

3452 - 30/S.01 - 15

Ruhrchemie Aktiengesellschaft:

Oberhausen-Holten

Betriebsbüro KW

F/Gst

Oberhausen-Holten, den 17. Mai 1943

Betrieb: Benzin-Gewinnung

Herrn Prof. Dr. M a r t i n !



Betrifft: Syntheseversuche der B r a b a g

Anlässlich meines Besuches in S c h w a r z h e i d e erhielt ich Einblick in die dort durchgeführten Versuche des Synthesebetriebes über CO-Umsatz und Belastung. Die zusammenfassende Aktennotiz über diese Versuche wurde mir zur Verfügung gestellt. Ich möchte diese Ihnen als Anlage überreichen.

Diese Aktennotiz zeigt, wie einmal in einem ruhig laufenden Betrieb die Syntheseabteilung selbst an den Grossöfen wertvolle Erkenntnisse gewinnen kann und wie zum ändern die enge Zusammenarbeit zwischen dem Betrieb und der Forschungsabteilung zu Erfolgen führt.

1 Anlage

Dd. Hagemann

--- Alberts



Ruhrchemie Aktiengesellschaft
Oberhausen-Holtten

Schwarzheide, den 15. Januar 1942

B r a u n k o h l e - B e n z i n A G.
Werk Schwarzheide

Aktenvermerk Nr. 68/42, Verfasser Dr. N a g e l

Betrifft: Die Abhängigkeit des Ofenwiderstandes, der CO₂-Kontraktion und des CO-Gesamtumsatzes von der Ofenbelastung

Das Hauptproblem der Fischer-Synthese ist, die Betriebsbedingungen zu erkennen, die bei möglichst hohem Gesamtumsatz den grössten Anteil an erwünschten Produkten liefern.

Um ein klares Bild zu erhalten, müssen derartige Untersuchungen an Einzelöfen vorgenommen werden, da sich im Gesamtbetrieb gleichzeitig so viele Einflüsse überlagern, dass eindeutige Beziehungen nicht ohne weiteres hergestellt werden können.

Von Bedeutung für diese Untersuchungen ist zunächst einmal die Kenntnis der Belastungsabhängigkeit von Kontraktion (in %) und relativem CO-Umsatz (in % des eingesetzten CO) bei konstant gehaltener Ofentemperatur. Da diese Bestimmungen so rasch durchzuführen sind, dass sich die Kontakteigenschaften während einer Versuchsreihe nicht merklich ändern, wurden diese Messungen als erste vorgenommen. Gleichzeitig wurde auch die Abhängigkeit des Ofenwiderstandes von der Belastung Q ermittelt, deren Kenntnis ebenfalls wichtig ist. Derartige Versuche wurden an einer Anzahl Betriebsöfen im Bau 15 durchgeführt. Dabei ergaben sich zum Teil einfache Zusammenhänge, wie ein Blick auf die graphische Darstellung der Messungen an Ofen 21 lehrt. (Fig. 1)

Im einzelnen ergibt sich folgendes:

I. Der CO-Umsatz:

- a) Aus der Figur geht hervor, dass der CO-Umsatz bei sehr niedriger Belastung praktisch 100 % beträgt. Vollständiger Umsatz wurde nicht nur bei diesen Öfen, sondern bei sämtlichen untersuchten Öfen erreicht. Bei wachsender Belastung Q (Nm³/h) bleibt der Umsatz zunächst auf dieser Höhe. Dann kommt ein kurzes Stück mit stetig stärker werdendem Abfall, auf das ein ausgedehntes Gebiet folgt, in dem der CO-Umsatz linear mit der Belastung abnimmt. Bei keiner der zahlreichen Messreihen war innerhalb der Versuchsfehler eine Abweichung von der Linearität zu bemerken.
- b) Im Gebiet der linearen Abhängigkeit gilt für den CO-Umsatz die Gleichung:

$$(1) V = a - b \cdot Q$$

Der Wert der Konstanten a liegt bei den untersuchten Öfen in den engen Grenzen von 114 bis 121, während b zwischen 0,023 und 0,066 liegt. Bei Öfen, deren Leistung dem Betriebsdurchschnitt entspricht, findet man über b 0,035 bis 0,040. Kleineres b bedeutet bessere Leistung und umgekehrt.

-) In Tabelle I sind die a- und b-Werte sämtlicher Versuche, nach steigenden b-Werten geordnet, zusammengestellt; Figur II gibt die entsprechenden Geraden wieder. Dabei gilt weitgehend folgende Regel:

T a b e l l e I

Ofen Nr.	Laufzeit Stunden	Regene- ratio-	Laufzeit n. letzt. Regenerat.	Temp. °C	a	b	c	d	
1)	13	1000	1	129	190	114,1	0,0234	79,77	0,0116
2)	53	417	0	417	189	116,3	0,0284	90,34	0,0225
3)	107	870	1	115	191	118,0	0,0333	87,36	0,0228
4)	53	998	1	112	189	118,8	0,0341	91,87	0,0250
5)	53	393	0	393	187	118,3	0,0345	91,00	0,0247
6)	53	369	0	369	185	119,3	0,0374	90,00	0,0250
7)	53	974	1	88	187	120,1	0,0395	92,66	0,0267
8)	53	630	0	630	189	120,8	0,0411	90,00	0,0282
9)	53	345	0	345	183	118,6	0,0414	91,82	0,0303
10)	94	568	0	568	189	118,4	0,0417	88,85	0,0286
11)	85	836	1	254	184	117,3	0,0422	89,33	0,0286
12)	53	950	1	64	185	121,0	0,0429	95,71	0,0317
13)	15	1650	2	563	194	125,7	0,0429	95,31	0,0333
14)	21	1519	2	376	194	117,1	0,0431	89,25	0,0320
15)	53	923	1	37	183	117,7	0,0455	92,95	0,0328
16)	53	860	0	860	189	117,2	0,0458	88,71	0,0323
17)	107	1145	1	390	191	120,1	0,0635	90,21	0,0426
						118,8	0,0400	90,30	0,0282

Je weiter nach rechts der Schnittpunkt der Geraden mit der 100 % Linie liegt, bei je höherer Belastung also der Abfall des CO-Umsatzes einsetzt, umso geringer ist die Neigung der Geraden. Oder anders ausgedrückt: Beim besser arbeitenden Ofen ändert sich der CO-Umsatz weniger mit der Belastung und erreicht mit abnehmender Belastung eher den Höchstwert. Diese Regel konnte bei fast allen untersuchten Öfen bestätigt werden. Eine quantitative Beziehung zwischen Beginn des Abfalls und Grösse der Neigung ist jedoch nicht zu erkennen.

d) Die Regel ist aufgestellt für verschiedene Öfen unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Setzt man die Gültigkeit der Regel auch dann voraus, wenn man ein und denselben Ofen nacheinander unter verschiedenen Bedingungen arbeiten lässt, so lassen sich gewisse Voraussagen machen. Erhöht man z. B. die Arbeitstemperatur von t_1 auf t_2 °C, so dass der CO-Umsatz bei konstant gehaltener Belastung ansteigt, so müsste nach der Regel die Belastungsabhängigkeit kleiner werden und der höchstmögliche Umsatz (100 %) bei höheren Belastungen als vorher erreicht werden. Sinkt dann der CO-Umsatz infolge fortschreitender Lähmung des Kontaktes im Laufe der Zeit bei der konstant gehaltenen Temperatur t_2 ab und erreicht nach einiger Zeit denselben Wert wie vor der Temperaturerhöhung, so müsste auch die Belastungsabhängigkeit wieder den alten Wert erreichen.

Entsprechende Versuche wurden an Ofen 53 ausgeführt. Der Ofen wurde zunächst innerhalb von drei Tagen um 60° von 183° bis auf 189° erhöht. Wie aus Figur III hervorgeht, ist der erwartete Effekt deutlich zu erkennen. Die CO-Umsatzsteigerung pro Grad Temperaturerhöhung beträgt bei 1000 Nm³/h Belastung 2 - 2/2 %. Dass der Zuwachs bei den einzelnen Steigerungen schwankt, dürfte grossenteils auf eine nicht ganz genaue Temperatureinstellung zurückzuführen sein. Die Neigung hat sich von 0,0414 verringert auf 0,0284, während sich der Beginn des Abfalls um ca. 200 Nm³/h nach höheren Belastungen verschoben hat. Darauf wurde der Ofen 20 Tage bei der Temperatur von 189° belassen. Mit abfallendem CO-Umsatz steigt nun die Belastungsabhängigkeit wieder an bis zu einem Wert von 0,0458 und der Abfall

Ruhrchemie Aktiengesellschaft

Oberhausen-Holten

beginnt wieder bei entsprechend kleinerer Belastung. (Figur IV)

e) Aus der obigen Gleichung (1) für den CO-Umsatz ergibt eine einfache Rechnung, dass bei einer bestimmten Belastung die gesamte im Ofen umgesetzte CO-Menge U, d. h. in erster Näherung auch die Ofenleistung, einen Höchstwert erreicht.

$$(2) \quad U = k \cdot V \cdot Q = k \cdot Q (a - b \cdot Q)$$

$$(3) \quad \frac{dU}{dQ} = k \cdot a - 2 b \cdot k \cdot Q$$

$$(4) \quad Q = \frac{a}{2b} \quad \text{für } U = \text{max.}$$

In Tabelle II sind in der oberen Zeile die für die maximale Ofenleistung errechneten Belastungen zusammengestellt. Die Reihenfolge der Versuche ist dieselbe wie in Tabelle I.

T a b e l l e II

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
für CO-Umsatz Q max.	2440	2030	1770	1743	1715	1595	1520	1473	1433
für Kontraktion	3440	2010	1915	1837	2000	1800	1735	1595	1515
Höchste erreich- te Belastung	1340	1330	1415	1230	1190	1120	1150	1250	1140

Versuch Nr.	10	11	12	13	14	15	16	17
für CO-Umsatz Q max.	1423	1390	1414	1465	1360	1294	1280	948
für Kontraktion	1553	1561	1510	1430	1395	1416	1373	1058
Höchste erreich- te Belastung	1065	1125	1430	1105	1630	910	1240	1020

Das errechnete Maximum liegt danach bei dem am besten arbeitenden Ofen bei ca. 2400 Nm³/h und nimmt mit steigendem b ab bis ca. 900 Nm³/h. Bei den Öfen, deren Leistung dem Betriebsdurchschnitt entspricht, liegt es etwa bei 1500 Nm³/h.

Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Beziehung (2) ist naturgemäß, dass die obige Gleichung (1) tatsächlich bis zu den errechneten Belastungen gültig ist. Durch die Druckverhältnisse im Bau 15 war im allgemeinen keine höhere Ofenbelastung als ca. 1400 Nm³/h erreichbar. Wie aus Tabelle II hervorgeht, liegen die Maxima jedoch fast alle bei höheren Belastungen als sich aus betrieblichen Gründen erreichen liess (Tabelle II), sodass eine Nachprüfung, ob das Maximum tatsächlich vorhanden ist, kaum möglich war. Das Vorhandensein eines solchen Maximums ist aber nicht ohne weiteres verständlich. Da bei steigender Belastung die verarbeitete CO-Menge in der Raumeinheit des Kontaktes zunimmt, wächst auch die wahre Kontakttemperatur im gleichen Verhältnis, falls die Ofentemperatur konstant gehalten wird. Die Reaktionsgeschwindigkeit muss also mit steigender Belastung zunehmen, trotzdem müsste die umgesetzte CO-Menge abnehmen, falls das Maximum reell ist. Das widerspricht einander.

Durch Ausnutzung der bei abnorm niedrigen Leistungen der Gaserzeugung sich bietenden Möglichkeiten gelang es schliesslich, einige Messreihen bei Belastungen bis 2600 Nm³/h durchzuführen. Dabei zeigte es sich, dass die Linearität bei Belastungen von ca. 1600 Nm³/h aufhört und der Abfall des CO-Umsatzes von dann an immer flacher verläuft (s. Fig. V). Wenn nun $\frac{dU}{dQ}$ auch nicht, wie es an Gl. (3) ver-

Ruhrchemie Aktiengesellschaft
Oberhausen-Holten

langt, Null wird, so scheint es sich doch in der Gegend des errechneten Maximums einem konstanten Wert zu nähern oder sogar ein Minimum zu durchlaufen.

Rechnet man aus den Daten dieser Versuche die gesamte im Ofen verarbeitete CO-Menge U aus, so zeigt sich, dass die Werte mit zunehmender Belastung immer weiter steigen. Das nach Gleichung (4) errechnete Maximum ist also anscheinend nicht vorhanden.

II. CO₂-Kontraktion:

- a) Die CO₂-Kontraktion K verhält sich bei Belastungsänderungen ähnlich wie der CO-Umsatz. Sie hat ebenfalls bei kleinen Belastungen einen ziemlich konstanten Wert und fällt bei höheren Belastungen linear ab. Es ergibt sich dieselbe Regelmässigkeit wie beim CO-Umsatz: Je grösser die Belastung Q (Nm³/h) ist, bei welcher der Abfall einsetzt, umso weniger sinkt die Kontraktion K (in %) mit der Belastung ab.

In Figur VI sind für die CO₂-Kontraktion die abfallenden Geraden derselben Versuche dargestellt wie es in Figur II für den CO-Umsatz geschehen ist.

- b) Die Gleichung dieser Geraden hat dieselbe Form wie die für den CO-Umsatz:

$$(5) K = c - d \cdot Q$$

Die Werte für die Konstanten c und d sind gleichfalls in die Tabelle I aufgenommen. Von einigen herausfallenden Werten abgesehen, liegt c zwischen 88 und 93, d zwischen 0,02 und 0,033. Für Öfen, deren Verhalten dem Betriebsdurchschnitt entspricht, ergibt sich für c etwa 90, für d 0,25 - 0,30.

Einem grösseren b entspricht im allgemeinen auch ein grösseres d. Dass die Werte grössere Unregelmässigkeiten zeigen als die Konstanten der Gleichung für den CO-Umsatz, lässt sich wohl im wesentlichen durch Änderung der Gasqualität und der Gasbildung im Ofen erklären. Von ca. 1600 Nm³/h an beginnt die CO₂-Kontraktion ebenso wie der CO-Umsatz, immer weniger mit steigender Belastung abzufallen. (Figur V)

- c) Wenn keine Gasbildung eintreten sowie CO und H₂ im angebotenen Verhältnis aufgearbeitet werden würden, sollte man für kleine Belastungen einen Höchstwert für die Kontraktion erwarten, der zahlenmässig gleich dem Idealgasgehalt des Sy-Gases ist. Dieser betrug im Mittel zur Zeit der Versuche 80,0 %. In Wirklichkeit wurden aber nur 73 - 77 % Kontraktion erreicht. Dies kommt einmal daher, dass die Kontraktionen aus Analysen des kalten Endgases anstelle von Restgas (C - Zahl = 1) errechnet wurden. Dieses Endgas enthält bei kleinen Belastungen ausser Methan auch noch ca. 5 % andere gasförmige Kohlenwasserstoffe, wodurch die höchstmögliche Kontraktion sich um ca. 1 % erniedrigt. Andererseits bewirkt die CO₂-Bildung eine merkliche Verminderung der Kontraktion. (Eine CO₂-Bildung von 1 % der umgesetzten CO-Menge rund 0,5 %). Dagegen hat die Methanbildung keinen Einfluss auf die Grösse der Kontraktion.

- d) Das Maximum für den Absolutwert der verschwundenen Gesamtmenge ergibt sich aus Gleichung (3) (ähnlich wie beim CO-Umsatz):

$$(6) Q = \frac{c}{2d} \text{ für } K = \text{Max.}$$

Die Werte, die sich hieraus errechnen, liegen fast alle 100 - 200 Nm³/h höher als die Belastungen, bei denen die maximale CO-Menge umgesetzt wird. (Tabelle II). Das lässt sich so erklären, dass die relative Gasbildung mit steigender Belastung abnimmt.

III. Beziehung zwischen CO₂-Kontraktion und CO-Umsatz:

Bei grösseren Belastungen nimmt sowohl die CO₂-Kontraktion wie auch der CO-Umsatz linear mit der Belastung ab. Infolgedessen besteht auch ein linearer Zusammenhang zwischen CO₂-Kontraktion und CO-Umsatz, den man leicht aus den angegebenen Gleichungen (1) und (3) erhält:

$$(7) K = c + \frac{d}{b} \cdot V - a$$

Für den CO-Umsatz = 0 müsste auch die CO₂-Kontraktion den Nullwert erreichen, d. h. $c - \frac{d}{b} \cdot a$ müsste = c sein, wodurch sich die Gleichung vereinfacht zu:

$$(8) K = \frac{d}{b} \cdot V$$

d. h. Kontraktion und CO-Umsatz müssten proportional sein.

In Figur VII sind nun die sich aus den Versuchsdaten ergebenden Geraden nach Gleichung (5) zusammengestellt. Bei 100 % CO-Umsatz liegen die Kontraktionswerte aus den oben unter II c erwähnten Gründen zwischen 75 und 80 %. Die Geraden gehen jedoch nicht durch den Nullpunkt, sondern es ergibt sich für $V = 0$ ein positiver Wert der Kontraktion, der im allgemeinen zwischen 5 und 12 liegt, d. h. Gleichung (6) gilt nicht streng. Es ergibt sich somit, dass die Linearität bei sehr grossen Belastungen (CO-Umsatz = 0) nicht mehr vorhanden sein kann. Man darf also die Kurven nicht allzusehr über das gemessene (auf Figur VII stark umrandete) Gebiet hinaus extrapolieren. Jedoch bleibt auch in dem bisher vermessenen Gebiet, in dem sich CO-Umsatz und Kontraktion einzeln nicht mehr linear mit der Belastung ändern, die lineare Beziehung zwischen CO-Umsatz und Kontraktion erhalten.

Auf eine lineare Beziehung zwischen Kontraktion und CO-Umsatz hat zuerst Dr. Weingärtner im Aktenvermerk 15/40 (Ergebnis des ersten Leistungsversuches Ofen 54, 59 und 60 mit 1000, 1500 und 2230 Nm³ Sy-Gasbelastung/h und Ofen) hingewiesen. In diesem Falle gehen die Geraden mit grosser Wahrscheinlichkeit durch den Nullpunkt, d. h. CO-Umsatz und CO₂Kontraktion sind proportional. Die Versuche sind jedoch nicht streng mit den vorliegenden zu vergleichen, da die Werte nicht bei konstanter Temperatur an einem Ofen, sondern aus der gesamten Laufzeit mehrerer Ofen gewonnen wurden.

IV. Widerstand:

Aus den Abbildungen I, III und IV geht hervor, dass der Widerstand des arbeitenden Ofens mit steigender Belastung zunächst etwas stärker als linear zunimmt. Von ca. 700 - 900 Nm³/h an ist der Anstieg jedoch praktisch linear bis zu den höchsten gemessenen Werten. Im Mittel nimmt im linearen Teil der Widerstand um 12 mm je 100 Nm³ zu. Erhöht man den CO-Umsatz des Ofens bei konstanter Belastung um 10 %, so findet man bei gleicher Belastung die gleichen Widerstände wie vorher, wie aus Figur III hervorgeht. Im Laufe der Zeit steigt jedoch der Ofenwiderstand durch Paraffinversetzung (Figur IV) und nimmt nach jeder Wiederbelebung wieder ab, ohne jedoch den Anfangswert ganz zu erreichen. Zum Vergleich wurden Widerstandsmessungen an einigen nicht arbeitenden Ofen mit neu eingefüllten oder ausgebrachten Kontakten gemacht. Auch bei diesen Ofen wurden ähnliche Kurvenformen beobachtet wie bei arbeitenden Ofen, nur ist die Krümmung bei kleinen Belastungen weniger ausgeprägt. Danach hat also die Änderung der Kontraktion bei verschiedenen Belastungen nur einen verhältnismässig kleinen Einfluss auf die Form der Widerstandskurven. Dass bei geschlossenem Schieber noch ein scheinbarer Widerstand von 1 - 3 mm gemessen wird, beruht darauf, dass das Gas in den beiden Schenkeln der Messanordnung sehr verschiedene Temperaturen (Δ t ca. 150°) hat. Deshalb ist auf der Ofenbühne der statische

Ruhrchemie Aktiengesellschaft
Oberhausen-Holtten

Druck in beiden Schenkeln verschieden. Die Krümmung der Widerstandskurve bei kleinen Belastungen ist bei den einzelnen Öfen etwas verschieden, ebenso schwankt naturgemäss die absolute Grösse des Widerstandes bei einer bestimmten Belastung von Ofen zu Ofen. In Figur VIII ist dargelegt, wie sich die Widerstände, bei 1000 Nm³/h gemessen, prozentual auf die Öfen in Bau 15 verteilen. Am 31.12.40 liegt ein ausgeprägtes Maximum bei 90 - 95 mm WS., am 28.2.41 liegt ein Maximum an derselben Stelle, ein Nebenmaximum bei 110 mm WS. Die überwiegende Mehrzahl aller Öfen hat Widerstände zwischen 85 und 115 mm WS.

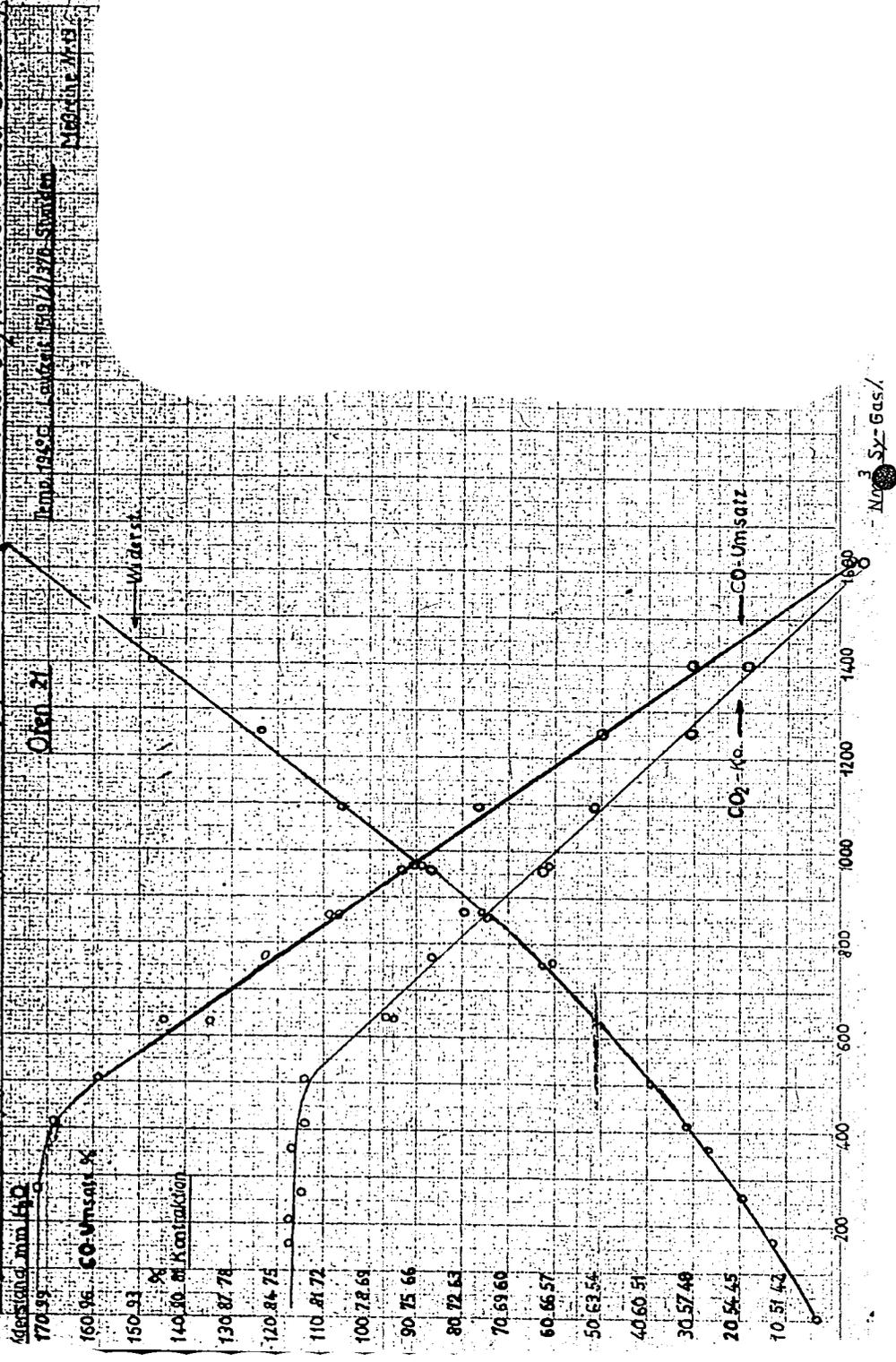
Zusammenfassung der Ergebnisse:

Als wesentliches Ergebnis dieser Messungen ergibt sich also folgendes:

- 1) Der Strömungswiderstand im Kontaktofen nimmt mit steigender Belastung zunächst etwas stärker als linear zu; von $Q = 600 - 800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ steigt er jedoch praktisch linear bis zu den höchsten bei diesen Versuchen gemessenen Werten von ca. $2600 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Das besagt, dass im Syntheseofen im wesentlichen keine im üblichen Sinne turbulente Strömung vorhanden ist.
- 2) Der CO-Umsatz ist bei kleineren Belastungen vollständig. Von einer bestimmten Belastung an nimmt er nach kurzem Übergang linear mit der Belastung ab. Setzt dieser Abfall bei höheren Belastungen ein, so ist die Abnahme des Umsatzes mit der Belastung geringer. Je jünger der Ofen ist, je weniger weit die letzte Regeneration zurückliegt und je höher die Ofentemperatur ist, umso später setzt der Abfall ein und umso geringer ist die Abnahme. Bei einem Ofen, der unter mittleren Betriebsbedingungen arbeitet (60 % CO₂-Kontraktion bei $1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Belastung), beginnt der Abfall bei ca. $300 \text{ Nm}^3/\text{h}$ und beträgt 3,5 - 4,0 % bei einer Belastungsänderung um $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Eine Temperatursteigerung um 10°C bewirkt eine Zunahme des CO-Umsatzes um etwa 2 %. Bei einer Steigerung der Belastung über $1500 - 1700 \text{ Nm}^3/\text{h}$ hinaus nimmt der CO-Umsatz allmählich immer weniger ab, zumindest bis zu den höchsten noch gemessenen Belastungen von $2600 \text{ Nm}^3/\text{h}$.
- 3) Die CO₂-Kontraktion verhält sich ähnlich wie der Co-Umsatz. Der höchste Wert liegt infolge Gasbildung 3 - 7 % tiefer als der theoretische erreichbare Wert. Der Abfall setzt bei etwa denselben Belastungen ein wie beim CO-Umsatz, ist ebenso zunächst linear und wird von etwa $1600 \text{ Nm}^3/\text{h}$ an allmählich schwächer. Bei einem Ofen, der eine mittlere Leistung aufweist, ändert sich die Kontraktion um 2,5 - 3 % bei einer Belastungsänderung um $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Die Zunahme bei einer Temperaturerhöhung um 10°C beträgt ca. 1,5 %.
- 4) Zwischen CO-Umsatz und CO₂-Kontraktion besteht ein linearer Zusammenhang. Dieser Zusammenhang besteht auch noch in einem Belastungsgebiet, in dem beide Grössen nicht mehr linear von der Belastung abhängen. Die Messungen ergeben allerdings keine einfache Proportionalität von Kontraktion und Umsatz, sondern für den Wert Q des CO-Umsatzes würde die Kontraktion noch einen Wert 0 besitzen. Da aber beide Grössen gleichzeitig Null werden müssen, ergibt sich daraus, dass bei kleinen CO-Umsätzen, d. h. sehr hohen Belastungen keine Linearität mehr vorhanden sein kann.

Nach den Ergebnissen dieser Versuche ist es prinzipiell möglich, CO-Umsatz, CO₂-Kontraktion und Widerstand eines Ofens zumindest angenähert für eine beliebige Belastung vorauszubestimmen, wenn die Daten für einen Betriebszustand bekannt sind. Als nächster Schritt ist die Frage zu beantworten, wie sich die CH₄-Bildung mit Belastung und Umsatz ändert. Die Aufgabe ist in Angriff genommen, erfordert jedoch eine bisher noch nicht ohne weiteres erreichbare Genauigkeit der Gasanalysen.

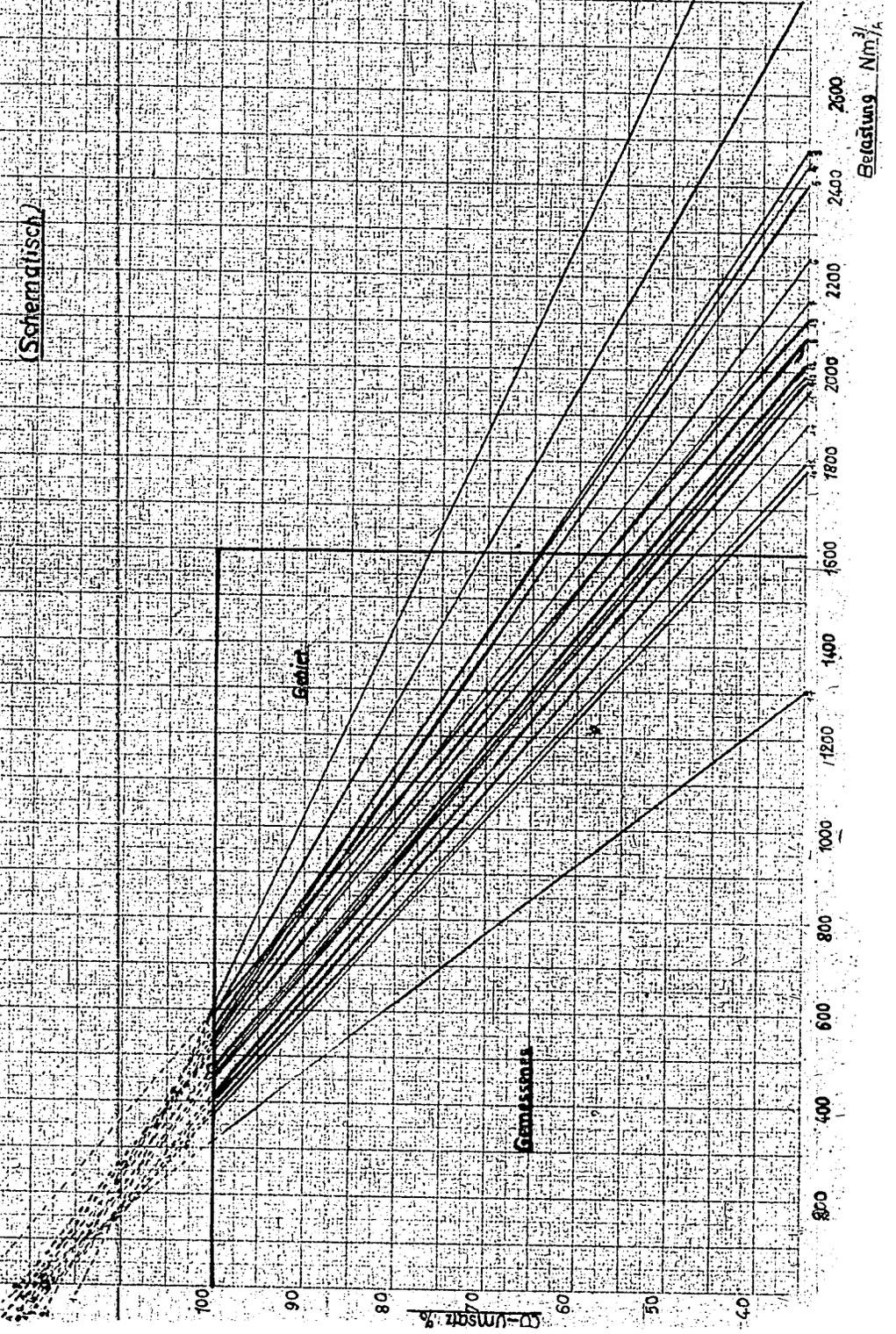
Figur I Abhängigkeit des Strömungswiderstandes, des CO₂-Umsatzes und der CO₂-Kontraktion von der Belastung



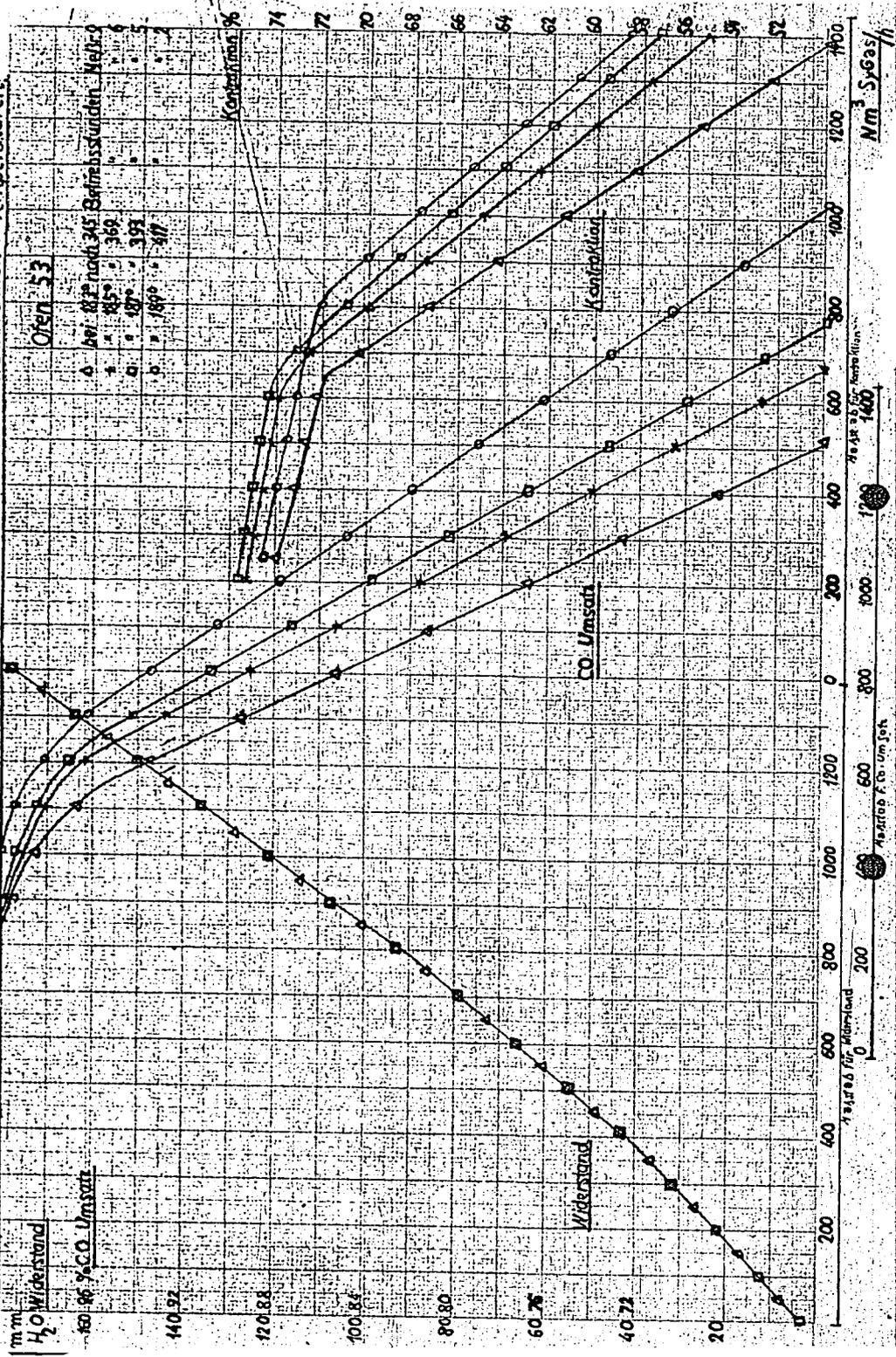
Figur II Abfall des CO₂-Umsatzes mit steigender Belastung Ergebnis der Messreihen 1-17

$\text{Nm}^3 \text{ Sy-Gas/h}$

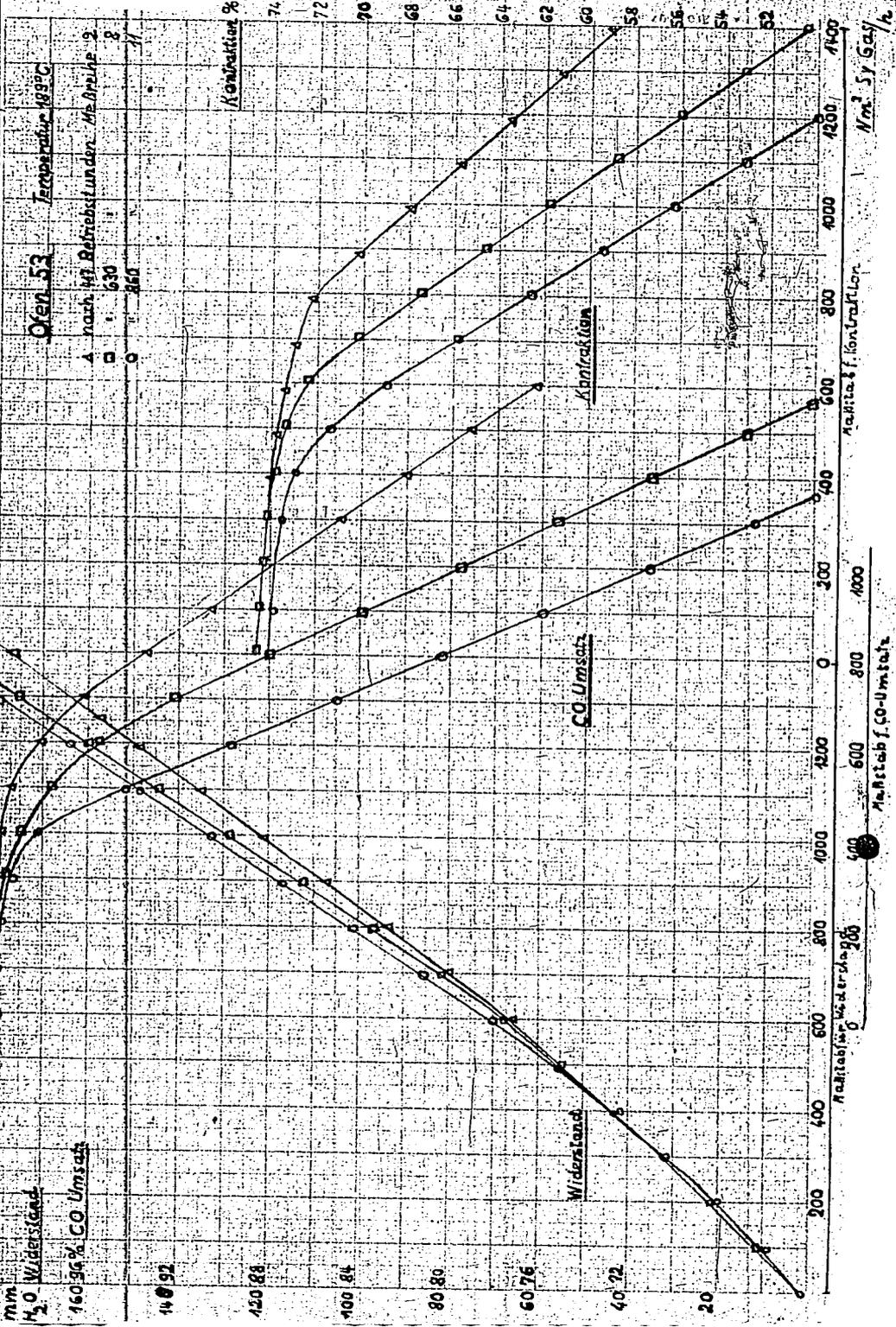
Figur II Abfall des CO-Umsatzes mit steigender Belastung. Ergebnis der Messreihen 1—17



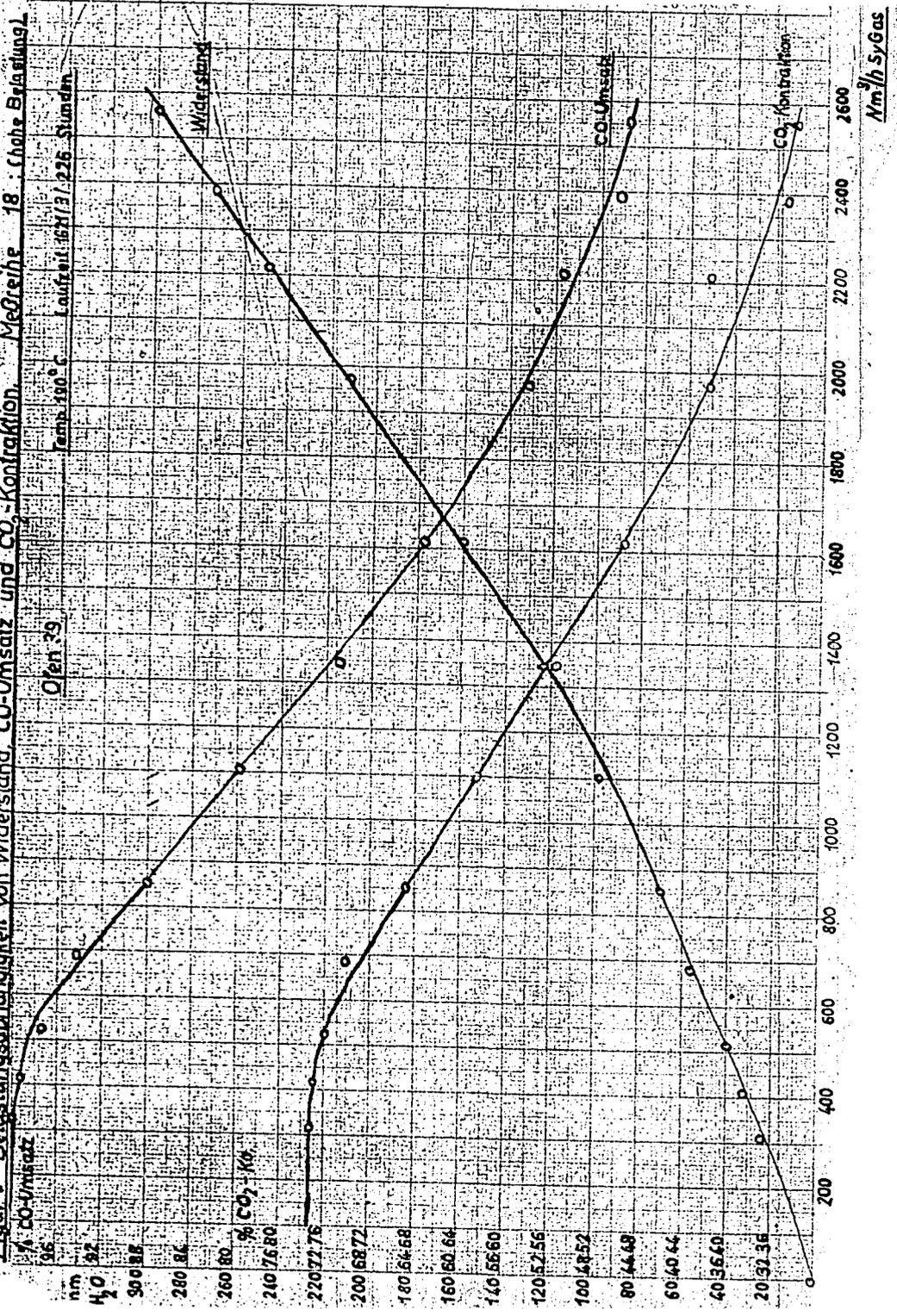
Figur III Belastungsabhängigkeit von Widerstand, CO-Umsatz und Kontraktion bei verschiedenen Temperaturen.



Figur IV Belastungsabhängigkeit von Widerstand, CO-Umsatz u. Kontraktion bei steigendem Ofenalter und konstanter Temperatur

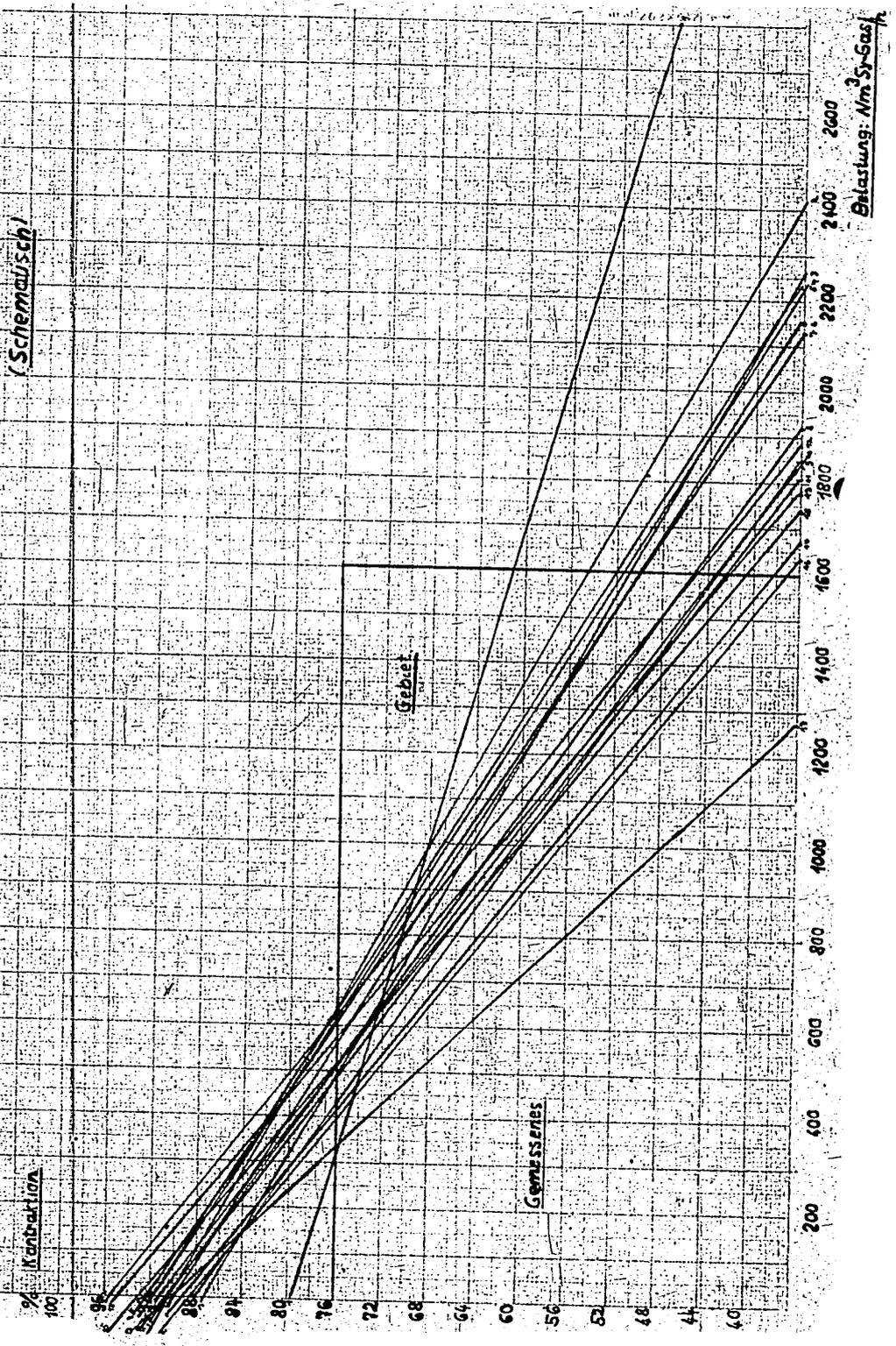


Figur V Belastungsabhängigkeit von Widerstand, CO-Umsatz und CO₂-Kontraktion. Messreihe 18. (siehe Belastung)

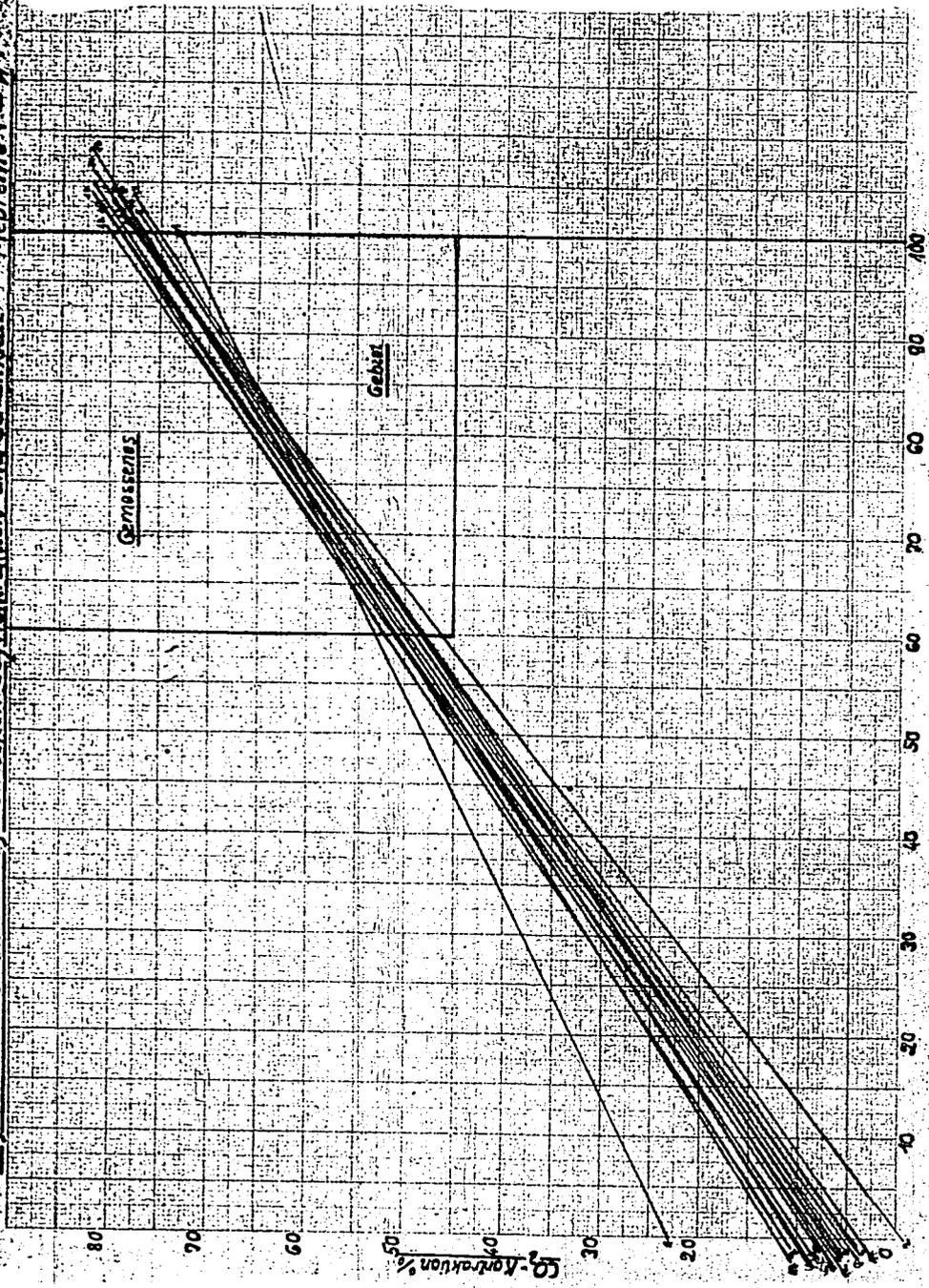


Figur VI Abfall der CO₂-Kontraktion mit

Figur VI Abfall der CO₂ Kontraktion mit steigender Belastung Ergebnis der Meßreihen 1-19 (Schemawäusch)



Figur VII Zusammenhang zwischen CO_2 -Kontraktion und CO_2 -Umsatz Mebrährer A



Figur VIII Widerstandsverteilung in Bau 15 bei $1000 \text{ Nm}^2/\text{h}$ Belastung

CO_2 -Umsatz %

Figur VIII Widerstandsverteilung in Bau 15 bei $1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Belastung

