

Bag 3041

260000560

Target No 30/4.02 26

Lena

(J. Furber)

GAS PURK.

*GAS PURIF.*

*3041 - 30/4.02 - 26*

Bericht Nr.: 833 / II

Datum: 13.7.1942

Betrieb: Wasserstoffreinigung

Überschrift: Vergleich der Anlage und Betriebskosten einer  
CO-Reinigung für 50 000 Nm<sup>3</sup>/h Hy-Reingas bei  
verschiedenen Betriebsbedingungen.

Verfasser: Funke

*Auftrag aus 22.6.*

*gemäß Anst.*

Exemplar 1

**Zurück an Referate-Büro  
Me 24**

3041-30/4.02-26

I n h a l t

1.	Einleitung	1
2.	Leistungsverhältnisse der miteinander verglichenen CO-Reinigungsanlagen	1
3.	<u>Vergleich</u>	
4.	<u>der Anlage- und Betriebskosten einer CO-Reinigung</u>	4
5.	<u>für 50.000 Nm<sup>3</sup>/h Hy-Reingas bei verschiedenen Be-</u>	9
6.	<u>triebsbedingungen.</u>	9
7.	Ergebnisse der Berechnungen	9
8.	Zusammenfassung	10

Inhalt

	<u>Seite</u>
I. Einleitung . . . . .	1
II. Betriebsweisen der miteinander verglichenen CO Reinigungen.	1
III. Anlage-, Energie- u. Betriebskostenaufstellung	4
IV. Ergebnis des Vergleichs . . . . .	9
V. Diskussion der errechneten Werte . . . . .	9
VI. Zusammenfassung . . . . .	10

Vergleich

der Anlage- und Betriebskosten einer CO-Reinigung für 50.000 m<sup>3</sup>/h Hz.  
Reingas bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

I. Einleitung.

Bei der in der letzten Zeit häufigen Planung neuer CO-Reinigungsanlagen ist mehrfach die Frage aufgeworfen worden, bei welchem Druck eine solche Anlage am wirtschaftlichsten zu betreiben ist.

Für die betrieblich möglichen Drücke der CO-Reinigung sind die Druckstufen der Gaskompressoren maßgebend. Bei der heute in neuen Werken nur noch bei 325 at (bzw. auch 700 at) durchgeführten Synthese und der dafür 6-stufig vorgenommenen Verdichtung des Gases bis auf 325 at, kommen voraussichtlich für den Betriebsdruck der CO-Reinigung der Enddruck der 3. Stufe (28 at, also unmittelbar im Anschluß an die Druckwasser-Reinigung) bzw. der 6. Stufe (325 at) in Frage.

Durch die verschiedene Größe des Betriebsdruckes der CO-Reinigung (28 bzw. 325 at) wird auch eine in beiden Fällen etwas voneinander abweichende Betriebsweise bedingt. Z. B. werden hierbei zwei verschiedene Kupfer-Lösungen als Waschflüssigkeit verwendet, die ausserdem auch bei erheblich voneinander abweichenden Temperaturen arbeiten (s. dazu unter II).

In der Untersuchung mußten also nicht nur die verschiedenen Betriebsdrücke, sondern auch die dadurch ~~bedingten~~ verschiedenen Fahrweisen berücksichtigt werden. Ausserdem wurden noch einige energiesparende Maßnahmen in den Kreis der Betrachtungen mit eingeschlossen, so daß endlich 5 verschiedene Fälle (s. I. 2.) einander gegenübergestellt wurden, von denen 2 bisher praktisch ausgeführt worden sind.

Die Kostenaufstellung für den Vergleich wurde auf Grund der vorliegenden Erfahrungen und in enger Anlehnung an durchgeführte Anlagen durchgeführt. Bei Gegenüberstellung aller z. B. an Frage kommenden Gesichtspunkte gibt sie einen Überblick über die Rücklaufkosten für verschiedene Betriebsweisen.

II. Betriebsweisen der miteinander verglichenen CO-Reinigungen:

Um vergleichbare Zahlen zu bekommen, mußten bestimmte für alle untersuchten Fälle gleiche Annahmen getroffen werden. Wesentlich sind folgende Betriebsbedingungen angenommen worden.

Es ist eine Gasmenge von 50.000 m<sup>3</sup>/h Reingas zugrunde gelegt worden. Diese wird 6-stufig auf einen Druck von 325 at komprimiert. Die CO-Reinigung erfolgt einmal bei 325 at, das andere Mal bei 28 at, d. h. unmittelbar nach der Druckwasserreinigung.

Analyse des Rohgases

CO	=	50%
CO <sub>2</sub>	=	1,5%

Analyse des Reingases

CO	=	0,1 - 0,2%
CO <sub>2</sub>	=	0,2%

## Betriebsbedingungen:

	I	II	III	IV	V
Betriebsdruck at	325	325	28	28	28
Waschflüssigkeit	ammoniakal. Kupferkarbonatlösung		ammoniakal. Kupferförmig-lösung		
Energierückgewinnung	Kolbenent-spg. Masch.	Kolbenent-spg. Masch.	keine	Entspg. Turbine	Kolbenent-spg. Masch.
Wärmeaustauscher zwischen ent-spannter u. rege-nerierter Lauge	nein	ja	ja	ja	ja
Kupferlauge-tiefkühlung	nein	nein	ja	ja	ja
Bemerkungen	Fahrweise sämtl. Hoch-dr. Hydr. Werke n. Aus-nahme v. Wel-heim	noch nicht ausgeführt	Fahrweise v. Welheim	noch nicht ausgeführt	noch nicht ausgeführt

Bei der Hochdruck-CO-Reinigung (Fall I) wird die Frischlauge mittels Preßpumpen und Entspannungsmaschinen auf den Wascher gedrückt. Die beladene Lauge (Arbeitslauge) gibt nach Verlassen des Waschers den größten Teil ihrer potentiellen Energie in der Entspannungsmaschine ab, in der diese zur Wiederaufdruckbringung der Frischlauge ausgenutzt wird. Die entspannte Arbeitslauge wird dann in der Niederdruckanlage durch Erwärmung und Vakuumbehandlung regeneriert, in Rohrkühlern mittels Wassers gekühlt und wieder auf den Wascher gepreßt.

Die in Welheim ausgeführte Anlage (Fall III) unterscheidet sich davon in wesentlichen Punkten außer dem niedrigeren Druck und einer anderen Waschflüssigkeit (s. dazu später) dadurch, dass die Energie der Drucklauge bei der Entspannung nicht nutzbar gemacht wird, dass aber die bei der Regeneration der Lauge aufgewendete Wärme zum Teil durch Wärmeaustauscher zurückgewonnen wird. Ausserdem wird die Lauge nach der Regeneration durch eine Ammoniak-Kühlanlage tiefgekühlt.

Zu der Wahl der für die Gegenüberstellung in den einzelnen Fällen eingeführten Betriebsbedingungen ist im einzelnen folgendes zu sagen.

Es lag nahe, neben den beiden in Welheim und den anderen Werken in Betrieb befindlichen Verfahren noch den Einfluss einiger zusätzlicher Einrichtungen zu betrachten, die voraussichtlich zu einer Verbilligung des Betriebes führen müssten. Es sind dies vor allen der Einbau von Wärmeaustauschern bei der Regeneration in der CO-Reinigung bei 325 at (Fall II) und die Einrichtung von Energierückgewinnungsanlagen in Form von Entspannungsturbinen (Fall IV) oder Kolbenentspannungsmaschinen (Fall V) in der 28 at-Anlage.

Der auch für die 325 at-Anlage mögliche Fall der Energierückgewinnung aus der Kupferlauge durch Entspannungsturbinen wurde in dem Kreis der Betrachtungen

... ist anzunehmen, da mehrere Untersuchungen bereits zeigen, dass ...

Die ... soll ... durch ...

... soll ...

... soll ...

Grundsätzliche Schemata dieser Anlagen zeigen Abb. 1 und 2 ...

Abb. 1 stellt die Anlage zu Fall II dar, das Schema der Anlage zu I folgt sofort daraus bei Wechsellagerung der ...

Für die Berechnung der Energiekosten insbesondere für die Regeneration der ...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

260000567

Auswahl-Formale- und Betriebsrichtlinien

Der Langbedarf wurde entsprechend den hinsichtlich der von verschiedenen Verfahren betrieblichen Anforderungen an die verschiedenen Legierungen bei:

325 t:  $4m^3 / 1000 Nm^3$  Rein-Gas = 200  $m^3/h$  (I. u. II.)  
25 t:  $6m^3 / 1000 Nm^3$  Rein-Gas = 300  $m^3/h$  (III, IV u. V)

Die durchgeführten CO-Reinigungsanlagen für das untersuchte Falle, wie sie nach dem heutigen Stand der Erfahrungen hinsichtlich etwaiger Anordnungen werden, sind in den Abb. 3 und 4 für Fall II und IV in reiner Darstellung dargestellt. Die Anzahl und Größenordnung der hauptsächlichsten Apparate und Maschinen geht aus der folgenden Aufstellung hervor, wobei eine reichliche Reserve in allen Maschinen und Apparaten vorgesehen ist, so dass die aufgrund geleistete Leistung ständig voll zufrieden erhalten werden kann. Die Dimensionierung der einzelnen Bauteile wurde im möglichst sparsamen Zusammenhang an ausgeführte Beispiele gewählt.

Aufstellung Seite 5



Aggregats- und Maschinen

	Anzahl	Je Aggregat	Agg. Dim.	Agg. Zahl	Agg. Dim.	IV Dim.	Anzahl	V Dim.
Kupferlösgewandher	2+1	3000 <sup>3</sup> /h 15000	204	204	2000 <sup>3</sup> x 15000	Je Aggregat	7+1	15000 <sup>3</sup> x 20000
Abstauber	2	7000 <sup>3</sup> /h 1500	2	2	7000 <sup>3</sup> x 1500	15000 <sup>3</sup> x 6000	2	12000 <sup>3</sup> x 6000
Zwischspannungsgewinde	2	1500 <sup>3</sup> /h 15 at	2	2	1500 <sup>3</sup> x 15 at	1000 <sup>3</sup> x 5 at	3	1000 <sup>3</sup> x 5 at
Regenerationsgefäß	2	3000 <sup>3</sup> /h	6	6	3000 <sup>3</sup>	4000 <sup>3</sup>	6	4000 <sup>3</sup>
Ausgangsfilter	2	250 <sup>3</sup>	2	2	250 <sup>3</sup>	250 <sup>3</sup>	2	250 <sup>3</sup>
Wärmetauscher	2	1100 <sup>3</sup>	2	2	1100 <sup>3</sup>	1600 <sup>3</sup>	2	1600 <sup>3</sup>
Mühler	4	4000 <sup>2</sup>	1	1	2500 <sup>3</sup>	---	---	---
Wellegerüst	1	300 <sup>3</sup>	1	1	300 <sup>3</sup>	200 <sup>3</sup>	2	200 <sup>3</sup>
Druckwindkessel f. Zubeh. Pp.	1	300 <sup>3</sup> 10 at	1	1	300 <sup>3</sup> 10 at	---	1	1000 <sup>3</sup> x 12000
Rückstromsicher. f. Kupfer	1	10000 <sup>3</sup> x 12000	1	1	10000 <sup>3</sup> x 12000	---	1	10000 <sup>3</sup> x 12000
Lu-L-Fließpumpe	2+1	200 <sup>3</sup> /h 10 at	2+1	2+1	200 <sup>3</sup> /h 10 at	---	2+1	---
Lu-L-Fließpumpe	2+1	1000 <sup>3</sup> /h 7 at	2+1	2+1	1000 <sup>3</sup> /h 7 at	---	2+1	---
Zuerligger f. Kupfer	2+1	6500 <sup>3</sup> 105 at	1+1	1+1	6500 <sup>3</sup> 105 at	---	2+1	---
Zwischspannungsgewinde	2	32000 <sup>3</sup> /h	2	2	32000 <sup>3</sup> /h	---	2	32000 <sup>3</sup> /h
Folienpumpe	2+1	---	2+1	2+1	---	---	2+1	---
Valvumpumpe	2+1	---	2+1	2+1	---	---	2+1	---
Mischwassererzeuger	---	---	---	---	---	---	---	---

89500002

260000569

Die Aufstellung enthält nur die wichtigsten und für die Vorstellung von der Dimensionierung der einzelnen Anlagenteile bedeutungsvollen Apparate. Es gehören alles andere wie z.B. Niederdruckabscheider, Gasbüchse, Vorwärmkammer, Muffenlager, Ansetzapparat, Filterpresse, Rührwerk, Öl, Abtreibebehälter, Verdampfer, kleine Kreiselpumpen, Motoren, etc. nicht mehr herein zu lassen.

Die Anzahl der zum Betrieb der Anlage notwendigen Betriebsarbeiter ist wie folgt angenommen worden:

	III	IV	V	
Maschinenbedienung	1		2	Ann
Maschinenwartung	1		1	"
Regenerationsanlage	1		1	"
Analysen	1		1	"
Reserve u. versch. Arbeiten	1		1	"
Meister	1		1	"

In der folgenden Aufstellung sind die Anlage-, Energie- und Betriebskosten einzeln aufgeführt und zum Vergleich der fünf untersuchten Betriebsweisen einander gegenüber gestellt.

Gesamtwertstellung des Bauwerks mit Grundflächen, Anlagen, Material, Personalbedarf.

	III.)	IV.)	V.)
1. Anlagekosten	2 070 000	1 900 000	2 250 000
2. Grundfläche	24 x 42	21 x 42	21 x 49
3. Eisenbedarf	1050	1290	1500
4. davon Eisen	260	350	390
5. Holzbedarf:			
6. Kupferlaugepressen	470		
7. Kupferlaugekreiselpumpe		570	60
8. Zubringerpumpen	65		55
9. Vakuumumpen	130	130	130
10. Hl. Kreiselpumpen	20	20	20
11. Hl. Kompressoren		1100	1100
12. Elektr. Energie Gesamt	685	1400	1365
13. Niederdruck-Dampf	6	5	5
14. Kühlwasser	250	220	220
15. Betriebsarbeiter	6	7	7
16. Reparaturarbeiter	0,75	0,5	0,5

260000570

Vergleich der Anlage- und Betriebskosten einer CO-Reinigung für 50 000 m<sup>3</sup>/h Reingases bei verschiedenen Drucken und Betriebsbedingungen unter Berücksichtigung der verschiedenen hohen Kompressionskosten (in RM).

	I.)	II.)	III.)	IV.)	V.)
15 Elektr. Energie	10,30	10,30	24,30	21,00	20,50
16 ND-Dampf	16,80	4,20	10,50	10,50	10,50
17 Kühlwasser	5,00	3,00	4,40	4,40	4,40
18	32,10	17,50	39,20	35,90	35,40
19 Betriebsarbeiter	6,70	6,70	10,15	10,15	10,15
20 Reparaturschlosser	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00
21	43,80	29,20	51,35	48,05	47,55
22 Amortisation der Anlage 10%	23,10	23,15	21,70	22,30	25,30
23	66,90	52,35	73,05	70,35	73,02
24 Gesamtkosten/1000 m <sup>3</sup> R.G.	1,34	1,05	1,46	1,41	1,46
25 Kompressionskosten/1000 m <sup>3</sup> R.G. 6-stufig auf 325 at (einschl. Amortisation usw.)	6,86	6,86	6,63	6,63	6,63
26 Gesamtkosten d. G. K. u. W. R. / 1000 m <sup>3</sup> R.G.	8,20	7,91	8,09	8,04	8,09
27 Minderkosten/1000 m <sup>3</sup> R.G. gegenüber I.)	-	-0,29	-0,11	0,16	0,11
28 Gesamtkosten d. W. R. / 1000 m <sup>3</sup> R.G. wenn die Ersparnis an Kompressionskosten gegenüber Fall I d. W. R. ausgeschrieben wird.	1,34	1,05	1,23	1,18	1,23

260000571

17. Vergleich des Verfahrens

Die Kostenunterschiede der Verfahren der CO-Reinigung sind 1000 m<sup>3</sup> Kohlenstoff (Seite 27) ergibt sich aus dem Vergleich der beiden Hochdruck-Verfahren (Seite 27) gegenüber dem niedrigen Druck (Seite 27).

Die Kostenunterschiede der Verfahren der CO-Reinigung ergeben sich aus dem Vergleich der Verfahren untereinander nicht, kein richtiges Bild, denn die Kompressionskosten für das Spülgas sind bei den Hochdruck- und Niederdruckverfahren einlagige verschiedene Faktoren, von der Hochdruckanlage und die in der Anlage bestehende CO und CO<sub>2</sub> und der in der Anlage in Lösung gehende Gas, auch Wasserstoff H<sub>2</sub> von der 1. bis 6. Stufe mitteilungsweise. Bei der Niederdruckanlage nur von der 1. bis 7. Stufe. Die Kompressionskosten sind also im Falle der Niederdruckanlage geringer. Von der Investitionskosten sind die Hochdruckanlage und in Lösung gehende Gas etwa 1/2.

Diese Preisunterschiede an Kompressionskosten sind bei dem Vergleich der Niederdruck-CO-Reinigung gut zu sehen, da diese Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Schlussfolgerung aus dem Vergleich

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

Die Kostenunterschiede sind vor allem durch die Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt, da die Kostenunterschiede bei dem Kompressionsbetrieb ja nur durch die jeweilige Betriebsweise der CO-Reinigung bedingt wird.

unnötig hoch. Versuche haben gezeigt, dass mit Laugemengen von  $5,5 \text{ m}^3 / 1000 \text{ m}^3$  Reingas und weniger dauernd gefahren werden kann. Hierdurch könnten die Betriebskosten der Hochdruckanlage erheblich gesenkt werden.

Ob das gleiche auch für die Verhältnisse in der Niederdruckanlage gilt kann mangels entsprechender Unterlagen nicht gesagt werden.

Die Frage, ob durch eine andere Zusammensetzung der Waschflüssigkeit die Belastbarkeit mit CO noch erhöht werden kann, wird an anderer Stelle erörtert werden.

- 2.) Die Energiekosten sind mit 1,5 Rpf/kWh angesetzt worden. In manchen Werken wird dieser Preis unterschritten werden. Die Niederdruckanlage ist an sich der größte Energieverbraucher. Berücksichtigt man jedoch, dass für diese der Energieaufwand der Gaskompressoren geringer ist, so wird sich eine Senkung des Strompreises für die beiden Anlagen annähernd gleich in einer Verminderung der Gesamtkosten auswirken.
- 3.) Statt statt des mit  $\text{RM}2,10/\text{t}$  eingesetzten Niederdruckdampfes Abdampf oder Warmwasser zur Aufheizung der Lauge kostenlos zur Verfügung, so senken sich die Betriebskosten nach dem jeweiligen Dampfverbrauch derart, dass die Unterschiede in den Gesamtkosten der einzelnen Anlagen nahezu verschwinden, dann also Hoch- und Niederdruck-CO-Reinigung annähernd gleichwertig sind.
- 4.) Der Materialbedarf, der heute besonders bei Neuerrichtung eine erhebliche Rolle spielt, ist bei der Hochdruck-Anlage niedriger als bei der Niederdruckanlage. Die Beschaffung von Hochdruckraum infolge der beschränkten Kapazität der hierfür in Frage kommenden Walzwerke hat infolge der Ausweichmaßnahmen wie die Verwendung von Wickelmänteln bei den neuen Werken tatsächlich keine größeren Schwierigkeiten als die Materialbeschaffung allgemein verursacht.

#### VI. Zusammenfassung.

Unter Annahme bestimmter Voraussetzungen, die in enger Anlehnung an im Betrieb gemachte Erfahrungen gewählt wurden, wurde untersucht, bei welchem Betriebsdruck eine CO-Reinigung für Hydrierungs-Synthesegas an Wirtschaftlichkeit zu betreiben ist. Praktisch kommen als Betriebsdrücke der CO-Reinigung nur die Enddrücke der einzelnen Kompressionsstufen in Frage und zwar vorzugsweise nur die der 5. und 6. Stufe. Von den beiden in der Praxis ausgeführten Verfahren bei 28 at in Welheim und 325 at bei sämtlichen anderen Hydrierwerken ist die Welheimer Anlage gesamtkostenmäßig der Hochdruckanlage überlegen. Beide Anlagen können jedoch durch zusätzliche Einrichtungen z. B. erheblich in ihrer Wirtschaftlichkeit gesteigert werden.

Dazu gehören in erster Linie eine Energierückgewinnungsanlage in Form von Pelton-Turbinen bei der CO-Reinigung bei geringeren Druck und der Einbau von Wärmetauschern in den Kupferläufigeweg bei der Regeneration der Hochdruckanlage. Unter diesen Umständen wird die Hochdruckanlage der Welheimer-Anlage überlegen.

Die zukünftige Entwicklung wird demnach voraussichtlich die sein, dass bei Planung neuer Anlagen die Hochdruck-CO-Reinigung beibehalten, diese jedoch mit Wärmetauschern ausgestattet wird. Der nachträgliche Einbau von Wärmeregeneratoren empfiehlt sich auch bei allen ausgeführten Anlagen, soweit hierfür nicht kostenlose Abnahme zur Verfügung steht.

#### Verteilen:

Direktor, Streckbeck, Direktor v. Stöckert,  
 Dr. Eggel,  
 Dr. Lehmann,  
 Dr. Rapp.

Dr. v. Heyden.

3 x Referatsbüro.

1 x Oppau - Dr. Eggel/Ol. Mann,

Dr. Furke,

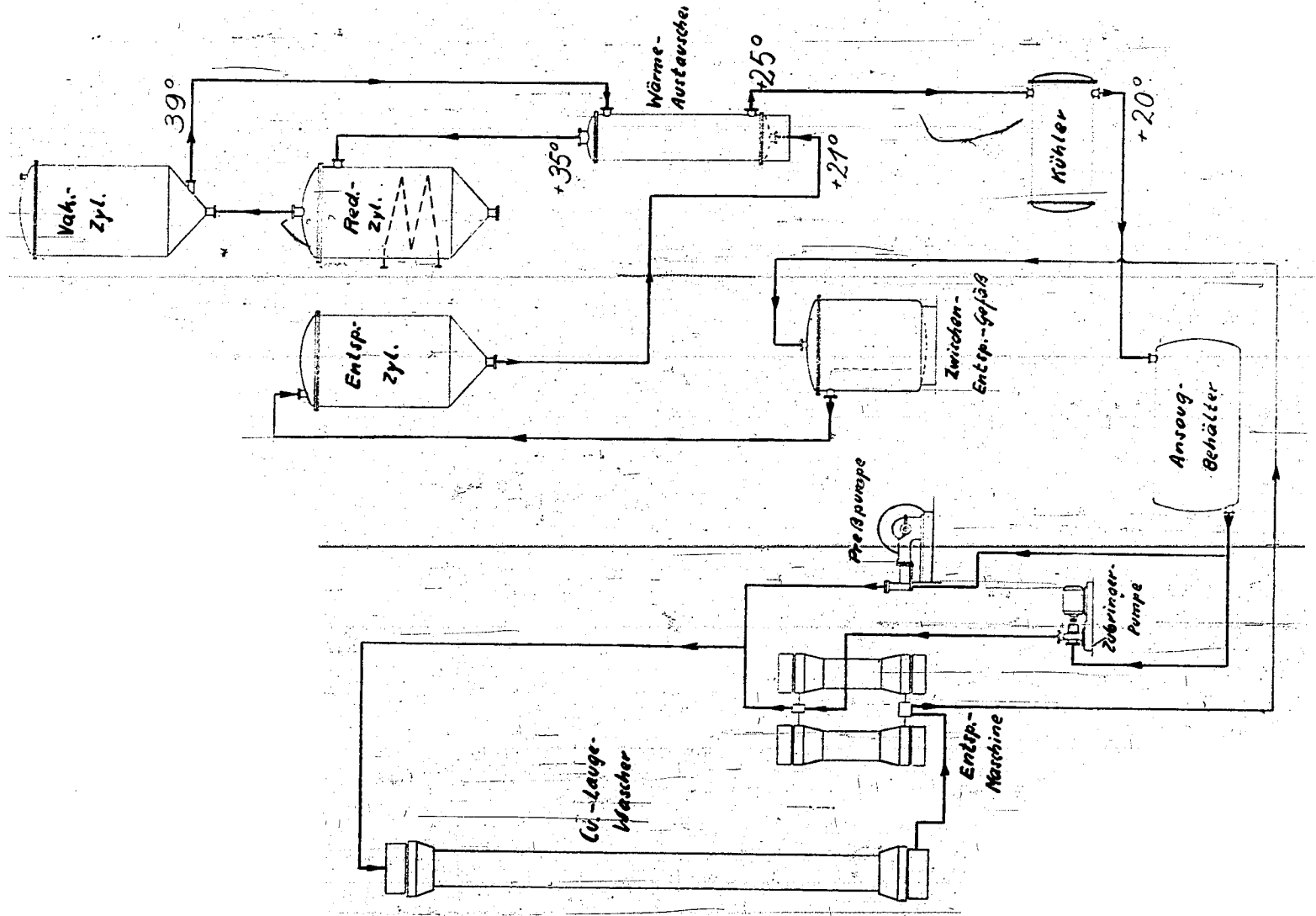
3 x Akten.

Schema des Laugeweges  
der CO-Reinigung  
bei 325 at

260000574

M		1	
Anschaffungsnummer 8 in A. H.			
Produktionsnummer			
Jahr			
Monat			
Tag			
Zeichner			
Gezeichnet			
Geprüft			
Freigegeben			
Abgeschlossen			

Abb. 1



*Schema des Laugeweges  
der CO-Reinigung  
bei 28 at.*

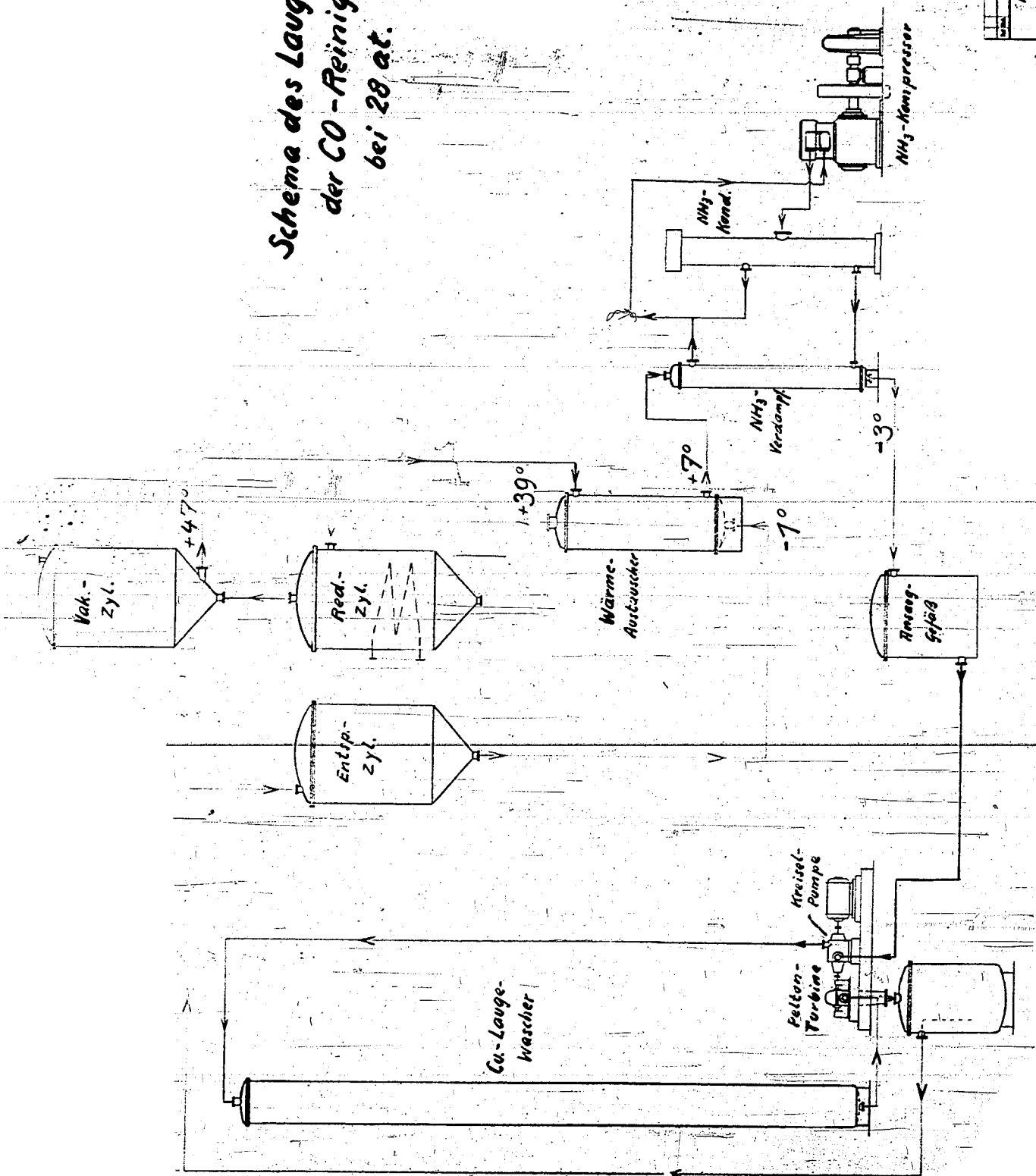
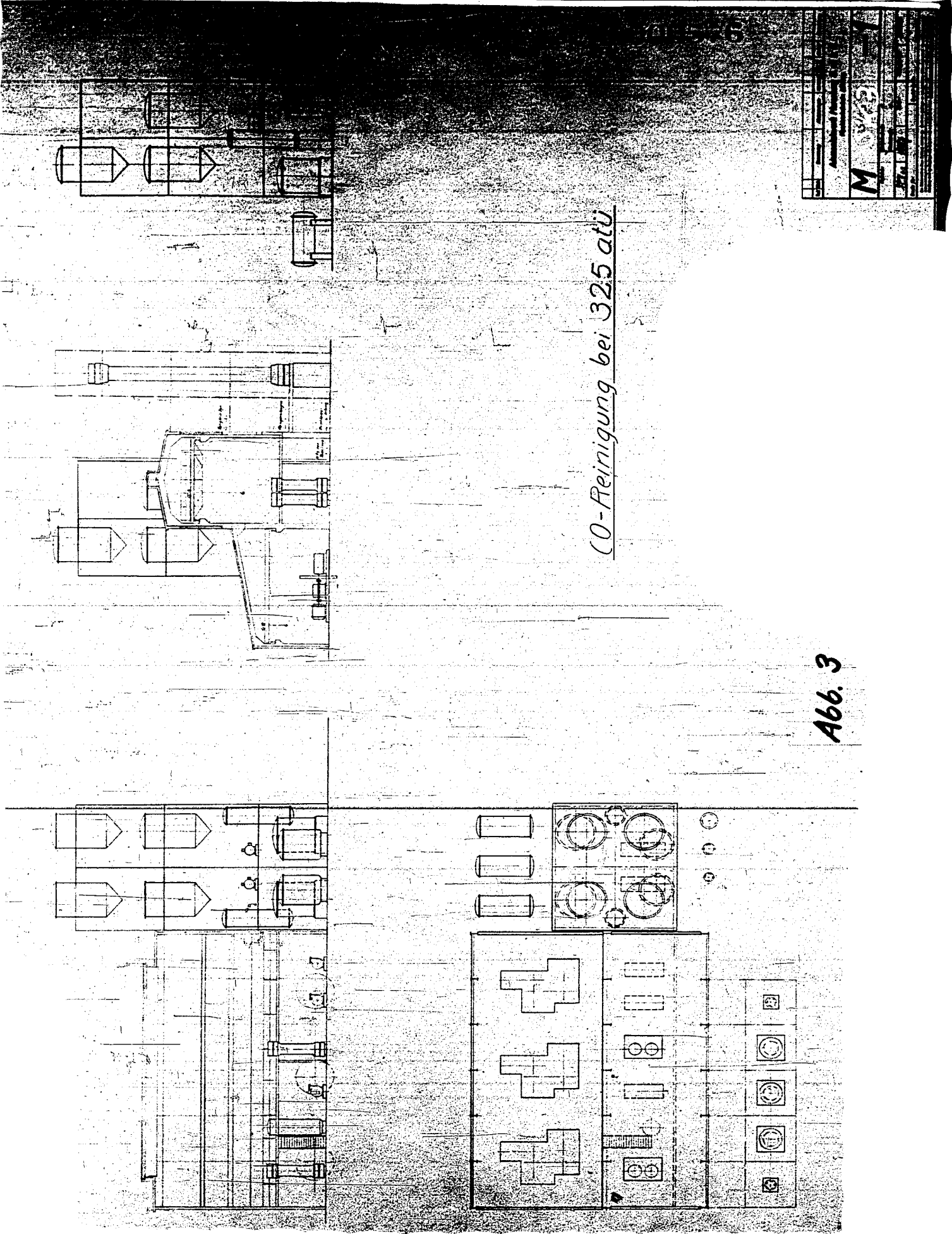


Abb. 2

260000575

M		-1	
Anschaffungs-Preisung & Co. G. m. b. H.			
München			
Lieferant			
Bestell-Nr.			
Anzahl			
Einzelpreis			
Gesamtpreis			
Datum			
Umsatz			
Zahlung			
Bemerkungen			





*CO-Reinigung bei 32.5 atü*

**Abb. 3**

