

Ein Gebläseofen bis 2600°

Von der
Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Reinhard Jung

Referent: Prof. Dr. H. v. Wartenberg

Korreferent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Wohl

Promotionstag: 10. Juli 1928

Barmen, 1928

August Jung Söhne, Graphische Kunstanstalt

Ein Gebläseofen bis 2600⁰

Von der
Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Reinhard Jung

Referent: Prof. Dr. H. v. Wartenberg
Korreferent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Wohl
Promotionstag: 10. Juli 1928

Barmen, 1928

August Jung Söhne, Graphische Kunstanstalt

II 38802



Im Auszug veröffentlicht in der „Zeitschrift für Anorganische Chemie“ 1928

B-ka GPG

Z/G-120/57

INHALTS-VERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Konstruktion der Düse	3
Konstruktion des Ofens	4
Brennstoff- und Sauerstoffverbrauch	7
Temperaturverhältnis im Ofen	9
Theoretische Höchsttemperatur	12
Wärmebilanz	13
Zusammenfassung	14

Zur Untersuchung hochschmelzender Oxydgemische kommen nur Oefen mit oxydierender Atmosphäre in Betracht. Sowohl Kohlerohr-Widerstandsöfen als auch die mit Schutzgas arbeitenden elektrischen Wolframöfen sind für solche Untersuchungen unbrauchbar, da bei ersteren nach Ruff und Lauschke¹⁾ Karbidbildung eintritt und bei letzteren nach H. v. Wartenberg und Möhl²⁾ in Stickstoffatmosphäre Reduktionserscheinungen der Oxyde durch das Wolfram festgestellt wurden.

Als Heizquelle für Oefen mit oxydierender Atmosphäre sind bisher Leuchtgas-Sauerstoffgebläse verwandt worden. (Podszus).³⁾ Hierbei ist jedoch eine ungleichmäßige Temperaturverteilung im Ofen infolge der punktförmigen Erwärmung durch die Knallgasflamme nicht zu vermeiden. Riebeth⁴⁾ berichtet, daß bei längerem Arbeiten bei 2000° mit dem von Podszus angegebenen Ofen die den Düsen gegenüberliegenden Wände zu schmelzen begannen. Außerdem sind die bisher gebauten Zirkonöfen nicht verwendbar für Oxydschmelzen, da sie das ZrO_2 in hohem Maße angreifen.

Um die Zone der höchsten Temperatur auf ein möglichst großes Gebiet auszudehnen, wurde der Brennstoff nicht mehr gasförmig sondern in flüssiger Form, als feiner Nebel mit Sauerstoff vermischt, in den Ofen eingeführt. Da bis zur Vergasung und Verbrennung der verschiedenen großen Flüssigkeitströpfchen eine gewisse Zeit verstreicht (große Tröpfchen werden einen

1) Dissertation Lauschke. Über die Verarbeitung von ZrO_2 zu hochfeuerfesten dichten Gegenständen, Danzig 1915.

2) Z. f. phys. Chemie. 128, 439, (1927).

3) Z. f. angew. Chemie. 30, 17, (1917) und 32, 146, (1919).

4) Diss. Riebeth, Plastische Massen, Breslau (1927).

weiteren Weg zurücklegen als die kleinen), wird eine punktförmige Verbrennung vermieden. Wichtig ist, daß der Brennstoff in möglichst feinverteilter Form vorliegt, damit die Verbrennung im Ofenraum vollendet ist bevor die Abgase den Ofen verlassen.

Nach Triebnigg¹⁾, der die Zerstäubungsverhältnisse für Dieselmotoren untersucht hat, erhält man den günstigsten Zerstäubungsgrad mit Düsen, die den Brennstoff durch Preßluft vernebeln. Er gibt für die Größe der Tröpfchen folgende Formel an:

$$r = \frac{2a \cdot \gamma}{\gamma \cdot \gamma_L} \cdot \frac{1}{w_r^2}$$

worin

r = Radius der Tröpfchen in m/m.

a = Oberflächenspannung

γ = spez. Gewicht

γ = Reibungskoeffizient

γ_L = spez. Gewicht der vorbeistreichenden Luft

w_r = Relativgeschwindigkeit.

Einfluß auf den Grad der Zerstäubung hat also in erster Linie die Relativgeschwindigkeit zwischen der zerstäubenden Luft und dem mitgerissenen Brennstoff beim Austritt aus der Düse. Die Größenordnung für die Abhängigkeit zeigt folgende Tabelle:

w_r	20	100	220	300
r	0,0993	0,004	0,00082	0,00044

Um gute Zerstäubung zu erhalten muß die Geschwindigkeit also möglichst groß gewählt werden.

Für den in Betracht kommenden Ofen wurde die zur Zerstäubung nötige Luft durch reinen Sauerstoff ersetzt, um höchste Temperaturen zu erreichen und um Ballastgase zu vermeiden. Die Flamme sollte in einem aus ZrO_2 gebauten Ofen von etwa 15 cm Höhe und 8 cm Durchmesser um ein senkrecht stehendes ZrO_2 - Rohr rotieren, in welches von oben Schmelzgüter eingeführt werden konnten.

1) Triebnigg. Der Einblase- und Einspritzvorgang bei Dieselmotoren (J. Springer 1925).

Konstruktion der Düse.

Als Brennstoffverbrauch wurden 20 gr. Petroleum/min mit dem erforderlichen Sauerstoff von ca. 55 lit/min angenommen. Für diese O₂ - Menge errechnete sich der Mündungsquerschnitt der Düse unter Zugrundelegung einer Sauerstoffgeschwindigkeit von 250 m/sec aus der Formel:

$$F \text{ mm}^2 = \frac{Q \text{ cm}^3/\text{sec.}}{W \text{ m/sec}}$$

unter Berücksichtigung des Brennstoffnadelquerschnitt's zu 2,4 mm, wozu ein Druck von 1,5 atü. benötigt wurde. Der äußere Durchmesser des Brennstoffkanals, der aus einer Injektionsnadel bestand, betrug 1,1 mm. Da für niedrigere Temperaturen weniger Oel und Sauerstoff erforderlich waren, sank mit der O₂ - Menge auch die Geschwindigkeit. Bei einer Sauerstoffmenge von etwa 37 lit/min (= ½ atü vor der Düse) betrug die Geschwindigkeit nur 170 m/sec. Für Temperaturen von etwa 1800° war jedoch diese Geschwindigkeit noch ausreichend.

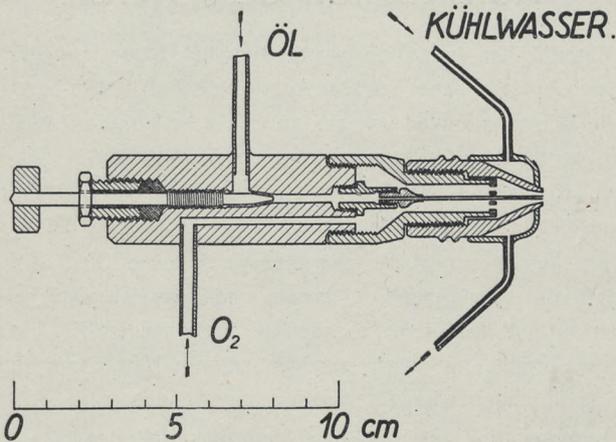


Abb. 1

Um den Einfluß der Zerstäubung auf die Temperaturverteilung im Ofen festzustellen, wurden später noch Untersuchungen mit auswechselbaren Düsenköpfen von 2,3 2,4 2,6 und 3,2 mm Durchmesser für 70 lit O₂ und 25 g Oel durchgeführt. Die Sauerstoffgeschwindigkeit in dem ringförmigen Kanal betrug hierbei 360 325 265 und 165 m/sec.

Die Ausführung der Düse ist aus Abb. 1 ersichtlich. Das durch eine Spindel regulierbare Oel wurde durch eine horizontale Bohrung der Ausflußnadel mit l. W. = 0,8 mm zugeleitet. Die mit Feingewinde und Lederdichtung aufgeschraubte Nadel war durch ein Scheibchen zentriert. Der Sauerstoff wurde parallel zur Brennstoffbohrung in den Nadelraum geführt, um von dort aus durch 6 Bohrungen des Zentrierscheibchens in den vorderen Düsenteil zu gelangen. Reguliert wurde der Sauerstoff an der Bombe. Sowohl der Sauerstoff als auch das Oel wurden kurz vor der Düse filtriert. Das Filter bestand aus 8 Lagen eines Netzes mit 4500 Maschen pro cm^2 . Die Düsenmündung war wassergekühlt.

Um ein einwandfreies Arbeiten des Brenners zu erzielen, wurden sämtliche Verschraubungen mit Lederscheiben gut abgedichtet. Die Düse stäubte das Petroleum, wenn es nicht brannte, in Form eines engen Staubstrahles ca. 2 m weit. Der Streuwinkel betrug etwa 30° . Der ganze Düsenapparat war leicht verstellbar an einem Ständer befestigt.

Konstruktion des Ofens.

Als Material für den Ofen wurde nur bei 2000° vorgeglühtes reines Zirkondioxyd benutzt, welches von der Auergesellschaft Berlin bezogen worden war. Um die Ofenwandungen zwecks guter Wärmeisolation möglichst porös zu gestalten, wurde das Zirkonoxydpulver im Verhältnis 1:1 mit Korkpulver von 1-3 mm Korngröße vermischt und soviel 6%iger Stärkekleister zum Formen zugesetzt (etwa 18 gr Kleister auf 100 gr ZrO_2) bis die Masse knetbar plastisch war. Aus dieser Masse wurden mittels einer Blechform von 5 cm Höhe 3 Ringe von 8 cm Innendurchmesser und 3 cm Wandstärke durch Einstampfen geformt und nach dem Trocknen mit breiförmigem ZrO_2 aufeinandergeklebt. Diese Dreiteilung wurde zur bequemeren Herstellung und zur Verhinderung von durchgehenden Längsrissen angewendet.

Der unterste Ring erhielt einen 2 cm dicken Boden. Da das Material nach dem Trocknen sehr gut mit Feile und Bohrer zu bearbeiten war, konnte für den Flammeneintritt eine Oeffnung von 2 cm Durchmesser über dem Boden durch die Ofenwand leicht ausgebohrt werden. Der so hergestellte ZrO_2 -Zylinder wurde nach mehrtägigem Trocknen auf dem Sandbad in ein Schamottegefäß auf einer ZrO_2 -Unterlage eingebaut. Dieser Mantel mit einer Wandstärke von 1 cm hatte im Boden und seitlich eine Bohrung von 5 cm. Der 3 cm betragende Zwischenraum zwischen Innenzylinder und

Schamotttemantel wurde zur Isolation mit griesförmigem Zirkondioxyd ausgefüllt (Abb. 2), welches aus ZrO_2 - Pulver durch Anfeuchten mit Wasser und Zerbröckeln erhalten wurde. Dicht über dem Boden führte ein ZrO_2 - Rohr

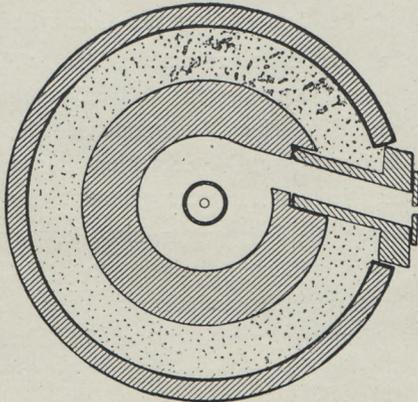
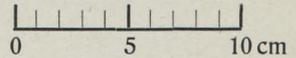
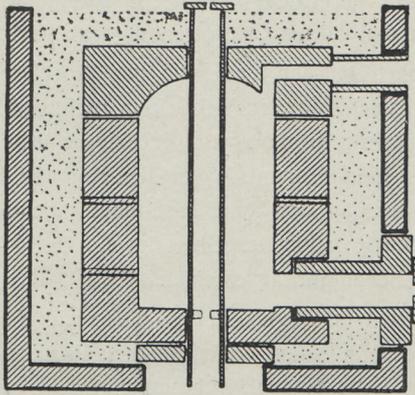


Abb. 2

horizontal vom Innenzylinder durch die Schüttung nach außen, durch welches die Flammen in den Ofen eintreten sollten. Um ein Anschmelzen dieses Kanals an der Durchgangsstelle durch die Schamottewand zu verhindern, war

das Rohrende durch einen hartgebrannten ZrO_2 - Ring geschützt. Aehnlich war der Austritt der Beobachtungsröhre im Boden gesichert. Die Beobachtungsröhre von 18 mm l. W. wurde im Boden des inneren ZrO_2 - Zylinders mit angerührtem Zirkonoxydbrei eingekittet. Diese Röhren waren zum Teil im hiesigen Institut selbst hergestellt¹⁾, teilweise dankenswerter Weise von der Staatlichen Porzellanmanufaktur Charlottenburg zur Verfügung gestellt.

Der 3 cm hohe, auf der Innenseite gewölbte Deckel, der auch durch Korkpulver porös gemacht war, enthielt einen rechtwinklig geführten Abgaskanal und war ebenfalls mit ZrO_2 - Pulver eingeschüttet. Dieser Kanal war in den gut trockenen Deckel ebenfalls vor dem Brennen ohne Schwierigkeiten herzustellen. Die Ableitung der Rauchgase durch die Schüttung ist aus der Figur zu ersehen. Die Rotation der Gase um die ZrO_2 - Röhre wurde durch die tangential Flammzuführung erreicht.

Die für den Ofen benötigten ZrO_2 - Teile wie Kanalstücke, Plättchen, Stäbchen usw. wurden in einem Ofen gleichen Prinzips gebrannt. Derselbe war 20 cm hoch und hatte einen Durchmesser von 10 cm. Er enthielt keine Röhre in der Mitte und war unten geschlossen. In etwa 5 bis 10 Minuten waren diese, durch Kapseln oder Schutzröhren vor den direkten Flammgasen geschützten Teile, klingend hart gebrannt.

Die etwa 5 mm dicken 10 und 25 cm langen ZrO_2 - Stäbchen wurden mittels einer Nernststiftpresse hergestellt und hängend gebrannt. Der Stärkezusatz war derselbe wie bei dem Formen des Ofenzylinders.

Vor Inbetriebnahme des so eingebauten Ofens zu Messzwecken, mußte der innere ZrO_2 - Zylinder bei mindestens $2200^\circ C$ gebrannt werden, da erst dann die Sinterung beendet ist. Nach Ausbrennen des Korkes und der Stärke mit einem vor den Zuführungskanal gebrachten Bunsenbrenner wurde die Düse vorgesetzt und der Ofen von innen aus gebrannt. Bei diesem erstmaligen Brennen des Ofens wurde die Temperatur durch langsame Vermehrung des Oel-Sauerstoffgemisches allmählich gesteigert, so daß die Temperatur von 2200 bis $2300^\circ C$ erst nach einer Brenndauer von einer halben Stunde erreicht war. Dann wurde langsam gedrosselt und bei 1200 bis $1400^\circ C$ die Düse abgestellt, und zwar erst das Petroleum; der Sauerstoff erst nachdem die Düse von dem glühenden Kanal abgerückt war, da die Brennstoffnadel durch den Sauerstoff gekühlt wurde. Durch die Gesamtbrenndauer von einer Stunde wurde gleichzeitig erreicht, daß der mit 2 cm Schüttung vollständig bedeckte Deckel ebenfalls bis zur völligen Sinterung gebrannt war.

1) Dissertation H.Linde.Ueber die Bestimmung der Schmelzpunkte im System $Al_2O_3-ZrO_2$ Danzig 1928.

Bei gut ausgetrocknetem Ofen zeigten sich nach dem Brennen nur kleinere Längsrisse von 1-2 cm Länge, die jedoch nur an der Innenfläche des Ofens lagen. Sprünge im Deckel, die zuweilen auftraten, waren ebenfalls belanglos. Die Porösität der Ofenwandungen war sehr gut erreicht. Nach dem Brennen zeigte das Material lockeres Gefüge, ohne jedoch die erforderliche Festigkeit einzubüßen. Ein solcher Ofen hielt z. B. 50 bis 60 Brände von je 1 bis 1½ Stunden Brenndauer über 2000° gut aus, ohne größere Risse zu zeigen.

Weniger haltbar erwiesen sich die Beobachtungsröhren, welche meist nach 20 bis 25 Brennstunden ersetzt werden mußten.

Um das Material alter Oefen wieder verwenden zu können, wurden die Innenzylinder, Deckel, Röhren usw. in der Kugelmühle zerkleinert, gesiebt, mit Salzsäure von mechanisch beigemengtem Eisen befreit, ausgewaschen und zum Austreiben der HCl nach dem Trocknen bei 500 bis 600° im Roessler-Ofen geglüht.

Zur Inbetriebnahme für Messungen wurde die Düsenmündung dicht an den Flammenkanal gebracht und mit einem Bunsenbrenner das Oel-Sauerstoffgemisch solange gezündet, bis der Ofen im Innern die Zündtemperatur des Gemisches erreicht hatte, was in wenigen Minuten der Fall war. Da der Ausdehnungskoeffizient des ZrO_2 sehr klein ist, war es möglich, den Ofen innerhalb von 5 Minuten auf Temperaturen über 2000° zu bringen. Zum weiteren Strahlungsschutz für die Düse wurde ein durchbohrtes Plättchen aus hartgebranntem ZrO_2 von der Düse selbst an den Kanal gepreßt. Das Petroleum wurde einem Druckgefäß entnommen, welches mit Manometer versehen war. Die Regulierung während der Messung erfolgte durch ein zweites am Tisch angebrachtes Ventil. Der Sauerstoff wurde aus einer 40 lit. Bombe entnommen, die mit Reduzierventil und Manometer versehen war.

Brennstoff- und Sauerstoffverbrauch.

Um dem Petroleum jeweils die richtige Sauerstoffmenge zuzuführen, wurde der Druck des Sauerstoffs solange reguliert, bis am Abgaskanal des Ofens keine Flamme mehr zu erkennen war. Zur Kontrolle dieser empirischen Einstellung wurde während jeden Versuchs mittels einer gewöhnlichen Wage der Gewichtsverlust des Oelbehälters und damit die Oelmenge pro Minute festgestellt. Die aus der Düse austretende Sauerstoffmenge war für verschiedene Drucke am Reduzierventil der Bombe durch eine Gasuhr gemessen und für

jede der vier Düsenköpfe abhängig von Druck in ein Diagramm eingetragen. So konnte die durchgehende O_2 -Menge sofort abgelesen werden. (Abb. 3).

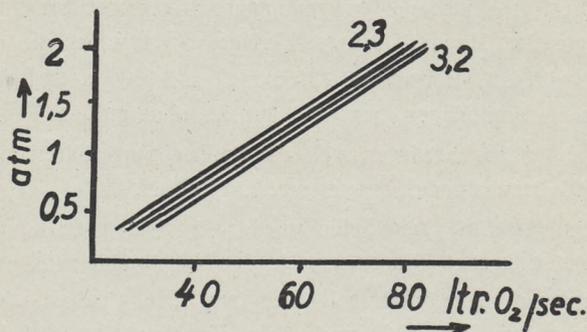


Abb. 3

Die gemessenen Verbrauchswerte schwankten für Oel zwischen 14 und 30 g/min je nach Einstellung und Größe des Ofens. Dementsprechend mußten 40 bis 80 lit. Sauerstoff /min zugeführt werden. Es zeigte sich, daß bei der empirischen Einstellung der Verbrennung bis zum Verschwinden der Abgasflamme ein kleiner Sauerstoffüberschuß vorhanden war.

In die Beobachtungsröhre konnte von oben ein Stäbchen aus hartgebranntem ZrO_2 an einem Platindraht bequem auf- und nieder gelassen werden. Eine Skala gab die Höhe des Stäbchens im Ofen an. Durch eine in der Beobachtungsröhre in Höhe des Ofenbodens angebrachte 5 mm weite Blende konnte das Stäbchenende mittels eines unter 45° geneigten Stahlspiegels von der Seite mit einem Pyrometer anvisiert werden. Der Stahlspiegel war durch eine Glasplatte geschützt. Während der Messung war die Beobachtungsröhre oben durch ein kleines ZrO_2 -Plättchen abgedeckt, welches eine genau passende Oeffnung für die Meßstäbchen besaß. Die Röhre hatte also nur eine einzige Oeffnung in der Blende, sodaß die Bedingung des schwarzen Körpers praktisch erfüllt war.

Das benutzte Pyrometer war ein Mikropyrometer nach H. v. Wartenberg und Möhl¹⁾, welches für einen Objektabstand von 50 cm und unter Berücksichtigung der Schwächungsfaktoren des Spiegels und der Glasplatte durch die Schmelzpunkte von Pt, Al_2O_3 und Mo geeicht war. Eine Kontrolle dieser Eichung wurde durch Vergleich mit einem Wannepyrometer durchgeführt,

1) Z. f. phys. Chemie 128, 439, (1927).

indem beide gleichzeitig auf eine Mattscheibe eingestellt wurden, die von einer 1000 kerzigen Projektionsnitralampe beleuchtet war. Das Stäbchen im Ofen wurde so anvisiert, daß es stark verkürzt im Pyrometer sichtbar war und seine Endfläche gegen das dunklere Deckplättchen auf der Beobachtungsröhre deutlich zu erkennen war.

Temperaturverhältnisse im Ofen.

Die Ofentemperaturen wurden in verschiedenen Höhen ermittelt, indem man die Stäbchen im Ofen während der Messung variierte. Untersucht wurden verschieden große Oefen mit folgenden Dimensionen:

Ofen Nr.:	I	II	III
mm Höhe	75	120	200
mm Innendurchmesser	55	80	100
g/min Oelverbrauch	17	20	25
kg ZrO_2	7	10	23

Die letzte Reihe der Tabelle gibt die Menge des benötigten ZrO_2 für die verschiedenen Oefen an.

Die Messungen wurden begonnen, nachdem der Ofen etwa 20 min mit konstantem Oel-Sauerstoffgemisch betrieben war, indem die Temperatur eines bis auf bestimmte Punkte herabgelassenen ZrO_2 -Stäbchen gemessen wurde. Um während der Messungen gleichbleibenden Oelverbrauch zu erhalten, wurde der Druck im Oelgefäß (2 Atm.) möglichst konstant gehalten und außerdem die Oelmenge durch Wägung kontrolliert. In jeder Stellung des Stäbchens wurden solange Messungen vorgenommen, bis die Temperatur konstant geworden war. Hierauf wurden hintereinander 6 bis 8 Ablesungen gemacht. Die Mittelwerte dieser letzten Messungen wurden in beistehender Tabelle zusammengefaßt und für die angegebenen Ofentypen gesondert in ein Diagramm eingetragen (Abb. 4 u. 5). Gemessen wurde in Abständen von 2 und 4 cm.

Tabelle.

Ofen Nr.	I	II	III			
Düse Durchmesser mm	2,4	2,4	2,3	2,4	2,6	3,2
Abstand vom Boden cm	Temperatur ° C					
1	2160	2465				
2	2550	2585	2270	2250	2360	2160
4	2640	2655	2380	2415	2380	2250
6	2620					
7,5	2655					
8		2655	2520	2600	2400	2410
10		2655	2530			
12		2655		2620	2425	2500
14			2500		2465	2585
16			2500	2595		
18			2525	2630	2500	2625
20			2500	2610	2500	2620

Der Einfluß der verschiedenen großen Düsen auf die Ofentemperatur wurde in dem großen Ofen Nr. III untersucht. Das Diagramm Abb. 4 zeigt, daß die größte Düse von 3,2 mm Durchmesser, wie zu erwarten, die schlechtesten Resultate liefert, da die Tröpfchen zu groß sind und erst im oberen Teil des Ofens zur Verbrennung gelangen. Auch bei der nächsten Düse von 2,6 mm Durchmesser, bei der ein wesentlich flacherer Verlauf der Kurve festgestellt werden konnte, erhält man noch kein konstantes Temperaturgebiet. Dagegen weisen die Kurven, die mit den Düsen 2,4 und 2,3 mm Durchmesser aufgenommen sind, eine konstante Zone von 9 bis 10 cm auf.

Die Maximaltemperaturen der verschiedenen Kurven wurde absichtlich variiert, um gleichzeitig ein Bild von der Gleichmäßigkeit des Verlaufs in

DIAGRAMM VON OFEN Nr. III.

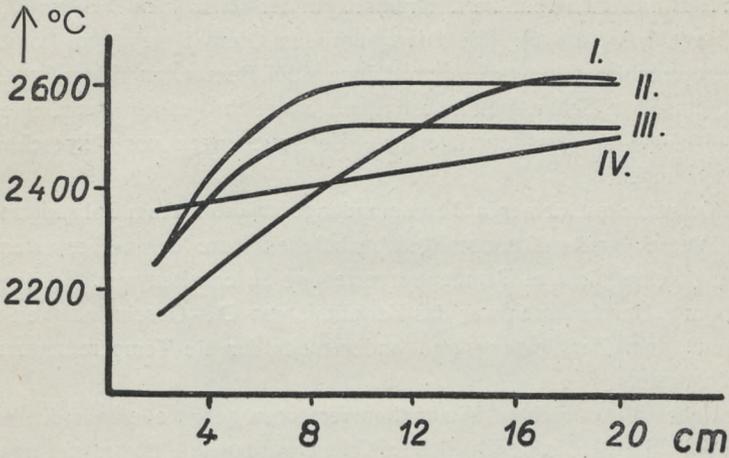


Abb. 4

Düsensdurchmesser bei Kurve I.=3,2 II.=2,4 III.=2,3 IV.=2,6 m/m.

DIAGRAMM VON OFEN Nr. I. u. II.

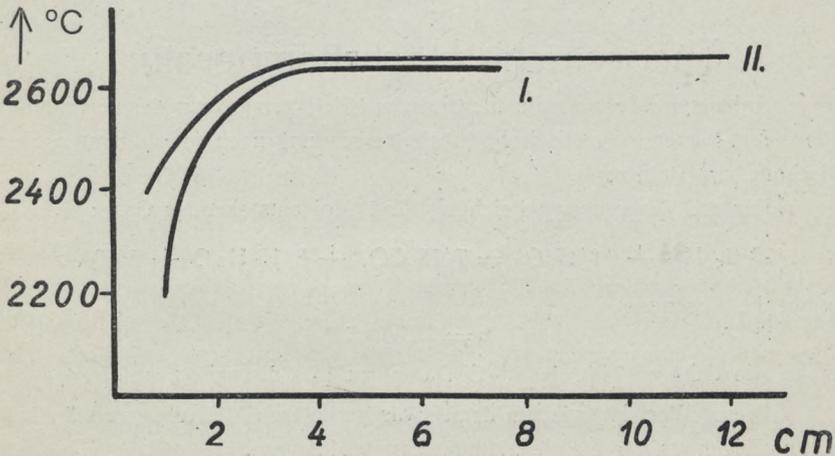


Abb. 5

Düsensdurchmesser 2,4 m/m.

verschiedenen Temperaturgebieten zu geben. Durch Regulieren der Oelzufuhr war die Temperatur bequem auf jede beliebige Höhe einzustellen. Von den Oefen Nr. I und II sind nur die Diagramme mit der günstigsten Düse von 2,4 mm wiedergegeben. (Abb. 5). Das Diagramm des Ofens II zeigt ein konstantes Temperaturgebiet von etwa 6 cm Länge. Bei dem Ofen I beträgt es nur rd. 3,5 cm. Für Schmelzpunktbestimmungen reicht jedoch das Gebiet des Ofens I völlig aus, was durchgeführte Untersuchungen von Oxydschmelzen bewiesen haben.

Versuche mit kleineren Düsenmündungen bis zu 1,4 mm Bohrung zeigten, daß infolge zu großer Sauerstoffgeschwindigkeit trotz der verbesserten Zerstäubung keine günstige Temperaturverteilung zu erhalten war. Bei der Düse mit 2,4 mm Durchmesser war das Verhältnis von O₂ - Geschwindigkeit einerseits und dem Zerstäubungsgrad andererseits für die Temperaturverteilung das günstigste.

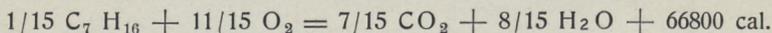
Ueber die erreichten Maximaltemperaturen geben ebenfalls die Kurven Aufschluß. Bei den beiden kleineren Oefen wurden mit 17 bzw. 20 gr Oelverbrauch /min in etwa 10 Minuten 2600° C erreicht. Bei dem großen Ofen benötigte man für diese Temperatur ungefähr 25 bis 27 gr Petroleum. Es wurde davon Abstand genommen, durch größere Oelzufuhr noch höhere Ofentemperaturen zu erzeugen, da der Schmelzpunkt nach Henning¹⁾ bei 2687 ± 20° C liegt.

Mit Preßluft anstelle des Sauerstoffs durchgeführte Versuche ergaben eine Maximaltemperatur von etwa 1500° C.

Theoretische Höchsttemperatur.

Anhaltspunkte über die theoretische Höchsttemperatur des verbrannten Petroleum-Sauerstoffgemisches gibt die Berechnung nach der halbgraphischen Methode von Pollitzer²⁾.

Für die Verbrennungsgleichung für 1 Mol entstehender Gase:



ergibt die Rechnung

$$t = 2970^\circ \text{ C}$$

wobei die CO₂ zu 74%, der H₂O Dampf zu 16% dissoziiert ist.

Dieser Wert ist, wie bei dem etwas geringeren H₂ Gehalt verständlich, 50° niedriger als der für die Methanwasserstofflamme.

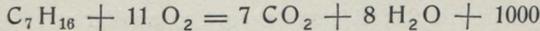
1) Henning, Naturwissenschaften 13, 661 (1925)

2) Pollitzer Z. f. angew. Chemie. 35, 683, (1922).

Wärmebilanz.

Ueber die Ausnutzung der zugeführten Wärme und die auftretenden Verluste gibt folgende Wärmebilanz für 2500° C und 17 gr Oel/min Aufschluß.

Dieser Menge = $2,8 \cdot 10^{-3}$ Mol/sec eines Petroleums von der ungefähren Zusammensetzung $C_7 H_{16}$, entspricht nach der Verbrennungsgleichung:

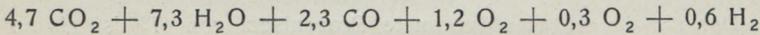


eine Wärmezufuhr von

$$\underline{q = 2,8 \text{ kcal/sec.}}$$

1. Berechnung der Abgasverluste.

Unter Berücksichtigung der Dissoziation, die nach Pollitzer¹⁾ bei 2500° C für $CO_2 = 33\%$ und $H_2O = 8\%$ beträgt, ergeben 1 Mol Oel:



Die Formel für den Wärmehalt der erwärmten Gase ist:

$$q_1 \frac{\text{cal}}{\text{Mol}} = n \cdot c_p (T_1 - T_0)$$

Die spezifischen Wärmen pro Mol wurden nach Neumann²⁾ gewählt zu:

$$C_p CO_2 = 12,7$$

$$C_p H_2O = 11,6$$

$$C_p H_2 = 8,1$$

$$C_p CO = 8,1$$

$$C_p O_2 = 8,1$$

somit:

$$q_1 \frac{\text{cal}}{\text{sec}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 \cdot 10^5 = 1,3 \text{ kcal.}$$

$$\underline{q_1 = 1,3 \text{ kcal.}}$$

2. Strahlungsverluste.

Da der Deckel des Ofens völlig eingeschüttet war, traten Strahlungsverluste nur durch die Blende auf. Nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz ist:

$$q_2 \frac{\text{kcal}}{\text{sec}} = 1,38 \cdot 10^{-12} (T_1^4 - T_0^4) \cdot a$$

$$a = \text{Strahlungsfläche cm}^2.$$

1) Pollitzer, loc. cit.

2) B. Neumann, Z. f. angew. Chemie 32, 365, (1919).

Der Durchmesser der strahlenden Blende in der Beobachtungsröhre beträgt 5 mm. $T_0 = 300^{\circ}$ kann gegen $T_1 = 2800^{\circ}$ vernachlässigt werden.

$$q_2 = 1,38 \cdot 10^{-12} \cdot 6,2 \cdot 10^{18} \cdot 0,25$$

$$q_2 = \underline{0,02 \text{ kcal.}}$$

Den zugeführten 2,8 kcal/sec stehen also an Verlusten gegenüber:

1) für Abgase	1,3 kcal	47%
2) für Strahlung	0,02 „	1%
Es verbleiben also für den Ofen .	1,5 „	52%

Der für die Abgase berechnete Prozentsatz von 47% ist als normal anzusehen.

Als Vergleichswerte bei ähnlichen Oefen liegt nur die von Cormak¹⁾ angegebene Wärmebilanz eines Kupolofens vor. Hier* beträgt der Gas- und Windverlust 49%, was dem Prozentsatz des ZrO_2 - Gebläseofens entspricht.

Die Auer-Gesellschaft²⁾ gibt einen elektrisch geheizten ZrO_2 Ofen an mit einem Heizraum von 6 cm Durchmesser und etwa 11 bis 12 cm Höhe, bei dem für eine Temperatur für ca. 2400° entsprechend 6 KW = 1,5 kcal gebraucht werden. Dieselbe Wärmemenge kommt in unserem etwa doppelt so großen Zirkongebläseofen zur Wirkung, da nach dem Abzug der Abgasverluste rd. 1,5 kcal im Ofen verbleiben.

Zusammenfassung.

Es wurde zur Erreichung von Temperaturen bis 2600° C in oxydierender Atmosphäre, ein durch Oel und Sauerstoff geheizter Gebläseofen aus Zirkondioxyd gebaut, in dem Schmelzpunktbestimmungen hochschmelzender Oxyde bequem und einwandfrei durchgeführt werden können.

Die Temperaturverteilung in verschiedenen großen Oefen wurde bestimmt und in Diagrammen ausgewertet.

1) H. Cormak. Chemikerzeitung, **33**, 620, (1909).
2) Deutsche Gasglühlicht Auergesellschaft m. b. H., Abt. C. Berlin O 17. Spezialliste für ZrO_2 -Geräte (1928).

Meinem hochverehrten Lehrer Herr Prof. Dr. H. v. Wartenberg
möchte ich auch an dieser Stelle für die weitgehende Förderung meiner
Arbeit meinen Dank aussprechen.



Lebenslauf.

Am 16. 7. 1901 wurde ich, Reinhard Jung, als Sohn des Fabrikanten August Jung in Barmen geboren, wo ich die Vorschule und das Städtische Realgymnasium besuchte. 1917 meldete ich mich freiwillig zum Etappendienst. Infolge einer Verletzung kehrte ich im Sommer 1918 zum Realgymnasium Barmen zurück und legte 1921 die Reifeprüfung ab.

Von Herbst 1921 an war ich an der Techn. Hochschule Hannover, Abteilung Maschinenbau eingeschrieben und setzte das Studium ab Wintersemester 1922/23 in München fort. Nach 8 Semestern bestand ich das Diplomhauptexamen. Nach 3 Semestern Chemiestudium, ab Sommersemester 1926 an der Techn. Hochschule Danzig, begann ich Ostern 1927 mit meiner Doktorarbeit. Die mündliche Doktorprüfung bestand ich am 29. Juni 1928.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



38802

Politechniki Gdańskiej