

YIELDS FROM GAS ANALYSES.Ausbeutenachweis für eine Synthese-Anlage

Für die geplante Synthese, eine mit Eisenkontakten und Kreislauf arbeitende Anlage, ist von der Ruhrchemie der Nachweis zu erbringen, dass pro Nm³ Rutzgas (CO+H₂) insgesamt 140g kondensierbare Syntheseprodukte gebildet werden.

Auf Grund jahrelanger Erfahrung im praktischen Betrieb hat sich bei allen Synthesewerken herausgestellt, dass die beste und zuverlässigste Ausbeutebestimmung durch eine gasanalytische Überprüfung an Hand exakter Gasanalysen erfolgt. Diese bei uns in Übereinstimmung mit anderen Synthesewerken ausgebildeten Untersuchungsmethoden ergaben für die Beurteilung der Gesamtsyntheseanlagen bzw. der einzelnen Ofenstufen Werte, die mit der durch Tankmessungen gewonnenen Produktion werte auf mindestens ± 2% Übereinstimmen. Der entscheidende Vorteil dieser Prüfungsweise liegt im Fortfall jeglicher Gasmengennessung, so dass lediglich auf einem relativ einfachen analytischen Wege ein einwandfreies Bild von der Güte der Anlage erhalten wird und gleichzeitig exakte Daten für den Garantienachweis vorliegen.

1. Grundlage der Ausbeuteberechnung

Die Ausbeutebestimmung selbst erfolgt durch die CO-Bilanz, die durch eine ähnlich zu rechnende H₂-Bilanz kontrolliert werden kann. Es wird also die in Synthesegas vorliegende CO-Menge genau bestimmt und entsprechend im Endgas analytisch ermittelt, wieviel CO nicht umgesetzt wurde. Die gasanalytische Untersuchung (durch Stockanalyse oder Destillationsanalyse nach Hammerich) ergibt exakte Unterlagen über die im Synthesegas vor dem Ofen und im Endgas nach dem Ofen vorhandenen Kohlenoxydmengen. Ferner werden auf dieselbe Art CO₂, CH₄ und gas-

Durchschrift

förmige Kohlenwasserstoffe (C_2 , C_3 und C_4)-quantitativ bestimmt. Aus der Kohlenoxydumsetzung nach Abzug der neugebildeten Kohlensäure sowie des Methans, Ethans und Äthylens läßt sich mit größter Sicherheit die Neubildung von Kohlenwasserstoffen berechnen. Da weiterhin die C_3 - C_4 -Kohlenwasserstoffe quantitativ bestimmt sind, läßt sich ebenfalls die Bildung von flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen auf rechnerischem Wege ermitteln.

In völlig analoger Weise läßt sich die Bilanz aufstellen für Synthesegas und Restgas. In diesem Falle wird ermittelt, wieviel CO/H_2 in der Synthese umgesetzt wurde, gleichzeitig aber noch, wieviel der Syntheseprodukte infolge der nicht restlosen Herausnahme in Ölwanne und A-Kohle-Anlage in das Restgas gelangten.

2. Probenahme

Für die Durchführung der Untersuchungen ist eine gute Probenahme des Synthesegases und eine gleiche des Endgases erforderlich. Die Probenahme erfolgt während des Garantieverauches am besten alle 30 Minuten als Stichprobe. Sämtliche Stichproben werden zu einer Tages-Durchschnittprobe vereinigt, die dann zu analysieren ist. Die Exaktheit der Gasprobenahme für diese Analyse wurde gerade in der letzten Zeit bei uns vervollkommenet.

3. Analyse

In den Gasproben sind folgende Bestandteile zu bestimmen: CO_2 , O_2 , CO , H_2 , C_1 -Kohlenwasserstoffe; C_2 -Kohlenwasserstoffe und N_2 (Feinbestimmung), ausserdem die Summe der C_3 - C_4 -Kohlenwasserstoffe.

In Gang der Analyse wird zunächst in bekannter Weise eine Orsat-Vollanalyse durchgeführt (mit Bestimmung von CO_2 , C_nH_m , O_2 , CO , H_2 , CH_4 , N , C-Zahl, (s. I: Technische Gasanalyse) und anschliessend eine Stickstoff-Feinbestimmung (s. II: Stickstoff-Feinbestimmung) vorgenommen. Letztere ist erforderlich,
Durchschnitt

da sie für die Ermittlung der Gaskontraktion zugrundegelegt wird, und der Stickstoff als Rest der Gasanalyse nach Orsat meistens zu hoch ausfällt. Für die Feinbestimmung wird eine grössere Menge Gas untersucht aus der alle oxydierbaren Bestandteile durch Vorbrennung über Kupferoxyd und anschliessende Absorption des gebildeten CO_2 durch Kalilauge entfernt wurde. Es entfällt hierbei also jede Zwischenabsorption.

Für die Tieftemperaturanalyse (s. III: Modifizierte Hammerich-Methode) wird das Gas zwecks Herausnahme der CO_2 durch 30%ige Kalilauge geleitet und anschliessend das völlig CO_2 -freie Gas in flüssiger Luft kondensiert. Die nicht kondensierten Bestandteile des Gases werden in einem Gasometer aufgefangen und durch Orsatanalyse bestimmt (CO , H_2 , K_2). Aus dem kondensierten Anteil wird das CH_4 und Reste vom mittelsten CO und H_2 bestimmt. Schliesslich wird der verbleibende flüssige Teil durch Destillationsanalyse in C_2 -, C_3 - und C_4 -Kohlenwasserstoffe zerlegt und die abgetriebenen C_2 - C_4 -Kohlenwasserstoffe im Gasometer aufgefangen. Ihre Identifizierung erfolgt ebenfalls durch Orsat-Analyse.

Die Durchführung der Analysenmethode ist in unserem Laboratorium jederzeit von einem geeigneten Herrn zu erlernen, dem wir gern unsere gesamten praktischen Erfahrungen an Hand von Beispielen zur Verfügung stellen werden.

Der Preis für die Apparatur der Tieftemperatur-Destillation einschliesslich Probenahme beträgt etwa RM 1.300,-. Die Apparaturen für die Stickstoff-Feinbestimmung (Preis RM 80,-) und die Orsatanalyse (Preis RM 320,-) sind ja für die normale Betriebsüberwachung erforderlich und ohnehin im Laboratorium vorhanden.

Beispiel der Berechnung der Ausbeute nach CO-Bilanz aus dem für Aresso vorgesehenen Viag-Gas und einem auf Grund der Betriebsdaten der Versuchsanlage ermittelten Endgases 2. Stufe der Eisensynthese.

1. Synthesegas:

CO ₂	:	4,0 %
CO	:	40,0 %
H ₂	:	51,0 %
CH ₄	:	2,5 %
C ₂ -Kohlenwasserst.:		-
N ₂ -(Feinbestimmung):		2,5 %

2. Endgas der 2. Stufe:

CO ₂	:	42,0 %
CO	:	12,9 %
H ₂	:	16,0 %
CH ₄	:	19,8 %
C ₂ -Kohlenwasserst.:		1,2 %
N ₂ -(Feinbestimmung):		8,1 %

Aus den beiden Werten der N₂-Feinbestimmung errechnet sich die Kontraktion zu $100 - \frac{(2,5 \cdot 100)}{8,1} = 69,1 \%$

Bei einer Kontraktion von 69,1 % verbleibt ein Endgasvolumen von 309 l pro m³ Synthesegas. Aus dieser Zahl und der Endgasanalyse ergeben sich nachfolgende Mengen an CO₂, CO, H₂, CH₄, und C₂-Kohlenwasserstoffen im Endgas:

CO ₂	:	129,6 l
CO	:	39,8 l
H ₂	:	49,4 l
CH ₄	:	61,2 l
C ₂ -Kohlenwasserst.:		3,7 l

Durchschrift

Der Vergleich dieser Zahlen mit den im Nm³ Synthesegas vorliegenden Mengen ergibt, dass also nachstehende Volumina gebildet oder verbraucht wurden:

CO ₂	:	129,6	-	40	=	+	89,6	l
CO	:	39,8	-	400	=	-	360,2	l
H ₂	:	49,4	-	510	=	-	460,6	l
CH ₄	:	61,2	-	25	=	+	36,2	l
C ₂	:	3,7	-	0	=	+	3,7	l

CO-Bilanz

Verbrauch an CO zur Bildung von gasförmigen Produkten

Für CO ₂	:	89,6	l
" CH ₄	:	36,2	l
" C ₂	:	2x3,7=	7,4 l
insgesamt:		133,2	l

Für die Bildung von C₃- und höheren Kohlenwasserstoffen sind also noch vorhanden: 360,2 - 133,2 = 227 l CO

Bei einem mittleren Molekulargewicht der gebildeten Kohlenwasserstoffe von 14,16 (=CH₂) ergibt sich, dass 1 l CO =

$\frac{14,16}{22,4} = 0,632$ g Kohlenwasserstoffe bilden. Damit ist der Umrechnungsfaktor von Volumen CO in g Kohlenwasserstoff gegeben.

Da an C₃- und C₄-Kohlenwasserstoffen (Gasol) pro Nm³ Reingas 17 g gemessen wurden (= 15,5 g/Nm³ Synthesegas), sind nachfolgende Ausbeuten für

A) Synthesegas

B) Reingas

einwandfrei bestimmt:

A) Synthesegas:

$$0,632 \times 227 = \underline{143,5 \text{ g fl. Prod. + Gasol/Nm}^3}$$

davon 15,5 g Gasol

B) Reingas:

$$= \underline{157,6 \text{ g fl. Prod. + Gasol/Nm}^3}$$

davon 17 g Gasol

In analoger Weise lässt sich in einer modifizierten Form die H_2 -Bilanz aufstellen und dadurch die Werte der SO-Bilanz zusätzlich kontrollieren

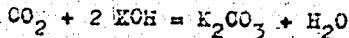
I. Technische Gasanalyse

Die Ausführung von Analysen technischer Gase geschieht in einem Orsatapparat (Modell Ruhrbenzin). Dieser besteht, wie aus der Skizze ersichtlich, aus 2 Messbüretten (100 ccm), 5 Absorptionspipetten nach Trautz, 1 Absorptionspipette zur Aufnahme von β -Naphthol, einem Verbrennungs-ofen mit einem 20 cm langen NH_3 -Stahlrohr und 2 Niveauflaschen, die auf einem Metallgestell montiert sind. Zur Konstanthaltung der Temperatur des zu analysierenden Gases sind die Messbüretten mit einem isolierenden Wassermantel umgeben. Der Verbrennungs-ofen ist so eingerichtet, dass nach erfolgtem Glühen durch einfaches Zurückklappen des Isoliersteins und des Kühlrohres in kurzer Zeit das Verbrennungs-röhrchen auf Raumtemperatur gebracht werden kann. Zur Erhitzung des Verbrennungs-röhrchens dient ein normaler Schnittbrenner. Die Kühlung an den Enden des Verbrennungs-röhrchens muss dauernd laufen, um ein Verbrennen der Gummiverbindungen zu vermeiden.

Füllung der Absorptionsgefäße und Herstellung der Absorptions-
flüssigkeit.

1. Kohlendioxyd CO₂:

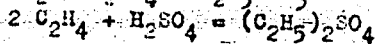
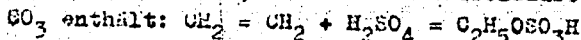
Absorptionsmittel - 30%ige Kalilauge:



1 ccm dieser Lösung absorbiert rund 40 ccm CO₂.

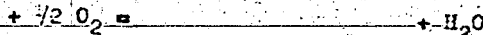
2. Schwere Kohlenwasserstoffe CnHm:

Absorptionsmittel, rauchende Schwefelsäure, die etwa 25 %



3. Sauerstoff O₂:

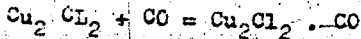
Absorptionsmittel - alkalische Pyrogallolösung, die durch
Mischen von 1 Teil 40 - 50 %iger Pyrogallolösung mit 2 Teil-
len 30 %iger Kalilauge hergestellt wird:



1 ccm dieser Lösung absorbiert etwa 12 ccm O₂.

4. und 5. Kohlenoxyd CO:

Absorptionsmittel ammoniakalische Kupferchloridlösung



Zur Herstellung dieser Lösung werden 200 g Cu₂Cl₂ mit 250 g
NH₄Cl und 750 ccm Wasser in verschlossener Flasche geschüttelt.
Zu 3 Volumen dieser Lösung fügt man 1 Volumen konz. Ammoniak
(aufbewahren über metallischem Kupfer).

6ccm dieser Lösung absorbiert 16ccm CO. Da die Absorption
aber nicht vollständig und nur langsam verläuft, werden meist
2 Pipetten angewandt, und der Rest des CO in der 6. Pipette ent-
fernt.

6. Kohlenoxyd CO:

Absorptionsmittel B-Naphtol.

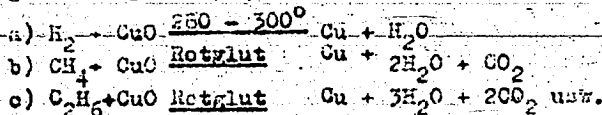
Herstellung der Lösung:

10 g Kupferoxyd werden mit soviel Wasser angemengt, dass ein
Durchschriff

Brei entsteht. Dann wird ein Teil der 250 cem konz. Schwefelsäure, die insgesamt angewandt werden, hierauf 20 g β -Naphтол und schliesslich der Rest der Schwefelsäure zugegeben. Falls die Lösung sich als zu dick erweisen sollte, kann mit konz. Schwefelsäure verdünnt werden. Diese Lösung besitzt nur eine beschränkte Lebensdauer, absorbiert aber sehr schnell selbst die geringsten Spuren CO .

7. Wasserstoff und gesättigte Kohlenwasserstoffe H_2 und $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

Wasserstoff und die Kohlenwasserstoffe werden durch Verbrennung über Kupferoxyd in Drahtform bestimmt:



Das

CuO befindet sich in einem Hochhitzebeständigen MCT_3 -rohr, dessen schädlicher Raum durch Glaskapillärstückchen ausgefüllt ist, das Röhrchen wird in dem Ofen, der zur Isolation mit Diatomitsteinen verkleidet ist, zur Verbrennung des H_2 auf $250 - 300^\circ$ erhitzt. Die Verbrennung darf nicht bei höherer Temperatur erfolgen, da sonst schon höhere Kohlenwasserstoffe angegriffen werden. Die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe erfolgt bei Rotglut.

Die Ausführung einer Analyse:

Nachdem die Apparatur mit Stickstoff ausgespült ist, wird der mit dem zu untersuchenden Gas gefüllte Gassammler an seinem weitem Hahn mit einem Wasser-Druckbehälter verbunden, der entweder mit temperiertem Wasser oder Sperrflüssigkeit gefüllt ist. Der Kapillarahahn des Gassammlers dagegen wird mit dem Orsatapparat durch ein möglichst kurzes Stückchen Schlauch verbunden. Nachdem durch Öffnen des unteren Hahnes der Gassammler unter dem Druck des Druckbehälters steht, wird durch entsprechendes Drehen des Karlsruher Hahnes die Messbürette

mit dem zu untersuchenden Gas ausgepült. Nach dem Einsaugen des Gases wird die Messburette durch kurzes Entlüften auf 100 ccm eingestellt.

Zunächst absorbiert man CO_2 durch 4-5 maligen Durchleiten in die KOH . Nach Ablesung und Notierung des Sperrflüssigkeitsstandes in der Messburette drückt man das Gas zur Absorption der ungesättigten Kohlenwasserstoffe in die rauchende Schwefelsäure. Ist nach mehrmaligen Durchleiten Volumenkonstanz erreicht, so müssen die mitgerissenen SO_2 -Dämpfe in der Kalilauge absorbiert werden und erst hiernach der Stand abgelesen und notiert werden. Die Absorption des Sauerstoffes erfolgt in der alkalischen Pyrogallolösung bis zur Volumenkonstanz. Zur Absorption des CO leitet man das Gas zunächst in die Kupferchloridlösung und nach je 4-5 maligen Durchleiten durch beide Pipetten zur Entfernung der letzten Restkohlenoxyd in die Naphtholösung. Hiernach erfolgt die Verbrennung des Wasserstoffes bei $280-300^\circ\text{C}$ über Kupferoxyd. Nach erreichter Volumenkonstanz kühlt man das Verbrennungsrohr ab und liest den endgültigen Stand ab. Zur Verbrennung der Kohlenwasserstoffe erhitzt man das Verbrennungsrohr auf Rotglut und leitet solange das Gas über bis keine Expansion mehr festzustellen ist. Das Abkühlen des Verbrennungsrohrens muss sehr vorichtig erfolgen, d.h. der Brenner wird ausgezückt, dann der VerbrennungsOfen einige Zeit mit aufgeklappten Deckel stehen gelassen - zweckmäßig unter Durchleiten des Gases - und erst dann mit Wasser gekühlt. Es würde sonst durch das plötzliche Abkühlen u.u. Sauerstoff von CuO gespalten ($\text{CuO}=\text{Cu}+\text{O}$). Nun wird der Stand der Sperrflüssigkeit abgelesen, das gebildete Kohlendioxyd absorbiert und dann nochmals eine Nachverbrennung bei Rotglut unter direkter Absorption des CO_2 durchgeführt. Das erkaltete Restvolumen ist Stickstoff. Aus erhaltenem CO_2 - und Kohlenwasserstoffvolumen lässt sich die C-Zahl ermitteln, und zwar ergibt:

Stand nach CO -Absorpt. minus N_2 -Restvolumen = cn^3 Kohlenwasserstoffe CnH_{2n+2}

Stand vor der CO_2 -Absorpt. minus N_2 -Restvolumen = cm^3 gebildetes CO_2
 und $\frac{\text{cm}^3 \text{CO}_2}{\text{cm}^3 \text{C}_n\text{H}_{2n+2}}$ = C-Zahl (Korrektur siehe Kurve 169)

Die C-Zahl gibt also an, welche mittlere Kohlenstoffzahl dem Kohlenwasserstoff-Gemisch zukommt. Sind nur 2 definierte Kohlenwasserstoffe vorhanden, so kann aus der C-Zahl der prozentuale Anteil errechnet werden.

Auswertungsbeispiel:

	Ablesung:	Prozentgehalt:
CO_2	25,1	25,1 %
C_nH_m	27,3	2,2 %
O_2	27,4	0,1 %
CO	47,8	20,4 %
H_2	82,9	35,1 %
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	91,0	8,1 %
C-Zahl (CO_2)	$77,5 \frac{13,5}{8,1} =$	1,67 %
N_2	100,0	9,0 %

- Nach dieser Methode werden Wassergas, Konvertgas, Synthesegas, Endgas, Restgas, Rauchgas usw. untersucht.

II. Die Stickstoff-Feinbestimmung.

Da der Stickstoffwert als Rest bei der Analyse von 100 ccm Gas bestimmt, meist zu hoch ausfällt, wird der genaue Stickstoffgehalt in einem besonderen Apparat ermittelt.

Apparatur (s. Skizze): Dieser Apparat besteht aus einer 300 cc Messbürette mit Verjüngung zur besseren Ablesung, einem normalen Verbrennungsofen mit Kupferoxydgefülltem NCT_3 -Verbrennungsröhrchen und einer 500er Absorptionpipette nach Traub, die mit 30iger KOH gefüllt ist. Diese Geräte sind an einem Metallgerüst montiert, das etwa halb so lang wie das eines normalen Orsatapparates ist. Die Niveauflasche der Messbürette fasst 500 ccm Sperrflüssigkeit.

Die Ausführung der Bestimmung:

Ist das Kupferoxyd im Verbrennungsröhrchen oxydiert und die Apparatur mit reinem Stickstoff ausgespült, so füllt man aus einem grossen Gassammler in bekannter Weise 300 ccm Gas in die Messbürette. Nach genauer Einstellung des Sperrflüssigkeitsniveaus bringt man den Verbrennungsofen auf Rotglut und verbrennt durch dauerndes Überleiten des Gases alle Bestandteile desselben, wobei die Kalilauge gleichzeitig das gebildete CO_2 absorbiert. Da der evt. vorhandene Sauerstoff ebenfalls gebunden wird ($\text{Cu} + \text{O} = \text{CuO}$), bleibt nach dem Erkalten nur die absolute Menge Stickstoff über. Das Verbrennungsröhrchen muss nach jeder Bestimmung gut oxydiert werden.

Beispiel:

angewandt: 300,0 ccm Gas
Rest: 8,1 ccm Stickstoff

$$300 = 8,1$$

dennach: $\frac{100 = 8,1 \cdot 100}{300}$ 2,7 % Stickstoffgehalt

Methode zur Untersuchung von Gasen der Fischer-Synthese mit Hilfe der Tieftemperaturiedeanalyse.

III. Modifizierte Hammerich-Methode.

Prinzip:

Die Kohlenwasserstoffe einer gemessenen Menge Gasol-, End- oder Restgas werden mittels flüssiger Luft in einem Destillationskühlbchen kondensiert und danach in einer Kolonne mit Dephlegmator destilliert.

Apparatur:

Die Anordnung ist aus der Skizze ersichtlich.

Die genaue Einhaltung der Siedegrenzen wird durch 2 Thermoelemente überwacht, welche die Temperaturen des Dephlegmators und die der Kühlflüssigkeit an der Kolonne messen.

Ausführung:

Vor Beginn der Kondensation wird die gesamte Apparatur evakuiert und das Destillationskühlbchen, die Kolonne und der Dephlegmator mit flüssiger Luft auf -160° bis -180°C gekühlt. Vor das Destillationskühlbchen wird zum Auffangen von Benzin eine auf -80°C gekühlte Falle geschaltet. Dann wird das zu analysierende Gas von CO_2 und Wasser befreit und durch die Apparatur geleitet. Dabei kondensieren C_2 und alle höheren Kohlenwasserstoffe. Während die Hauptmenge der Inerten die Apparatur durchströmt und in einer vorgeschalteten Gasometerflasche aufgefangen wird, wird ein Teil der Inerten in den abgeschiedenen Gasolbestandteilen gelöst. Nachdem auf diese Weise die für eine Destillation erforderliche Gasmenge im Kühlbchen aufgefangen ist wird die weitere Zuleitung von Gas abgestellt, die 1. Gasometerflasche ausgewechselt und durch Erhitzen der Apparatur auf -140° bis -150° mit der Destillation von C_1 begonnen. Durch weiteres Erhitzen auf die Siedepunkte der folgenden Kohlenwasserstoffe und jedesmaligen Wechsel der Vorlageflaschen werden so die einzelnen Kohlenwasserstoffe für sich aufgefangen.

und durch Orsatanalysen oder genaue Wägung identifiziert. Bei + 5°C ist die Destillation beendet. Das Destillationskühlbchen wird wieder abgekühlt und der verbliebene Rückstand gewogen. Aus den einzelnen Gasfraktionen werden nach Ermittlung des Volumens^{und} der Zusammensetzung die Gew.-% der einzelnen Kohlenwasserstoffe errechnet.

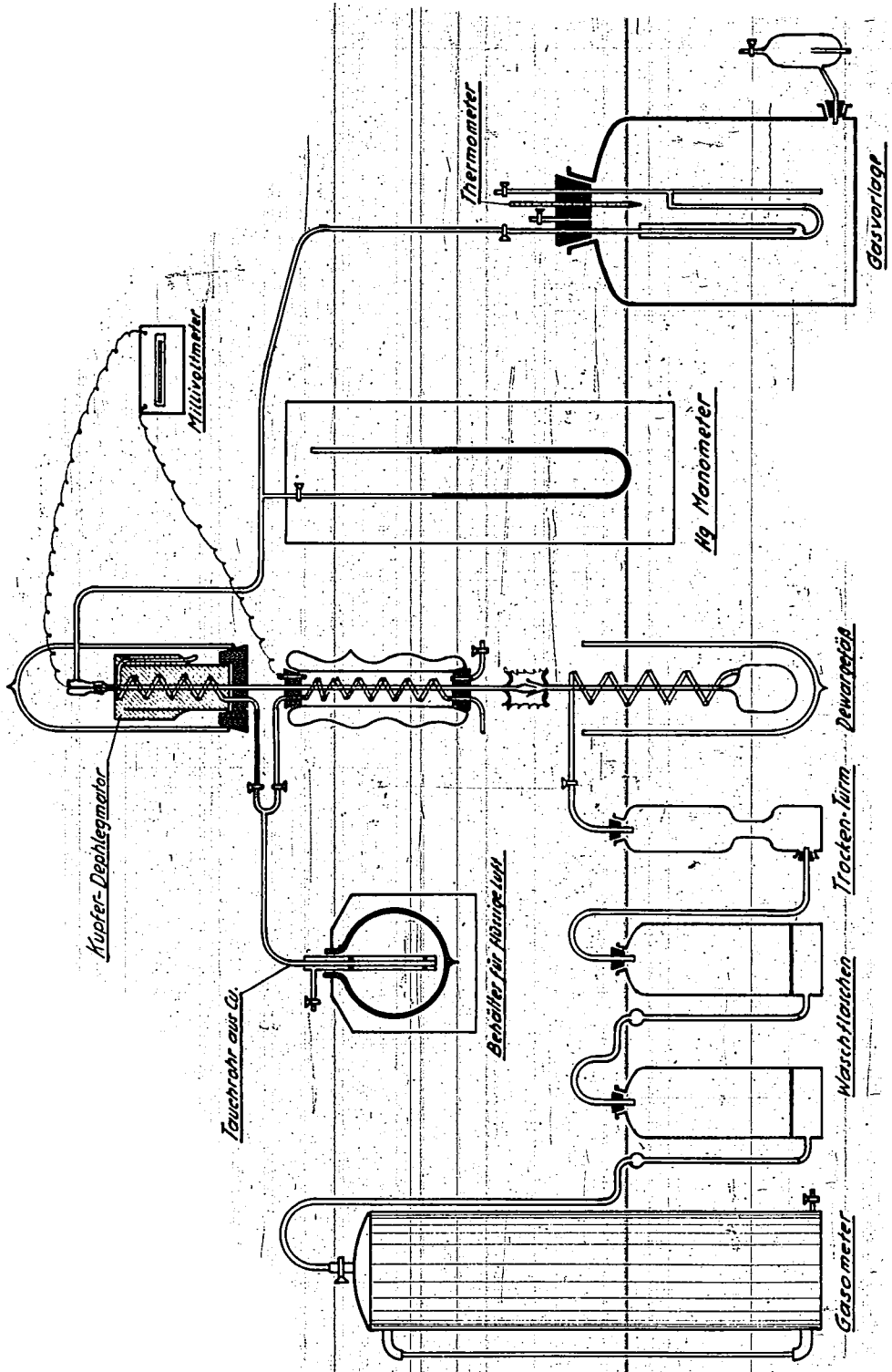
Bemerkung:

Das Auswechseln der vorgelegten Gasflaschen erfolgt während der Destillation bei der C₁-Fraktion etwa bei - 100°C

"	"	C ₂	"	"	"	- 60 - -50°C
"	"	C ₃	"	"	"	- 15°C
"	"	C ₄	"	"	"	+ 5°C

Die für eine Destillation erforderlichen Gas mengen betragen

bei der Untersuchung von Endgas	50 - 70 Liter
" " " " " Restgas	60 - 150 "
" " " " " Gaselgas	5 - 20 "



Zeichnung No. 34

Erforderliche Ausrüstungsgegenstände für Tieftemperatur-Destillation.

Die erste Zahl gibt die erforderliche Stückzahl für eine kompl. Apparatur an, die zweite Zahl die zu empfehlende Reserve.

Für Probenahme

<u>Stückzahl</u>	<u>Stückzahl</u>	<u>Gegenstand</u>
1		Gasometer aus 3 mm Eisenblech von 40 Ltr. Inhalt für Gasolprobenahme
1		dto. für Endgasprobenahme von 80 Ltr.
1		dto. für Restgasprobenahme " 120Ltr.
1		dto. für Restgasprobenahme " 180 Ltr.
2		Strömungsmesser (Hänge)
2	1	Gasuhren
10	20	Gasdüse von 250 ccm Inhalt
4	10	Gasdüse von 500 ccm Inhalt

Für die Destillation

		Heylandgefäße für Transport von flüssiger Luft von 10 Ltr. Inhalt
1		dto. " 5 " "
1	1	Spezial-Tauchrohr aus Kupfer zum Entnehmen der flüssigen Luft
2	2	Metall T.-Stücke 8 mm h. Rohrdurchs.
2	2	Frittenflaschen 500 cm ³
1	1	Trockenturm 200 mm h. 40 Ø
1	1	dto. 300 mm h. 50 Ø
2	4	Spezial-Destillationskölbchen für 25 cm ³ Flüssigkeit
2	4	Spezial-Destillationskölbchen für 50 cm ³ Flüssigkeit
2	4	Spezial-Destillationskölbchen für 100 cm ³ Flüssigkeit
1	5	Destillationskolonne zur Hammerich-Apparatur, i. Ø 5-6 mm, Länge mit Schliffaufsatz 80 cm

Stückzahl	Stückzahl	Gegenstand
1	1	Vakuummantel zur Hammerich-Apparatur, i. Ø 55 mm, Lg. 40 cm
1	3	Schliffaufsatz (Brücke)
1		Kupfer-Dehlegator
1		Kupferrohr für Kühlerschlange i. Ø 6 mm, Lg. 3 m
15	15	Karlsruher-Möhne
1 kg		Kapillarglasrohr 2 mm i. Ø
1	1	Niveauflasche 1 Ltr. Inhalt
1	1	Tubusflasche von 35 Ltr. Inhalt für Inerte
1	1	Tubusflasche von 10 Ltr. Inhalt für Methan
2	2	Tubusflaschen von 5 Ltr. Inhalt für andere Fraktionen
2	2	Tubusflaschen von 3 Ltr. Inhalt für andere Fraktionen
2	2	Tubusflaschen von 2 Ltr. Inhalt für andere Fraktionen
2	5	Thermoelemente Eisen-Konstantan
1		Millivoltmeter, Messbereich 0-17 Millivolt
1		Leybold Chemiker-Vakuumpumpe
1	1	Messzylinder 3.000 cm ³
1	2	dto. 1.000 cm ³
1	2	dto. 500 cm ³
1		Spezial-Stativ zur Hammerich-Apparatur
5		Klammern
5		Muffen
1		Saug-Druckball
1	2	Wasserspritzpumpen
1/2 kg		Quecksilber
		Gummistopfen
		Gasschlauch
		Vakuumschlauch
		Glasrohr

Durchschrift