

aber auch einen Weg suchen, um die Arbeit eines solchen Schleifers oder Graveurs so einzurichten, daß seine Lebensenergie, sein Lebensrhythmus in gesunder Weise abgebaut wird; das heißt hier, daß sein Schaffen-wollen auf sinnvollen Bahnen verbraucht wird, daß er dies dann auch gerne geschehen läßt, weil er durch einen richtigen Arbeitsvorgang eben neue Kraft und neuen Willen für weitere Arbeiten schöpfen kann.

Wir kommen da in das schwer abzugrenzende Reich des kunsthandwerklichen Menschen hinein. Wir mußten ihn aus dem seitherigen Zufälligen, was an ihm bildete, herauschälen, ihm aber auch den Blick öffnen für die Möglichkeiten modernster technischer Behandlung des Werkstoffes, und ihm zugleich einige neue Ideale für die Arbeit einpflanzen. Dies fanden wir u. a. in dem von uns so genannten „Schnitzen“ des Glases, was die wenigen abgebildeten Beispiele natürlich nur schlecht zeigen können. Auch haben wir den Versuch unternommen, die ganze Oberfläche eines Glaskörpers in die Komposition so einzu beziehen, daß jeder Quadratzentimeter des Werkstückes durch den Arbeitsvorgang mit-bedacht und mit-behandelt wurde. Das schöpferische Moment während des Werkvorganges — und wäre es nur im bescheidensten Ausmaße, wie etwa beim Dutzendschleifer, vorhanden — findet dabei mit Verwendung. Der Käufer einer solchen Arbeit hat aber dann das, was er eigentlich bei kunsthandwerklichen Dingen berechtigt ist zu suchen: er hat die Aufmerksamkeit, die Sorgfalt und die Liebe des Herstellers, des Ausführers und Entwerfers zugleich miterworben.

Daß ein Entwerfer für solche Arbeiten mit zeitgemäßem klarem Kopf die Erscheinungen der Umwelt mit betrachtet, ist ebenso selbstverständlich wie die Tatsache, daß er den Werkvorgang bis in die letzten Feinheiten hinein selbst durchschauen muß. Daher ist es auch gekommen, daß im Laufe der Zeit die allgemeine Handfertigkeit, das Erkennen des Materials und seiner Möglichkeiten, ja selbst die Erfindung neuer Werkzeuge gewachsen ist, und daß so die ersten Elemente zu einer neuen Stilmöglichkeit

geliefert wurden. Wir haben auch im Gravieren einige neue technische Möglichkeiten ausgebildet, deren Anwendung sowohl dem kunsthandwerklich qualitativen Einzelstück Nutzen bringen, wie auch im Laufe der Zeit die notwendige Massenware handwerklich und stilistisch befruchten kann.

Selbstverständlich konnte bei Anwendung solcher Mittel — die einerseits mit dem seitherigen Zufall kunsthandwerklichen und künstlerischen Traum- und Dämmer-spieles brechen mußten, andererseits aber auch Waage zu halten hatten gegenüber der neu auftretenden, durch das Maschinenzeitalter hervorgerufenen Formen- und Vorstellungswelt — nicht schon gleich anfangs alles ausgeglichen sein. Dazu war weder genügend äußere finanzielle Kraft und Zeit, noch genügend idealistische Menschenkraft vorhanden, um dies „total“ durchführen zu können. Hier sollte daher nur an Hand von einigen Beispielen auf einen Weg hingedeutet werden, den zu gehen — wenn wir zu einer klaren Lösung kommen wollen — die Zeitnotwendigkeiten uns drängen.

So sollte auch dieses nachträgliche, freie Referat nur die Erinnerung an das Gesprochene und Gezeigte wieder aufleben lassen und Anregung geben für das, was unter anderem im Fachausschuß IV — erstmals in dieser Weise — geschehen soll: eine grundsätzliche, methodische, immer lebendige Auseinandersetzung mit den Erscheinungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten von Form und Oberfläche des Glases. Aus dem weiten Felde sollte hier ein kleiner Baustein geholt werden, neben den sich dann die von anderen Gesichtspunkten getragenen Arbeiten und Versuche stellen, um im Laufe der Zeit etwas aufzubauen, das die vielen Bemühungen des FA IV und der DGG rechtfertigt, und das zum Wohle unseres handwerklich technischen Fortschreitens wie auch der werdenden Kultur dient.

Regste, persönliche Anteilnahme der DGG-Mitglieder an den Bestrebungen im FA IV würde — trotz des scheinbar kleinen und abliegenden Gebietes — sicher allseits Anregungen vermitteln können. (10 215)

DK 662.764 : 666.1.031.2/3(045)

### Kokereigasverwendung in der Glasindustrie\*).

Von Obering. Dr. R. Allolio, Essen-Karnap.

Bedeutung der Verbrennungseigenschaften eines Brennstoffes für das Schmelzen des Glases. — Praktische Erfahrungen mit Koksofengas bei der Beheizung von Glasschmelzöfen. — Verwendung von Koksofengas für die Beheizung von Arbeitswannen, Glasentnahmestellen und Kühlöfen sowie bei der Weiterverarbeitung von Glasgegenständen.

Bevor wir versuchen, uns über den heutigen Stand der Verwendung von Koksofengas in der Glasindustrie und in der keramischen Industrie einen Ueberblick zu verschaffen, dürfte es

\*) Anmerk. d. Schriftl.: Herr Dr. Allolio hielt anlässlich der Gaswärme-Tagung in Essen, Oktober 1935, einen Vortrag „Kokereigasverwendung in der Glas- und keramischen Industrie“, der im Tagungs-Sonderheft der „Technischen Mitteilungen“, Essen, 28 (1935), H. 20, S. 296—301, veröffentlicht wurde. Hieraus

entnehmen wir mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers und der Schriftleitung die obigen Ausführungen.

Bei dem Vortrag und in der ausführlichen Veröffentlichung wurden außer den von uns gebrachten Bildern noch die folgenden drei Abbildungen: „Zuführung des Koksofengases zu dem Brenner eines Glaswannenofens“, „Tafelglasziehmaschine nach Fourcault“, „Thüringer Glasbläser beim Verarbeiten von Glasröhren an der Glasbläserlampe“ gezeigt; wir durften wohl diese Darstellungen als unseren Lesern hinreichend bekannt fortlassen.

zweckmäßig sein, zuvor die Frage zu stellen, welche Bedeutung dem Brennstoffverbrauch in diesen Industrien überhaupt zukommt. Die Aufstellung von Durchschnittszahlen für den bei der Herstellung eines bestimmten Stoffes erforderlichen Wärmehaufwand ist selbstverständlich nur in gewisser Annäherung möglich; trotzdem dürfen wir aber der Tafel 1 so viel entnehmen, daß der Wärmehaufwand zur Erzeugung von Glas vergleichsweise sehr groß ist, und daß auch die Herstellung keramischer Stoffe einen beträchtlichen Wärmehaufwand erfordert. Die Erörterung

Tafel 1. Durchschnittszahlen für den Wärmehaufwand (kcal/kg) zur Erzeugung verschiedener Stoffe.

Glas	3 000—8 000
Keramische Stoffe	700—3 500
Zement	1 000—2 000
Roheisen	2 200—3 000
Rohstahl	1 100—1 400
Koks	500—550

von Brennstofffragen darf also schon aus diesem Grunde in diesen beiden Industrien ein sehr großes Interesse beanspruchen, ganz abgesehen davon, daß die Beschäftigung mit ihnen wegen der Vielfältigkeit der hergestellten Produkte und der sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen besonders anregend ist.

Wenden wir uns nun den in der Glasindustrie vorliegenden Verhältnissen zu, so betrachten wir zunächst den Arbeitsgang in einer Glasfabrik. Die Rohstoffe, im wesentlichen Sand, Kalk und Soda nebst einer Anzahl verschiedener Zusatzstoffe, gelangen von dem Rohstofflager in die Gemengeanlage, wo sie im richtigen Verhältnis abgewogen und sorgfältig gemischt werden. Das so hergestellte „Gemenge“ wird in Schmelzöfen der verschiedensten Art Temperaturen von 1400 bis 1500° ausgesetzt und dadurch in Glas umgewandelt. Bei der Schmelztemperatur ist das Glas aber zu dünnflüssig, um verarbeitet zu werden; es muß daher um rund 300°, also auf 1100 bis 1200° abgekühlt werden. Dann stellt es eine zähflüssige Masse dar, die sich zu den verschiedenartigsten Gegenständen verarbeiten läßt, wobei je nach Art des herzustellenden Gegenstandes die verschiedensten Arbeitsverfahren angewendet werden. Das die Arbeitsstelle verlassende und gerade erstarrte Produkt besitzt noch eine Temperatur von 600 bis 800°. Zur Abkühlung auf Zimmertemperatur darf man es im allgemeinen nicht sich selbst überlassen, sondern führt diesen Abkühlungsvorgang in besonderen Kühlöfen in ganz allmählicher Weise durch.

Die gekühlte Ware wird nun entweder sofort verpackt und auf Lager gelegt bzw. zum Versand gebracht, oder aber es schließen sich an die eigentliche Fabrikation Weiterverarbeitungsprozesse der verschiedensten Art an. So wird Spiegelglas z. B. geschliffen und poliert, an Konservengläsern wird der obere Rand eben geschliffen, andere Gläser werden durch An-

bringen eines Zierschliffes, durch Ätzen mit Flußsäure, durch Anbringen und Einbrennen von Farben oder in mannigfacher anderer Weise veredelt.

Die wichtigsten Stellen, an denen Brennstoff verbraucht wird, sind nun die Schmelzöfen, die Arbeitswannen und Glasentnahmestellen, die Kühlöfen sowie etwaige Verbrauchsstellen bei der Weiterverarbeitung der Glasgegenstände. An all diesen Verbrauchsstellen liegen die Verhältnisse ganz verschieden, und die Frage, welcher Brennstoff unter gegebenen Umständen am zweckmäßigsten ist, muß daher jeweils in ganz verschiedener Weise behandelt werden.

#### Das Schmelzen des Glases.

Befassen wir uns zunächst mit der Beheizung der Schmelzöfen, so wird uns in den Kreisen der erfahrenen Glaspraktiker eine ausgesprochen konservative Einstellung auffallen, die dazu führt, daß an jeden Wechsel der Betriebsbedingungen und vor allem an die Einführung eines neuen Brennstoffes mit Mißtrauen herangegangen wird. Diese Einstellung ist auch durchaus nicht ganz unberechtigt, denn wie ich später zeigen werde, sind die im Glasschmelzofen sich abspielenden Vorgänge überaus kompliziert, und trotz einer sehr umfangreichen wissenschaftlichen Tätigkeit ist die Glastechnik heute noch nicht so weit, die physikalischen und chemischen Zusammenhänge mehr als zu einem kleinen Teil zu überschauen. Daraus ergibt sich auch für die nach modernen Grundsätzen geführten Betriebe die Notwendigkeit, an einmal erprobten Betriebsbedingungen zäher festzuhalten, als in manchen anderen Industrien die Regel ist. Bedenkt man z. B., daß die Ofenreise eines Glasschmelzofens ein bis zwei Jahre, mitunter noch mehr, beträgt, und daß etwaige Fehler in der Ofenkonstruktion nur in solchen Abständen korrigiert werden können, so begreift man den Grad der Schwierigkeiten und das große Maß von Verantwortung, das mit jeder Umänderung verbunden ist.

Wenn man nun bestrebt ist, Koks-Ofen-gas zum Glasschmelzen einzuführen, so wird man daher vor einer ganz anderen Lage stehen, wenn man einen neuen Ofen errichtet, der von vornherein für diesen Brennstoff gebaut wird, als wenn man einen bereits vorhandenen Ofen auf Koks-Ofen-gas umstellen soll. Im letzteren Falle werden vermutlich die betrieblichen Ueberlegungen weniger ausschlaggebend sein. Nur wegen der Bequemlichkeit der Handhabung und z. B. wegen der Erleichterungen, die das Fortfallen der Generatorenanlagen mit sich bringt, wird man im allgemeinen bei einem gutgehenden Glasofen einen Brennstoffwechsel nicht vornehmen. Es werden also wirtschaftliche Ueberlegungen zum mindesten sehr stark mitsprechen, so z. B. Vergleiche der in jedem Fall entstehenden Brennstoffkosten, Erwägungen über etwa notwendig werdende Erneuerungen oder Ersatzanschaffungen für die Generatorenanlage, die beim Bezug von Koks-Ofen-gas eingespart werden

können, und anderes mehr. In jeder Glashütte werden aber die Verhältnisse in dieser Hinsicht anders liegen, so daß wir auf diese Frage hier nicht näher eingehen können.

Es dürfte nicht ohne Interesse sein, etwas näher zu beleuchten, weshalb der Glasschmelzofen ein so außerordentlich feinfühliges Instrument darstellt, das auf die geringsten Veränderungen der Betriebsbedingungen reagiert. Dabei ist zunächst darauf hinzuweisen, daß in einem auf hohe Temperaturen erhitzten Gemengehaufen nicht nur die zur Glasbildung führende Umsetzung zwischen Kieselsäure, Kalk und Soda sowie den anderen Gemengebestandteilen verläuft, sondern daß neben dieser Hauptreaktion sich eine Reihe anderer chemischer Reaktionen abspielen, die für die Eigenschaften des hergestellten Glases von Bedeutung sind, und die nicht nur von der Reaktionstemperatur abhängen, sondern auch von der Zusammensetzung der mit dem Gemengehaufen bzw. der Glasoberfläche in Berührung stehenden Ofenatmosphäre. So setzt man z. B. den meisten Glasgemengen als Läuterungsmittel kleinere oder größere Mengen von Natriumsulfat zu, die sich im Verlauf der Schmelze zum größten Teil zersetzen. Die Menge des im Glas gelöst zurückbleibenden Natriumsulfats hängt aber ab von einem Gleichgewicht zwischen den als Zersetzungsprodukten des Natriumsulfats auftretenden Gasen Schwefeldioxyd und Sauerstoff und dem Gehalt der Ofenatmosphäre an diesen Gasen. Bei Sauerstoffmangel in der Ofenatmosphäre wird sich also das Natriumsulfat weitgehender zersetzen als bei Sauerstoffüberschuß. Die Menge des im Glas verbleibenden Natriumsulfats beeinflußt aber sehr stark die Blasenfreiheit des Glases, die z. B. bei Spiegelglas von ausschlaggebender Bedeutung ist, und wahrscheinlich auch gewisse Verarbeitungseigenschaften des Glases.

Andere hier in Betracht kommende Vorgänge sind Oxydations- oder Reduktionsreaktionen zwischen der Ofenatmosphäre und färbenden Bestandteilen des Glases, die in verschiedenen Oxydationsstufen vorkommen können. Auch wenn man dem Glase nicht absichtlich färbende Oxyde zugesetzt hat, so enthält doch jedes Glas kleine Mengen von Eisen, von dem ein größerer Teil als Oxyd oder als Oxydul vorliegen kann, je nachdem, ob das Glas oxydierend oder reduzierend geschmolzen wurde. Da die Kieselsäureverbindungen der beiden Oxydationsstufen des Eisens verschieden gefärbt sind, hängt demnach von dem Grad der Oxydation bzw. Reduktion der Farbstich des Glases ab.

Eine besondere Rolle spielt dieses Verhalten des im Glase vorhandenen Eisens bei der Herstellung von farblosem Glase, da die Verbindungen des dreiwertigen Eisens das Glas viel schwächer färben als die des zweiwertigen Eisens. Man muß also die Ofenbedingungen so einstellen, daß ein möglichst großer Teil des Eisens in der dreiwertigen Form vorliegt. Um den noch

verbleibenden Farbstich zu beseitigen, fügt man sogenannte Entfärbungsmittel, in erster Linie Selenverbindungen, hinzu, die eine Komplementärfarbe erzeugen und dadurch den Gesamteindruck „Weiß“ hervorrufen. Auch diese Entfärbungsmittel werden in ihrer Wirksamkeit in hohem Grade von den Reduktions- oder Oxydationswirkungen der Ofenatmosphäre beeinflusst; aus diesem Grunde ist die Entfärbung von Weißglas in erster Linie eine Frage der Schmelzbedingungen.

Wir dürfen also die Zusammensetzung der Ofenatmosphäre beim Glasofen nicht nur nach ihrer wärmewirtschaftlichen Auswirkung beurteilen, sondern müssen die Feinheiten der chemischen Wechselwirkung zwischen den Ofengasen und dem Glasbade kennen. Dabei müssen wir bedenken, daß die Zusammensetzung der Ofenatmosphäre mit der am abziehenden Brennerkopf festgestellten Abgasanalyse keineswegs eindeutig beschrieben ist, sondern daß an den verschiedenen Stellen des Ofens stets ganz verschiedene Verhältnisse vorliegen. So werden wir z. B. im Kern der Flamme einen gewissen Ueberschuß an Brenngas haben, also reduzierende Bedingungen. Am Rand und am Ende der Flamme wird man dagegen, ausreichende Luftzufuhr vorausgesetzt, einen Ueberschuß an Sauerstoff feststellen. Wie nun diese Abstufungen von Stelle zu Stelle im Ofen sind, hängt außer von der Konstruktion des Ofens, vor allem der Brenner, sehr stark von den Verbrennungseigenschaften des verwendeten Brennstoffes ab. Je nach der Konzentration z. B., die die einzelnen Brenngase, Wasserstoff, Kohlenoxyd usw. haben, je nach der Zündungsgeschwindigkeit, die auch durch den Wassergehalt des Brennstoffes beeinflusst wird, wird die chemische Wechselwirkung mit den der Oxydation bzw. Reduktion zugänglichen Bestandteilen des Glases eine andere sein. Dabei ist noch von besonderer Bedeutung, daß die geschilderten Reaktionen im Glase bei den hohen Temperaturen des Schmelzofens mit überraschend großer Geschwindigkeit verlaufen, so daß sich Glasschichten von mehreren Zentimetern Dicke in wenigen Minuten der Zusammensetzung der über ihnen lagernden Ofenatmosphäre angepaßt haben.

Neben diesen chemischen Reaktionen spielen außerdem noch Strömungsvorgänge im Glasbade eine große Rolle, und zwar vor allem bei den durchlaufend arbeitenden sogenannten Wannenöfen. Während bei den absatzweise arbeitenden Hafenoefen die niedergeschmolzene Glasmenge täglich zum größten Teil ausgearbeitet wird, enthalten die Wannenöfen einen großen Vorrat dauernd schmelzflüssig erhaltenen Glases, von dem ein gewisser Teil in regelmäßigem Tag- und Nachtbetrieb zur Verarbeitung entnommen wird. Zum Ersatz des verbrauchten Glases wird an einer anderen Stelle des Ofens dauernd oder in kurzen Zeitabständen neues Gemenge aufgegeben. In solchen Wan-

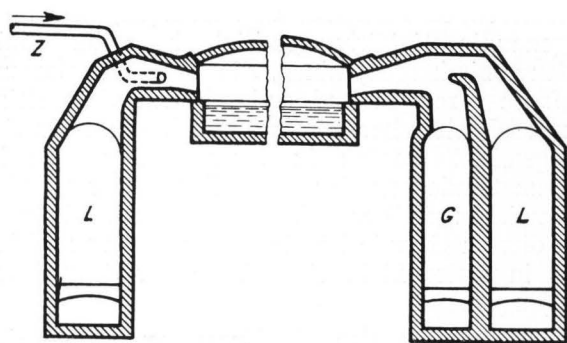


Bild 1. Glaswannenofen mit Beheizung durch Koksofen- bzw. Generatorgas.

nenöfen bilden sich nun durch die Temperaturunterschiede zwischen der von oben beheizten Glasoberfläche und den kalten Wänden lebhaft Strömungen im Glasbade aus. Diese Strömungen beeinflussen wiederum die Eigenschaften des fertigen Glases in der nachhaltigsten Weise. Es ist aber verständlich, daß auch diese Strömungen, da sie ja durch Temperaturunterschiede hervorgerufen sind, von den Feinheiten des Wärmeüberganges zwischen Flamme und Bad abhängen, so daß sich auch hier wieder ein Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Brennstoffes und den Eigenschaften des dem Ofen entnommenen Glases zu erkennen gibt.

Nachdem wir so die grundlegende Bedeutung der Verbrennungseigenschaften des Brennstoffes für die Wirkungsweise eines Glasschmelzofens erkannt haben, werden wir mit besonderem Interesse die Frage stellen, inwieweit das in der Glasindustrie verhältnismäßig junge Koksofengas überhaupt zu Glasschmelzzwecken verwandt wird. Als Antwort ersehen wir aus Tafel 2, daß es heute kaum noch eine Glassorte gibt, die nicht irgendwo mit Koksofengas erschmolzen wird. Für die meisten der aufgeführten Glassorten gibt es eine ganze Reihe von Glasöfen, Hafenoöfen sowohl wie Wannenoöfen, die in Deutschland, Frankreich, Belgien, Holland, England, den Vereinigten Staaten usw. mit diesem Brennstoff betrieben werden.

Tafel 2.

Mit Koksofengas erschmolzene Glassorten.

- Weißes und farbiges Flaschenglas
- Weißhohlglas und Kristallglas
- Weißes und farbiges Preßglas
- Fensterglas
- Spiegelglas
- Drahtglas
- Farbiges Flachglas
- Ornamentglas
- Spezialgläser (Brillenglas, Laboratoriumsglas usw.).

Es liegen also in ganz großem Umfange praktische Erfahrungen mit Koksofengas vor, und wir können daher feststellen, daß dieser Brennstoff für fast jeden Glasschmelzzweck seine Brauchbarkeit bereits unter Beweis gestellt hat, und daß seine besonderen Verbrennungseigenschaften einer Verwendung im Glasschmelzofen keineswegs im Wege stehen. Selbstverständlich ist es in jedem Fall notwendig, wie schon mehr-

fach erwähnt, die Ofen- und vor allem die Brennerkonstruktion den Eigenschaften dieses Brennstoffes anzupassen. Hat man aber diese Aufgabe gelöst, so wird man mit besonderem Vorteil die großen betrieblichen Erleichterungen ausnützen, die das Koksofengas mit sich bringt. Diese Vorteile sind so oft besprochen worden, daß es nicht notwendig ist, an dieser Stelle näher darauf einzugehen, und es mag genügen, in Bild 1 in einem Beispiel die Bauart eines Ofens bei der Beheizung mit Generatorgas einerseits, Koksofengas andererseits zu zeigen.

Bei Koksofengasbeheizung fallen die Gaskammern und Gaskanäle fort, die Bauart der Brenner und der Umsteuerorgane wird einfacher, und es tritt dadurch eine Verringerung nicht nur der Baukosten des Ofens, sondern auch der laufenden Reparaturkosten ein. Mit sehr einfachen Mitteln ist z. B. die Zuführung des Koksofengases zu den aus feuerfesten Steinen gemauerten Brennern möglich.

Diese Beispiele mögen genügen, um die betrieblichen Vorteile des Koksofengases darzutun.

Großem Interesse begegnet übrigens auch in der Glasindustrie die Frage der Leuchtfähigkeit der Flammen, und es fehlt nicht an Vorschlägen und Versuchen, auch bei Koksofengas durch Zusatz von Karburierungsmitteln oder durch Verschleppung der Verbrennung (Diffusionsverbrennung) einen höheren Schwärzegrad der Flamme und damit einen besseren Wärmeübergang zu erzielen. Es ist aber noch fraglich, ob hiermit wirklich Vorteile erzielt werden. Jedenfalls scheinen die Verhältnisse im Glasofen ganz anders zu liegen als im Siemens-Martin-Ofen, da wegen der Durchlässigkeit des Glasbades für Wärmestrahlen die Gewölbstrahlung eine viel größere Rolle zu spielen scheint. Vielleicht haben die Verhältnisse bei der Schmelzung sehr dunkler Gläser größere Ähnlichkeit mit denen des Siemens-Martin-Ofens. Die ganze Frage ist aber noch völlig ungeklärt.

Wünschenswert wäre es noch, den Brennstoffverbrauch beim Betrieb von Glasschmelzöfen mit Generatorgas (oder z. B. Oel) einerseits, Koksofengas andererseits vergleichen zu können. Ein solcher Vergleich stößt aber auf Schwierigkeiten, da die Bauart, Größe und Betriebsweise der Glasöfen von Ort zu Ort zu sehr verschieden sind. Einige Vergleichszahlen\*) (Tafel 3) deuten auf eine wärmetechnische Überlegenheit des Koksofengases hin. Die Vergleichbarkeit der aufgeführten Öfen geht aber doch wohl nicht weit genug, um eine solche Schlußfolgerung mit Sicherheit vertreten zu können.

Die Verarbeitung des geschmolzenen Glases.

Ganz anders als bei den Schmelzöfen liegen die Bedingungen bei der Beheizung der Arbeitswannen und der Glasentnahmestellen, wo die Abkühlung des Glases auf die Arbeitstemperatur und die Einstellung der für die Verarbeitung ge-

\*) Für die Ueberlassung dieser Zahlen danke ich der „Wärmetechnischen Beratungsstelle der Deutschen Glasindustrie“ in Frankfurt a. M. auch an dieser Stelle.

Tafel 3. Wärmeverbrauch vergleichbarer Öfen mit Generator- und mit Koksofengas.

Glasart	Brennstoff	Beheizte Schmelzfläche (m <sup>2</sup> )	Spezi- fische Schmelzleistung (kg/m <sup>2</sup> · h)	Wärme- verbrauch (kcal/kg)
Tafelglas <sup>1)</sup> . . . .	Koksofengas	90	32,3–37,5	3200 <sup>1)</sup>
Tafelglas <sup>1)</sup> . . . .	Koksofengas	96	26–27	3200 <sup>1)</sup>
Tafelglas <sup>1)</sup> . . . .	Generator-Rohgas	90	32,5	3100 <sup>1)</sup>
Tafelglas <sup>1)</sup> . . . .	Generator-Rohgas	100	33,0–37,5	3760 <sup>1)</sup>
Weißhohlglas <sup>2)</sup> . . .	Koksofengas	43,5	39,6–42,6	2670 <sup>2)</sup>
Weißhohlglas <sup>2)</sup> . . .	Koksofengas	23,8	38,5–39,4	2215 <sup>2)</sup>
Weißhohlglas <sup>2)</sup> . . .	Koksofengas	20,0	35,4–37,5	1960 <sup>2)</sup>
Weißhohlglas <sup>2)</sup> . . .	Koksofengas	37,8	36,0–39,2	2320–2620 <sup>2)</sup>
Weißhohlglas <sup>3)</sup> . . .	Generator-Rohgas	42,0	33,8	2880 <sup>3)</sup>
Weißhohlglas <sup>3)</sup> . . .	Generator-Rohgas	26,1	34,0	3160 <sup>3)</sup>
Weißhohlglas <sup>3)</sup> . . .	Generator-Rohgas	34,6	30,0	3500 <sup>3)</sup>
Weißhohlglas <sup>3)</sup> . . .	Generator-Rohgas	13,9	39,0	3060 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Einschließl. Nebenöfen (z. B. Glasentnahmestellen und Kühlöfen).

<sup>2)</sup> Ausschließl. Kühlöfen und Arbeitswanne, deren gesonderte Beheizung etwa 500 bis 700 kcal/kg Glas erfordert.

<sup>3)</sup> Ausschließl. Kühlöfen. Die Beheizung der Arbeitswanne erfolgt von der Schmelzwanne aus.

eigneten Temperaturen erfolgt. Chemische Wechselwirkungen zwischen der Flamme und dem Glasbade werden in diesem Temperaturbereich nur noch eine ganz untergeordnete Bedeutung haben. Die Hauptaufgabe liegt hier in der genauen Einhaltung einer bestimmten Temperatur.

Einfach liegen noch die Verhältnisse, wenn es sich um die Verarbeitung des Glases mit der Glasbläserpfeife oder im halbautomatischen Verfahren handelt, wo das Glas von Menschenhand aus dem Ofen herausgeholt wird und darum eine weitgehende Anpassung an die Eigenschaften des Glases möglich ist. Anders ist es dagegen bei den modernen vollautomatischen Verfahren zur Verarbeitung des Glases, wo in ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb das Glas durch Maschinen dem Ofen entnommen und zu irgendwelchen Gegenständen verarbeitet wird. Die Formung geschieht hier stets in der Weise, daß die zähflüssige Glasmasse durch äußere Kräfte, z. B. durch Zugkräfte oder durch den Druck von Preßluft, in die gewünschte Gestalt gebracht wird. Damit dieser Vorgang in der richtigen Weise verläuft, z. B. damit bei einer Flasche eine gleichmäßige Glasverteilung in allen Teilen erzielt wird, oder damit bei Fensterglas auf Stunden hinaus genau die gleiche Glasdicke erzeugt wird, muß die Kraft, die das Glas den formändernden Kräften entgegensetzt, dauernd gleich sein, d. h. die Zähigkeit des Glases darf sich während des Arbeitens nicht ändern. Die Zähigkeit des Glases hängt aber sehr stark von seiner Temperatur ab, so daß bei höherer Temperatur des Glases nur noch eine geringere Kraft notwendig ist, um die gleiche Formänderung zu bewirken. Diese Temperaturabhängigkeit der Zähigkeit des Glases ist so groß, daß die Abhängigkeit dieser automatischen Glasverarbeitungs- maschinen von der Glastemperatur im allgemeinen größer ist als die Genauigkeit der uns zur Verfügung stehenden Temperaturmeßgeräte.

Die Zahl der vollautomatischen Verfahren zur Glasverarbeitung ist sehr groß; hergestellt werden in dieser Weise Glasscheiben von den geringsten bis zu den größten Dicken und in allen Abmessungen, Flaschen aller Art, Preßartikel, Konser-

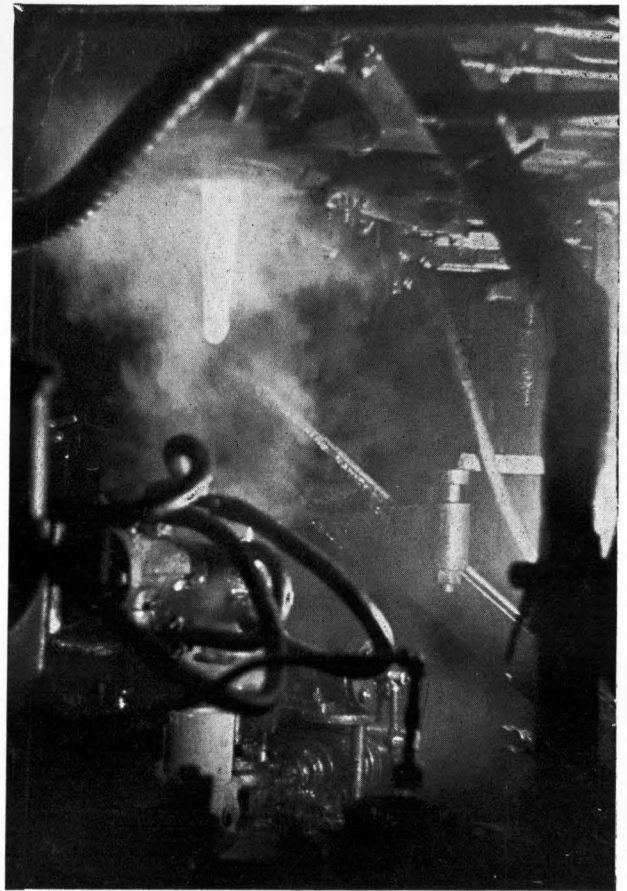


Bild 2. Abgabe eines Glaspfens aus der Ausflußöffnung eines Glasspeisers an die Formen einer automatischen Flaschenblasemaschine.

vengläser, Verpackungsgläser, Glasröhren und vieles andere. Als herausgegriffenes Beispiel sehen wir in Bild 2 einen sogenannten Glasspeiser, eine Vorrichtung, bei der aus der Bodenöffnung einer Rinne ein Glasstrom austritt, von dem durch eine Schere einzelne Glasposten entsprechend den Gewichten der herzustellenden Gegenstände, z. B. Flaschen, abgeschnitten werden. Wird bei einer Temperaturerhöhung z. B. das Glas dünnflüssiger, so wird die zwischen zwei Scherenschnitten auslaufende Glasmenge größer, das Gewicht der hergestellten Gegenstände schwankt also. — Bei der Tafelglas-Ziehmaschine nach Fourcault wird aus dem Glasbade eine Glas-tafel senkrecht nach oben gezogen. Wird hier das Glas dünnflüssiger, so nimmt die Stärke der Tafel ab, und es entsteht daher ungleichmäßige Ware. Auch hier erweist sich deshalb die genaue Einhaltung einer bestimmten Temperatur als notwendig.

Es liegt auf der Hand, daß das Koksofengas zur Beheizung solcher Arbeitsstellen wegen der Bequemlichkeit seiner Handhabung, wegen seiner Gleichmäßigkeit, wegen der Leichtigkeit, mit der es auf zahlreiche Brennstellen aufgeteilt und für jeden Brenner einzeln einreguliert werden kann, jedem anderen Brennstoff überlegen ist. Wo immer eine Möglichkeit besteht, Koksofengas für solche Verbrauchszwecke zu beschaffen, wird da-



Bild 3. Absprengen der Oberteile von mundgeblasenen Trinkgläsern mit einem Reihenbrenner.

her mit Vorteil davon Gebrauch gemacht werden. Bei der Entscheidung über die Verwendung von Koksofengas für solche Brennstellen werden also wirtschaftliche Ueberlegungen zurücktreten können gegenüber den großen Betriebsvorteilen, die sich mit diesem Brennstoff erzielen lassen.

Ueber die Bauart der hier verwendeten Brenner usw. zu sprechen, dürfte zu weit führen, zumal sich die Erfahrungen von den in der Eisenindustrie gemachten nicht grundsätzlich unterscheiden werden. Soweit eine Luftvorwärmung in Betracht kommt, wird man mit besonderem Vorteil Rekuperatoren, unter Umständen auch solche aus Stahl, verwenden. Selbstverständlich muß für genaue Regulierung des Gasdruckes gesorgt werden, und es wird auch jeder Fortschritt in der Verringerung der an sich schon geringen Heizwertschwankungen von den Glasfabriken dankbar begrüßt werden.

In den Grundzügen ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Beheizung der K ü h l ö f e n, wo, wie oben schon gesagt, die genaue Einhaltung einer ganz bestimmten Temperaturkurve notwendig ist. Auch hier ist das Koksofengas ein Brennstoff, der für den Glashüttenmann nur Vorteile und Annehmlichkeiten bietet. Von besonderer Bedeutung ist gerade bei diesem Ofen die Bequemlichkeit und Zuverlässigkeit, mit der das Koksofengas auf zahlreiche Einzelbrenner aufgeteilt werden kann. Dies spielt vor allem bei den modernen Kanalkühlöfen eine Rolle, durch die die Ware auf einem endlosen Band hindurchgezogen wird. Im übrigen sind diese Kühlöfen den Bandglühöfen der Eisen- und Metallindustrie sehr ähnlich.

#### Die Weiterverarbeitung des Glases.

Zum Schlusse gedenken wir noch ganz kurz der Möglichkeiten, das Koksofengas bei der Weiterverarbeitung von Glasgegenständen zu verwenden. Auch hier gibt es eine große Anzahl von Vorgängen, bei denen das Glas mit Wärme behandelt wird, und von denen wir nur einige wenige Beispiele herausgreifen können. So sehen wir in Bild 3 das Absprengen des Oberteiles eines geblasenen Trinkglases mit Hilfe einer scharfen Flammenreihe; durch die örtliche Erhitzung springt der für das Blasen notwendig gewesene Kopf ab. Der dabei entstehende scharfe

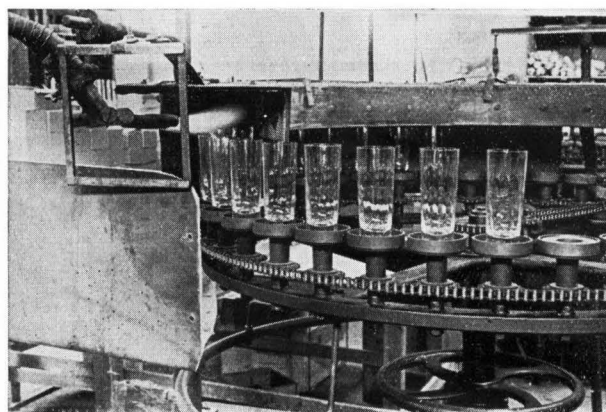


Bild 4. Verschmelzen der Mundränder der abgesprengten Trinkgläser in einer Gasflamme.

Rand des Glases wird sodann durch Schleifen geglättet und anschließend mit einer scharfen Flamme (Bild 4) nochmals verschmolzen, so daß er glatt und angenehm im Gebrauch ist. Solche Verwendungszwecke für Gas gibt es in der Glasindustrie in großer Zahl.

Besonders zu erwähnen ist noch die Beheizung von Muffelöfen, in denen aufgedruckte oder aufgemalte Farben auf Glasgegenständen eingebraunt werden. Einen besonders bekannten Vorgang stellt auch das Verarbeiten von Glasröhren zu Christbaumschmuck, Thermometern, Reagenzgläsern oder kleinen Figuren mit Hilfe der Glasbläserlampe dar, wie es vor allem in Thüringen, und zwar zum großen Teil in der Heimindustrie, geübt wird. Wenn für diese Zwecke Koksofengas oder Stadtgas nicht zur Verfügung steht, so muß man sich in umständlicher und teurer Weise mit Benzolgasbrennern oder ähnlichem behelfen.

#### Zusammenfassung.

1. In einer Anzahl von Glasschmelzöfen verschiedener Systeme und bei der Herstellung der verschiedensten Glassorten hat das Koksofengas seine Eignung als Brennstoff zum Schmelzen von Glas erwiesen. Die praktischen Erfahrungen haben also gezeigt, daß sich die Ofenkonstruktion den besonderen Verbrennungseigenschaften dieses Brennstoffes anpassen läßt, und daß daher die großen betrieblichen Vorteile des Koksofengases auch in der Glasindustrie ausgenützt werden können.

2. Soweit Zahlenmaterial von vergleichbaren Oefen zur Verfügung steht, erweist sich der Wärmeverbrauch bei der Beheizung mit Koksofengas als gleich oder eher etwas geringer als bei der Beheizung mit Generatorgas.

3. Bei der Beheizung von Arbeitswannen, Glasentnahmestellen und Kühlöfen, wo es auf die genaueste Einhaltung vorgeschriebener Temperaturen ankommt, besitzt das Koksofengas wegen seiner Gleichmäßigkeit und leichten Regelbarkeit besondere Vorzüge.

4. Aus den gleichen Gründen wird es bei der Weiterverarbeitung von Glasgegenständen (Absprengen, Verschmelzen, Verarbeiten vor der Glasbläserlampe usw.) anderen Brennstoffen vorgezogen.