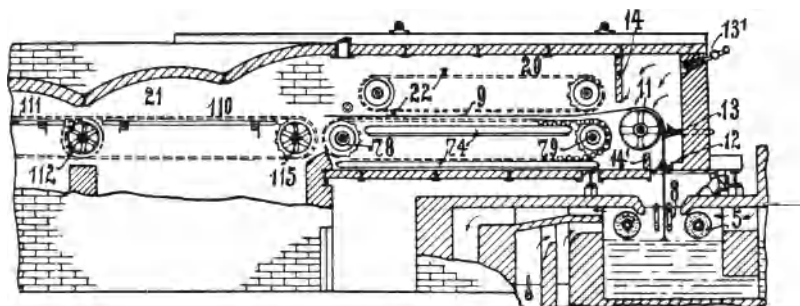


Fig. 257.



Colburns-Libbey-Owens Tafelglasverfahren.

IV. Spiegelglas, Rohglas, Kathedral- und Ornamentglas, Drahtglas.

Zum Unterschied von den vorigen Glassorten und ihren Herstellungsverfahren geschieht die Fabrikation dieser Gläser durch einen Guß- und Walzprozeß. Nur vereinzelt wird heutzutage dünnes Spiegelglas geblasen, d. h. nach Art des gewöhnlichen Fensterglases mittels des Zylinderverfahrens gewonnen; aber auch an dessen Stelle tritt in der letzten Zeit das schwache, gegossene Spiegelglas (s. später).

Was speziell die Zusammensetzung dieser Glassorten betrifft, so sind sie heutzutage meistens noch kalkreicher eingestellt als das geblasene Fensterglas; so wird z. B. für gegossenes Roh-

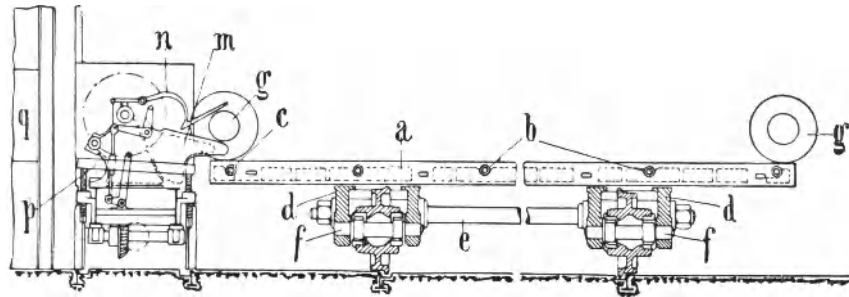
in der früheren Auflage ausführlich beschrieben, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Inzwischen hat natürlich gerade die Maschinenteknik, welche bei diesem Glaszweig eine Hauptrolle spielt, zahlreiche Fortschritte gebracht. Neben vielen anderen Einrichtungen hat sie vor allem fast automatisch wirkende Gießkrane für die Bewegung der Häfen geschaffen, die unter dem geringsten Kraftaufwand die schweren Glasmassen (3 bis 4 t) zu bewegen und in der Bewegung zu beherrschen ermöglichen. Während man in den ersten Jahrzehnten der Spiegelglasherstellung zufrieden war, wenn mit einem Guß wenige Geviertmeter erzeugt werden konnten, werden jetzt annähernd 50 qm auf einmal gegossen, in einzelnen Fällen noch mehr. Das bedingte eine

größere Anzahl von Häfen im Ofen, größere Gießtische und größere, sowie auch anders konstruierte Kühlöfen (s. später). Gerade auch in der Vervollkommnung der Gieß- und Walzvorrichtungen hat die moderne Maschinenteknik viele Verbesserungen erzielt. Nachfolgend sei nur eine neuere Guß- und Walzmaschine nach R. Dralle, l. c., abgebildet und kurz beschrieben (Fig. 258).

Der Walztisch *a* ist auf Gleisen verschiebbar; rechts über dem Tische auf erhöhten Randleisten liegt die Walze *g*. An den Walzenachsen befestigte Drahtseile führen nach links zu einem Hilfswagen, der zwischen dem Kühllofen 9 und dem Walztisch steht; dieser Wagen trägt den Elektromotor zum Antrieb des Ganzen. Die Walze kann über die Tischplatte auf die schiefe Ebene *m* emporgezogen werden, um die fertige Glastafel darunter hinweg in den Kühllofen einzuschleppen. Um den Gießtisch gegen die Hitze der gewaltigen, auf einmal darauf

glas zu gießen versucht, was aber vor allem in der Kühlung scheiterte. Vor dem Kriege hat eine bayerische Glashütte die Versuche wieder aufgenommen und erzielt nunmehr ein Erzeugnis von einwandfreier Qualität. Auch die Herzogenrather Hütte bei Aachen hat selbständig Versuche angestellt und fabriziert nach ihrem Verfahren ein Qualitätsglas. Nachfolgend sollen das Herzogenrather und das bayerische dreiviertelweiße Verfahren kurz beschrieben werden. Herzogenrath arbeitet mit großen Häfen und der sonst für starkes Spiegelglas üblichen Einrichtung; wesentliche Abänderungen sind vor allem ein bedeutend größerer Gießtisch mit schwerer Walze, sowie die Zerteilung der etwa 50 bis 60 qm großen und 7 mm starken Tafel sogleich nach dem Auswalzen in mehrere für sich zu kühlende Abschnitte. Dagegen arbeitet das dreiviertelweiße Verfahren mit kleineren Häfen, so daß einer derselben 4 bis 10 qm 7 mm starkes

Fig. 258.



Gieß- und Walzmaschine für Spiegelglas.

ausgegossenen Glasmasse, oft 1000 bis 1500 kg, widerstandsfähig zu machen, gibt man ihm bei 8 bis 9 m Länge und 5 m Breite oft eine Dicke von 20 cm. Damit kein Verziehen des Tisches stattfindet, setzt man ihn aus einzelnen, oben glatt gehobelten, eisernen Balken zusammen. — Die Oberflächen der Tafeln sind nie eben, sondern rau und wellig, besonders auf der Unterseite; alle Bemühungen, sofort ebene, glänzende Oberflächen wie beim geblasenen Glas zu erhalten, sind bis jetzt erfolglos geblieben.

Wie schon erwähnt, wird heutzutage schwaches Spiegelglas nicht mehr bloß nach dem Zylinderverfahren von Hand gearbeitet, sondern auch gegossen. Unter dem Titel „Schwaches, gegossenes Spiegelglas“ findet sich hierüber eine ausführliche Abhandlung im Sprechsaal 1919, Nr. 27, der folgende Mitteilungen entnommen seien.

Das gegossene Spiegelglas ist gegenüber dem geblasenen sogenannten dreiviertelweißen Spiegelglas durch seinen großen Flächeninhalt von 20 qm überlegen, weil der Glasbläser Tafeln über 1 qm nicht herstellen kann; andererseits wird gegossenes Spiegelglas nicht unter 10 mm Stärke gewonnen, weshalb viel abgeschliffen werden muß, wenn dünnes Spiegelglas verlangt wird. Zuerst hat vor etwa 50 Jahren eine böhmische Hütte schwaches Spiegel-

Gußglas liefert; dafür aber wird auf einem Ofen in 24 Stunden zweimal gegossen. Das schwache gegossene Spiegelglas macht die Handarbeit und damit vor allem einen geübten, hochbezahlten Arbeiterstamm überflüssig; ausschlaggebend aber ist, daß sich die Erzeugung des geblasenen Glases zu derjenigen des gegossenen Glases bei gleichem Kohlenverbrauch wie 1:1½ bis 2 stellt. Wenn bei der Gußspiegelfabrikation bis 50 Proz. nicht belegfähige Ware erzeugt wird, so macht das bei starken Nachfragen auch nach dieser Sorte für Verglasung nichts aus. Besonders hat das starke Glas die Gegnerschaft des schwachen bei der gebräuchlichen Verglasungsware für Waggon- und Autoscheiben usw. zu fürchten, weil für diese Zwecke vom starken Glas zuviel abgeschliffen werden muß. — Die Anlage zur Erzeugung von starkem Gußglas nach dem Herzogenrather Verfahren kommt bedeutend höher zu stehen als eine solche für schwaches gegossenes Spiegelglas. Dieser scheinbare Vorteil wird jedoch durch die ökonomische Arbeit des Herzogenrather Verfahrens glatt aufgehoben. Zur Steigerung der Produktion in gegossenem Spiegelglas wird empfohlen, nach dem Vorbild der Eisenindustrie das Vorschmelzen in besonderen Öfen vorzunehmen.

Weitere „Betrachtungen über das Gießen von schwachem Spiegelglas“, insbesondere über Walzvorrichtung und Streckofen, finden sich von Ingenieur G. Schulte in Köln-Ehrenfeld im Sprechsaal 1924, Nr. 1. Hier wird vor allem darauf hingewiesen, daß es auf Grund praktischer Erfahrungen durchaus möglich ist, auch aus Wannöfen Spiegelglas in guter Qualität zu gießen. Ein bekanntes bayerisches Spiegelglaswerk hat mit dem Schöpfen aus der Wanne recht gute Resultate erzielt; dabei wurde das Glas aus der Wanne in einen drehbaren Hafenofer geleitet, und zwar durch eine Rinne in einen Hafen, der auf der drehbaren Bank des Abfüllofens steht. Ist der Hafen gefüllt, so wird die Bank weiter gedreht, bis der Hafen vor der Entnahmetür des Ofens anlangt, wo er mittels einer Zange herausgenommen und in die Walzmaschine ausgegossen wird. Bei dieser Maschine wird das Glas nicht auf einem Walztisch mittels einer Walze ausgeebnet, sondern nur zwischen Walzen, wobei das Glas normalerweise zwischen zwei Walzenpaaren durchgeht; der vorgelagerte Tisch dient nur zur Aufnahme der so erhaltenen Tafel, er besteht aus feuerfesten Steinplatten. Auch zum Strecken bzw. Kühlen verwendet man Kühlöfen neueren Systems. Der Hauptunterschied gegenüber den älteren, einfachen Öfen besteht darin, daß sich im Kühlkanal zwischen den Roststäben keine Steinmauerung mit Schamotteabdeckplatten befindet, sondern ein zweiter eiserner Rost als Auflage für die Glastafeln. Um eine gleichmäßige Erwärmung der Glastafeln von oben und unten zu erzielen, und so z. B. einem Verziehen der Glastafeln vorzubeugen, ist auch Unterfeuerung vorhanden. Auch die Anordnung des ganzen Hebwerkes ist stabiler und leichter.

**Gemustertes Tafelglas,
wie Ornament- und Kathedralglas,
Opaleszent- und Marmorglas.**

Was zunächst die Zusammensetzung dieser Glasarten betrifft, so seien hier aus einer der unten genannten Abhandlungen folgende Sätze angeführt:

Für Kathedral- und Ornamentglas: 100 kg Sand, 20 kg Kalkspat, 35 kg Soda.

Für Opaleszentglas: 100 kg Sand, 20 kg Flußspat, 30 kg Feldspat, 35 kg Soda, 10 kg Mennige, 2 kg Borax, 5 kg Salpeter; die drei letzten Bestandteile werden aber heutzutage gewöhnlich weggelassen.

Ornamentglas (auch Rohglas, gerippt und gerautet) ist ein gegossenes und gewalztes Tafelglas mit gerippten, rautenförmigen, prismatischen, blatt- oder blumenförmigen Verzierungen, welche dadurch erreicht werden, daß das gewünschte Muster entweder in die Platte des Gießtisches oder, was billiger ist, in die Walze eingraviert ist, eventuell ist beides der Fall. Ist die Platte des Gießtisches bloß gewellt, so entsteht das sogenannte Kathedralglas für Kunstverglasungen. Opaleszentglas ist

ein gewalztes Zierglas; es besteht aus einem mehr oder weniger getrübbten Grundglas, in welches beim Ausgießen verschiedenfarbige, transparente Gläser hineingemischt werden.

Die Walzeinrichtungen zur Herstellung dieser Glassorten sind einfacher und kleiner als für das gewöhnliche Spiegelglas, ähnlich denen für schwaches, gegossenes Spiegelglas (s. d.).

In dem Walztisch ist das Muster eingraviert, welches die Glasoberfläche erhalten soll; die Unterseite wird durch Eintauchen in einen Kühlkasten meist gekühlt, sehr oft werden auch die Walzen gekühlt, die Abmessungen des Walztisches sind etwa 1 bis 1,20 m breit und 3,50 bis 4 m lang.

Bei den neueren Maschinen ist das Muster, weil billiger, nicht mehr auf dem Walztisch, sondern nur auf der Walze angebracht. Überhaupt sind die neuesten Vorrichtungen, ähnlich wie beim schwachen gegossenen Spiegelglas erwähnt, reine Walzmaschinen, d. h. das Glas wird durch ein erstes Walzenpaar, in das man es einlaufen läßt, geglättet, dann tritt die so erhaltene Tafel sofort zwischen ein zweites Walzenpaar, welches das Muster in die Tafel einpreßt. Der Gießtisch dient nur mehr zum Auffangen der gewalzten Tafel (siehe letzten Artikel aus dem Sprechsaal).

Erwähnt sei noch, daß die Zuführung der benötigten Glasmasse zu den Walzmaschinen nicht mittels der ganzen Häfen, sondern durch größere eiserne Schöpfkellen erfolgt, mit welchen das Glas den Häfen — für besseres Glas — oder den Wann — für gewöhnliches Glas — entnommen wird.

Drahtglas ist gegossenes Tafelglas von der Zusammensetzung des gegossenen Rohglases, in welchem zur Erhöhung der Festigkeit und Feuer-sicherheit verschiedenmaschige, seltener parallellaufende Drahtnetze eingelassen sind. Um eine vollkommene Einbettung zu erzielen, muß das Glas recht heiß verarbeitet werden; ferner muß das Drahtnetz eine völlig blanke Oberfläche haben, weshalb meist weicher Stahldraht, manchmal auch leicht verzinkt, verwendet wird. Die Versuche zur Herstellung von Drahtglas liegen weit zurück. Schon aus dem Jahre 1857 stammt ein englischer Versuch, 1886 bemühen sich Franzosen darum. Erst 1888 meldet A. Tenner in Deutschland ein neues Verfahren zum Patent an, welches durch die Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie vorm. F. Siemens in Dresden in die Praxis eingeführt wurde und großes Aufsehen erregte. Weiter erhielt in Deutschland ein Patent P. Th. Sievert, welches von der gleichen Gesellschaft ausgebeutet wurde. Dann kamen der Amerikaner F. Schuman und der Franzose L. Appert. Die in die Praxis übergegangenen Verfahren lassen sich auf drei Schemata zurückführen:

Bei seiner Herstellung wird entweder das Drahtnetz zwischen die beiden besonders gewalzten Hälften der fertigen Tafel eingelegt

(Tenner, Appert), oder es wird auf die ganze ausgegossene Glasmasse aufgelegt und hineingewalzt (Armstrong, Schuman), oder es wird umgekehrt das geschmolzene Glas in das auf dem Gießtisch liegende Drahtnetz hineingewalzt (Hyatt, Sievert). Drahtglastafeln können natürlich auch geschliffen und poliert werden.

„Die maschinelle Herstellung von Drahtglas“ findet eine ausführliche Beschreibung mit zahlreichen Abbildungen von R. Simon-Köln in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ 1924, Nr. 21. Zunächst wird die Entwicklung des Verfahrens dargestellt, mit dem

Fig. 259.

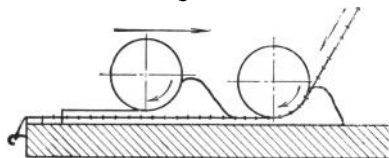


Fig. 260.

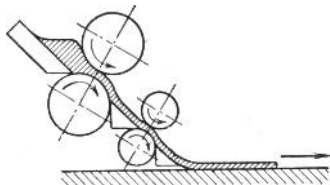


Fig. 261.

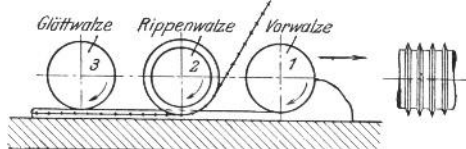
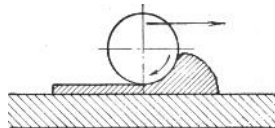


Fig. 262.



Schematische Darstellung der Drahtglasherstellung.

Ergebnis, daß sich nach mancherlei Mühen und Fehlschlägen in der ersten Hälfte der neunziger Jahre zwei wesentlich voneinander verschiedene Methoden herausbildeten, die in der Praxis sich gut einführen und nach denen bis heute noch gearbeitet wird. Am 20. September 1892 wurde dem Amerikaner Frank Schuman in Philadelphia das D. R.-P. Nr. 83081 erteilt; ferner erhielt der Franzose Léon Appert in Clichy (Seine) am 31. Oktober 1893 das D. R.-P. Nr. 81426. Während Schuman das Drahtgewebe in der frisch vorgewalzten Glas- tafeln vermittelt einer Rippenwalze eindrückt und die in der Glasoberfläche dabei entstandenen Rillen

und Eindrücke durch eine nachfolgende Glättung zudrückt (Fig. 259), walzt Appert in einem Zuge in unmittelbarer Folge zwei Glasschichten aufeinander aus, wobei das Drahtgewebe zwischen die beiden Schichten eingebettet wird (Fig. 260). Die in den achtziger Jahren von vielen Seiten unternommenen Versuche bewegten sich alle auf Appertscher Grundlage; doch stellt das ältere Schumansche Verfahren eine neuere und großzügigere Lösung der Drahtglasherstellung dar. Als Hauptvorteil des Appertschen Verfahrens wird das Erhalten einer völlig glatten Oberfläche der Glasschicht sowie das völlig zwanglose Einlegen des Drahtgewebes angesehen, während nach Schuman durch die Rippenwalze und das einzudrückende Drahtgewebe ein Zerreißen der einmal schon gebildeten Oberfläche stattfindet, was erst durch nochmaliges Übergehen mit der Glättwalze behoben werden muß. Während jedoch beim Arbeiten nach Schuman für das Auswalzen einer Glastafel nur einziger Guß nötig ist, muß nach Appert zweimal gegossen werden; das ist ein großer Nachteil des Appertschen Verfahrens, daß es eine geübte Arbeiterschaft erfordert und den Betrieb erschwert. Allerdings können nach dem Appertschen Verfahren leicht sehr dünne Drahtglastafeln hergestellt werden, was nach Schuman nicht ohne weiteres möglich ist. Allein im Laufe der Jahre wurden die Schumanschen Maschinen so ausgebildet, daß diese Nachteile nicht mehr in Erscheinung treten, weshalb heute das Schumansche Verfahren das von Appert vielfach verdrängt hat.

Da Drahtglas eine besondere Art von Flachglas ist, so sind seine Herstellungsverfahren hinsichtlich des Auswalzens der Glasschicht dieselben wie bei jenem; die einzelnen Auswalzverfahren lassen sich nach den verschiedenen hierbei angewandten Prinzipien wie folgt unterteilen:

I. Auswalzen der Glastafel mittels Walze auf einer Platte (Walztisch), s. Fig. 261. Dabei kann man wieder unterscheiden: 1. Fester Walztisch mit darüber hinwegrollenden Walzen; 2. beweglicher Walztisch, nur umlaufende Walzen mit darunter sich hinwegbewegendem Walztisch.

II. Auswalzen der Glastafel nur zwischen Walzen (Walzmaschinen), siehe Fig. 262. Dabei kann man wieder unterscheiden: 1. Walzmaschine mit feststehendem Aufnahmetisch und hinüberlaufender Walzvorrichtung; 2. Walzmaschine mit beweglichem Aufnahmetisch, nur umlaufende Walzen (Walzvorrichtung selbst fest) und darunter hinweglaufendem Aufnahmetisch.

Jedes der aufgeführten Walzverfahren kann nach Schuman oder nach Appert ausgeführt werden; so ergeben sich insgesamt acht verschiedene Arbeitsweisen für die Herstellung von Drahtglas, auf die nun aber hier in den Einzelheiten nicht näher eingegangen werden kann.

Nur einige Neuheiten auf dem Gebiet des Drahtglases müssen noch nachgetragen werden. Zur Herstellung eines hochwertigen Spezial-

drahtglases (Spiegeldrahtglases) haben Amerikaner ein besonderes Verfahren (D. R.-P. Nr. 164360 vom 9. Mai 1903) angegeben zur Vermeidung des Schwarzwerdens der Drahteinlage, welches auf einer Oxydation durch das heiße Glas beruht. Besonders in Amerika stellt man ein prachtvolles Spiegeldrahtglas mit silberweißer Drahteinlage her, das sogar für Schaufenster verwendet wird; aber auch die Schlesische Spiegelglasmanufaktur C. Tielsch in Altwasser bringt ein ähnliches Produkt auf den Markt.

Zum Schlusse wird noch das sogen. Überwalzverfahren erwähnt, bei welchem die Glasmasse durch das Drahtgewebe hindurchgewalzt wird, wobei dieses in entsprechenden Abständen gehalten wird (Vereinigung der Vorteile des Schumanschen und des Appertschen Verfahrens, Patente von J. Sievert und M. Baumgärtel in Dresden); allein die Schwierigkeiten dieses Verfahrens sind noch groß. Doch ist ein nach diesem Verfahren hergestelltes marktfähiges Erzeugnis das sogen. Chauvel-Drahtglas mit parallel verlaufender Drahteinlage der A.-G. der Spiegelmanufakturen und chemischen Fabriken St. Gobain, Chauny und Airey und das Weltdrahtglas (Ersatz für Wellblech) der Pennsylvania Wire Glass Company in Camden (New Jersey).

Die Schlußbemerkung des Verfassers geht dahin, daß die heutigen Verfahren der Drahtglasherstellung noch nicht vollkommen sind und hier der technischen Wissenschaft immer noch ein reiches Feld der Betätigung bleibt.

Kurz zu erwähnen sind noch Versuche, Drahtglas mit einzelnen parallelen Drähten herzustellen, ferner ähnlich dem Fourkaulischen Ziehverfahren Längsdrähte einzulegen.

Die Kühlung der besprochenen Glassorten erfolgt heutzutage fast ausschließlich in kontinuierlichen Kanalkühlöfen ganz ähnlich wie bei dem Fensterglas. Nur für dickwandiges Roh- und Spiegelglas wurde speziell in Deutschland noch vor verhältnismäßig kurzer Zeit der Einzelkühlöfen verwendet. Es gelang zwar mit der Zeit, die Kühldauer von ursprünglich 48 Stunden auf 24 Stunden herabzudrücken, aber trotzdem mußte eine Hütte, die 32 Häfen täglich goß, mindestens 64 Kühlöfen haben, die große Arbeit erforderten. Diese Übelstände werden durch den kontinuierlichen Kühlöfen, den von Amerika übernommenen „Strakou“, beseitigt, welcher die Platten 3 Stunden nach dem Guß an die Schneidestube abgibt. Der Ofen (Fig. 263 u. 264) besteht aus fünf zusammenhängenden Kammern von 4 bis

5 m Breite und 6 bis 9 m Länge, welche jedes Glas durchwandern muß, ehe es hart wird, hieran schließt sich dann erst der eigentliche Kühlkanal von etwa 100 m Länge mit einer Transportvorrichtung ähnlich der Fensterglaskühlöfen. Das Glas liegt nicht auf einer festen Sohle, sondern schwebt auf Fahrschienen, so daß das Feuer von beiden Seiten Zutritt¹⁾. Die Kohlenersparnis beträgt 40 bis 50 Proz. Auch weist das Glas eine

Fig. 263.

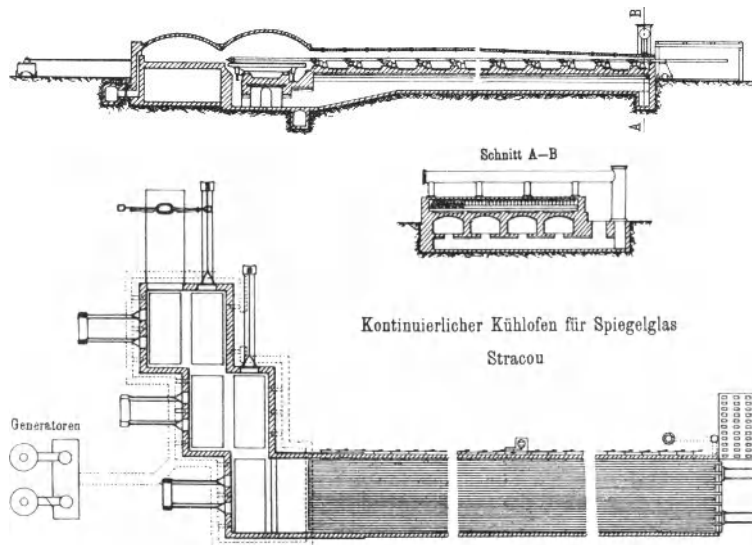
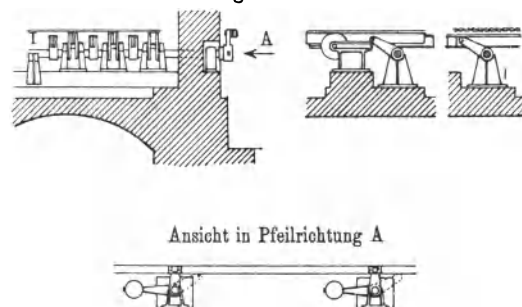


Fig. 264.



bessere Planimetrie auf, so daß der Schleifprozeß abgekürzt werden kann.

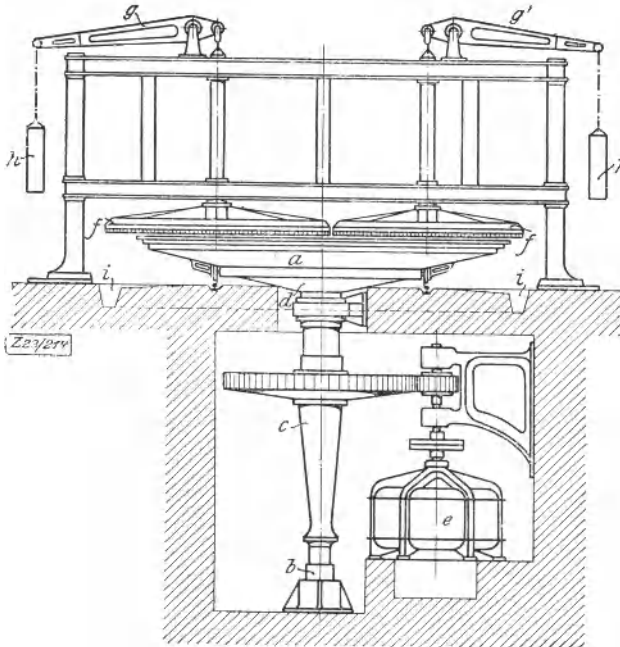
Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch auf einige neuere Abhandlungen über diese Glassorten verwiesen:

- „Anlagekosten, Kalkulations- und Rentabilitätsberechnung für eine Ornament-, Cathedral-, Roh- und Drahtglasfabrik“ von M. Reiboldt, im Sprechsaal 1910, Nr. 24 und 25.
- „Von der Fabrikation des gewalzten Tafelglases“, im Sprechsaal 1910, Nr. 38 und 39.
- „Anlage und Betrieb der Tafel- und Gußglashütten“ von H. Schall, in der Keram. Rundschau 1916, Nr. 38 und 40.

¹⁾ Vgl. auch die kurze Beschreibung eines modernen Kühlöfens für schwaches, gegossenes Spiegelglas im vorigen Artikel.

Das Schleifen und Polieren des Spiegelglases. Um geblasenes und gegossenes, allenfalls auch gezogenes Tafelglas vollständig ebenmäßig und glänzend zu erhalten, müssen die rohen Tafeln noch einem Schleif- und Polierprozeß

Fig. 265.



Schleifvorrichtung für gegossenes Spiegelglas.

unterworfen werden. Das allgemeine Prinzip des Verfahrens ist in der früheren Auflage ausführlich beschrieben, dagegen wurden inzwischen in den maschinellen Schleif- und Polieranlagen große Fortschritte gemacht. Zu deren Darlegung sei eine ausführliche Abhandlung „Das Schleifen und Polieren von Spiegelglas“ mit zahlreichen Abbildungen von A. Schild in Mannheim-Waldhof in der glastechnischen Sondernummer 22, 1923 der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ benutzt. Nachdem der Grundsatz des Schleifens, besonders auch im Vergleich mit der Metallindustrie, auseinandergesetzt und die verschiedenen, allmählich fortschreitenden Prozesse des Rau- und Feinschleifens an mikroskopischen Glasbildern gezeigt wurden, wird darauf hingewiesen, daß erstmalig im Jahre 1862 an Stelle der bis dahin fast ausschließlich gebrauchten Zugschleifstände die Firma T. E. Earnshaw & Co. in Nürnberg die modernen Rundschleifapparate baute. Der Aufbau derselben wird folgendermaßen beschrieben und durch Fig. 265 veranschaulicht.

Der gußeiserne runde Tisch *a* von 10 m Durchmesser und 78,5 qm Oberfläche bei einem Gewicht von etwa 38 Tonnen ist auswechselbar und kann mittels Räder auf Gleisen verfahren werden, um

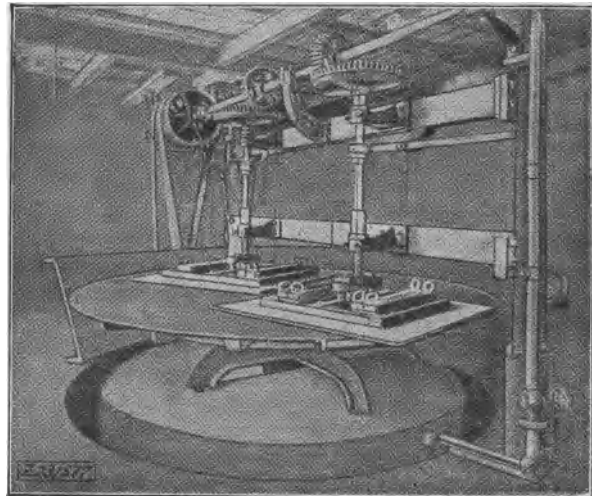
den Tisch außerhalb der Schleifmaschine mit Glas belegen zu können, während die Maschine einen eingefahrenen Tisch bearbeitet; die Befestigung der Gläser auf dem Tisch erfolgt mit Gips. Mittels der samt ihrem Spurlager *b* in senkrechter Richtung verschiebbaren Königswelle *c* und des Tragsternes *d* wird der Tisch für den Betrieb von dem Gleis abgehoben. Der Motor *e* mit senkrechter Welle treibt die Tischwelle mit 25 Umdrehungen in 1 Minute an. Zum Schleifen dienen schmale gußeiserne Schienen, die auf der Bodenfläche der beiden Rundläufe *f* auswechselbar befestigt werden. Zwei doppelarmige Hebel *g* und *g'* ermöglichen durch Ausgleichgewichte *h* und *h'* den Schleifdruck beliebig zu regeln. Der Schleifsand wird dem Tische zwischen den Rundläufen durch eine Verteilvorrichtung zugeführt; das abfließende Wasser-Sandgemisch wird durch die Rinne *i* in eine Sammelgrube geleitet und von dort aus wieder einer Sortierungsanlage zugeführt.

In ähnlicher Weise sind die Maschinen für dreiviertelweißes, geblasenes Spiegelglas aufgebaut, die von der gleichen Firma und auch von F. Offenbacher-Marktredwitz hergestellt werden (Fig. 266).

Diese Maschinen sind wesentlich kleiner und einfacher gehalten in Anpassung an örtliche Wasserkräfte. Der Tischdurchmesser ist meist 3,5 bis 4 m, selten 6 bis 7 m (Maschine belgischer Herkunft). Statt der Schleifeisen werden bis zu 6 m Durchmesser mit Glas belegte Obersteine aus belgischem Granit verwendet und durch Zusatzgewichte beschwert.

Als Poliermittel wird fast allgemein feingeschlammtes Eisenoxyd, sogenanntes Polierrot ver-

Fig. 266.



Schleifmaschine für dreiviertelweißes Spiegelglas.

wendet, als dessen Träger Filzscheiben, die auf gußeisernen Platten befestigt werden, dienen. Der Aufbau einer Poliervorrichtung für gegossenes

Glas ist ähnlich der betreffenden Schleifmaschine; je nach der Größe des Tisches werden sie mit einer verschieden großen Anzahl von Polierblöcken ausgestattet, bis zu 100 und mehr.

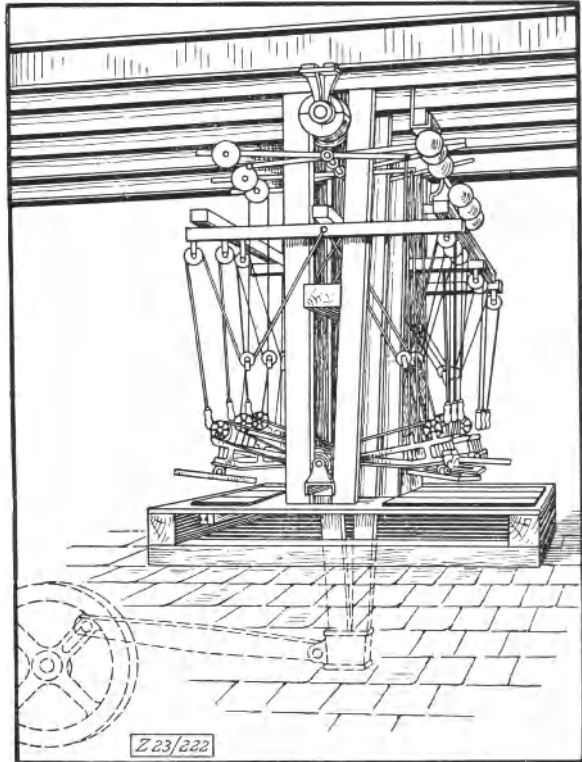
Wiederholte Bemühungen, auch für dreiviertelweißes, geblasenes Spiegelglas Rundlaufmaschinen mit kleinem Tisch einzuführen, hatten wenig Erfolg und konnten die alten, einfachen Poliertische nicht verdrängen. Hier bietet der in der Hauptsache aus Holz hergestellte Poliertisch den Vorteil der Billigkeit und geringer Wartung bei sehr guter Politur, wenn auch unter hohem Zeitaufwand. Eine sehr verbesserte Ausführungsform eines solchen Apparates, wie sie seit einiger Zeit E. Offenbachen-Marktredwitz baut, zeigt Fig. 268.

Das Belegen der Spiegelgläser. Als 1888 das Reichsversicherungsamt den Quecksilberbelegen viele Vorschriften brachte, wurden allmählich die Silberbelege eingerichtet. Größere Spiegelplatten werden auf eigenen, mit Dampfscnlangen geheizten Belegtischen versilbert, indem das Glas auf den Tisch mit Randleisten horizontal aufgelegt und dann die Versilberungsflüssigkeit aufgegossen wird. Für kleine Gläser gibt es die sogenannten Kastenbelege, wo mehrere Platten

zusammen in einen Kasten mit der Versilberungsflüssigkeit eingestellt werden.

Was noch die Vorschriften für die Silberbelegung betrifft, so hat beinahe jede Anstalt ihr eigenes, bewährtes, streng gehütetes Rezept;

Fig. 268.



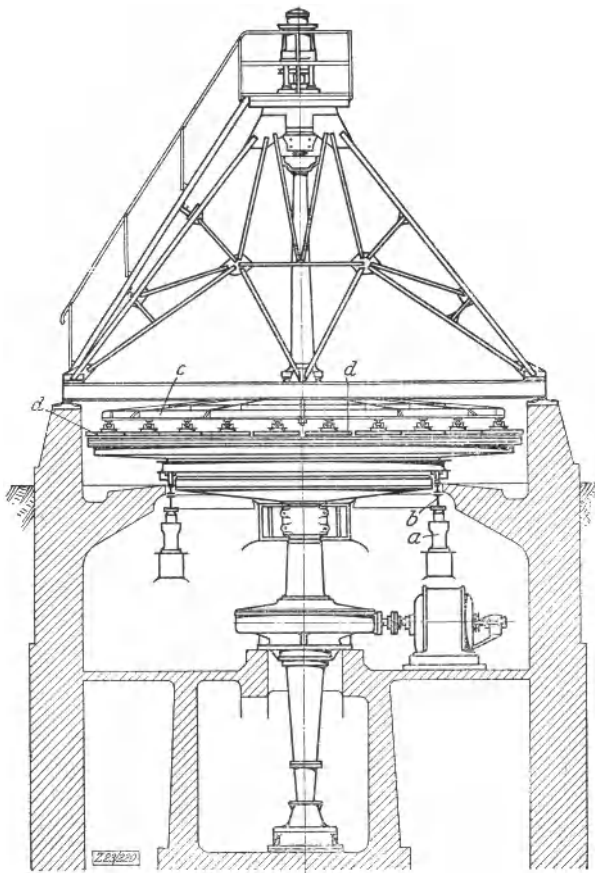
Poliermaschine für geblasenes Spiegelglas.

die billigste Vorschrift ist natürlich diejenige, welche auf einen möglichst geringen Silberverbrauch hinauskommt. Das nicht verbrauchte Silber wird aus den Rückständen wiedergewonnen. Hier sei noch auf einige neuere Abhandlungen über dieses Kapitel hingewiesen, nämlich: „Die Fehler beim Silberbelegen“ von Reiboldt in der *Keram. Rundschau* 1918, Nr. 44. „Die Versilberung des Glases“ nach einem amerikanischen Artikel im *Sprechsaal* 1919, Nr. 12. „Spiegelversilberung für Reflektoren“ nach einem englischen Artikel im *Sprechsaal* 1919, Nr. 8. Eine ausführliche Darstellung über die verschiedenen Glasspiegel enthält das Buch „Die Fabrikation der Silber- und Quecksilberspiegel“ von F. Cremer.

V. Apparateglas und chemisch-physikalisch-technische Spezialgläser.

Nachdem das Bleiglas, das früher im fünften Abschnitt behandelt wurde, bereits unter Weißhohl- und Kristallglas besprochen ist, sollen in diesem Abschnitt das Apparateglas und die Spezialgläser eingehendere Behandlung finden. Ihrer Form nach

Fig. 267.



Polierapparat für gegossenes Spiegelglas.

gehören zwar auch die meisten dieser Glassorten zum geblasenen Hohlglas, weshalb sie in der früheren Auflage teilweise dort besprochen wurden; allein die technischen Apparate- und Spezialgläser, wie alle Gläser für chemische, physikalische, medizinische Apparate, sowie chemisches Gerätéglass, Wasserstandsrohren, Thermometerglas haben heutzutage eine solche Bedeutung gewonnen, daß sie zusammenfassend in einem eigenen Abschnitt und ausführlicher besprochen werden müssen. Hier schließt sich dann auch noch das optische Glas und das Hartglas an, das früher auch in eigenen Abschnitten behandelt wurde.

Die höchsten Ansprüche werden an die technischen Spezialgläser gestellt, welche durch die bahnbrechenden Studien und Versuche Schotts über den Zusammenhang zwischen Zusammensetzung und Eigenschaften des Glases auf eine hohe Stufe der Vervollkommnung gelangten. Eine knappe Übersicht (nach Prof. Keppeler in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1923, Nr. 21) gibt unter Ausschluß der optischen Gläser die wichtigsten Schottischen Schmelzungen für die verschiedenen technischen Zwecke:

1885 Normal-Thermometerglas,
1890 Verbund-Robaxglas für Wasserstandsrohren,
1892 Geräte für chemische Laboratorien,
1893 Gasglühlichtzylinder,
1900 Duraxglas für Wasserstandsrohren,
1902 Grubenlampenzylinder,
1904 Uviolglas, gut ultraviolett-durchlässig,
1911 Fiolaxglas für medizinische Flüssigkeiten,
1912 Duroboxglas für Wasserstandsrohren,
1913 Supraxglas für Gasglühlichtzylinder,
1920 Neues Gerätéglass.

Im Anschluß an die Erfolge der Firma Schott u. Gen., Jena, haben auch andere deutsche Glashütten und während des Weltkrieges auch ausländische Hütten gute Gerätégläser herzustellen begonnen. Folgende Zahlentafel zeigt die Entwicklung besonders des chemischen Gerätéglasses:

Hauptbestandteile	Staas 1868	Kavalier 1879	Jena vor 1910	Jena 1911	Engl. Kon-sol 1916	Amer. Pyrex 1915	Neues Jenaer Glas 1920
Kieselsäure	77,0	79,1	66,4	64,7	67,3	80,5	74,5
Borsäure . .	—	—	4,0	10,6	6,2	11,8	4,6
Tonerde . .	—	—	2,4	4,2	2,5	2,0	8,5
Zinkoxyd . .	—	—	6,2	10,9	7,8	—	—
Magnesia . .	—	—	5,2	—	3,4	—	0,1
Kalk	10,3	7,6	—	0,6	0,8	—	0,8
Baryt	—	—	—	—	—	—	3,9
Natron . . .	5,0	6,4	15,6	7,8	10,9	4,4	7,7
Kali	7,7	6,7	—	0,3	—	—	—

Im einzelnen sei über die verschiedenen Glasarten noch folgendes ausgeführt. Aus der vorigen Zeittafel geht schon hervor: Während früher als chemisches Gerätéglass vor allem ein schwer schmelzbares Kali-Natron-Kalkglas (s. Stas, Kavalier) verwendet wurde, enthalten die neuzeitlichen Gerätégläser vor allem reichlich die sogenannten selteneren

Glasyde (s. die Schottischen und ausländischen Gläser). Speziell als Thermometergläser mit den besten Eigenschaften sind die beiden folgenden Jenaer Schmelzungen bekannt geworden:

Jenaer Glas 59^m: 72 Kieselsäure, 5 Tonerde, 12 Borsäure, 11 Natron.

Jenaer Glas 16^m: 67,3 Kieselsäure, 2,5 Tonerde, 2 Borsäure, 14 Natron, 7 Zinkoxyd, 7 Kalk.

Ein Bild über die neuesten Forschungen und Erzeugnisse auf diesem Gebiet zeigen folgende auszugsweise wiedergegebenen Berichte.

Über ein unzerbrechliches, böhmisches Glas kursierten in der letzten Zeit die merkwürdigsten Gerüchte, auch in Tageszeitungen; in der Zeitschrift „Allgemeine Glas- und Keramik-Industrie“ in Haida 1922, Nr. 2, findet sich ein ausführlicher Bericht hierüber, aber augenscheinlich auch nicht von einem Spezialfachmann geschrieben. Es handelt sich um ein, wenn auch nicht unzerbrechliches, so doch schwer zerbrechliches Glas der altbekannten Kavalierhütte in Sazau-Buda (unter ihrem derzeitigen Leiter Dr. Horak).

Im Anschluß hieran sei noch hingewiesen auf das Pyrexglas der C. G. W. (U. S. A.) nach einem Bericht von Dr. O. Lechner-Kottbus im Sprechsaal 1922, Nr. 22, 25 und 31. Pyrexglas ist ein in den letzten Jahren in Amerika und England, auch in Holland und in der Schweiz in großen Mengen für Küchengerät vertriebenes Glas; in einer Wandstärke von 5 bis 7 mm zeigt es große mechanische, aber auch thermische Festigkeit, so daß man mit demselben auf offenem Feuer braten, backen und kochen kann. Die Glasmasse ist klar, durchsichtig, fast völlig gispfenfrei und halbweiß. Die chemische Analyse ergab folgende Zusammensetzung des Glases: 80,7 Proz. Kieselsäure, 10,5 Proz. Borsäure, 3,5 Proz. Tonerde, 0,7 Proz. Kalk, 0,6 Proz. Magnesia, 4,1 Proz. Natron. Danach müßte sich das Glas aus einem Gemenge von 80 Sand, 13,3 gebranntem Borax und 1,2 wasserfreier Borsäure, sowie 7 Koolin oder entsprechend anderen Materialien erschmelzen lassen. Allein darüber angestellte Versuche im Laboratoriumsofen ergaben nur ein schlechtes Resultat, so daß die Masse im gewöhnlichen deutschen Industrie-Ofen kaum geschmolzen werden kann. Die Amerikaner müssen sich entweder besonders heißgehender Öfen, eventuell mit flammenloser Oberflächenverbrennung, bedienen oder durch besondere Zusätze eine leichtere Läuterung des zusammengeschmolzenen Gemenges ermöglichen. Das Glas könnte mit großem Vorteil auch in Deutschland zur Fabrikation von chemischen Geräten, insbesondere Autoklaven, ferner Sterilisations- und Säureapparaten verwendet werden, was zum Teil auch schon geschehen soll. Die amerikanische Firma hat zwar ein Patent auf ihr Glas in Amerika, eine deutsche Patentierung kann jedoch kaum erfolgen, da dort ähnliche Glasmassen, wenigstens im kleinen Maßstab, schon öfters hergestellt wurden.

Unter dem Titel „Zur Kenntnis der neuen, schwer zerbrechlichen, kochfesten Gläser“ findet sich eine diesbezügliche Abhandlung von Professor J. Wolf-Teplitz im Sprechsaal 1923, Nr. 43. Nachdem auf das bereits im Hauptteil dieser Kalenderausgabe ausführlich besprochene amerikanische Pyrexglas und böhmische Silexglas hingewiesen wurde, wird ein anderes böhmisches Erzeugnis, als „Resistaglas“ bezeichnet, angeführt und seine Zusammensetzung folgendermaßen angegeben: 78,94 Kieselsäure, 0,07 Titansäure, 13,50 Borsäure, 0,93 Tonerde, 0,47 Eisenoxyd, 0,28 Kalk, 0,97 Magnesia, 1,93 Kali, 2,78 Natron. Das Glas enthält natürlich hauptsächlich Bestandteile mit möglichst geringer Ausdehnung, dem wenn auch kleinen Magnesiazusatz wird ein günstiger Einfluß auf die Schmelzbarkeit des Glases zugeschrieben; dasselbe erwies sich beim Gebrauch als recht „kochfest“, zum Schluß werden einige Winke gegeben, wie das Gemenge für solche Gläser beschaffen sein muß. Die Tonerde wird nicht als Ton oder Kaolin, sondern in Form von natürlichen Gesteinen wie Phonolith, Feldspat u. dgl. ins Gemenge eingeführt, womit allenfalls auch die Magnesia hineinkommt, anderenfalls mit Magnesit oder Talk. Endlich werden noch drei Sätze angegeben, die zu den besprochenen Gläsern führen können.

Satz I	Satz II
Hohenbok. Sand . 100 kg	Saleseler Kaolinsand 100 kg
Böhm. Feldspat . 8 "	Biliner Phonolith . 13,5 "
Magnesit 3 "	Dolomit 1,3 "
Kalisalpeter . . . 5 "	—
Borax (krist.) . . 20 "	Borax (krist.) . . . 22,0 "
Borsäure (krist.) . 20 "	Borsäure (krist.) . 13,3 "

Satz III

Sand	100,00 kg
Sächs. Phonolith	6,00 "
Magnesit	3,15 "
Kalisalpeter	4,75 "
Borax (krist.)	14,80 "
Borsäure (krist.)	18,40 "

Weiter ist speziell obiges Glas in einem Artikel „Das Resistaglas als Werkstoff für chemische Laboratoriumsgeräte“ zu genanntem Zweck von W. im Sprechsaal 1924, Nr. 37 ausführlich empfohlen. In Bemerkungen zu diesem Artikel im Sprechsaal 1924, Nr. 48 von Dr. H. Thiene-Jena wird zwar der Vorteil des niedrigen Ausdehnungskoeffizienten dieses und ähnlicher Gläser nicht bestritten, er wird aber durch die übernormal große Wandstärke aufgehoben. Ein besonderer Nachteil dieser, immer viel Borsäure enthaltenden Gläser ist aber ihre geringe chemische Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien, so daß sie als allgemeine Laboratoriumsgläser nicht gut zu gebrauchen sind.

Im Gegensatz zu diesen technischen Spezialgläsern kommt es beim gewöhnlichen Apparateglas vielfach hauptsächlich auf die Form an, die meist in den Glasbläsereien erst aus einzelnen Teilen zusammengesetzt wird. Deshalb verlangt man von ihm, daß es sich vor allem gut verarbeiten läßt, d. h. daß es insbesondere bei der

weiteren Formung vor der Gebläselampe nicht allzu schwierig schmilzt und bei dem wiederholten Anwärmen nicht rauh wird (entglast). Infolgedessen sind die Glassätze hierfür gewöhnliche, nicht allzu harte Gemenge, die aber meist etwas Tonerde in Form von tonerdehaltigem Sand haben. Ein gewöhnlicher Glassatz ist:

100 Martinrodaer Sand (mit 3,5 Tonerde), 22 Kalkstein, 33 Soda.

Gerade über die Gläser für Lampenarbeit finden sich mehrere Referate von Dr. Späte-Berlin in den „Glastechnischen Berichten“ 1923, Nr. 1, aus einer amerikanischen Fachzeitschrift, worüber hier einige Punkte mitgeteilt seien.

Zu einer vorgeschlagenen Normalformel für ein Glas für Lampenarbeit wurde als Grundlage ein vor dem Kriege aus Deutschland eingeführtes Röhrenglas angenommen, das sich als sehr zufriedenstellend erwies und nach einer chemischen Analyse folgende Zusammensetzung hatte: 69,64 Kieselsäure, 3,19 Tonerde, 0,06 Eisenoxyd, 0,18 Manganoxyd, 6,40 Kalk, 0,37 Magnesia, 6,98 Kali, 13,36 Natron. Auf Grund dieser Analyse wurde folgendes Gemenge zur Er-schmelzung eines ähnlichen Glases berechnet: 110,4 Sand, 40,0 Kalifeldspat, 22,2 Kalkstein, 41,0 Soda, 21,3 Kalisalpeter, 0,3 Braunstein. (Die Zusammensetzung der einzelnen Schmelzmaterialien, insbesondere auch des Kalifeldspats wird angegeben; weil natürlich je nach den Bestandteilen derselben sich auch der Satz ändert; wozu die große Menge Salpeter hier genommen wird, ist nicht einzusehen. D. Ref.) Das Glas aus diesem Gemenge zeigte alle guten Eigenschaften, welche man von einem solchen Glas hinsichtlich Schmelzbarkeit und Verarbeitungsfähigkeit verlangen kann.

Nach anderen Untersuchungen und Versuchen wurde auf Grund von Analysen hauptsächlich deutscher bewährter Gläser für Lampenarbeit als bestes Gemenge hierfür folgendes gefunden: 100 Sand, 30 Feldspat (?), 11 Kalkspat, 37,5 bzw. 33,5 Soda (95 proz.), 0 bzw. 5 Natronsalpeter, 20,5 Pottasche (92 proz.), 1 Magnesia (?), 0,5 Arsenik bzw. 0,2 Antimonoxyd, 0,3 bzw. 0,1 Braunstein. Dazu wird noch bemerkt, daß Arsenik und Antimonoxyd die Ursache einer schlechten Farbe des Glases zu sein scheinen (?), außerdem zur Schwarzfärbung des Glases bei der Lampenarbeit Veranlassung geben könnten. Auch wird noch darauf hingewiesen, daß ein Glas mit hohem Kalkgehalt nicht notwendigerweise für Lampenarbeit ungeeignet sein muß; gerade Kalkgläser mit gleichen Mengen Kali und Natron lassen sich außerordentlich gut verarbeiten.

In einer anderen Abhandlung wird die Beobachtung mitgeteilt, daß manche Gläser nach etwa sechsmonatigem Lagern sich nicht mehr gut vor der Lampe verarbeiten ließen; Gläser, welche Natron und Kali enthalten, sind von bester Qualität, während reine Natrongläser für genannten Zweck minderwertig sind. Ferner

wird auf die Bedeutung der Tonerde in diesen Gläsern hingewiesen, so daß man unter Umständen ohne Pottasche nur mit Kalifeldspat im Gemenge auskommen kann.

Eine besondere, viel gebrauchte Art des gewöhnlichen Apparateglases ist die Isolierflasche (Thermosflasche), über welche hier auch noch einige neuere Angaben Platz finden mögen.

„Herstellung und Bearbeitung von Isolierflaschen“ beschreibt C. Löchner-Deesbach (Thür.) im Sprechsaal 1923, Nr. 11. Wichtig ist zunächst der Glassatz; an denselben werden gewisse Anforderungen gestellt, insofern die äußere mit der inneren Flasche zusammenhalten und die letztere eine gewisse thermische Resistenz gegen das Einfüllen heißer Flüssigkeiten haben muß. Man verwendet daher gern den tonerdehaltigen Martinrodaer Sand; ein einfacher guter Glassatz ist: 100 kg Sand von Martinroda, 21,8 kg Kalkstein (Muschelkalk), 32 kg Soda (98 bis 99 proz.).

Ist der Satz zu hart, so kann mit dem Kalk bis auf 18,6 kg zurückgegangen werden. Wenn oft ganze Sendungen halbfertiger Isoliergefäße platzen, so liegt die Schuld vielfach daran, daß Scherben verschiedener Zusammensetzung verwendet werden. Auch ungleichmäßige Wandstärke und schlechte Kühlung ergeben viel Bruch.

Die in der Glashütte erzeugten Rohkolben gelangen zur Weiterverarbeitung in die Glasbläserei. Hier werden sie zunächst abgesprengt, und zwar der äußere Kolben vom Mundstück und Boden, der innere Kolben nur vom Mundstück, dann wird die innere Flasche in die äußere gesteckt und mit Drahtspiralen oder Asbest gestopft. Weiter wird dann das Zusammenschmelzen der beiden Flaschen am Halse, die Versilberung der Flasche und endlich das Luftleermachen derselben in allen Einzelheiten geschildert. Zum Schluß werden die fertigen Flaschen auf gute Isolierfähigkeit geprüft; eine gute Flasche soll, mit heißem Wasser gefüllt, dasselbe nach 24 Stunden noch 45° warm halten.

Eine ähnliche Abhandlung über die „Herstellung von Isolierflaschen aus Glas“ von J. Einig und R. Vorbau findet sich in der Keram. Rundschau 1924, Nr. 7.

Auf die Herstellung der einzelnen Apparategläser kann hier nicht näher eingegangen werden. Im allgemeinen entspricht sie der des gewöhnlichen Hohlglases, ein besonderes Verfahren ist das Ausziehen von Glasröhren und Glasstäben, für welche aber heutzutage die Handarbeit durch Röhrenziehmaschinen verdrängt zu werden droht. Hierüber berichtet ausführlich ein illustrierter Artikel „Mechanisches Röhrenziehen“ von H. Thiene-Jena im Sprechsaal 1924, Nr. 21. Danach ist der Libbey Glass Company in Toledo durch D. R.-P. Nr. 384796 vom 23. Jan. 1917 und durch Österr. Pat. 89670 ein Verfahren zum Ziehen von Röhren oder Stäben aus geschmolzenem Glas geschützt, dessen Lizenz die Firma Stinnes erworben hat. Das Charakteristische dieses verblüffend ein-

fachen Verfahrens gegenüber ähnlichen Methoden ist ein sich drehender Körper, auf den oder in den das Glas fließt und von dem es als Rohr oder Stab abgezogen wird, je nachdem Luft eingeblasen wird oder nicht. Die gleichmäßige Verteilung des in dünner Schicht zufließenden Glases wird sowohl durch die Drehung des horizontal oder geneigt angeordneten Körpers, als auch durch die Wirkung der Schwerkraft bewirkt und durch das Abziehen noch unterstützt. Betreffend aller Einzelheiten und der Patentansprüche muß auf den genannten Artikel verwiesen werden. Weiter hat Prof. Dr. G. Gehlhoff-Weißwasser in einem Vortrag „Über maschinelles Röhrenziehen“ auf der zweiten Tagung der D. G. G. 1924 den Bau und die Betriebsweise der beiden bekanntesten Röhrenziehmaschinen, nämlich die Konstruktion des Amerikaners Danner und die der holländischen Glühlampenfabrik Philips ausführlich behandelt. Näheres siehe „Glastechnische Berichte“ 1925 (Beilage zum Sprechsaal).

Optisches Glas. Unter optischem Glas im weitesten Sinne kann man alle besseren Beleuchtungsgläser und die Brillengläser verstehen.

Dieses Thema wurde in einem Vortrag „Das Glas als Werkstoff im Dienste der Lichttechnik“ von Prof. Dr. Zschimmer, Karlsruhe, ausführlich behandelt, worüber sich ein Referat in den „Glastechnischen Berichten“ 1923, Nr. 3 findet. Nach einer allgemeinen Einleitung über die Schmelze und chemische Zusammensetzung des Glases wurden für Beleuchtungsgläser drei Hauptforderungen aufgestellt, nämlich chemische und thermische Widerstandsfähigkeit und optische Güte. In chemischer Hinsicht müssen Beleuchtungsgläser vor allem gegenüber dem Wasserdampf beständig sein. Die thermische Widerstandsfähigkeit kann berechnet werden aus dem sogenannten thermischen Widerstandskoeffizienten, der in erster Linie abhängig ist von der Zugfestigkeit und Ausdehnungszahl, und zwar sind hohe Zugfestigkeit in Verbindung mit kleiner Ausdehnung die Kennzeichen eines thermisch widerstandsfähigen Beleuchtungsglases. Bei den optischen Eigenschaften behandelte der Vortragende vor allem das wichtige Kapitel der Opalgläser, welche die Strahlen der Lichtquelle möglichst zerstreuen sollen, ohne den Farbeindruck derselben wesentlich zu ändern. Eine Theorie des Opalglases wird kurz darzustellen versucht. Während beim natürlichen Opal die sehr feine Verteilung trübender Teilchen (Luft?) im auffallenden Lichte einen bläulichen, im durchfallenden Lichte einen rötlichen Schein desselben verursacht, muß das im Opalglas durch genügende Teilchengröße der trübenden Stoffe vermieden werden; ferner würde man ein ideales Opalglas erhalten, wenn man kugelige Gasblasen in einer möglichst hochbrechenden, farblosen Grundglasmasse verteilen könnte.

Nächst dem Opalglas spielen in der Lichttechnik die farbigen Gläser eine wichtige Rolle; hierher

gehören vor allem die Signalgläser, dann die photographischen Gläser (für Dunkelkammer, Gelbscheibe usw.), die Augenschutzgläser, besonders für kurzwellige Strahlen (Euphosglas). Neuerdings beschäftigt sich die Glasindustrie aller Länder insbesondere mit der Herstellung sogenannter Tageslichtgläser, welche auch bei künstlicher Beleuchtung die Gegenstände in ihren natürlichen Farben, d. h. wie im Tageslicht erscheinen lassen. Schließlich wurde noch auf das Jenaer Uviolglas und die Quecksilberdampflampen hingewiesen.

Im Anschluß an diese Ausführungen sei noch bemerkt, daß die Brillengläser nach Zusammensetzung und Herstellung ein gewöhnliches Spiegelglas sind, das aber besonders rein und farblos hergestellt sein muß und zur Erhöhung des Brechungsindex meist etwas Baryt oder Magnesia enthält. Die Erzielung der Brillengläser selbst erfolgt entweder durch Ausschneiden mit dem Diamanten aus dem geblasenen und gestreckten Spiegelglas oder durch Pressung aus kleinen gegossenen und zerkleinerten Platten.

Eine wichtige Rolle spielen heutzutage Glasarten mit besonderer Durchlässigkeit oder Absorption für die ultravioletten und ultraroten Strahlen. Schon frühzeitig ist das Jenaer Uviolglas bekannt geworden, welches die ultravioletten Strahlen gut durchläßt und daher für Quecksilberdampflampen, Uviolobjektive für Sternphotographie, Wassersterilisationsapparate usw. verwendet wird. Umgekehrt zeigen das Jenaer Uvonglas und das Euphos-, Zylinder- und Augenglas der Firma Putzler, Penzig und der Deutschen Glashütten A.-G., Freden, gute Absorption für die ultravioletten Strahlen und wurden daher vor allem als augenschützende Beleuchtungs- und Brillengläser verwendet. Diese Eigenschaft bekommen die Gläser vor allem durch eine leichte Gelbgrünfärbung mit Chromoxyd, sowie mit verschiedenen farbigen Erden. Näheres hierüber siehe die Abhandlungen „Herstellung der Gläser für Schutzbrillen“ von W. Crookes im Sprechsaal 1919, Nr. 3 und „Augenglas“ — ein neues amerikanisches Erzeugnis — im Sprechsaal 1924, Nr. 9.

Vom eigentlichen optischen Glas im engeren Sinne für Linsen und Prismen zu den verschiedenen optischen Apparaten kannte man früher hauptsächlich nur zwei Arten, nämlich das bleifreie Kronglas, ein Alkalikalkglas, und das bleihaltige Flintglas. Allein nach den großartigen Versuchen von Schott und Abbe werden in die neueren optischen Gläser auch viele der selteneren Glasoxyde eingeführt, also z. B. Phosphatkrongläser und Boratflintgläser hergestellt, mit denen man beinahe jedes gewünschte Verhältnis von Brechung und Zerstreuung des Lichtes erreichen und somit sehr vollkommene optische Apparate fast völlig frei von den früheren optischen Fehlern konstruieren kann.

Die Herstellung des eigentlichen optischen Glases geschieht im Prinzip noch wie in früheren

Zeiten und wie sie eingehend in der früheren Auflage dieses Werkes beschrieben wurde, also durch Schmelzen in einem einzigen Hafen in einem kleinen Gasofen, Rühren der durchgeschmolzenen Glasmasse, Abkühlen des ganzen Hafeninhaltes bis zur Selbstzertrümmerung, Weiterverarbeiten der so gewonnenen Bruchstücke durch Erweichen in Schamotteformen in eigenen „Ramollieröfen“ und endgültige Formung durch Schleifen und Polieren. Allein die einzelnen Prozesse sind heutzutage durch die moderne Technik weitgehend vervollkommen worden, wie z. B. durch genaue Temperaturmessungen beim Rühren des Glases durch peinliche Feinkühlung der im Ramollierofen endgültig geformten Stücke, durch Verwendung der besten maschinellen Hilfsmittel für die weitere Herstellung der Optik. Auf diese Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden, sondern muß auf die nachfolgende, hier auszugsweise wiedergegebene Spezialliteratur verwiesen werden.

Eine sehr ausführliche Abhandlung mit vielen Abbildungen über die „Herstellung und Eigenschaften des optischen Glases“ von Dr. F. Weidert, Direktor der Optischen Anstalt C. P. Goerz A.-G. in Berlin-Friedenau, findet sich in der Zeitschrift „Die Glashütte“ 1921, Nr. 49 bis 1922, Nr. 2 nach einem im Berliner Bezirksverein Deutscher Ingenieure gehaltenen Vortrag. Zunächst wird nach einer Einleitung über die allgemeine Zusammensetzung des optischen Glases die Entwicklung der Sendlinger Optischen Glaswerke dargestellt, dann die Herstellung der Glashäfen, die Gemengebereitung, die Schmelze, insbesondere mit dem für optisches Glas charakteristischen Rührprozeß, die Kühlung des Glases, die Rohsortiererei, die Senkerei zu Platten und Linsen, die Untersuchung der unpolierten Platten auf Fehler, die Arbeiten im chemischen, physikalischen und Schmelzlaboratorium, die wichtigsten mechanischen, chemischen und besonders optischen Eigenschaften (Schmelzpunkt und Fließtemperatur, Entspannungs- und Entglasungspunkt; Hygroskopizität und Farbensensibilität; Lichtdurchlässigkeit des optischen Glases; Ritz- und Schleifhärte; thermische Ausdehnung und Widerstandsfähigkeit usw.). Zum Schluß wird die Frage, ob von der optischen Glasmelzerei noch wesentliche Fortschritte in neuen Glasarten zu erwarten seien, mit Nein beantwortet; dagegen können sich noch viele Neuerungen auf technische Verbesserungen erstrecken. Besonders aber wird ein sehr günstiger Einfluß der optischen Glasfabrikation mit ihren reichen, allseitigen Erfahrungen von etwa 100 verschiedenen Glassorten auf die anderen chemischen und physikalischen Spezialgläser erwartet.

Eine weitere, ebenfalls sehr ausführliche Abhandlung „Über die Herstellung von optischem Glas“ ist im Sprechsaal 1922, Nr. 17 bis 20 nach dem Engländer C. J. Peddle¹⁾ wiedergegeben. Zunächst

¹⁾ Trans. Opt. Soc. Vol. XXIII, 1921 bis 1922, Nr. 2.

wird in der Einleitung (1. Kapitel) ein Überblick über die Geschichte des optischen Glases gegeben, welche in vier Abschnitte eingeteilt wird, nämlich: a) Erste Versuche, b) 1790 bis 1886, c) 1886 bis 1914, d) ab 1914; im letzten Abschnitt wird besonders die Entwicklung der englischen optischen Glasmelzerei während des Krieges geschildert. Im zweiten Kapitel werden dann vor allem neun Anforderungen aufgezählt, welche beim optischen Glas hinsichtlich Zusammensetzung, Blasen- und Schlierenfreiheit, Farblosigkeit, mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit, Schmelz-, Kühl- und Verarbeitungsfähigkeit gestellt werden müssen. Dann folgt eine ausführliche Beschreibung der Fabrikation des optischen Glases in zehn Abschnitten an der experimentellen Vorarbeit über das Schmelzen, Formen und Köhlen bis zur Untersuchung der optischen Eigenschaften. Im dritten Kapitel wird die wissenschaftliche Seite der Fabrikation behandelt. Es wird dargestellt wie in England die Herstellung bis zum Kriege unbekannter Glassorten durchgeführt wurde und an vielen Beispielen der wechselnde Einfluß der Zusammensetzung von optischen Gläsern auf ihre Dichte (Schwere), auf den Brechungsindex, auf die Dauerhaftigkeit (Wetterbeständigkeit) und auf die Entglasung samt den verschiedenen einschlägigen Untersuchungsmethoden gezeigt. Im Schluß wird noch auf die Farbe des optischen Glases hingewiesen. Man hat gefunden (was ja auch vom gewöhnlichen Kristallglas bekannt ist), daß ohne Ausnahme kalihaltige Gläser stets weniger gefärbt und mehr glänzend sind als die entsprechenden Natrongläser. Der wahrscheinliche Grund dürfte der sein, daß eben Kaliglas, auch etwas eisenhaltig, von Natur aus eine reinere Farbe hat als Natronglas.

„Die Arbeitsverfahren des Optikers und seine Hilfsmittel“ behandelt ein reich illustrierter Artikel von Dr. F. Weidert in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1923, Nr. 8, auch als Sonderdruck erschienen. Nach einer kurzen Einleitung werden folgende Abschnitte der optischen Technik ausführlich besprochen: Die Berechnung und Konstruktion optischer Instrumente; Die Zerteilung des optischen Glases; Die rohe Formgebung durch Schruppen; Das Feinschleifen und das Polieren; Das Zentrieren und das Verkitten der Linsen; Der Einbau der optischen Elemente.

VI. Undurchsichtiges (weißgetrübt) und farbiges Glas.

Gegenüber der früheren Auflage sei hier zunächst das undurchsichtige und auch gleich das farbige Glas besprochen (s. früheren Abschnitt X u. XI), während Abschnitt IX über die Operationen, welche eine Veränderung der äußeren Oberfläche des Glases bezwecken, nachfolgend an den Schluß der ganzen Abhandlung gesetzt wird.

Die Zusammensetzung und Herstellung des undurchsichtigen, weißgetrühten Glases

hat in der früheren Auflage eine sehr eingehende Besprechung erfahren, die auch heute noch zum Verständnis dieser Glasart, besonders über das Zustandekommen der Weißtrübung, sehr lesenswert ist. Es sind aber in der letzten Zeit über dieses vielumstrittene Gebiet der Glasindustrie neue Ansichten aufgetaucht, welche hier wiedergegeben werden müssen.

In dem Werke von R. Dralle, Die Glasfabrikation, 1. Bd., werden hinsichtlich der Art der Trübung dreierlei Formen unterschieden:

1. Der Glassatz enthält Bestandteile, welche im Glase schwer löslich in feinsten Verteilung erhalten bleiben; so wirkt Zinnoxid und dessen neuester Ersatzstoff Zirkonoxid. Doch werden heutzutage mit Zinnoxid getrühte Emailgläser in der Glasindustrie selten mehr hergestellt.

2. Die Trübung ist auf Entglasungserscheinungen zurückzuführen; hierher gehören das eigentliche Alabasterglas, ein kieselsäurereiches, kalkarmes Glas ohne eigentliches Trübungsmittel, sowie alle mit Fluorpräparaten getrühten Gläser, wahrscheinlich auch die Trübung mit Arsenik im Bleiglas.

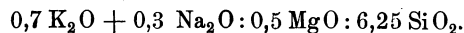
3. Die trübenden Teilchen sind feine Tröpfchen erstarrten Glases, indem bei der Abkühlung begrenzte Löslichkeit und Trennung in mehreren Schichten auftritt, so daß sich eine milchähnliche Emulsion bildet. Nach Scherrer kommt die Trübung phosphathaltiger Gläser, also beim eigentlichen Beinglas, so zustande; unter dem Mikroskop erkennt man zahlreiche durchsichtige Kügelchen in einer glasigen Grundmasse eingebettet.

Eine andere Einteilung der getrühten Gläser wählt R. Hohlbaum (zeitgemäße Herstellung usw. des feinen Hohlglases) und stellt speziell für Hohlgläser nach ihrer molekularen Zusammensetzung folgende Typen auf:

a) Bleifreie, getrühte und undurchsichtige Gläser.

1. Alabastergläser. Die Trübung beruht auf dem Vorhandensein von äußerst fein verteilten weißen Körpern, wie Federweiß, Knochenasche, Zinnoxid. Als Typen können gelten:

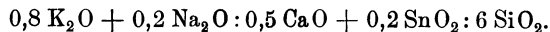
Mit Federweiß:



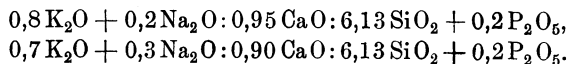
Mit Knochenasche:



Mit Zinnoxid:



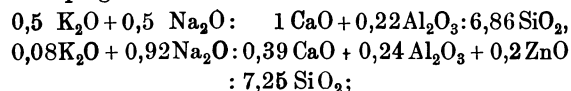
2. Beingläser. Wenig, mit rötlichbrauner Farbe durchscheinende Gläser, getrüht mit Knochenasche (phosphorsaurem Kalk). Als Typen können gelten:



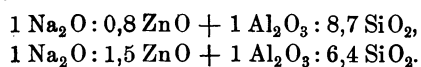
3. Spat- und Kryolithgläser. Wenig durchscheinende, das Licht in seiner natürlichen Farbe

durchlassende Gläser (Spatgläser mit mehr wässerigem Glanze, Kryolithgläser mit mehr porzellanähnlichem Aussehen); Trübung mit Feldspat oder Kaolin und Flußspat oder Kryolith. Als Typen können gelten (wobei der sehr veränderliche Fluorgehalt in der Formel nicht zum Ausdruck kommt):

Spatgläser:

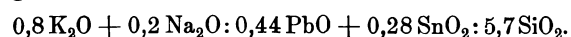


Kryolithgläser:

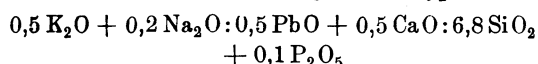


b) Bleihaltige, getrübe und undurchsichtige Gläser.

1. Alabastergläser. Trübung ausschließlich mit Zinnoxid; als Typus kann folgende Formel gelten:



2. Beingläser. Trübung mit phosphorsaurem Kalk, werden nur selten hergestellt; Typus:



3. Spat- und Kryolithgläser, am häufigsten hergestellt.

4. Emailgläser. Trübung mit Arsenik.

Eine Reihe diesen Typen und Formeln entsprechender Glassätze findet sich an gleicher Stelle angegeben; unter anderem sei hier genannt:

Bleifreies Alabasterglas: 41 kg 60- bis 65proz., sogenannte Alabasterpottasche, 10 kg Talkum, 100 kg Sand, oder: 45 kg 80- bis 85proz. Melassepottasche, 17 kg Kalkpat, 11 kg Knochenasche, 100 kg Sand.

Bleifreies Beinglas: 31 kg Pottasche (80- bis 85proz.), 6 kg Soda, 8 kg Kalkpat, 20 kg Knochenasche, 100 kg Sand.

Bleihaltiges Beinglas: 26 kg Pottasche (80- bis 85proz.), 3 kg Salpeter, 70 kg Mennige, 15 kg Knochenasche, 100 kg Sand.

Bleifreies Spatglas: 14 kg Pottasche, 15 kg Soda, 20 kg Flußspat, 37 kg Feldspat, 100 kg Sand.

Amerikanisches Kryolithglas: 30 kg Kryolith, 13 kg Zinnoxid, 100 kg Sand.

Gewöhnliches Kryolithglas: 24 kg Pottasche (oder 20 kg Soda), 2 kg Kalkpat, 14 kg Kryolith, 100 kg Sand.

Bleihaltiges Emailglas: 30 kg Pottasche, 5 kg Salpeter, 5 kg Knochenasche, 70 kg Mennige, 15 kg Arsenik, 100 kg Sand.

Schließlich wäre es auch möglich, daß die Trübung durch feinste Bläschen von Fluorsilicium erzeugt wird, welches bei der Verwendung von fluorhaltigen Stoffen immer entsteht; so ist z. B. ein Verfahren zur Herstellung von Milchglas patentiert (D. R.-P. Nr. 295 189 vom 7. Mai 1914 an G. A. Macbeth-Pittsburg V. St. A.), bei welchem

die Trübung absichtlich durch Bläschen von Fluorsilicium hervorgerufen und darauf geachtet wird, daß dieselben während der Schmelze nicht entweichen. Ein geeigneter Glassatz wird angegeben zu 100 Sand, $15\frac{5}{8}$ Bleioxyd, $21\frac{7}{8}$ Soda, $5\frac{1}{2}$ Salpeter, $5\frac{1}{2}$ Kochsalz, $1\frac{1}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Borax, $18\frac{1}{8}$ Tonerdehydrat, 6 Flußspat.

Eine kleine Notiz über die „Ursachen der Färbung des Milchglases“ findet sich im Sprechsaal 1910, Nr. 4, worin auch die verschiedenen Ansichten hierüber wiedergegeben sind, ohne im wesentlichen Neues zu bringen. — Über „Fehlerhaftes Alabasterspiegelglas“ ist im Sprechsaal 1912, Nr. 27 berichtet; dasselbe zeigte eine porige Oberfläche, so daß Flüssigkeiten stark aufgesaugt wurden; im Vergleich zu einem gut bewährten Alabasterspiegelglas war es sehr weich eingestellt, so daß der Fehler jedenfalls von unvollständiger Durchschmelzung herrührte.

In einer amerikanischen Abhandlung „Das Alabasterglas, seine Geschichte und Zusammensetzung“ von A. Silverman¹⁾, 1918, wird nach einem Überblick über die verschiedenen Literaturangaben betont, daß zwar die Verwendung von Tonerde sowie Sulfaten und Chloriden zusammen mit anderen Rohstoffen nichts der amerikanischen Industrie Eigentümliches sei, daß aber eine Erklärung für die Entstehung der alabasterähnlichen Trübung außer durch Entglasung auch durch das Vorhandensein von Sulfaten und Chloriden möglich sei, welche als ionisierte Elektrolyte in der heißen Flüssigkeit wirken und so die verschiedenen kolloidalen Lösungen ausfällen, wodurch die Opaleszenz hervorgerufen wird.

Über die fluorhaltigen Trübungsmittel selbst finden sich folgende Abhandlungen:

„Über Gewinnung und Bedeutung des natürlichen, grönländischen Kryoliths“ von Dr. J. Grünwald im Sprechsaal 1914, Nr. 14 und eine längere, daran anschließende Diskussion über den Wert des natürlichen und künstlichen Kryoliths im gleichen Jahrgang. „Über den Wert des Kieselfluornatriums in der Glasindustrie“ von Dr. Loeser und Ing. Eger in der Glashütte 1914, Nr. 8, 9 u. 11. „Natürlicher und künstlicher Kryolith in der Glasindustrie“ von Dr. L. Springer in der Glashütte 1921, Nr. 21 u. 22, mit Berücksichtigung der verschiedenen, hierüber bereits erschienenen Literatur.

Auch das farbige Glas ist in der früheren Auflage in seinen einzelnen Sorten im allgemeinen ausführlich behandelt; doch müssen über manche Farbtöne neuere Forschungen und Erfahrungen nachgetragen werden.

1. **Gelbes Glas.** Ausführliche Mitteilungen über „Kohlengelbglas“ vom Verfasser finden sich im Sprechsaal 1919, Nr. 13. Allgemein anerkannt ist in der Glastechnik der Grundsatz, daß kohlehaltige Stoffe das Glas gelb färben, sogenanntes Kohlengelb im Gegensatz zum Silbergelb. Über die

¹⁾ Referat im Sprechsaal 1923, Nr. 35.

Art und Weise aber, wie diese Gelbfärbung zustande kommt, haben die Ansichten im Laufe der Zeit eine wesentliche Wandlung erfahren. Früher gab es nur eine Meinung, daß die kohlehaltigen Stoffe als solche das Glas gelb färben. In der neueren Zeit haben sich bekanntlich die Ansichten hierüber geändert dahin, daß die in den alkalischen Rohstoffen vorhandenen Schwefelverbindungen und schwefelsauren Salze als solche bzw. nach Reduktion mit Kohle die Gelbfärbung verursachen. (Ausführlichen Bericht hierüber siehe in der früheren Auflage.) Verfasser hat nun durch eine Reihe von Probeschmelzen gezeigt, daß kohlehaltige Stoffe auch allein das Glas gelb zu färben vermögen, wenn freilich bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sulfaten die Gelbfärbung bedeutend verstärkt wird. Die Untersuchung solcher gelb gefärbten Gläser ergab, daß beim Auflösen in Flußsäure noch ein erheblicher Teil des Kohlenstoffs in Form von kleinen, schwarzen Flecken zurückbleibt. Über die Natur der Kohlenstofffärbung läßt sich daraus schließen: Es muß die kohlehaltige Substanz in äußerst feiner Verteilung im Glas vorhanden sein, etwa noch in kolloidaler Lösung wie bei den Anlaufarben; ob eine der drei Modifikationen des Kohlenstoffs (Graphit?) hierbei eine besondere Rolle spielt ist noch dahingestellt. Von früheren Untersuchungen siehe noch die Abhandlung „Die Herstellung des gelben Glases“ im Sprechsaal 1912, Nr. 30.

Als Schlußergebnis wird festgestellt: Kohlenstoffhaltige Substanzen färben nicht bloß in Verbindung mit schwefelhaltigen Materialien das Glas gelb, sondern vermögen auch für sich allein eine wenn auch schwächere Gelbfärbung zu bewirken; die Schmelzproben enthalten tatsächlich Kohlenstoff. In der Praxis wird heutzutage mit Graphit allein oder mit kohlehaltigen Stoffen unter Zusatz von etwas Glaubersalz gelbes Glas erhalten. Mit anderen kohlehaltigen Stoffen allein ist in der Technik wohl auch ein, wenn allerdings weniger stark gelb gefärbtes Glas zu erwarten, da bei dem stark sauren Charakter der technischen Gläser sowie der hohen, lang andauernden Schmelzhitze die Farbe viel leichter „ausbrennt“.

2. Rotes Glas. Auch über dieses Farbglas sind einige neuere Untersuchungen und Erfahrungen anzuführen, so in erster Linie über den Kupferrubin.

Über „Die Entwicklung der rubinroten Farbe im Glas“ finden sich ausführliche Mitteilungen nach einer amerikanischen Zeitschrift im Sprechsaal 1919, Nr. 18.

Sehr flüssige Gläser nehmen die endgültige Färbung rasch an, strengflüssige langsam; Ersatz des Kalkes durch Natron oder besonders Bleioxyd erhöht die Geschwindigkeit der Farbentwicklung. Nötig zur Bildung eines guten Rots ist hoher Kieselsäuregehalt, sonst entsteht Neigung zur Braun- oder Schwarzfärbung und zum Opakwerden. Allerdings tritt dadurch, besonders bei Kalikalkgläsern,

leicht Streifenbildung ein, die aber durch etwas Bleioxyd verringert wird. Die beste Farbe ergab ein Glas von dem Satz: 100 Sand, 26 Pottasche, 30 Bleiweiß, 10 Borax, 13 Soda, 3,5 Kupferoxydul, 2 Zinnoxidul, 1 Weinstein; es werden aber auch noch andere gute Rubinglassätze angeführt. Eisen und Mangan sind für die Entwicklung eines guten Rots nachteilig. Erneutes Schmelzen erhöht die Gleichmäßigkeit des Farbtones, weil eben wohl die Streifigkeit auf mangelnder Homogenität beruht. Die Farbtiefe nimmt mit der Temperatur zu, wobei die Erhitzungsdauer keinen großen Einfluß hat.

Über „Das Kupferrubinglas zum Überfangen, seine Zusammensetzung und sein Schmelzverfahren“ berichtet J. Baldermann-Radeberg (†) im Sprechsaal 1920, Nr. 46 in allen Einzelheiten. Für die Fritte wird folgende Zusammensetzung empfohlen: 12 kg Sand, 28 kg Mennige, 13 kg gemahlene Glasbrocken, 240 g Kupferoxydul (rot), 400 g Zinnoxidul, 120 g Eisenoxydul (gelb?), 60 g Eisenhammerschlag (pulv.), 500 g Weinstein (rot). Die Schmelze dieser Fritte wird in einem kleinen Tiegel ausgeführt und dann in Wasser ausgeschöpft. Diese Fritte wird dann unter nochmaligem Zusatz von 200 g Borax, 200 g Weinstein und 12 g Eisenfeilspänen etwa drei Stunden bei größter Hitze des Ofens geschmolzen, wobei sie rot wird. Die Hauptsache für das Gelingen eines guten Kupferrubins ist nun aber die richtige Behandlung der Schmelze; hier kommt es auf viele Kleinigkeiten an, die nicht ausführlich wiedergegeben werden können und daher in der Originalabhandlung nachgelesen werden müssen. Das gleiche gilt für die Ausarbeitung des Überfangglases.

Zu diesem Artikel findet sich im Sprechsaal 1920, Nr. 50 folgende Bemerkung von E. Springer: Das vorige Verfahren ist die alte, aber etwas umständliche Art für die Kupferrubinschmelze. Viel einfacher ist es, eine im Handel befindliche Rubinkomposition, z. B. von B. Lange, zu verwenden. Als Grundglas dient folgender Satz: 100 kg Sand, 13 kg Marmor, 35 kg Soda, 6 g Nickeloxyd. Der zugehörige Überfangglassatz lautet: 16 kg Sand, 14 kg Mennige, 6 kg Pottasche, 1 kg Rubinkomposition; letzteres Gemenge liefert bei einmaliger Schmelze sofort gebrauchsfähiges Rubinglas.

Endlich sei noch auf die Abhandlung „Kupferrubin“ von Dr. H. Kühl im Sprechsaal 1921, Nr. 33 hingewiesen, worin vor allem die Anschauungen über den Kupferrubin und seine bestmögliche Bildung nach der Literatur dargestellt sind.

Weiterhin ist besonders die Natur des Goldrubins durch die Untersuchungen von Zsigmondy und Siedentopf mit dem Ultramikroskop geklärt worden¹⁾. Wie das Gold kolloide, schön rubinrote, wässrige Lösungen bildet, deren Teilchen auf Zusatz von Salzen zu größeren Komplexen zusammentreten, und dabei einen Farb-

¹⁾ Zsigmondy, D. R.-P. 138 281; Ztschr. f. ang. Chemie 1895, S. 184; Ann. d. Phys. 10, 1 (1903).

umschlag von Rot nach Blau bewirken, bis schließlich noch größere braune Goldteilchen ausfallen, so stellt auch der Goldrubin eine kolloide Lösung vom Gold im Glase dar; auch in ihm bringt das Ultramikroskop aller kleinste Goldteilchen zum Aufleuchten. Von den genannten Forschern ist sogar die Größe der Goldteilchen für eine Reihe von Rubingläsern ermittelt worden, ein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen Teilchengröße und Farbton ließ sich aber nicht feststellen. Das goldhaltige Glas ist nach der Herstellung zunächst farblos, höchstens schwach gelb gefärbt; ob es sich hierbei um äußerst fein verteilte Goldteilchen oder um Goldsilikat handelt, ist nicht entschieden. Erst beim wiederholten Anwärmen auf Dunkelrotglut entwickelt sich die Farbe, das Glas „läuft rot an“; bei zu starkem und langem Anwärmen tritt aber eine Vergrößerung der Goldteilchen ein, wodurch das Glas in der Durchsicht blau, in der Ansicht mißfarbig braun, das ist „lebrig“ wird.

Während früher zur Herstellung des Goldrubins der Cassiusche Goldpurpur verwendet wurde und jetzt allgemein eine Goldchloridlösung dient, wirkt nach R. Hohlbaum das Gold in Form von Barytphosphatpurpur auf das Anlaufenlassen sehr günstig.

Über ein „Verbessertes Goldrubinglas“ ist nach einer amerikanischen Abhandlung vom Jahre 1919 von H. T. Bellamy im Sprechsaal 1923, Nr. 48 berichtet. Nach verschiedenen Versuchen über durchsichtiges Rubinglas und Opalrot wurde schließlich ein Rubinglas folgender molekularer Zusammensetzung als sehr gut befunden: 0,464 Natron : 0,536 Bleioxyd : 1,960 Kieselsäure : 0,029 Borsäure : 0,107 Zinnoxid.

Hieraus hat Verfasser folgenden Glassatz berechnet: 41,5 Soda, 103,4 Mennige, 100 Sand, 3,0 Borsäurehydrat, 13,7 Zinnoxid. Ein sehr weiches, reichlich mit Zinnoxid übersetztes Glas!

Bei diesem Glase sollen andere Möglichkeiten der Färbung als rot oder farblos nicht auftreten, also eine Verfärbung nach Braun, Purpur oder Blau bei der Verarbeitung nicht möglich sein. Das Glas habe sich bewährt für Rohre sowie geblasenes, überfangenes und gepreßtes Glas; es sei allen erdenklichen Temperaturübergängen unterworfen worden, ohne daß ein Teil des Glases anders als rubinrot oder farblos ausgesehen habe. Diese Erscheinung wird auf die Anwendung von genügend Zinnoxid zurückgeführt; ein anderer Vorteil eines hohen Zinnoxidzusatzes sei die Herstellung eines Rubinglases mit einem sehr geringen Goldquantum. Es bestehe kein Zweifel, daß rotes Glas schon mit einem Goldzusatz von 1:20000 hergestellt worden sei, aber die aus der Literatur ersichtlichen Vorschriften erforderten 1 Tl. Gold auf 1000 bis 1500 Tle. Gemenge. Dieses Goldquantum könne durch Einführung von Zinnoxid auf ein Fünftel des ursprünglichen Betrages herabgemindert werden.

In der jüngsten Zeit ist auch das Selen als Rotfärbemittel in die Glasindustrie eingeführt worden. Ausführliche Angaben hierüber finden sich in den Abhandlungen „Selenglas“ von F. Kraze im Sprechsaal 1912, Nr. 14 und 15 und das „Selen als Färbemittel in Natronkalkgläsern“ von P. Fenaroli im Sprechsaal 1912, Nr. 43 und 1914, Nr. 11 und 12. Aus allen diesen Untersuchungen geht hervor, daß Selenverbindungen in ähnlicher Weise wie Gold, also auch durch kolloidale Lösung, das Glas rot zu färben vermögen und daß hier gerade ein Zusatz von Arsenik auf die Entwicklung der Farbe günstig einwirkt, so daß man auch von einem „Selenrubin“ sprechen kann. So bekommt man z. B. ein „Lachsrosa“ mit 120 g selenigsaurem Natron und 200 g Arsenik auf einen gewöhnlichen Kalkglassatz mit 100 kg Sand, während ein „Granatrot“ 0,5 Selen + 1 kg Schwefelcadmium liefern. — In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß auch Tellur bei gleichzeitiger Reduktion die Glasflüsse je nach den Bedingungen rot, braun und blau färbt¹⁾.

3. Graues und schwarzes Glas. Noch einige Bemerkungen über das graue und schwarze Glas. Ein eigentliches Färbemittel hierfür gibt es nicht, die Färbung wird erzeugt durch kleinere und größere Mengen von Nickeloxyd (besonders für Hellgrau), Braunstein (z. B. etwa 20 kg auf 100 kg Sand für Tiefschwarz), gegebenenfalls unter Zusatz von wenig Kobaltoxyd und viel Eisenoxyd, dann aber auch durch Schwefelverbindungen, Hochofenschlacken, eisenhaltige Gesteine; gerade letztere können als billiger Ersatz für die teuren Metalloxyde dienen, wie Verfasser selbst an mehreren Beispielen zeigen konnte, wenn auch das reine Eisenschwarz oft einen grünlichen Stich hat. — In einem „Beitrag zur Herstellung von Schwarzglas“ von Dr. E. Plenske im Sprechsaal 1913, Nr. 41 wird vor einer zu starken Färbung des Glases gewarnt, eine Übersicht über die färbende Wirkung der Metalloxyde auf Boraxglas gegeben, von dem Gebrauch von Sulfatgemengen abgeraten und die vielseitige Verwendung des Schwarzglases aufgezählt.

VII. Operationen zur Veränderung der äußeren Glasoberfläche.

Hierher gehört zunächst eine Besprechung jener Apparate und Maschinen, welche zur Nachbearbeitung des Rohglases, insbesondere des rohen Hohlglases dienen, die in den letzten Jahrzehnten in steigendem Maße in die Glasindustrie eingeführt wurden. Dann erst schließen sich diejenigen Operationen an, welche hauptsächlich eine Veredlung des Glases zum Ziele haben, also die gesamte Raffinerie des

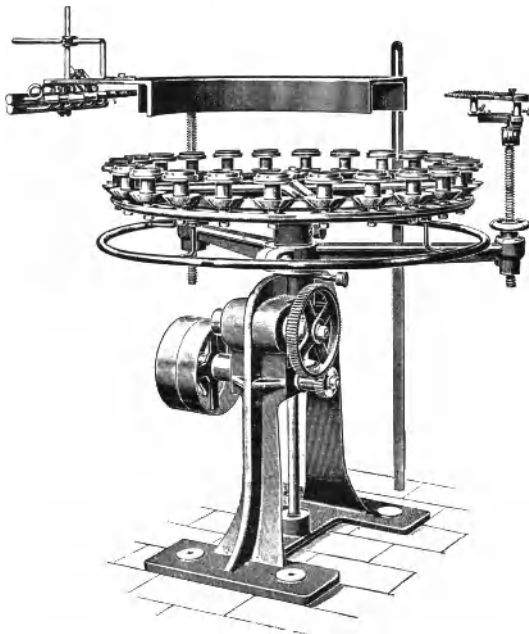
¹⁾ Vgl. auch hierüber eine Abhandlung „Das Tellur als Färbemittel“ von P. Fenaroli im Sprechsaal 1914, Nr. 44.

Glases, die hauptsächlich in vier Arten zerfällt: 1. Schleifen mit Polieren sowie das Gravieren. 2. Die Glassandbläserei. 3. Die Ätzerie und endlich 4. die Glasmalerei (welche in der früheren Auflage überhaupt nicht erwähnt ist).

a) **Nachbearbeitung des Rohglases.** Hier handelt es sich um das Schneiden und Absprengen von Glas, um das Abschleifen und Verschmelzen der Ränder, um das Einbohren von Löchern usw.

Als Vorrichtung zum Durchschleifen dient in der Regel eine Sandsteinscheibe, besonders zur Zerteilung beträchtlicher Glasstücke; auch das Sandstrahlgebläse (siehe später) ist zum „Durchsägen“ von Glas gelegentlich schon angewendet worden, zum Durchschleifen von englischem Glas z. B. dienen rotierende kleine Diamantkreissägen.

Fig. 269.



Automatische Becherabspreng- und Verschmelzmaschine.

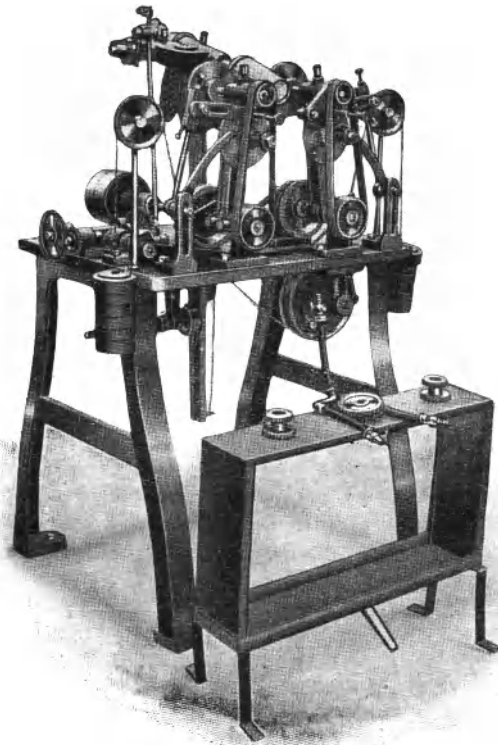
Das am häufigsten angewandte Verfahren ist natürlich auch heute noch das Brechen nach dem Einritzen mit dem Diamanten; es sind auch Sprengapparate gebaut worden, bei welchen die Erhitzung der Sprengstelle durch einen darum geschlungenen Metalldraht bewirkt wird, der mittels eines elektrischen Stromes zum Glühen kommt.

Viel im Gebrauch sind die modernen Absprengmaschinen. Hierbei wird das Absprengen durch Erhitzen der Sprengstelle vorgenommen und unterstützt. Gewöhnlich wird die Sprengstelle zuerst mit dem Diamanten vorgeritzt, worauf dann durch Erhitzen derselben unmittelbar das Absprengen erfolgt. Eine Absprengvorrichtung, wie sie sich vor allem für Hohlgläser aller Art eignet, besteht aus zwei Hauptteilen, dem Träger zur Aufnahme und Umdrehung des

Glases und dem Brenner zur Erzeugung der Stichflamme. Bei den Maschinen für Handbetrieb ist der Träger feststehend, die Gläser werden nacheinander aufgesetzt. Bei den automatischen Maschinen wird der Träger unter gleichzeitiger Drehung mit den Gläsern um die eigene Achse längs einer Flammenschnede fortbewegt.

Mit dem Absprengen von Glasteilen, wie z. B. der Kuppen bei Bechern, Zylindern usw., kann zugleich ein Verschmelzen der hierbei entstandenen Ränder verbunden werden. Ein solches Verschmelzen erfolgt heutzutage meist mit ganz

Fig. 270.



Universal-Kunstschliffmaschine.

ähnlich gebauten Ränder-Verschmelzmaschinen oder es können beide Vorgänge mit einer einzigen Maschine ausgeführt werden.

Eine solche automatische Becherabspreng- und Verschmelzmaschine in runder Konstruktion für 24 und 36 Gläser zeigt folgende Fig. 269 nach einer Ausführung der Firma Fr. W. Kutzscher, Glasmaschinenfabrik in Freital bei Deuben-Dresden. Hierbei ist in der Mitte die kreisförmig sich fortbewegende Trägervorrichtung für die Gläser, rechts die Diamantvorrichtung, links die Brenneranordnung für das Absprengen und Verschmelzen zu sehen.

Bemerkung. Eine ausführliche Darstellung über die Nachbearbeitung des Rohglases und der hierher gehörigen Apparate und Maschinen siehe R. Dralle, Die Glasfabrikation, 2. Bd.

b) **Die Raffinerie des Glases.** Wie schon früher ausgeführt, wird das Glas oft nachträglich noch einer weiteren Veredlung unterworfen, und zwar durch Schleifen bzw. Gravieren, durch das Sandstrahlgebläse, durch Ätzerei, durch Bemalen.

1. Der Glasschliff und die Gravur.

Der gewöhnliche Vorgang des Glasschleifens darf auch von der früheren Auflage her als bekannt vorausgesetzt werden. Doch ist zu erwähnen, daß man beim Hohlglas unterscheiden muß zwischen dem eigentlichen Glasschleifen, bei welchem die Gläser nur mit Eckenschliff, auch Scheibenschliff genannt, versehen werden, und dem sogenannten Kugeln, bei welchem die Gläser mit Musterschliff versehen werden, auch Zeugschliff genannt. Das eigentliche Glasschleifen wird im Kastenschleifzeug ausgeführt, das ist ein offener Kasten mit einer senkrechten Achse in der Mitte, an welcher eine horizontal rotierende Schleifscheibe angebracht ist. Dagegen wird das Kugeln am Kuglerzeug, d. i. der Hauptsache nach eine vertikal sich drehende Schleifscheibe, ausgeführt.

Auf Einzelheiten kann hier nicht mehr näher eingegangen werden, sondern muß auf die am Schluß dieses Abschnittes angegebene Spezialliteratur sowie noch auf folgende Abhandlungen verwiesen werden:

- „Werkzeuge und Einrichtungen zur Glasschleiferei für Handbetrieb“ und
- „Die Einrichtung einer Glasschleiferwerkstätte für Maschinenbetrieb“, von W. Hannich im Sprechsaal 1921, Nr. 48 und in der Keram. Rundschau 1922, Nr. 25 ff.

Die in der letzten Zeit aufgekommene Säurepolitur des Kristallglases als Ersatz für das Polieren mit Holz- und Borstenrädern usw. siehe nachher bei der Glasätzerei.

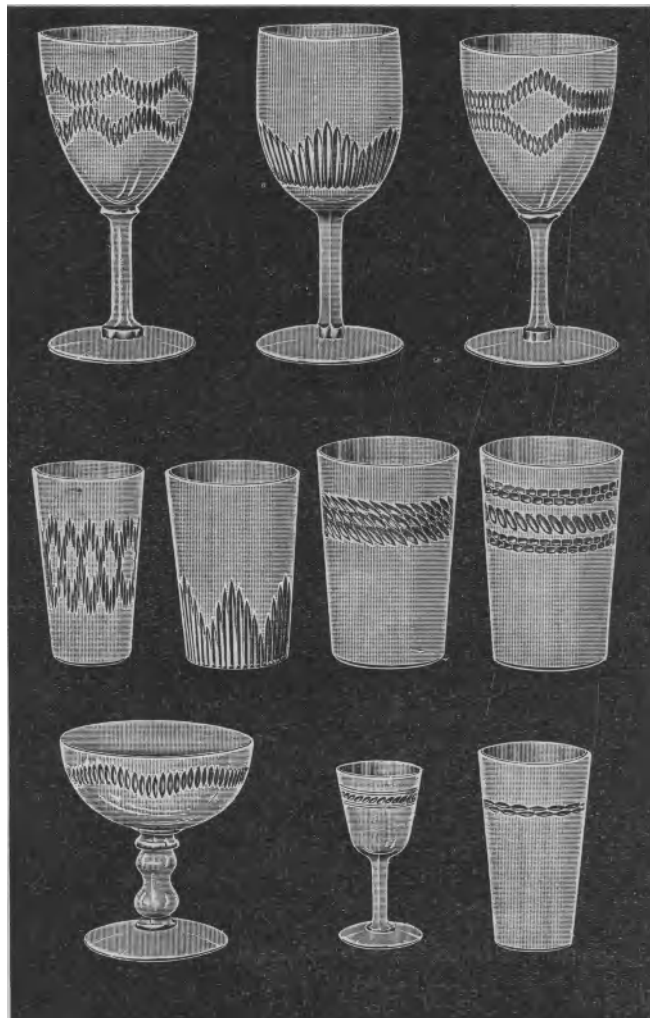
Für einfache Schliffgattungen sind jetzt aber auch automatische Schleif- und Poliermaschinen im Betrieb, welche rein mechanisch ohne Andrücken des Glases durch einen Schleifer gleichzeitig mehrere Stücke fertigstellen.

Als Beispiel sei hier eine Universal-Kunstschliffmaschine der Firma Fr. W. Kutzscher in Deuben abgebildet und kurz beschrieben.

Mit dieser in Fig. 270 wiedergegebenen Maschine können sämtliche der in Fig. 271 wiedergegebene Schliffmuster und viele andere gearbeitet werden. Die Handhabung ist äußerst einfach und der Schliff sehr exakt. Geschliffen wird mit Kunststein und Wasser und das Glas kann je nach Muster mit zwei Schleifscheiben auf einmal bearbeitet werden. Der damit erzeugte Feinschliff läßt sich leicht polieren.

Das Glasgravieren ist ein Schleifen des Glases in stark verkleinertem Maßstabe und dient hauptsächlich dazu, feine, vertiefte Verzierungen ornamentalen und figuralen Charakters auf dem Glase herzustellen. Das Glasgravier- oder Schneidewerkzeug ist ein ähnlicher Apparat wie das Kuglerzeug, nur in viel kleineren Ausmaßen, wobei zur Ausführung der Gravur rotierende Kupferrädchen und mit Petroleum angemachtes Schmirgelpulver als Schneidemittel dienen. Die

Fig. 271.



Maschinelle Schliffmuster.

so erhaltene Verzierung ist matt und wird meist so belassen, kann aber auch mit Bleirädchen hell glänzend poliert werden.

2. Die Glassandbläserei.

Die Glassandbläserei, wie sie nach ihrer Erfindung und in ihrem Wesen schon in der früheren Auflage näher dargestellt wurde, hat sowohl für Hohlglas als Tafelglas eine weit-

gehende Verwendung gefunden und dementsprechend sind auch die Sandstrahlgebläse verschiedentlich vervollkommen worden; man kann etwa fünf verschiedene Systeme unterscheiden:

1. Das Vakuum-Sandstrahlgebläse, bei welchem aus einem geschlossenen Arbeitsraum die Luft abgesaugt und folglich aus einem in der Nähe befindlichen Gefäße Sand eingesaugt und mit einer gewissen Beschleunigung auf das an einer Öffnung des Arbeitsraumes aufgelegte Glas geschleudert wird.

2. Das Saug-Sandstrahlgebläse mit Druckluftbetrieb, bei welchem mittels Druckluft die Außenluft und mit ihr der Sand angesaugt und dem Arbeitsstück zugeführt wird.

3. Das Saug-Sandstrahlgebläse mit Dampfbetrieb, bei welchem statt mit Druckluft mit direktem Dampf gearbeitet wird, was den Vorteil hat, daß nur ein Dampfkessel, keine Arbeitsmaschine und kein mechanisches Gebläse benötigt wird. Der nie völlig trockene Sandstrahl vermag allerdings die Schablonen schädlich anzugreifen.

4. Das Dampf-Sandschlammgebläse wird gleichfalls mit direktem Dampf betrieben, aber so, daß nicht Luft und Sand, sondern ein Gemisch von Wasser und Sand (sogenannter Sandschlamm) angesaugt und gegen das Glas geführt wird. Es ist vorzugsweise geeignet für gleichwandige Hohlkörper; ferner arbeitet es staubfrei und greift Metallschablonen weniger an.

5. Das Druck-Sandstrahlgebläse ermäßigt den hohen Druckluft-, d. i. Kraftverbrauch der Sauggebläse auf ein Drittel bis ein Viertel, indem die Druckluft den Sand nicht anzusaugen, sondern ihn nur die erforderliche Beschleunigung zu erteilen hat.

Die Reservagen werden entweder durch aufgelegte Schablonen aus Papier, Karton, Kautschukleder, ferner aus Zinkblech, Messingblech usw. gebildet, oder sie werden nach dem Patronierungs- bzw. Umdruckverfahren, seltener durch Handmalerei als Deckgrund aufgetragen. In die Metallschablonen werden die Muster entweder gestanzt oder geätzt. Eine genügend widerstandsfähige Deckmasse für das Patronierungs- oder Umdruckverfahren erhält man besonders durch Zusatz von Kautschuk (gelöst in Benzin) zu den gewöhnlichen Farben.

Nachfolgend sei ein Drucksandstrahlgebläse der Firma J. Fahdt, Maschinenfabrik in Kötzschenbroda bei Dresden angeführt (Fig. 272).

Vakuum-Sandstrahlgebläse Modell 28 zum Mousselinieren und Mattieren von Tafelglas. Fig. 272 zeigt nur den Mattierapparat und die Luftwäsche. Letztere ist durch das ange deutete Rohr mit einem Hochdruckgebläse in Verbindung gebracht, das hier nicht sichtbar ist. Die Einrichtung beruht auf dem

Prinzip der verdünnten Luft und ist leicht ersichtlich. Sobald das Hochdruckgebläse in Bewegung gesetzt wird, bewirkt es in dem Innern des ganzen Apparates eine Luftverdünnung, die einer Wassersäule von 65 cm gleichkommt.

Der Mattierapparat besteht aus einem großen Blechbehälter, der nach unten sich konisch verjüngt und in einem Rohre endigt, das sich unter dem Arbeitstisch hinzieht und in seinem horizontalen Teile eine Schnecke enthält, welche durch die im Hintergrund sichtbare Antriebsvorrichtung in langsame Bewegung gesetzt wird. Der vorgenannte Blechbehälter wird bis über den konischen Teil desselben, mithin auch das erwähnte Rohr mit feinem Sande angefüllt, der mittels der Schnecke unter die ganze Breite des Arbeitstisches gebracht wird.

Zwei weitere Rohre, die im Innern des großen Behälters bis über die Sandlinie hinaus reichen, sind ebenfalls unter dem Tisch weitergeführt.

Der Walzenstuhl hat in seiner ganzen Breite einen auf beiden Seiten mit Gummwalzen und dergleichen Druckrollen versehenen Schlitz, in welchen auch die beiden zuletzt genannten Rohre durch eine seitliche Öffnung münden. Die zu bearbeitende Glasplatte wird zwischen eines der Walzenpaare und durch diese über den Schlitz geführt, sie legt sich dabei auch auf zwei leicht federnde Flächen, um so die Verbindung mit der Außenluft abzuschließen, die dann nur noch mit den gedachten Rohren bestehen bleibt.

Das mit der Schnecke versehene Rohr (Luftzuführungskanal) steht in seiner ganzen Länge mit einer Rinne in Verbindung, die bis zu einer gewissen Höhe, und zwar durch die Bewegung der Schnecke mit Sand angefüllt wird. In diesen Sand mündet mit ihrem unteren Ende die sogenannte Düse. Hier ist auch die einzige Stelle, wo die Außenluft Zutritt zu dem Apparat findet. Wird nun durch das Hochdruckgebläse das teilweise Vakuum gebildet, so tritt die Außenluft mit dem entsprechenden Überdruck an der bezeichneten Stelle ein, es entsteht dadurch auch eine Luftströmung in der unteren Düse und diese wird daher einen gewissen Teil des Sandes, in welchen sie einmündet, mitreißen und dem schnelleren Luftstrom in die Düse zuführen, die dann diesen Sand mit großer Gewalt gegen das darüberliegende Glas schleudert und, wie bekannt, die glatte Fläche angreift und rauh macht.

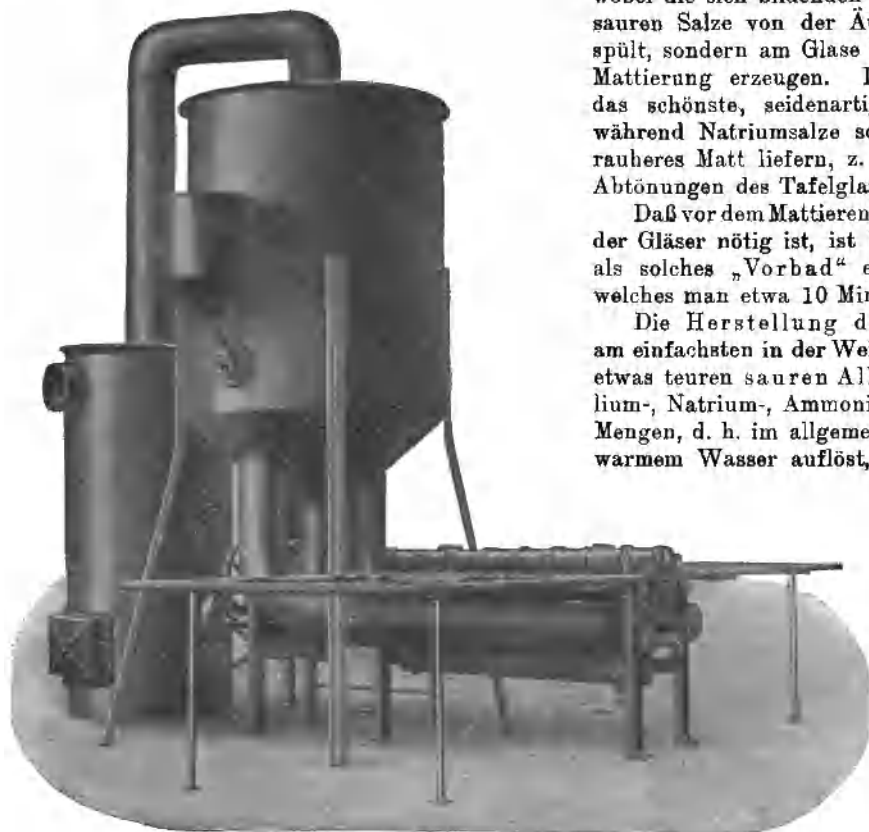
3. Die Glasätzerei.

Auch die Glasätzerei ist in ihrer Weise und in verschiedener praktischer Ausführung schon in den früheren Auflagen dargestellt; hier soll ein kurzer systematischer Überblick gegeben und Neues eingefügt werden. Man kann unterscheiden die Hell- und Tiefätzerei für blanke vertiefte Flächen und Muster, die Mattätzerei zur Mattierung des Glases, die Säurepolitur zum raschen Polieren von

geschliffenem Kristallglas, endlich einige besondere Ätzverfahren.

Tiefätzung (Hell- oder Blankätzung). Geeignete Ätzbäder erhält man in einfachster Weise dadurch, daß man 1 Teil starke Flußsäure je nach deren Konzentration mit 3 bis 10 Tln. Wasser verdünnt und eventuell zur besseren Lösung der sich bildenden Salze noch 1 Tl. Schwefelsäure (bei gewöhnlichen Gläsern) oder 1 Tl. Salpetersäure (bei Bleigläsern) zusetzt. Je verdünnter das Ätzbad,

Fig. 272.



Vakuum-Sandstrahlgebläse
zum Mousselinieren und Mattieren von Tafelglas.

desto heller wird die Ätzung, aber auch um so weniger tief bzw. länger dauernd. Verdünnte Flußsäure, wie sie z. B. zum Hellbad verwendet wird, kann man wohl in offenen Gefäßen stehen lassen, da sie keine Dämpfe mehr abgibt. — Das Auffrischen eines Tiefbades erfolgt entweder durch Zusatz von Flußsäure oder auch von Schwefelsäure, etwa 10 bis 20 g auf 1 Liter Flüssigkeit; entsteht dabei eine Trübung, so läßt man dieselbe über Nacht absitzen.

Sogenanntes Streichtief ist eine breiige Masse, zu deren Herstellung wenig verdünnte Flußsäure mit indifferenten Stoffen, wie Baryt oder Mehl, zu einer

mit dem Pinsel streichbaren Masse angemacht und auf das Glas aufgetragen wird; es kann zum Tiefätzen kleinerer Flächen vorteilhaft verwendet werden.

Mattätzung. Hierzu verwendet man selten mehr gasförmige Flußsäure, indem man das Glas den Dämpfen aussetzt, welche aus einem Gemisch von Flußspat und konzentrierter Schwefelsäure entstehen (Ätzung von Skalen und Thermometern, Büretten usw.). Gewöhnlich verwendet man konzentrierte Lösungen von sauren Fluoralkalien (nicht die gewöhnlichen neutralen Salze!), wobei die sich bildenden flußsauren und kieselflußsauren Salze von der Ätzflüssigkeit nicht weggespült, sondern am Glase haften bleiben und so die Mattierung erzeugen. Dabei bilden Kaliumsalze das schönste, seidenartige Matt für Hohlgläser, während Natriumsalze schneller wirken, aber ein rauheres Matt liefern, z. B. für die verschiedenen Abtönungen des Tafelglases¹⁾.

Daß vor dem Mattieren eine sorgfältige Reinigung der Gläser nötig ist, ist bekannt; am besten wirkt als solches „Vorbäd“ ein gewöhnliches Hellbad, welches man etwa 10 Minuten einwirken läßt.

Die Herstellung der Mattbäder geschieht am einfachsten in der Weise, daß man die allerdings etwas teuren sauren Alkalifluoride (saures Kalium-, Natrium-, Ammoniumfluorid) in bestimmten Mengen, d. h. im allgemeinen bis zur Sättigung in warmem Wasser auflöst, also z. B. 10 Tle. saures

Kaliumfluorid in 100 Teilen Wasser; solche Ätzbäder greifen ohne weitere Zusätze von Säuren das Glas direkt mattierend an. — Man kann aber auch die gewöhnlichen neutralen Alkalifluoride in bestimmter Menge in Wasser auflösen; allein dieselben vermögen für sich allein das Glas nicht anzugreifen, sondern erst auf Zusatz einer anderen Säure, wie

Salzsäure, Schwefelsäure, Essigsäure, oder am besten Flußsäure selbst. Auf diesem Prinzip beruhen die meisten Vorschriften für die Herstellung der Mattätzbäder, z. B.:

1. Für Seidenmatt: 100 Tle. Wasser, 10 Tle. Fluorkalium, 1 Tl. Salzsäure (bei 40 bis 60° anzuwenden, z. B. für Beleuchtungskörper).

2. Sehr rauhes Matt: 100 Tle. Wasser, 100 Tle. Fluorammonium, 40 Tl. Flußsäure (nach R. Hohlbaum).

¹⁾ Vgl. auch den Vortrag „Mikroskopische Struktur der Oberfläche mattierter Gläser“ von K. Hesse-Penzig auf der zweiten Tagung der D. G. G. 1924.

3. Oder: 100 Tle. Wasser, 8 Tle. Fluorkalium, 1 Tl. Schwefelsäure.

4. Oder: 100 Tle. Wasser, 9 Tle. Fluornatrium, 10 Tl. Essigsäure.

Endlich kann man am billigsten ohne die käuflichen Alkalifluoride die Mattbäder herstellen, indem man reine Pottasche, Soda oder kohlen-saures Ammoniak mit Flußsäure sättigt, d. h. so viel Flußsäure hinzugibt, bis kein Aufbrausen mehr stattfindet; jetzt haben sich die neutralen Alkalifluoride gebildet, welche nach obigen Grundsätzen noch eines Säurezusatzes bedürfen; man muß also noch eine Säure, am einfachsten nochmals Flußsäure, hinzusetzen. Auf diesem Prinzip beruhen folgende Ätzvorschriften:

1. 1 Tl. Flußsäure, 5 bis 10 Tle. Wasser, Pottasche bis zur Sättigung, noch 1 Tl. Flußsäure (nach B. Müller).

2. 10 Tle. Flußsäure, 100 Tle. Wasser, Pottasche bis zur Sättigung, noch 2 Tle. Flußsäure (nach R. Hohlbaum).

3. 1 Tl. Flußsäure, 5 bis 6 Tle. Wasser, kristallisierte Soda bis zur Sättigung, weiterer Zusatz einer Säure?

Zusätze: Vielfach setzt man diesen Mattbädern zur kräftigeren Wirkung noch kleine Mengen anderer Salze, schwefelsaures Kali, Fluorammonium, Zinkchlorid usw. hinzu.

Streichmatt wird wie Streichtief hergestellt mit Hilfe mattierender Flüssigkeiten, ebenso aufgetragen.

Am besten verfährt man folgermaßen: Sogenanntes Mattsalz, d. i. saures Ammoniumfluorid — in Ermangelung dessen hat Verfasser ebensogut gewöhnliches Ammoniumfluorid unter Zusatz von etwas Flußsäure verwendet — wird auf einer besonderen Glasplatte mittels eines Läufers sehr fein mit Wasser verrieben und der dickliche Brei auf die zu mattierenden Stellen aufgetragen, nachdem das übrige Glas durch einen passenden Lack geschützt wurde. Wenn man das Mattpräparat nach wenigen Minuten mit Wasser abspült und dann auch den Lack wieder entfernt, erscheint nach dem Trocknen ein weißliches Matt auf dem Glase.

Matte Ätztinte. Mittels derselben kann Glas mit matten Schriftzügen und Zeichnungen unter Anwendung eines Gänsekiels oder einer gewöhnlichen Feder (allenfalls mit Platinspitze) versehen werden.

Vorschrift 1. Man bereitet eine gesättigte Lösung von Fluorammonium in Flußsäure unter Zusatz von einigen Tropfen Ammoniak und bringt sie durch Schwerspatpulver in eine dickliche Konsistenz; Zugabe von einigen Tropfen Glycerin verhindert das Ausfließen der Tinte auf dem Glase.

Vorschrift 2. Man löst 5 Tle. Fluornatrium und 1 Tl. schwefelsaures Kali in 70 Tle. Wasser, ebenso 2 Tle. Zinkchlorid und 9 Tle. starke Salpetersäure in 70 Tln. Wasser; zum Gebrauch mischt man gleiche Teile der Lösungen. In einer halben Stunde ist die Mattätzung vollendet.

Matte Stempelflüssigkeit. Hiermit lassen sich mittels eines Gummistempels matte Stempel auf Glas anbringen, indem man entweder die Stempelflüssigkeit auf einem Stempelkissen verreibt und sie dann mit einem Gummistempel auf das Glas überträgt oder indem der Stempel auf einem Laufbrett befestigt, mit der Flüssigkeit angefeuchtet und dann das Glas darübergewalzt wird.

Bekannt geworden sind die Finckhsche Ätzstempelflüssigkeit und das Moderowsche Ätzverfahren. Man kann sich matte Stempelflüssigkeiten auch selbst herstellen, wozu folgende Vorschriften dienen:

Vorschrift 1. Man gießt eine konzentrierte Lösung von Fluorammonium in Flußsäure auf ein Stempelkissen, verreibt gleichmäßig, befeuchtet darauf einen Gummistempel und überträgt auf das Glas; in einigen Minuten ist der Stempel matt eingätzt.

Vorschrift 2. Man verreibt 5 Tle. Fluorammonium, 1,5 Tle. schwefelsaures Kali und 1 Tl. Schwefelsäure mit gallertiger Kieselsäure (wie sie durch Zusatz einer Säure zu Wasserglas entsteht) zu einer stempelfähigen Masse und verfährt dann wie vorher. Nach 24stündigem Stehen in der Wärme soll das schönste Matt erscheinen.

Vorschrift 3. Mittels eines Gummistempels wird Fett auf Glas aufgestempelt und hierauf warmes, fein pulverisiertes Ätzpulver, am besten saures Fluorammonium, aufgestäubt, danach an den blanken Stellen des Glases mit einem Pinsel wieder beseitigt. Dann stellt man das Glas an einen warmen Ort, wobei sich das Ätzpulver in dem Öl löst und das Glas mattierend angreift, was nach einigen Minuten beendigt ist.

Mattätzen durch Einbrennen. Nach dem vorigen Verfahren kann man auch die mit Stempel und Fett (Firnis) vorgedruckte Stelle mit Ätzpulver einstäuben und dann das Glas in einer Muffel erhitzen.

Eisbad. Ätzt man Glas in starker oder nur mit wenig Wasser verdünnter Flußsäure, so wird das Glas unregelmäßig angefressen und erhält ein eis- oder reifartiges Aussehen (Eisglas).

Alle die vorher genannten Ätzflüssigkeiten und Ätzpräparate kann man sich selbst herstellen, aber auch vorteilhaft von einigen Spezialfirmen beziehen. So bringt z. Z. die chemische Fabrik vorm. Siegwarth, Dr. Finkh und Eissner in Basel das sogenannte Finksche Abätzsalz, „Ersatz für Flußsäure“, in den Handel. Die gleiche Fabrik wie auch die Firma Schuster und Wilhelmy in Görlitz liefern verschiedene Mattätzflüssigkeiten und Mattbeizen bzw. Mattsalze wie auch Strichmatt (Fluorfarben, Ätzpomaden). Endlich liefern diese Firmen und neuerdings noch die Firma Moderow-Berlin fertige Ätztinten und Stempelflüssigkeiten mit genauen Gebrauchsanweisungen.

Decklacke, Mallacke, Umdrucklacke. Diejenigen Stellen des Glases, welche nicht geätzt werden sollen, müssen mit einem geeigneten Schutzanstrich versehen werden, als welche fette, harzige

und ölige Stoffe und deren Gemische dienen. Dieselben werden entweder von Hand aufgestrichen bzw. aufgemalt oder meistens nach dem Umdruckverfahren und neustens mit Maschinen hergestellt. Das Umdruckverfahren ist bereits in der früheren Auflage ausführlich beschrieben, nur daß heutzutage das Muster meistens in Stahl- oder Zinkplatten eingätzt und von dort umgedruckt wird. Für die Industrie spielt die Glasätzerei erst eine größere Rolle, seither erstens das Umdruckverfahren eingeführt und zweitens auch auf diesem Gebiete, Maschinen wie die Guillochiermaschine und der Pantograf, angewendet werden. Dieselben dienen vor allem dazu, um vertiefte Linienmuster auf dem Glas herzustellen. Zu diesem Zwecke werden die Gläser zunächst durch Eintauchen in einem geschmolzenen Decklack vollständig mit Schutzfarbe versehen. In dieselbe kann man nun in einfacher Weise von Hand mittels einer Graviernadel, viel rascher aber mit den genannten Maschinen das gewünschte Muster einradieren. Hierauf wird dasselbe in einem Tiefbad eingätzt und dann das Glas vom Lack wieder befreit.

Das Prinzip der Guillochiermaschine (Fig. 273) beruht darauf, daß das in die Maschine eingespannte Glas in langsam drehende Bewegung versetzt wird, während gleichzeitig an entsprechenden Vorrichtungen bewegte Stifte das Muster einradieren.

Beim Pantograf (Fig. 274), mit welchem man gleichzeitig 20 bis 30 Gläser mit demselben Muster versehen kann, ist das Muster auf einer Zinkplatte bedeutend vergrößert eingraviert; diese liegt auf dem Tisch der Maschine und ein Arbeiter führt mit einem Stift derselben die Linien des Musters nach. Diese Bewegung wird auf Metallstifte übertragen, welche das Muster in die Wachsschicht der von einer Drehachse eingeklemmten Gläser einradieren.

Polierbad (Säurepolieren). Es beruht auf der Wirkung starker Flußsäure im Verein mit starker Schwefelsäure, Glas unter stürmischer Entwicklung von Siliciumfluorid-Gasblasen anzugreifen und hierbei mattgeschliffenes Glas vollständig blank zu ätzen. Die Flußsäure ist der eigentliche, allein wirksame Bestandteil des Polierbades; ein Zusatz von Säuren — meist Schwefelsäure, weil dieselbe Bleigefäße nicht angreift im Gegensatz zur Salpetersäure — dient als Lösungsmittel der neuen sich bildenden Verbindungen auf dem Glas; dazu allenfalls noch Wasser als Verdünnungsmittel. Alle anderen Zusätze sind zwecklos, sie werden meist nur zugegeben entweder aus Unkenntnis des Poliervorganges oder zur Täuschung des Käufers eines Rezeptes (so konnte Verf. in einer sonst guten Vorschrift „einige Tropfen Chlorsilber in Salpetersäure gelöst“ feststellen, was natürlich völlig unsinnig ist). Sehr zu empfehlen ist eine Erwärmung des Polierbades, besonders bei bleifreien Gläsern, am besten auf 40 bis 60°. Das Erwärmen geschieht durch Dampfrohr oder Sandbad.

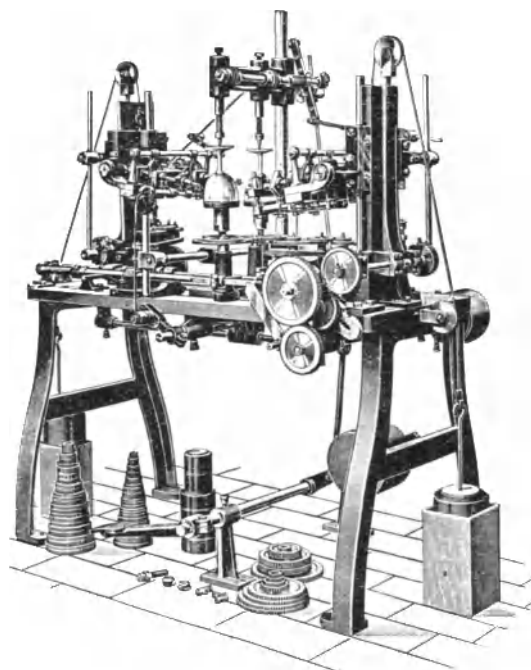
Eine genaue Vorschrift für ein Polierbad läßt sich nicht angeben, weil dasselbe abhängig ist von der Art des Glases und der Stärke der Ätzmaterialien; es muß also immer ausprobiert werden. Als Richtschnur können folgende Angaben dienen:

Für bleifreies und Bleiglas: 1 Flußsäure, 1 Wasser, 2 Schwefelsäure;

Für Bleiglas: 1 Flußsäure, 1 Schwefelsäure.

Sowohl durch die fortwährende Dampfentwicklung als auch durch das Polieren wird Flußsäure

Fig. 273.



Universal-Guillochiermaschine von Kutzscher-Deuben.

(nicht Schwefelsäure!) verbraucht, so daß häufig Flußsäure zugegeben werden muß. Ferner muß für gute Ventilation gesorgt werden.

Die Ausführung des Polierens geschieht so: Die mit dem Stein recht gleichmäßig fein geschnittenen und gut gereinigten Gläser werden entweder einzeln mit Gummihandschuhen bzw. Holzzangen oder zu mehreren Stücken zusammen in einem Holzgestell etwa 15 bis 30 Sekunden in die Ätzflüssigkeit getaucht, dann sofort in daneben bereit stehendes warmes Wasser; dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt, etwa drei- bis viermal, dann kommen die Gläser nach letztmaliger sorgfältiger Reinigung auf ein Lattengerüst über einen Ofen zum raschen Trocknen.

Vor- und Nachteile der Säurepolitur. Der wirtschaftliche Vorteil liegt in den Ersparnissen an Zeit und Arbeitslohn gegenüber dem Polieren mit dem Rad. Der technische Vorteil besteht darin, daß wenigstens bei Bleiglanz der Glanz der Säurepolitur fast ebenbürtig ist der Politur mit dem Holzrad, sicher besser als die mit dem Borstenrad. Ein

Nachteil soll darin bestehen, daß ein säurepoliertes Glas auf seiner Oberfläche gegen äußere Einflüsse weniger widerstandsfähig sein soll als ein mechanisch poliertes Glas, also seinen Hochglanz nicht solange behalten soll. Der größte Fehler soll aber darin bestehen, daß die Schärfe des Schliffes verlorenght und somit säurepoliertes Glas einem gut verschmolzenen Preßglas ähnelt.

Vielfach wird um ausführliche Angaben von Abhandlungen oder Büchern gebeten, aus denen man sich mit der Säurepolitur näher bekannt machen kann. Allein ein diesbezügliches Buch gibt es nicht, nur in Fachzeitschriften sind einige Abhandlungen erschienen, und zwar „Das Säurepolieren von gekugelten Gläsern“ und „Das Säurepolieren“ von R. Hohlbaum in der Zeitschrift „Die Glasindu-

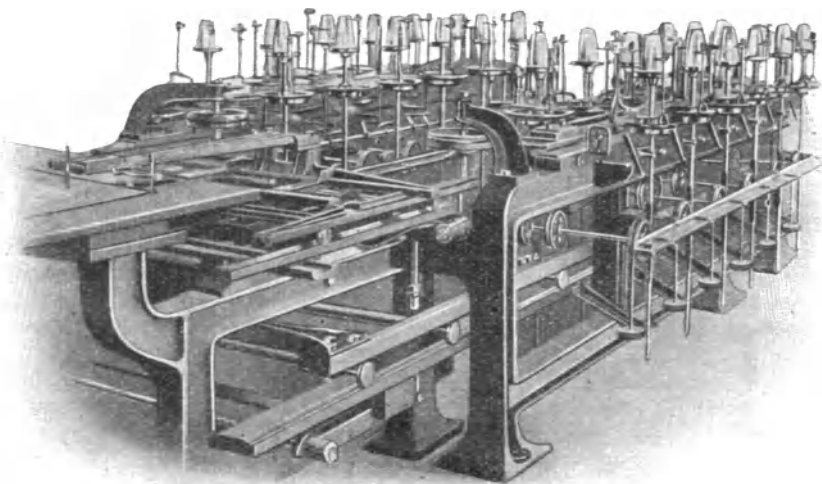
Bezüglich aller näherer Einzelheiten über diese eigenartigen Glasätzmethoden sei auf die betreffenden Veröffentlichungen im Sprechsaal 1911, Nr. 24, auch als Sonderdruck beziehbar, verwiesen.

4. Die Glasmalerei.

Die älteste Technik der Glasmalerei, nämlich die Mosaikglasmalerei, die das Bild aus farbigen Glassteinchen zusammensetzt und in den letzten Jahrzehnten gerade in Deutschland wieder neu auflebte, ist in der früheren Auflage ausführlich behandelt.

In der sonstigen Glasmalerei, besonders bei der Herstellung gemalter Fenster, wozu dann fast ausschließlich das früher besprochene, immer leicht gefärbte, sowie gebläselte und schraffierte Antik-

Fig. 274.



[Präzisions-Pantographiermaschine von Kutzscher-Deuben.

strie“ (Haida) 1912, Nr. 38 bzw. 1913, Nr. 1. In den glastechnischen Büchern von R. Hohlbaum und B. Müller ist die Säurepolitur nur kurz erwähnt.

Neuerdings findet sich eine ausführliche Abhandlung „Über das Säurepolieren des Glases“ von O. Parkert im Sprechsaal 1918, Nr. 36, ohne aber etwas wesentlich Neues zu bringen.

Eigenartige Glasätzmethoden (von Dr. B. Müller). Wenn man ein Bad herstellt aus etwa 1 Vol. hochproz. Flußsäure und 2 Vol. starker Schwefelsäure ohne Zusatz von Wasser (sogenanntes Linienbad), dann steigen die auch beim Säurepolieren auftretenden Gasblasen nur langsam auf und kennzeichnen ihre Bahnen auf der Oberfläche des Glases durch vertiefte, regelmäßig und dicht nebeneinander verlaufende Linien, ein sehr schöner Effekt, die sogenannte Linienätzung. In ähnlicher Weise hat genannter Autor noch ein Verfahren zur Saumätzung und Sternchenätzung ausgearbeitet, wodurch ebenfalls sehr hübsche Glasverzierungen gewonnen werden können. —

glas benutzt wird, kann man drei Techniken unterscheiden:

1. Die musivische Arbeit, bei welcher ein Bild aus verschiedenfarbigen Gläsern zusammengesetzt wird und mit dem Pinsel nur Umrisse und Schatten aufgemalt werden.

2. Die eigentliche Glasmalerei, bei welcher mit besonderen Glasmalerfarben das Bild auf Glas gemalt und durch Einbrennen in der Muffel befestigt wird; diese Art der Malerei wird auch auf Hohlglas viel angewendet.

3. Die kombinierte Glasmalerei, bei welcher ein Bild teils aus farbigen Gläsern, teils aus bemaltem Glas zusammengesetzt wird; so werden besonders Kirchenfenster mit Figuren hergestellt.

Die Glasmalerfarben für die eigentliche Glasmalerei sind leichtflüssige, viel Bleioxyd und Borsäure enthaltende Gläser (Fluß oder Email genannt), welche durch Metallverbindungen wie die Farbgläser gefärbt werden. Neuerdings werden auch bleifreie Schmelzfarben hergestellt.

Man unterscheidet hauptsächlich die undurchsichtigen oder nur durchscheinenden Emailfarben und die durchsichtigen Transparentfarben, ferner noch Flachfarben in dünner Schicht und Mattfarben ohne Glanz.

Die Glasmalerfarben bestehen also im allgemeinen aus zwei Hauptbestandteilen, nämlich einerseits einem leichtflüssigen Glase (Fluß oder Opak-Email bzw. Kristall-Email genannt), welches der Farbe die Haftbarkeit und den Glanz beim Einbrennen verleiht, andererseits dem Farbpräparat, welches die Färbung bewirkt. Zwecks Herstellung der Glasmalerfarben werden entweder die Bestandteile des Flusses mit den färbenden Präparaten zusammengeschmolzen und fein gemahlen, oder es werden nur die Bestandteile des Flusses für sich allein geschmolzen und gemahlen und dann in bestimmten Verhältnissen, z. B. 30:1, mit dem Farbpräparat gemischt.

Versätze für Flüsse sind z. B. für Opak-Email: 30 Sand, 80 Mennige oder 40 Sand, 70 Mennige, 20 Borax; für Transparent-Email: 10 Sand, 70 Mennige, 20 Borsäure.

Die Farbkörper sind entweder einfache Metalloxyde, wie Rot = Eisenoxyd, Hellgelb = chromsaures Barium, oder Gemische derselben, wie Dunkelgrünpräparat = 2 Chromoxyd + 0,5 Kobaltoxyd, Hellblau = 3 Tonerdehydrat + 0,5 Kobaltoxyd.

Einige Vorschriften für durchgeschmolzene opake Farb-Emails sind: Obiger Fluß aus 30 Sand + 80 Mennige mit 1 Bichromat für Dunkelgelb, 2 Kupferoxyd + 0,2 Bichromat für Grün, 1,5 Kobaltoxyd + 1,5 Braunstein für Blauviolett usw.

Einige Vorschriften für durchgeschmolzene Transparent-Emails sind: Obiger Fluß aus 10 Sand + 20 Borsäure + 70 Mennige mit 0,4 Kobaltoxyd für Dunkelblau, 0,8 Braunstein für Weinrot, 0,4 Kupferoxyd + 0,2 Uranoxydnatron für Gelbgrün.

Die verschiedenen Arten von Goldpurpur, wie Karmin, Violett usw., brauchen besondere Flüsse, sind überhaupt sehr heikel.

Ein allgemeiner Fluß für Flachfarben besteht aus: 10 Sand, 30 Borsäure, 60 Mennige; derselbe wird durchgeschmolzen und dann mit $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ Farbpräparat verrieben.

Die Mattfarben sind Flachfarben mit einem Zusatz von 10 Proz. Zinnoxid oder Porzellan.

Die Selbsterstellung der Glasmalerfarben, besonders der schwierigen Purpurpräparate, ist heutzutage im allgemeinen nicht mehr rentabel, da sie Spezialfabriken liefern; immerhin kann aber für bestimmte Zwecke ein geradezu wünschenswerter Farbton selbst versucht werden.

Die Glasmalerfarben werden mit verschiedenen Ölen angerieben und entweder mit dem Pinsel durch Handarbeit auf das Glas aufgemalt oder mit dem sogenannten Aerographen aufgestäubt oder durch Umdruck aufgetragen; nach dem

Trocknen werden sie in eigenen Muffeln ein-gebrannt, d. h. die Gläser so weit erhitzt, bis die Farben zum Schmelzen kommen, wodurch sie festhaftend und glänzend werden. Beim Einbrennen werden mit Vorteil die niedrigsten Segerkegelnummern verwendet.

Polier- und Glanzmetalle. Abgesehen vom Hinterlegen von Glas mit Blattgold kommen hier nur die im Feuer beim Einbrennen nicht oxydierenden Edelmetalle Silber, Gold und Platin in Betracht, wobei dieselben entweder als Poliermetalle oder als Glanzmetalle verwendet werden.

Die Poliermetalle bestehen aus feinstem Metallpulver mit etwa $\frac{1}{10}$ Teil Fluß, wie borsaures Blei oder Wismutoxyd, welcher beim Einbrennen das Festhaften bewirkt. Danach erscheinen die Metalle matt und erdig und erhalten ihren Hochglanz erst durch Polieren mit Achat, Blutstein oder Glasbürste.

Glanzmetalle, vor allem Glanzgold, sind Auflösungen von Edelmetallsalzen in Schwefelbalsam und Lavendelöl unter Zusatz obiger „Flüsse“, oft auch mit Platin, Rhodium usw. Die Glanzmetalle kommen nach dem Einbrennen sofort glänzend aus der Muffel, sind aber weniger haltbar.

Zusammensetzung und Herstellung von Poliergold. Das Poliergold besteht aus 8 bis 10 Tln. Goldpulver und 1 Tl. Flußmittel (borsaures Blei oder Wismutoxyd oder Gemisch von Bleiglätte mit Borax); durch Zusatz von etwa 1 Tl. metallischem Silberpulver erhält man „Grüingold“. Vielfach wird das Poliergold „gestreckt“ durch Zusatz von etwa 3 Tln. rotem Quecksilberoxyd, das sich beim Einbrennen vollständig verflüchtigt.

Einen ausführlichen Artikel über die „Aufarbeitung von goldhaltigen Rückständen und Herstellung von reinem Goldpulver“ von Dr. L. Springer siehe „Die Glashütte“ 1918, Nr. 1 ff.

Zusammensetzung und Herstellung von Poliersilber. Das Poliersilber besteht aus etwa 10 Tln. Silberpulver und 1 Tl. Flußmittel wie bei Poliergold; statt metallischem Silberpulver kann man auch etwa 12 Tle. kohlen-saures Silber nehmen.

Einen ausführlichen Artikel über die „Aufarbeitung von silberhaltigen Rückständen und die Herstellung von reinen Silberpräparaten“ von Dr. L. Springer siehe „Die Glashütte“ 1918, Nr. 9 ff.

Die „Gelbfärbung des Poliersilbers auf der Rückseite“ sucht Dr. L. Springer durch zahlreiche Untersuchungen und Versuche mit verschiedenen eingekauften und selbsthergestellten Poliersilbern zu ergründen¹⁾. Als Resultat der Versuche ergab sich, daß die Gelbfärbung einerseits bei allen geprüften Poliersilbersorten abhängig ist von der Einbrenntemperatur in dem Sinne, daß möglichst niedriges Feuer zu geben ist, und zweitens von der Zusammensetzung des Poliersilbers, besonders von der Form des Silbers,

¹⁾ Siehe Keram. Rundschau 1915 und 1916.

indem sich kohlen-saures Silber und feines, graues, glanzloses Silberpulver gut, metallglänzendes und kupferhaltiges Silberpulver schlecht bewähren. Im zweiten Teil der Versuche wurde vor allem das Verhalten des Poliersilbers in Verbindung mit Emailfarben studiert. Die Gelbfärbung des Poliersilbers auf der Rückseite ist ihrer Natur nach eine Art Gelbätze.

Lasuren auf Glas. Unter diesen Metallfärbungen versteht man die oberflächliche, transparente Färbung eines Glases durch Einbrennen von Metallverbindungen in der Muffel. Verwendet werden Silber- und Kupferverbindungen; erstere liefern besonders die Gelbätze, letztere besonders die Rotätze.

1. Die Gelbätze beruht auf der Gelbfärbung des Glases durch Silberverbindungen; das Gelbätzpräparat selbst besteht aus irgend einem Silbersalz (jedoch nicht metallisches Silber), z. B. Chlorsilber, salpetersaures und kohlen-saures Silber unter Zusatz von Gelberde (Ocker), Kaolin, Eisenoxyd; die letzteren Stoffe dienen nur als körpergebende, streichfähige Substanzen, wirken aber nicht etwa als Fluß- oder Befestigungsmittel, haben auch auf die Färbung selbst keinen Einfluß (nicht die Gelberde färbt gelb!); diese Stoffe müssen im Gegenteil im Glase beim Einbrennen unlöslich und unschmelzbar sein, dürfen auch nicht schwinden, daher vorher gut ausbrennen.

Ein und dasselbe Präparat gibt um so dunklere Töne, bei je höherer Temperatur gebrannt wird; bei gleicher Einbrenntemperatur liefert das silberreichste Präparat die dunkelste Färbung. Auch Schwefelsilber färbt besonders gelb, dagegen ist ein Zusatz von Antimonoxyd wertlos; ein grünliches Gelb erhält man mit Kupferverbindungen (siehe Rotätze). Eine bestimmte Vorschrift läßt sich nicht angeben, man nimmt auf 100 Tle. Ocker 10 bis 70 Tle. Silbersalz. Eine sehr innige Mischung erhält man, wenn man salpetersaures Silber in Wasser löst und mit fein geriebenem Ocker zum Trocknen verdampft; noch vorteilhafter ist es, das salpetersaure Silber vor dem Eindampfen durch Zusatz von Salzsäure in Chlorsilber umzuwandeln, weil man dann ein in Wasser unlösliches Präparat erhält. Die Gelbätzmasse wird dann mit Gummiwasser oder Terpentinöl angerieben und mit dem Pinsel auf das Glas aufgetragen; ferner kann sie mit Druckfirnis angemacht und nach dem Umdruckverfahren übertragen werden; endlich kann die trockene Ätzfarbe auch im Staubkasten aufgestaubt werden bei Tafelglas (siehe im Buche von J. B. Miller). Nach dem Trocknen werden die Gläser in der Muffel eingebrannt, wobei sich Silber in der Oberfläche des Glases auflöst. Nach dem Erkalten wird die Ätzmasse abgewaschen; sie enthält noch einen großen Teil des Silbers und kann entweder direkt zu einer schwächeren Gelbätze verwendet werden oder durch Zusatz von Silbersalz wieder verstärkt werden. — Je weicher ein Glas, desto besser läßt es sich gelbätzen; es gibt aber tat-

sächlich Gläser, welche trotz höchster Einbrenntemperatur keine gelbe Farbe annehmen.

In einer ausführlichen Abhandlung des Verfassers „Über die Gelbätze“ im Sprechsaal 1921, Nr. 19 und 20 werden die einzelnen Punkte der Gelbätze, also die beste Art ihrer Herstellung, ihr Auftragen und Einbrennen, ihre Abhängigkeit von den verschiedenen Silberpräparaten, ihre Abhängigkeit von der wechselnden Zusammensetzung der Gläser und der Höhe der Einbrenntemperatur eingehend besprochen und an vielen eigenen Versuchen des Verfassers aus der Praxis mit Hohl- und Tafelgläsern, besonders auch solchen für die Zwecke der Glasmalereien (Tongläsern usw.) dargestellt.

2. Die Rotätze besteht aus einem Gemisch von Kupferoxyd oder Kupfervitriol mit Gelberde usw., z. B. 200 Tl. Kupfervitriol und 100 Tl. Gelberde. Nach dem ersten Einbrennen dieser Masse im gewöhnlichen Feuer erscheint das Glas in grünlicher Farbe; nun muß das Glas in einer Eisenblechmuffel reduzierend (Einlegen von Kohlen usw.) gebrannt werden, worauf es von schwarzer Farbe erscheint (siehe Schwarzätze); wird ein solches Glas in einem dritten Brande bei gewöhnlichem Feuer abermals erhitzt, so läuft es erst rot an; man kann aber das Rotbrennen auch in zwei oder einem Brande ausführen.

Eine ausführliche Darstellung über das gesamte Gebiet der Rotätze siehe in den Abhandlungen „Studien und Versuche über die Rotätze“ von Dr.-Ing. L. Springer im Sprechsaal 1916, Nr. 7 bis 12 und 1917, Nr. 13 bis 15 (auch als Sonderdrucke erhältlich). In der ersten Abhandlung macht der Verfasser nach einer Zusammenstellung der in der Glasliteratur bisher erschienenen Angaben über die Rotätze die allgemeine Ausführung seiner Versuche bekannt und gibt dann eine Beschreibung seiner zahlreichen Versuche über die Rotätze, besonders über die Wirkung verschieden zusammengesetzter Rotätzpräparate bei verschiedenen Einbrenntemperaturen; dabei gelang es, für eine bestimmte Glassorte die passende Ätzmasse (200 Kupfervitriol + 100 Ocker), die richtige Einbrenntemperatur und die Art der Reduktion für eine schöne, tiefrote Rubinätze zu finden. — In der zweiten Arbeit wurde vor allem das Verhalten verschieden zusammengesetzter Glassorten beim Rotätzen studiert. Nach einer Zusammenstellung der in der Literatur in der letzten Zeit für Rotätze angegebenen Glassätze werden die Versuche mit fünf verschiedenen Glassorten beschrieben. Dabei zeigten sich tatsächlich nicht alle Gläser zur Rubinfärbung gleich gut geeignet. Während ein Sodakalkglas mit dem ungefähren Satz: 100 Sand, 15 Kalk, 38 Soda die Rotätze überhaupt nicht annahm, bewährte sich sehr gut eine Glassorte aus dem Satz: 100 Sand, 22 Kalk, 13 Soda, 27 Pottasche und eine Glassorte aus dem Satz: 100 Sand, 16 Kalk, 35 Pottasche, 5 Soda mit

oberer Rotätzemasse; doch erfordert das letztere Glas eine höhere Einbrenntemperatur. Danach erscheint der alte Erfahrungssatz bestätigt, daß nicht zu harte, an Kalk arme, an Pottasche reiche Glassätze zur Rotätze am besten geeignet sind.

3. Über „Blau-, Grün-, Schwarz- und Goldätze auf Glas“ siehe eine Abhandlung von Dr. L. Springer in der *Keram. Rundschau* 1916, Nr. 33. Eine Blauätze mit Kobaltverbindungen oder eine Grünätze mit Chrom- und Eisenverbindungen ist unmöglich, weil dieselben im Glase bei Muffeltemperatur nicht löslich sind. Aus dem gleichen Grunde sind Farbätzen mit den meisten anderen Metallen unmöglich. Eine Art Grünätze kann man erhalten durch Gelbätzen von blauem Glas, wobei aber leicht auch verschieden marmoriertes Glas erhalten wird. Eine Schwarzätze erhält man beim zweiten Brand der Rotätze, jedenfalls verursacht durch feinverteiltes metallisches Kupfer, während sich beim dritten Brand der Rotätze durch „Anlaufen“ das rotfärbende Kupferoxydul bildet. Eine Goldätze erhält man durch reduzierendes Brennen von Gelbätze.

Metallglanzätze auf Glas. Es gibt verschiedene Verfahren, um auf Glas durch „Ätzen“, d. h. in diesem Falle durch Einbrennen von Metallverbindungen, mannigfaltige Färbungen hervorzurufen.

1. Reduktions- oder Metallreflexfarben erhält man durch Einbrennen von Silber-, Kupfer-, eventuell Wismutverbindungen; diese sogenannten Reduktionsmassen sind also nichts anderes als Gemische von Gelb- und Rotätze, gebrannt in reduzierendem Feuer wie bei der Rotätze. Der metallische Farbton ist abhängig zum Teil von der Metallverbindung, indem Silber mehr goldige und blaue, Kupfer mehr rote Töne gibt. Allein es kommt nicht so sehr auf die Mischung als vielmehr auf das Einbrennen an, so daß man mit ein und derselben Mischung, z. B. einer etwas kupferhaltigen Gelbätze, die verschiedensten Metallreflexe erzielen kann; sie sind abhängig von der Höhe der Einbrenntemperatur, der Dauer und Stärke der Reduktion, auch von der Art des Auftrages, ob schuppig, flammig usw. Gegenüber den Lüsterfarben haben die Metallreflexe den Vorteil, daß sie sehr beständig sind, weil sie in die Oberfläche des Glases eindringen. Eine ausführliche Abhandlung über „Metallische Reflexe auf Glas“ von Dr. B. Müller, siehe im *Sprechsaal* 1911, Nr. 9 und 10, und 1912, Nr. 28 und 29 (auch als Sonderdrucke erhältlich).

2. Lüsterfarben unterscheiden sich von den Metallreflexen einmal durch ihre chemische Zusammensetzung, dann werden sie meist im oxydierenden Feuer eingebrannt, endlich sind sie nicht so dauerhaft, weil sie nur an der Oberfläche haften. Die Lüster bestehen — ähnlich wie Glanzgold — aus organischen Metallverbindungen, und zwar harzsauren Metallen (Resinaten), welche in Ölen löslich sind. Die bei den Metallreflex-

farben verwendeten Metalle: Silber, Kupfer, Wismut, werden hier weniger gebraucht, dagegen viele andere Metalle. Die entsprechenden Verbindungen derselben werden entweder auf trockenem Wege hergestellt durch Zusammenschmelzen mit Kolophonium oder auf nassem Wege mit Natronharzseifenlösung. Die Lüsterfarben selbst sind entweder einfache harzsaure Metalle oder Gemische derselben unter Zusatz von Blei- und Wismut-Resinaten sowie Phosphor- und Borverbindungen zwecks besseren Haftens; auch Glanzgold, Rhodium usw. werden zugesetzt. Bestimmte Rezepte anzugeben erübrigt sich, da die Selbsterstellung umständlich, im Handel aber alle möglichen Präparate zu haben sind. Das Auftragen und Einbrennen ist bekannt.

3. Irisieren geschieht durch Einwirkung metallischer Dämpfe, vor allem von Zinnsalz, auf Glas. Das Irisieren wird meist schon vom Glasmacher in der Irisiertrommel (siehe „Glasspezialitäten“) vollzogen, es kann aber auch nachträglich in der Muffel ausgeführt werden, indem man eine Pfanne mit Zinnsalz zu den Gläsern einstellt (vgl. das Buch von P. Randau).

Speziell über „Das Irisieren und Lüster der Glasperlen, Glasknöpfe usw.“ findet sich eine ausführliche Abhandlung von O. Schwarzbach im *Sprechsaal* 1921, Nr. 32.

Über Verzierungen von Glas durch Galvanoplastik kann hier nur kurz erwähnt werden, daß man zur Herstellung von metallischen Ornamenten oder Überzügen auf Glas mit Hilfe der Galvanoplastik das Glas für den elektrischen Strom zuerst leitend machen muß. Das geschieht durch Einbrennen von Glanzgold oder durch Versilbern auf nassem Wege oder durch Einreiben mit Graphit, eventuell Kupferbronze. Hierauf werden die Gläser an geeigneten Vorrichtungen in die Metallbäder eingehängt und dem elektrischen Strome ausgesetzt (vgl. „Keramik und Galvanoplastik“ von C. Ranke im *Sprechsaal* 1917, Nr. 17 ff.).

Bezüglich Photochemischer Reproduktionsverfahren auf Glas sei bemerkt, daß dieselben noch viel mehr im Dienst der Glasmalerei stehen könnten, besonders zur Herstellung der Zeichnung und Hauptschatten; für die Ausführung sei verwiesen auf R. Hohlbaum S. 221 bis 231 und die Spezialwerke über „Photochemie“ von J. Krüger und C. Fleck.

Über Eisblumenglas, d. h. damasziertes Glas, ist bekannt, daß man rau mattiertes (!) Glas mit Leim bestreicht, gut trocknen läßt und dann an einen warmen Ort stellt, wodurch der Leim reißt und eisblumenähnliche blanke Gebilde abhebt, besonders schön auf Überfangglas wirkend. Über alle Einzelheiten siehe das Spezialwerk von O. Preuss.

Speziellliteratur über die Raffinerie und Dekoration des Glases findet sich im folgenden Literaturverzeichnis angegeben.

Glasliteratur.

Nachstehend ein Verzeichnis der neueren Glasliteratur:

a) Gesamtgebiet der Glasindustrie:

- Baldermann, Der praktische Glashüttentechniker. 1 Bd. mit 422 S. und 1 Atlas mit 25 farbigen Tafeln. 1908.
 Benrath, Die Glasfabrikation. 484 S. und 201 Abb. 5. Aufl. 1875.
 Dralle, Die Glasfabrikation. 2 Bde. mit 1282 S., 1031 Textfiguren und 48 Tafeln. 1911.
 Fahdt, Der praktische Glasschmelzer. 259 S. 2. Aufl. 1908.
 Fischer, Die Kunst der Glasmasseverarbeitung. 146 S. und 277 Abb. 1892.
 Gerner, Die Glasfabrikation. 344 S. und 65 Abb. 2. Aufl. 1897.
 Hohlbaum, Zeitgemäße Herstellung, Verarbeitung und Verzierung des feinen Hohlglases. 255 S. mit 249 Abb. und 7 Tafeln. 1910.
 Hohlbaum, Lehrtext der Technologie des Tafel- und Hohlglases. 77 S. und 111 Abb. 1910.
 Mertens, Die Fabrikation und Raffination des Glases. 386 S. und 86 Abb. 1889.
 Müller, Chemische Technologie des Glases. 103 S. und 19 Abb. 1911.
 Schipmann, Aus der Praxis eines Glashüttenfachmannes. 2 Bde. 73 bzw. 97 S. mit 27 bzw. 16 Abb. und 12 Tafeln. 1907.
 Schnurpfeil, Die Schmelzung der Hohl-, Schliff-, Preß- und Tafelgläser. 212 S. 1906.
 Schulz, Das Glas. 176 S. und 37 Abb. 1923.
 Tschuschner, Handbuch der Glasfabrikation. 1. Bd. mit 653 S. und 1 Atlas mit 34 Tafeln. 1885.
 Wetzel, Die Bearbeitung von Glaskörpern. 272 S. und 155 Abb. 1901.
 Wetzel, Die Herstellung großer Glaskörper. 192 S. und 104 Abb. 1901.

b) Spezielle Gebiete der Glasindustrie:

- Berdel, Einfaches chemisches Praktikum für Keramiker, Glastechniker usw. 6 Teile in 4 Bde. 3. Aufl. 1920.
 Bronn, Der elektrische Ofen im Dienste der keramischen Gewerbe und der Glas- und Quarzglaserzeugung. 343 S. mit 108 Abb. 1911.
 Hovestadt, Jenaer Glas. 419 S. und 29 Abb. 1901.
 Klein, Das Sievertsche Tafelglasbläseverfahren. 15 Abb. und 13 Tafeln. 1918.
 Maurach, Der Wärmefluß in einer Schmelzofenanlage für Tafelglas. 1923.
 Miskowsky, Pyrometrische und bautechnische Berechnung eines zehnhäufigen Regenerationsgasofens. 37 S. mit Skizzen. 1910.
 Schneider, Gaserzeuger und Ofenanlagen der Glasindustrie. 1923.
 Schneider, Bau und Betrieb der Regenerativgasöfen.
 Schnurpfeil, Das Glas in seiner Farbentechnik. 75 S. 1911.
 Schnurpfeil, Die Tonindustrie im Glashüttenbetrieb. 179 S. und 106 Abb. 1908.
 Walter, Die Beleuchtungsglashütte. 100 S. u. 27 Abb. 1907.
 Woytacek, Lehrbuch d. Glasbläserei. 279 S. u. 576 Abb.
 Zschimmer, Die Glasindustrie in Jena. 158 S. und zahlreiche Abbildungen. 1909.
 Zschimmer, Theorie der Glasschmelzkunst als physikalisch-chemische Technik. 1. Bd. 128 S. 1923. 2. Bd. 208 S. und 27 Abb. 1924.
 Zschimmer, Chemiebüchlein des Glasschmelzers. 88 S. 1923.

c) Raffination und Dekoration des Glases:

- Cremer, Die Fabrikation der Silber- und Quecksilberspiegel. 190 S. und 49 Abb. 2. Aufl. 1904.
 Fischer, Das Gesamtgebiet der Glasätzerei. 77 S. und 30 Abb. 1892.
 Hermann, Die Glas-, Email- und Porzellanmalerei. 355 S. und 31 Abb. 3. Aufl. 1917.
 Mertens, Das Sandstrahlgebläse in der Glasfabrikation. 102 S. und 27 Abb. 1890.
 Miller, Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl. 192 S. und 22 Abb. 1911.
 Miller, Die Glasätzerei für Tafel- und Hohlglas. 144 S. und 20 Abb. 1910.
 Randau, Die farbigen, bunten und verzierten Gläser. 384 S. und 17 Abb. 1905.
 Stahl, Glaserkunst usw. 272 S. und 54 Abb.
 Stahl, Dekorative Glasmalerei. 240 S. und 21 Abb.
 Strehblow, Der Schmuck des Glases. 174 S. und 152 Abb. 1920.
 Woytacek, Lehrbuch der Glasätzerei. 280 S. u. 576 Abb. 1924.

d) Geschichte der Glasindustrie:

- Grossmann, Die technische Entwicklung der Glasindustrie in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. 1908.
 Friedrich, Altdeutsche Gläser. 1884.
 Kisa, Das Glas im Altertum. 3 Bde. 1908.
 Schmidt, Das Glas. 1912.

e) Zeitschriften, Kalender, Adreßbücher:

- Adreßbuch der Glasindustrie von Deutschland und Österreich-Ungarn.
 Adreßbuch: Deutschlands Glasindustrie.
 Allgem. Glas- u. Keramindustrie. Fachbl. Haidai. Böhmen. Diamant. Berlin, seit 1878.
 Die Glashütte. Zeitschrift für die gesamte Glas- und Emailindustrie. Dresden, seit 1870.
 Die Glasindustrie (Bruhns Fachblatt). Berlin, seit 1890.
 Glasadreßbuch Europas. 2 Bde. 1911.
 Keramische Rundschau, Fachzeitschrift für die Porzellan-, Steinzeug- usw., Glas- und Emailindustrie. Berlin, seit 1893.
 Sprechsaal, Zeitschrift für die keramischen, Glas- und verwandten Industrien. Koburg, seit 1868.
 Sprechsaal-Kalender. Seit 1908.
 Tschuschner-Springers Glasindustrie-Kalender. Seit 1900.

f) Bücher des Verfassers.

- Vom Verfasser sind folgende glastechnische Bücher erschienen:
 Springer, Gemeinverständliche Einführung in die Chemie u. Mineralogie für die gesamte Glas-, Email- und Keramindustrie zum Gebrauch an Fachschulen und zum Selbstunterricht. 297 S. u. 12 Abb. 1920.
 Springer, Einfache Untersuchungen der Rohmaterialien für die Glas-, Email- und Keramindustrie. Etwa 90 S. 2. Aufl. 1921.
 Springer, Laboratoriumsbuch für die Glasindustrie. 160 S. 2. Aufl. 1925.
 Springer, Glastechnische Berechnungen über Rohstoffe und Sätze. 150 S. 1921.
 Springer, Monographie über das Glas. 104 S. und 21 Abb. 1922.
 Springer, Die Glas-Malerei und -Ätzerei, insbesondere nach ihren chemischen Grundlagen. 250 S. 1923.
 Springer, Das Glas im 2. Band der neuesten 7. Auflage der „Chemisch-technischen Untersuchungsmethoden“ von Lunge-Berl. 1923.

Die Figuren 212 bis 214, 217 bis 225, 239 bis 244, 248a bis e, 250 bis 258 sind mit Erlaubnis des Verlages R. Oldenbourg in München dem Werke von Robert Dralle, „Die Glasfabrikation“, Teil I und II, entnommen. — Die Figuren 237 und 238, 259 bis 262 und 265 bis 268 werden mit Genehmigung des V. d. I.-Verlages aus der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure wiedergegeben.; die Figuren 193 bis 197 und 233 bis 235 mit Genehmigung des Verlages Müller & Schmidt („Der Sprechsaal“) in Koburg.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Einleitung und Geschichtliches	3
Begriff und Zusammensetzung des Glases	3
Eigenschaften des Glases	5
1. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agenzien	5
2. Verhalten bei höheren Temperaturen und beim Erkalten	8
3. Entglasung	11
4. und 5. Spezifisches Gewicht. Härte und Festigkeit	12
6. und 7. Elektrische und Optische Eigenschaften	14
Glasfabrikation	15
Erster Abschnitt.	
I. Rohmaterialien	15
1. Kieselsäure (Sand, Quarz)	15
2. Natron (Glaubersalz, Soda)	17
3. Kali (Pottasche)	18
4. Kalk, 5. Baryt	19
6. Bleioxyd (Mennige), 7. Zinkoxyd, 8. Boroxyd, 9. Magnesia	21
10. Tonerde und natürliche Silikate (Gesteine)	22
11. Fluorverbindungen (Flußspat)	24
II. Bereitung des Satzes (Gemenges) und die Entfärbung des Glases (Gemenge. Misch- maschinen; die wichtigsten Entfärbungs- und Läuterungsmittel; die Wirkung der Entfärbung)	24
Zweiter Abschnitt: Der Glasschmelzprozeß und die Feuerungsanlagen	27
I. Vorgänge beim Schmelzen	27
1. Das Einlegen und Niederschmelzen des Gemenges	27
2. Das Blasenlassen und Läutern des Glases	29
3. Das Abstellenlassen des Glases	30
Die Glaubersalzschnmelze	31
Über Rauchschäden bei der Glasschmelze	32
Übersicht über die glastechnischen Fabrikationsfehler	34
II. Die Schmelzgefäße und andere feuerfeste Materialien (Das Schamotte-Gießverfahren nach Weber. Englische und deutsche Ansprüche an die feuerfesten Materialien)	36
III. Die Feuerungen	39
a) Die Brennmaterialien	39
b) Die Gaserzeuger (Aufarbeitung von Feuerungsrückständen in Glashütten)	41
c) Die Glasschmelzöfen	42
1. Regenerativgas-Hafenöfen	44
2. Regenerativgas-Wannenöfen	47
3. Rekuperativgasöfen	49
4. Öfen mit Naturgasfeuerung	52
5. Öfen für flüssige Brennstoffe (Ölfeuerung)	52
6. Öfen mit elektrischer Heizung	57
Allgemeine Angaben über Dimensionierung und Betrieb der Glasschmelzöfen sowie sparsame Wärmewirtschaft und Neuerungen auf diesem Gebiet (Abhitzekeessel in Glashütten)	60
Kontrolle des Feuerungsbetriebes bei den Glasöfen	63
a) Temperaturmessungen	64
b) Gasuntersuchungen	66
c) Zug- und Druckmessungen	67
IV. Werkzeuge und Utensilien des Glasbläfers (Druckluft-Glasmacherpfeife)	68
Dritter Abschnitt: Die Fabrikation der einzelnen Glassorten	69
I. Flaschenglas	69
Analysen bewährter Flaschengläser u. Zusammensetzung u. Fabrikation des Champagnerflaschenglases	69
Anforderungen an das amerikanische Flaschenglas	70
II. Halbweißes und weißes Hohl- und Preßglas	72
Zusammensetzung dieser Glassorten	72
Die Massenherstellung von Glühlampenkolben	75
Die moderne, insbesondere maschinelle Fabrikation des gesamt. Hohl- u. Preßglases	76
a) Preßblasemaschinen	77
b) Gieß- oder Flaschenblasemaschinen	79
c) Die automatischen Flaschenblasemaschinen	81
d) Hohlglas-Blaseapparate und Maschinen von Sievert	83
Die Preßglasfabrikation	84
Auftrieb- und Verschmelzöfen (Trommelöfen)	85
III. Scheiben- oder Fensterglas, Tafelglas	88
Zusammensetzung des deutschen und amerikanischen Fensterglases	88
Herstellung des Fensterglases durch Handarbeit	90
Herstellung des Fensterglases durch Maschinenarbeit (Sievertsches Walzenzieh- und Blase- verfahren, Oppermann-Lubbersches Walzen-Aushebeverfahren, Fourkaultsche Platten- ziehverfahren, Colburn-Libbey-Owens-Maschine)	91
Das Strecken und Kühlen des Fensterglases	93

	Seite
IV. Spiegelglas, Rohglas, Cathedral- und Ornamentglas, Drahtglas	95
Die Kühlung der besprochenen Glassorten	99
Das Schleifen und Polieren des Spiegelglases	100
V. Apparateglas und chemisch-physikalisch-technische Spezialgläser	101
Die Entwicklung der Spezialglasindustrie und die modernen Glassorten (Pyrexglas u. dgl.)	102
Das gewöhnliche Apparateglas und die Gläser für Lampenarbeit (Isolierflaschen, Maschinelles Röhrenziehen)	103
Optisches Glas	104
VI. Undurchsichtiges (weißgetrübbtes) und farbiges Glas	106
Einteilung und Zusammensetzung der getrübbten Gläser	106
Farbige Gläser (speziell gelbes, rubinrotes und graues bzw. schwarzes Glas)	107
VII. Operationen zur Veränderung der äußeren Glasoberfläche	109
a) Nachbearbeitung des Rohglases (Abspreng- und Verschmelzmaschinen)	110
b) Die Raffinerie des Glases	111
1. Der Glasschliff und die Gravur (Automatische Schleif- und Poliermaschine)	111
2. Die Glassandbläserei (Sandblasemaschine)	111
3. Die Glasätzerei (Tief- und Mattätzung, Säurepolitur, Guillochiermaschine und Pantograph)	112
4. Die Glasmalerei (Zusammensetzung der Glasmalerfarben, Polier- und Glanzmetalle, Gelb-ätze, Rotätze und Reduktionsfarben, Lüster und Irisieren)	116
Glasliteratur-Verzeichnis	120

Verzeichnis der Figuren (Abbildungen).

Fig. 193 und 194 Entglastes Fensterglas	10
" 195 und 196 " Flaschenglas	11/12
" 197 Glaubersalz-Kristallisation	12
" 198 bis 209 Der Glasschmelzprozeß	29
" 210 Schamotte-Gießanlage von Dr. Weber & Co.	37
" 211 Schneider-Hafenofen	45
" 212 bis 214 Oberflammenofen für Spiegelglas	46
" 215 und 216 Tageswanne nach dem Regenerativsystem	47
" 217 bis 219 Kontinuierliche Siemenswanne mit Seitenbrenner für Fensterglas	48
" 220 bis 222 Kreisrunde, dreigeteilte Flaschenglaswanne	50
" 223 bis 225 Kontinuierliche Wanne nach dem Rekuperativsystem mit rückkehrender Flamme	51
" 226 bis 229 Schmelz-, Kühl- und Trommelöfen für Ölfeuerung	56
" 230 und 231 Elektrischer Flammbogen-Glasofen	58
" 232 Elektrischer Kohlestab- und Kohlegieß-Glasofen	58
" 233 Großer elektrischer Glasschmelzofen für 4 Häfen	59
" 234 " " " " 3 " "	60
" 235 Kleiner elektrischer Glasschmelzofen für 1 Hafen	60
" 236 Temperatur-Meßeinrichtung für eine Glaswanne	65
" 237 Alte Glasmacherpfeife	68
" 238 Neue Druckluft-Glasmacherpfeife	68
" 239 Universal-Glaspreßblasemaschine	78
" 240 Revolver-Glaspreßmaschine	78
" 241 und 242 Universal-Glasblasemaschine	80
" 243 und 244 Owens automatische Flaschenblasemaschine	81/82
" 245 Neueste Revolverkraftpresse	85
" 246 und 247 Exzenterdruck- und Federkopf-Glaspresse	86
" 248 a bis e Flaschen-Kanalkühlofen nach Owens	87
" 249 Sievertsche Fensterglasmaschinen-Anlage	90
" 250 und 251 Sievertsche maschinelle Herstellung von Fensterglas	91/92
" 252 Oppermann-Lubbers Tafelglasverfahren	93
" 253 bis 255 Fourkaultsches Tafelglasziehverfahren	93/94
" 256 und 257 Colburn-Libbey-Owensches Tafelglasverfahren	95
" 258 Gieß- und Walzmaschine für Spiegelglas	96
" 259 bis 262 Herstellung von Drahtglas	98
" 263 bis 264 Kontinuierlicher Kühlöfen für Spiegelglas (Stracou)	99
" 265 Schleifmaschine für gegossenes Spiegelglas	100
" 266 " " für dreiviertelweißes Spiegelglas	100
" 267 Polierapparat für gegossenes Spiegelglas	101
" 268 " " für geblasenes Spiegelglas	101
" 269 Automatische Becherabspreng- und Verschmelzmaschine	110
" 270 Universal-Kunstschliffmaschine	110
" 271 Maschinelle Schliffmuster	111
" 272 Sandstrahlgebläse für Tafelglas	113
" 273 Universal-Guillochiermaschine	115
" 274 Präzisions-Pantographiermaschine	116

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges., Braunschweig

Muspratts theoretische, praktische und analytische Chemie

in Anwendung auf Künste und Gewerbe

Encyklopädisches Handbuch der technischen Chemie

Begonnen von

F. Stohmann und Bruno Kerl

Vierte Auflage

unter Mitwirkung von E. Beckmann, R. Biedermann, E. v. Cochenhausen, E. Drechsel, H. Drechsel, C. Engler, A. Frank, C. Friedheim, O. Guttman, C. Haeußermann, Fr. Kolbeck, G. Krämer, G. Lunge, H. Meidinger, E. v. Meyer, F. Pampe, F. Soxhlet, A. Stohmann, H. W. Vogel, Cl. Winkler und anderen Gelehrten und Fachmännern. Bis zum sechsten Bande herausgegeben von F. Stohmann, nach dessen Tode fortgesetzt von H. Bunte. Mit zahlreichen Abbildungen. 4^o.

- I. Band. (Äther bis Brom.) Mit 502 Holzstichen. XX, 1010 S. 1886—88.
 M 60,—, geb. *M* 67,50.
- II. Band. (Brot bis Essigsäure.) Mit 614 Holzstichen. XVII, 964 S. 1886—89.
 M 58,—, geb. *M* 65,50.
- III. Band. (Farbstoffe und Färberei bis Gummi.) Mit 578 Holzstichen. XX,
 970 S. 1889—91. *M* 58,—, geb. *M* 65,50.
- IV. Band. (Harze und Balsame bis Kupfer.) Mit 709 Holzstichen. XVIII,
 1141 S. 1891—93. *M* 68,—, geb. *M* 75,50.
- V. Band. (Leim bis Molybdän.) Mit 674 Holzstichen. XIX, 1059 S. 1893—96.
 M 64,—, geb. *M* 71,50.
- VI. Band. (Nahrungs- und Genußmittel bis Petroleum.) Mit 761 Abbildungen
 und 1 Karte. XIX, 1141 S. 1896—98. *M* 68,—, geb. *M* 75,50.
- VII. Band. (Phosphor bis Stärke) Mit 691 Abbildungen. XIV, 1010 S.
 1898—1900. *M* 60,—, geb. *M* 67,50.
- VIII. Band. (Steinkohlenteer bis Vanadium.) Mit 415 Abbildungen. X, 1 Bl.
 876 S. 1900—05. *M* 53,—, geb. *M* 60,50.
- IX. Band. (Wein bis Zink.) Mit 373 Abbildungen. X, 2490 S. 1921.
 M 75,—, geb. *M* 82,50.
- X. Band. (Zinn bis Zündmittel.) Mit 401 Abbildungen. IX, 1432 S. 1922.
 M 43,—, geb. *M* 50,50.
- XI. Band. (Wasser.) Mit 450 Abbildungen. VI, 1274 S. 1917.
 M 38,—, geb. *M* 45,50.
- XII. Band. Generalregister über die Bände I bis XI, 183 S. 1922.
 M 8,—, geb. *M* 12,50.