

DK 666.1.031.2:666.15:662.767

Betriebserfahrungen bei Beheizung von Fensterglaswannen mit Erdgas

Von STEFAN FRAUENSCHILL, Brunn a. Geb. (Österreich)

(Mitteilung aus der Ersten Österreichischen Maschinglasindustrie AG, Brunn a. Geb.)

(Eingegangen am 19. Dezember 1966)

Im Jahre 1953 wurde in der Nähe der Brunner Glasfabrik, Brunn a. Geb., (in etwa 30 km Entfernung) ein Erdgasfeld angebohrt. Bis zum Ende des Jahres 1953 wurde eine Gasleitung zur Hütte verlegt und die vorhandenen Öfen von Generatorgasfeuerung auf Erdgas umgestellt.

Das Erdgas kommt mit einem Druck von 5 bis 6 atü in die Druckreglerstation der Hütte und wird dort auf einen Druck von 450 bis 500 mm WS entspannt und in das Verteilernetz der Hütte eingespeist. Durch eine Flüssiggasanlage kann bei Ausfall der Erdgasanlieferung sofort auf Flüssiggasbetrieb umgestellt werden. Mit Hilfe einer Flüssiggas-Luftmischanlage wird dieses Gemisch auf den Heizwert des Erdgases von etwa 9000 kcal/Nm³ eingestellt.

Die für die einzelnen Öfen verwendeten Erdgasbrenner wurden in der Hütte entwickelt, wobei besonderer Wert auf Einfachheit und Betriebssicherheit gelegt wurde.

Das Erdgas besteht im Mittel aus 97% Methan und 2,5% schweren Kohlenwasserstoffen. Die Flamme ist gelbleuchtend ähnlich wie bei Generatorgas. Durch die Reinheit und Gleichmäßigkeit der chemischen Zusammensetzung des Erdgases ist die Feuerung von der meß- und regeltechnischen Seite her sehr einfach zu überwachen.

Ursprünglich stand in der Brunner Glasfabrik der Ersten Österreichischen Maschinglasindustrie AG Generatorgas zur Verfügung, das aus steierischer Trockenkohle hergestellt wurde. Es handelt sich bei der sogenannten Trockenkohle um österreichische Braunkohle, der nach einem speziellen Verfahren der größte Teil des Wassers entzogen wird, ohne daß die stückige Form verloren geht und der Gasgehalt beeinträchtigt wird. Der Heizwert der Kohle liegt bei etwa 5000 kcal/kg.

Im Frühjahr 1946 ging die Hütte als „Deutsches Eigentum“ in russischen Besitz über, unter dem gleichen Titel waren auch die österreichischen Erdölfelder von der Besatzungsmacht übernommen worden. Auf Grund dieser Verknüpfung lag es aus finanziellen Gründen nahe, Erdgas zur Beheizung der Glasschmelzwannen heranzuziehen, nachdem Anfang des Jahres 1953 das in ungefähr 30 km Entfernung von der Hütte aufgefundene Erdgasfeld erschlossen wurde.

Zu diesem Zeitpunkt gab es in der Literatur nur wenig Hinweise über die Verwendung von Erdgas zur Beheizung von Glasschmelzwannen. Erfahrungen, die man unter den damaligen politischen Verhältnissen erhalten konnte, hatte nur die Glasfabrik in Medias (Rumänien), in der schon längere Zeit mit Erdgas geheizt wurde. Das spärliche Ergebnis des Erfahrungsaustausches mit dieser rumänischen Glasfabrik waren Angaben über den Gasdruck vor der Wanne (300 bis 400 mm WS) und die Aufteilung des Gasstromes in viele Teilströme (mit Rohren von 25 mm Durchmesser). Diese Daten bildeten die Grundlage zur Planung und zum Bau der Erdgasversorgungsanlage der Brunner Glasfabrik. Bereits im November 1953 konnte auf Erdgasbeheizung umgestellt werden.

1. Gasdruckreglerstation

Das Erdgas wird der Hütte mit einem Druck von 5 bis 6 atü zugeführt, in der Druckreglerstation auf 450 bis 500 mm WS entspannt und so in das Rohrnetz der

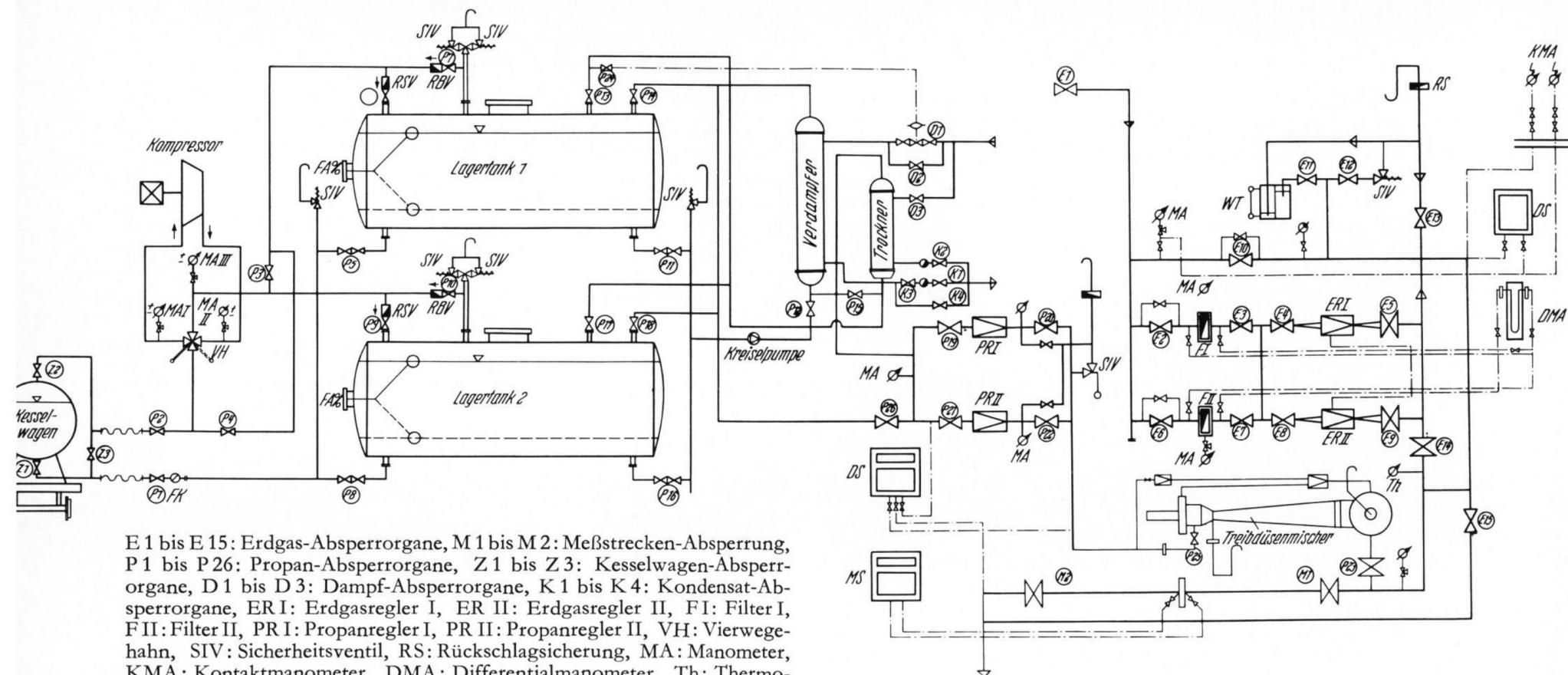
Hütte eingespeist. Die Reglerstrecke ist aus Sicherheitsgründen doppelt ausgeführt. Bild 1 zeigt das Schalt-schema der Druckreglerstation mit den notwendigen Erklärungen sowie den vorhandenen Einrichtungen, die bei Ausfall der Erdgasversorgung die Beheizung der Anlagen mit einem Flüssiggas-Luft-Gemisch ermöglichen. Das Flüssiggas (Propan bzw. Butan) wird in zwei Tanks mit einem Fassungsvermögen von jeweils 50 m³ neben der Reglerstation gelagert und im Bedarfsfall mit einem warmwasserbeheizten Wärmeaustauscher in die Gasphase überführt und im Treibdüsenmischer mit Luft gemischt, so daß ein Flüssiggas-Luftgemisch mit den Brenneigenschaften des Erdgases entsteht. Dieses Flüssiggas-Luftgemisch kann ohne Unterbrechung oder Störung der Ofenbeheizung in der Druckreglerstation in das Versorgungsnetz eingespeist werden. Die Flüssiggasreserve reicht für eine Betriebszeit von 30 h aus. Die bisherigen Ausfälle der Erdgasbelieferung dauerten nicht länger als 8 h.

2. Gaszusammensetzung

Das Erdgasfeld, von dem die Hütte seit 1953 versorgt wurde, war nur von geringer Kapazität und nach etwas über 2 Jahren erschöpft. Durch die geringe Kapazität des Feldes schwankte die Gaszusammensetzung sehr stark. Erst als die Versorgung aus dem Erdgasfeld im Nordosten Österreichs erfolgte, änderte sich die Gaszusammensetzung nur noch geringfügig. In Tabelle 1

Tabelle 1. Zusammensetzung und Heizwert des Erdgases

Analyse des Erdgases in Vol.-%	CH ₄ C _m H _n CO ₂ N ₂	96,7—97,4 1,7— 3,7 0,1— 0,2 0,1— 0,7
Dichteverhältnis		0,573—0,577
H _o in kcal/Nm ³		9770—9820
H _u in kcal/Nm ³		8780—8930



E 1 bis E 15: Erdgas-Absperrorgane, M 1 bis M 2: Meßstrecken-Absperrung, P 1 bis P 26: Propan-Absperrorgane, Z 1 bis Z 3: Kesselwagen-Absperrorgane, D 1 bis D 3: Dampf-Absperrorgane, K 1 bis K 4: Kondensat-Absperrorgane, ER I: Erdgasregler I, ER II: Erdgasregler II, FI: Filter I, F II: Filter II, PRI: Propanregler I, PR II: Propanregler II, VH: Vierwegehahn, SIV: Sicherheitsventil, RS: Rückschlagsicherung, MA: Manometer, KMA: Kontaktmanometer, DMA: Differentialmanometer, Th: Thermometer, FA: Flüssigkeitsstandanzeiger, FK: Durchflußkontroller, DS: Druckschreiber, MS: Mengenschreiber, RBV: Rohrbruchventil, RSV: Rückschlagventil, WT: Wassertopf.

Bild 1. Erdgasdruckreglerstation mit Anlage zur Flüssiggas-Luftgemisch-Aufbereitung.

sind Gaszusammensetzung, Heizwert und Schwankungsbereich beider Größen angegeben.

3. Beheizung der Wannen

Seit der Umstellung der Hütte werden alle Wannen und Nebenöfen mit Erdgas beheizt. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf eine Fourcault-Anlage mit sechs Maschinen, deren Grundriß aus Bild 2 zu ersehen ist. Außerdem sind die Gas- und Luftzuführungsleitungen sowie der Kamerastandpunkt beim Fotografieren der Flammen eingezeichnet. Die Wannen waren z. Z. der Umstellung mit sogenannten Galeriebrennern ausgerüstet, wie es Bild 3 zeigt. Die Umstellung auf Erdgasbeheizung erfolgte ohne Unterbrechung der Produktion, indem in die ehemaligen Generatorgas-Austrittsöffnungen handelsübliche Gasrohre von 25 mm Durchmesser eingeschoben wurden, durch die das Erdgas in die Wanne strömen konnte. Die Gaskammern des Regeneratorsystems wurden nach der Umstellung mit zur Luftvorwärmung benutzt. Mit der Betriebsweise der Wanne war man nach diesen provisorischen Umstellungsmaßnahmen zufrieden.

Bei der nächsten Wannenreparatur wurden nicht mehr Galeriebrenner, sondern Schachtbrenner gebaut. Außerdem wurde das Erdgas in viele Teilströme aufgeteilt und durch das Brennergewölbe zugeführt, um eine intensivere Mischung mit der Verbrennungsluft sowie die gewünschte Flammenlänge zu erreichen. Um die Beaufschlagung der einzelnen Brenner kontrollieren zu können, wurden in die Zuleitung zu jedem Brenner Meßblenden eingebaut. Bild 4 zeigt einen Schnitt durch den Schachtbrenner sowie die um 90° gedrehte Gaszuführung, aufgeteilt in vier Teilströme.

Diese Art der Gaszuführung bereitete viele Schwierigkeiten, da nach kurzer Einbauzeit die Gaszuführungsrohre schnell verzündeten, die Durchflußquerschnitte sich dadurch änderten und die durchströmende Gasmenge vom Sollwert abwich. Auch durch die Verwendung von zunderfestem Stahl konnte eine Veränderung der Strömungsquerschnitte nicht verhindert werden, da

sich während der Abgasperiode in den Rohren im Einlegebereich verstaubtes Gemenge und Kondensationsprodukte abgelagerten. Die Ablagerungen reichten bis zur Meßblende.

Aus diesen Gründen wurde ein neuer Brenner entwickelt, aus dem auch während der Abgasperiode ein Stoffstrom — und zwar Luft — austritt, um die Metallrohre zu kühlen und um Ablagerungen im Gasrohrsystem zu verhindern. Dieser Brenner ist in Bild 5 dargestellt. Man erkennt, daß das Gaszuführungsrohr in ein Rohr größeren Durchmessers eingebaut ist, durch das Primär- oder Mantelluft im Verhältnis von etwa 1:1 (Gas:Luft) strömt. Diese Mantelluft steht unter einem Druck von etwa 100 mm WS. Die Erdgasaustrittsgeschwindigkeit schwankt zwischen 35 und 50 m/s je nach Beaufschlagung der einzelnen Brenner. Neben dem Vorteil, den der Luftstrom während der Abgasperiode zur Kühlung und Verhinderung der Verstopfung der Gasrohre bietet, zeigte sich als weiterer Vorzug, daß während der Brennperiode die Primärluft mit dem Gas gut mischbar und damit die Flammenlänge und -lage zu beeinflussen ist.

Die günstigste Anordnung der Gaseinführung durch die Brennerseitenwände wurde experimentell ermittelt; es hat sich nämlich gezeigt, daß die Lage des Gaseintritts in den Brenner und der Winkel, den der Gasstrahl mit dem Luftstrahl bildet, von ausschlaggebender Bedeutung sowohl für die Flammenlänge als auch für die Leuchtkraft der Flamme sind. Bild 6 zeigt einen Schnitt durch den Brennerhals. Die Lage des eingezeichneten Lochsteins hat sich als günstig erwiesen. Mit dieser Anordnung der Gaszuführung arbeitet die Anlage zufriedenstellend.

4. Vergleich der Erdgasbeheizung mit der Generatorgasbeheizung

Von der Generatorgasbeheizung her war man gewöhnt, mit leuchtender Flamme zu verbrennen. Deshalb ging das Bestreben dahin, auch mit Erdgas — soweit dies möglich ist — eine leuchtende Flamme zu erzeugen.

Von der Erdgaszusammensetzung mit im Mittel 2,5% schweren Kohlenwasserstoffen konnte zumindest eine gewisse Leuchtkraft erwartet werden, die allerdings — ohne Berücksichtigung konstruktiver Maßnahmen im Hinblick auf das Erdgas — durch Erwärmung und teilweise Vorverbrennung zur Erzeugung von Kohlenstoffteilchen die Leuchtkraft der Generatorgasflamme nicht erreicht. Eine Selbstkarburierung konnte durch

den Einbau der Gasdüsen, wie in Bild 6 gezeigt ist, erzielt werden, so daß man mit dem Flammenbild zufrieden sein konnte. Ein weitergehender Vergleich zwischen Generator- und Erdgasflammen kann leider nicht vorgenommen werden, da von den Generatorgasflammen keine Aufnahmen existieren. Von den Erdgasflammen liegen dagegen Aufnahmen vor (Bilder 7 bis 10), bei denen die Belichtungszeit 1/500 s, die Blende 16 betrug.

Bild 2. Wannengrundriß mit Gas- und Luftleitungen.
Gestrichelt = Wannengrundriß,
schwarz = Luftleitungen,
grau = Erdgasleitungen.

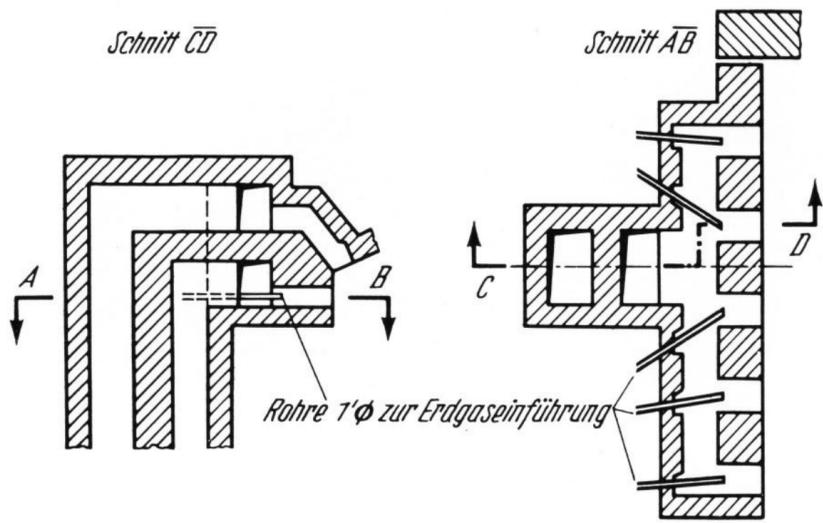
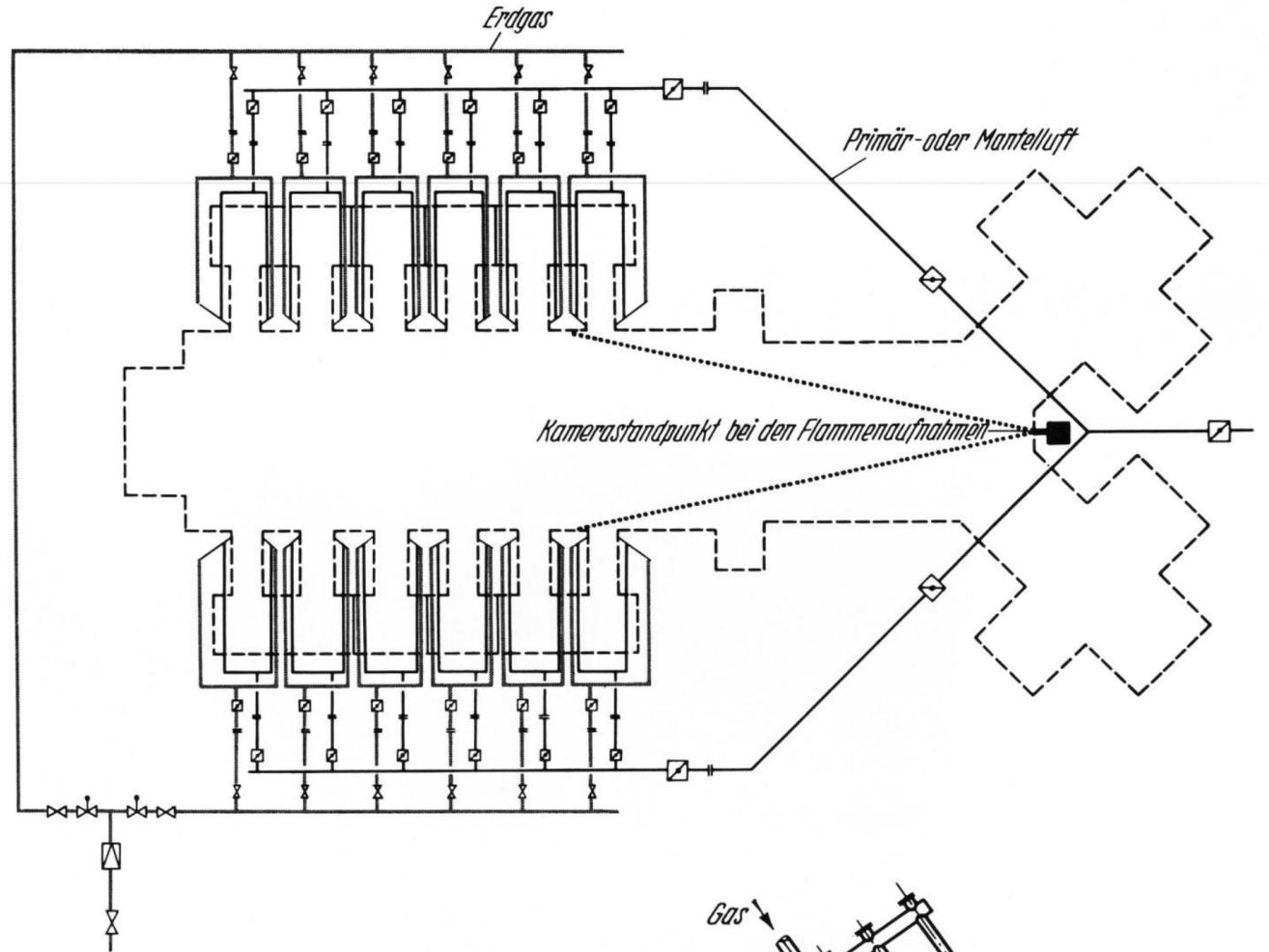


Bild 3. Galeriebrenner der Wanne mit Rohren zur Erdgaszuführung.

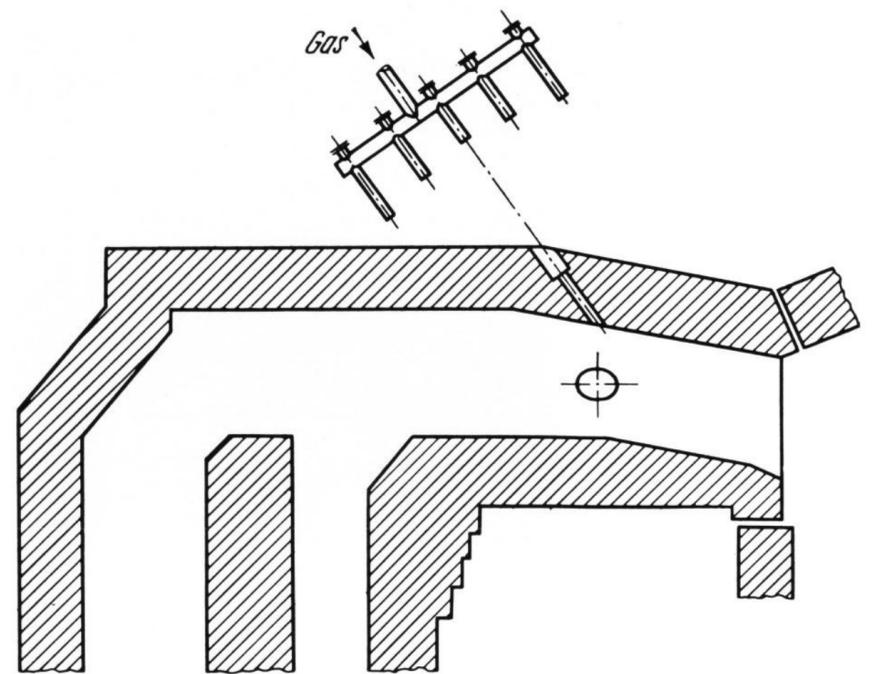


Bild 4. Schnitt durch den Schachtbrenner mit aufgeteilter Gaszuführung.

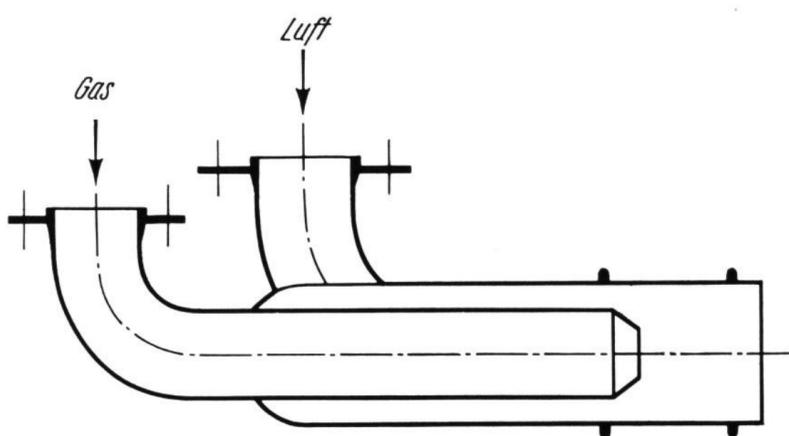


Bild 5. Gasdüse mit Sekundär- bzw. Mantelluftzuführung.

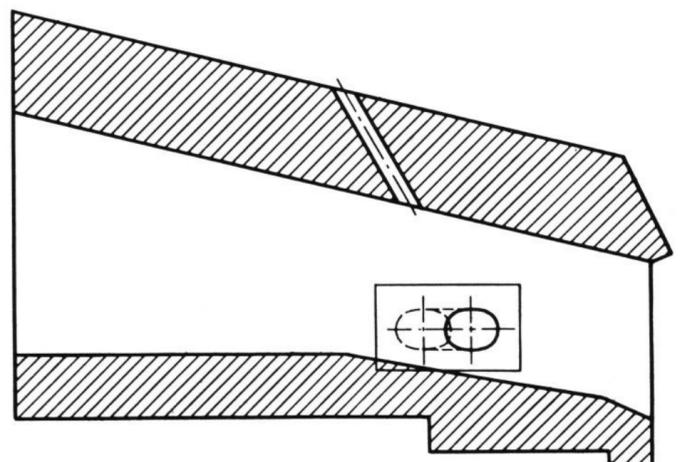
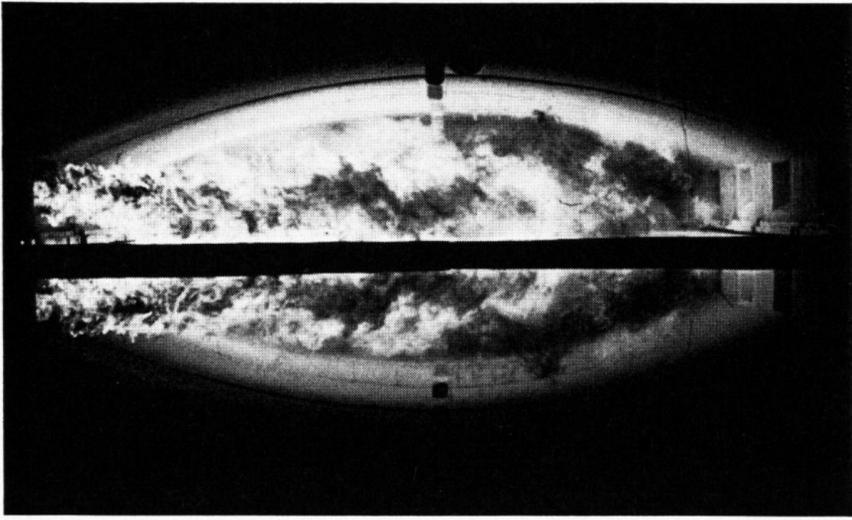
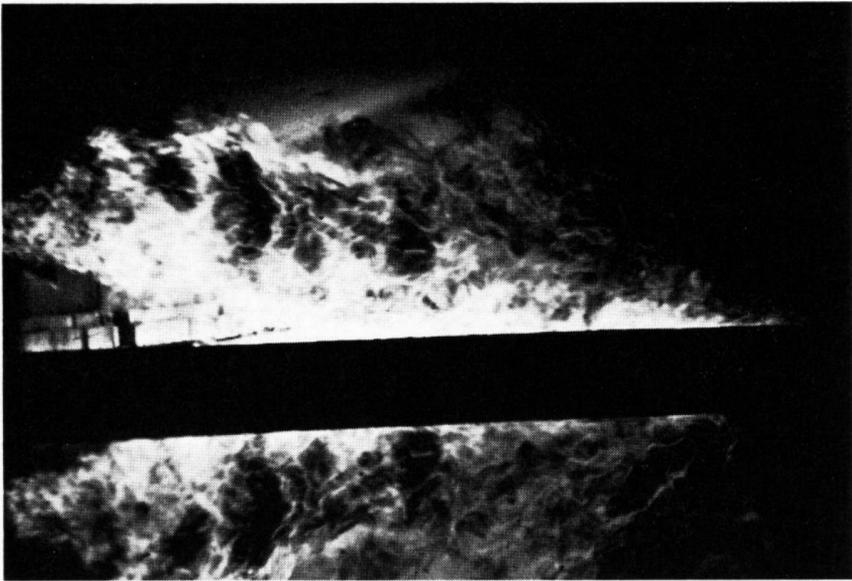


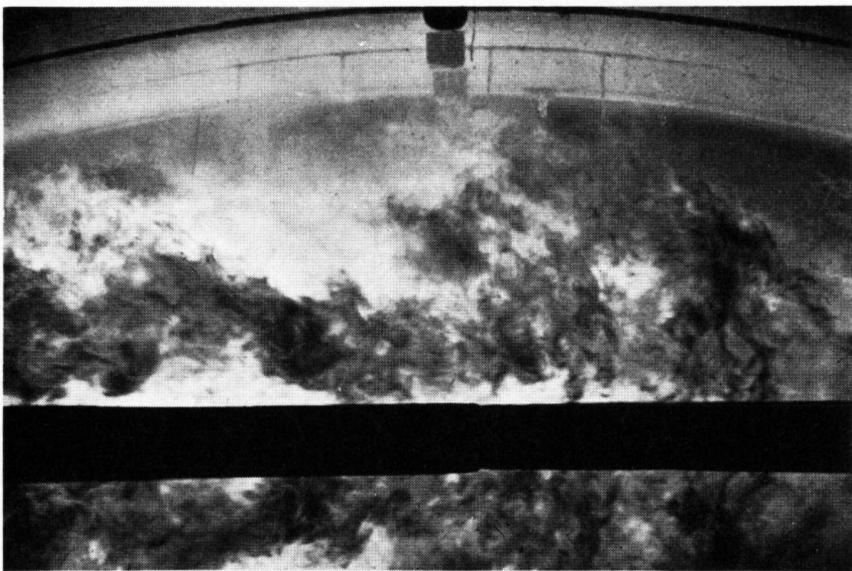
Bild 6. Schnitt durch einen Brennerhals mit Lochstein für die Gasdüse.



7)



8)



9)



10)

Auf Grund der gewählten Blende und Belichtungszeit erscheinen die Flammen stellenweise sehr dunkel; man könnte deshalb der Ansicht sein, daß es sich dabei um unverbrannte Brennstoffteilchen handelt. Das ist nicht der Fall, denn die dunklen Zonen sind im Vergleich zu den hellen Zonen Gebiete mit geringerer Temperatur.

Aus Bild 2 ist der Standpunkt der Kamera zwischen den Ziehmaschinen und die Kamerablickrichtung zu ersehen. Einen Eindruck der Flammenausbildung über die Wannbreite gibt Bild 7. Die Flammen bedecken praktisch die gesamte Breite des Bades und sind kurz vor dem abziehenden Brenner ausgebrannt, was allerdings nicht ausschließt, daß hin und wieder noch brennende Gasbereiche in den abziehenden Brenner gelangen. Die Flammen berühren etwa einen Meter nach Verlassen des Brennermaules die Badoberfläche, und man erkennt deutlich, daß im ersten Drittel die heißesten Zonen — ausgedrückt durch größte Helligkeit — an der Flammenaußenfläche auftreten, was auf die intensive Mischung mit der Verbrennungsluft zurückzuführen ist. Im letzten Drittel der Flamme sind in der Nähe des Gewölbes dunkle Felder zu erkennen, die von rückströmenden Abgasen herrühren. Außerdem ist aus Bild 7 noch die Temperaturverteilung in Wannenslängsrichtung an der unterschiedlichen Helligkeit des Gewölbes und der Wände auf der abziehenden Seite zu erkennen.

Bild 8 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des ersten Flammendrittels. Deutlich sichtbar ist die zelluläre, generatorgasähnliche Flammenstruktur; in Bild 9 ist der mittlere Flammenteil mit einer sich gerade ausbildenden rückströmenden Gaswalze von rechts nach links zu sehen; das Flammenende ist vergrößert in Bild 10 dargestellt. Das Flammenende erscheint dabei sehr hell, jedenfalls heller als in Bild 7, was offensichtlich darauf zurückzuführen ist, daß die kältere rückströmende Gaswalze abgeströmt ist und diese Partie dadurch wärmer und heller erscheint. Die Bilder 7 bis 10 wurden zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen¹⁾.

Bei den Temperaturverhältnissen ist folgendes festgestellt worden: In der ersten Zeit der Einführung des Erdgases lag das Temperaturmaximum wie beim Generatorgas bei etwa 1420 °C, konnte aber nach und

¹⁾ Die Entwicklung und Ausbildung der Flamme und ihre Bewegungen, vor allem auch die rückströmenden Anteile sind sehr gut in einem Farbfilm zu erkennen, der mit freundlicher Erlaubnis der Hütte von der HVG an dieser Wanne gedreht wurde. Die zeitgedehnte Betrachtungsweise, die der Film erlaubt, gibt mehr Aufschlüsse über den Verbrennungsverlauf als die direkte Beobachtung der Flamme im Ofen mit dem Auge.

Bild 7. Gesamteindruck von der Ausbildung der Erdgasflamme über die Wannbreite.

Bild 8. Vergrößerter Ausschnitt des ersten Flammendrittels mit seiner generatorgasähnlichen Struktur.

Bild 9. Mittlerer Flammenteil mit von rechts nach links rückströmender Gaswalze.

Bild 10. Flammenende.

Aufnahmedaten der Bilder 7 bis 10:

Farbumkehrfilm Agfa CK 17, ohne Filter, Belichtung 1/500 s, Blende 16.

nach etwas angehoben werden. Nach dem letzten Wannenumbau, bei dem die Wanne mit stehenden Kammern und Magnesitgitterung ausgerüstet wurde, gelang es, durch die höhere Luftvorwärmung eine maximale Temperatur von über 1550 °C zu erreichen.

Durch die Reinheit des Erdgases und die Gleichmäßigkeit der chemischen Zusammensetzung ist die

Feuerung von der meß- und regeltechnischen Seite sehr einfach zu überwachen.

Ein wesentlicher Vorteil ergab sich durch die Einführung des Erdgases auf dem Personalsektor. Während zur Erzeugung des Generatorgases 25 Arbeitskräfte benötigt wurden, ist jetzt ein Mann, der zur Revision der Erdgasanlage eingesetzt ist, ausreichend. (45 892)

DK 662.767:662.764.3:662.753:662.951.2:666.1.031.24:662.61

Einsatz des Erdgases in der Glasindustrie

Von MARTINUS H. DE LANGE, Eindhoven (Holland)

(Mitteilung aus den N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Holland))

(Eingegangen am 26. März 1967)

Im ersten Teil wird über den Austausch von Koksofengas durch Erdgas in einem Glaswerk für Spezialglas berichtet, und es werden die spezifischen Eigenschaften der beiden Gase einander gegenübergestellt. Die Hauptprobleme liegen in der besonderen Form der Gasdüsen mit Flammenhalter, die infolge der niedrigen Verbrennungsgeschwindigkeit des Erdgases nötig sind. Die technischen Probleme beim Austausch von Heizöl durch Erdgas für die Glasschmelze werden im zweiten Teil kurz erwähnt und rechnerisch auf der Basis der verbrennungstechnischen Kennwerte der unterschiedlichen Brennstoffe verfolgt. Die praktischen Erfahrungen mit einer querbeheizten Regenerativwanne und mit einer U-Flammenwanne stehen in gutem Einklang mit den theoretischen Überlegungen.

In den Glashütten der Philips AG wurden bis vor einigen Jahren hauptsächlich zwei Arten von Brennstoffen verwendet: Koksofengas zur Beheizung von Kühltöpfen, Speiservorherden, Tageswannen und vielen Arten von Anlagen zur Weiterverarbeitung der Glasprodukte und mittelschweres Heizöl zur Beheizung von größeren Rekuperativ- und Regenerativglasschmelzwannen.

Bei der Einführung des Erdgases als Ersatz für das Koksofengas ergab sich sofort das Problem, die nötigen Brenner und Verbrennungssysteme zu konstruieren. Gleichzeitig wurde die Frage gestellt, ob es vorteilhaft sei, auch das Heizöl für die Glasschmelze durch Erdgas zu ersetzen. Technisch bereitet die Umstellung keine größeren Schwierigkeiten. Die Beheizung mit Erdgas ist ist allerdings nur dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn der Wärmepreis des Erdgases niedriger ist als der des Öls. Im folgenden wird nur von den technischen Problemen die Rede sein.

Wie bekannt, unterscheiden sich die verbrennungstechnischen Eigenschaften des Erdgases sehr stark von denen des Koksofengases und des Heizöles, was bei der Umstellung im Hinblick auf die Brennerausbildung, Flammenentwicklung usw. berücksichtigt werden muß.

1. Austausch des Koksofengases durch Erdgas

1.1. Eigenschaften

In Tabelle 1 sind die Eigenschaften der beiden Gase eingetragen. Das verwendete Koksofengas wurde in den Bergwerken von Süd-Limburg (Holland) erzeugt; das Erdgas stammt aus dem Vorkommen von Slochteren. Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, gibt es wesentliche Unterschiede in der Analyse der beiden Gase, und zwar enthält Erdgas relativ viel Stickstoff aber keinen Wasserstoff. Diese Unterschiede wirken sich auf die Brenneigenschaften des Erdgases so aus, daß Dichte, Heizwerte und Luftbedarf pro 1000 kcal (bezogen auf H_u) höher sind, die Verbrennungsgeschwindigkeit dagegen niedriger.

1.2. Anwendung

Bei der Verbrennung muß besonders in eng begrenzten, kleinen Feuerräumen (Speiser, Vorherde, Kleinöfen)

der niedrigeren Verbrennungsgeschwindigkeit des Erdgases Rechnung getragen werden, da die benötigte Brennweite im Vergleich zu Koksofengas entsprechend länger sein muß und die Gefahr des unvollständigen Ausbrandes im Feuerraum mit möglicherweise reduzierender Ofenatmosphäre entsteht. Auch der etwas größere Luftbedarf des Erdgases wirkt sich in dieser Richtung aus. Im allgemeinen kommt man damit aus, daß man das Erdgas durch mehr Düsen in den Feuerraum einführt, als es bei Koksofengas nötig ist. Dabei wird die Berührungsfläche zwischen Gas und Verbrennungsluft relativ größer und die Verbrennung läuft schneller ab.

Wegen der größeren Gefahr des Abhebens der Flamme muß für Brenner, die mit einem Gemisch aus Gas und Luft gespeist werden, die Austrittsgeschwindigkeit im Vergleich zu Koksofengas niedriger gewählt werden. Auch in dieser Hinsicht ist es zweckmäßig, das Gemisch auf eine größere Anzahl Düsen zu verteilen.

Bei Brennern für die Glasverarbeitungsmaschinen prägt sich die niedrigere Verbrennungsgeschwindigkeit

Tabelle 1. Eigenschaften von Koksofengas und Erdgas.

Chemische Zusammensetzung in Vol.-%	Koksofengas	Erdgas
H ₂	63,1	—
CO	4,8	—
CH ₄	25,6	81,3
C ₂ H ₆	—	2,75
C ₃ H ₈	—	0,36
C ₄ H ₁₀	—	0,13
C _m H _n	1,8	0,05
O ₂	0,3	—
CO ₂	1,1	0,90
N ₂	3,3	14,5
Physikalische Daten	Koksofengas	Erdgas
Dichte (Luft = 1)	0,31	0,64
H _o in kcal/Nm ³	4580	7910
H _u in kcal/Nm ³	4060	7160
Luftbedarf in Nm ³ /Nm ³	4,340	8,364
Luftbedarf in Nm ³ /1000 kcal	1,068	1,164
Verbrennungsgeschwindigkeit in cm/s	75	30