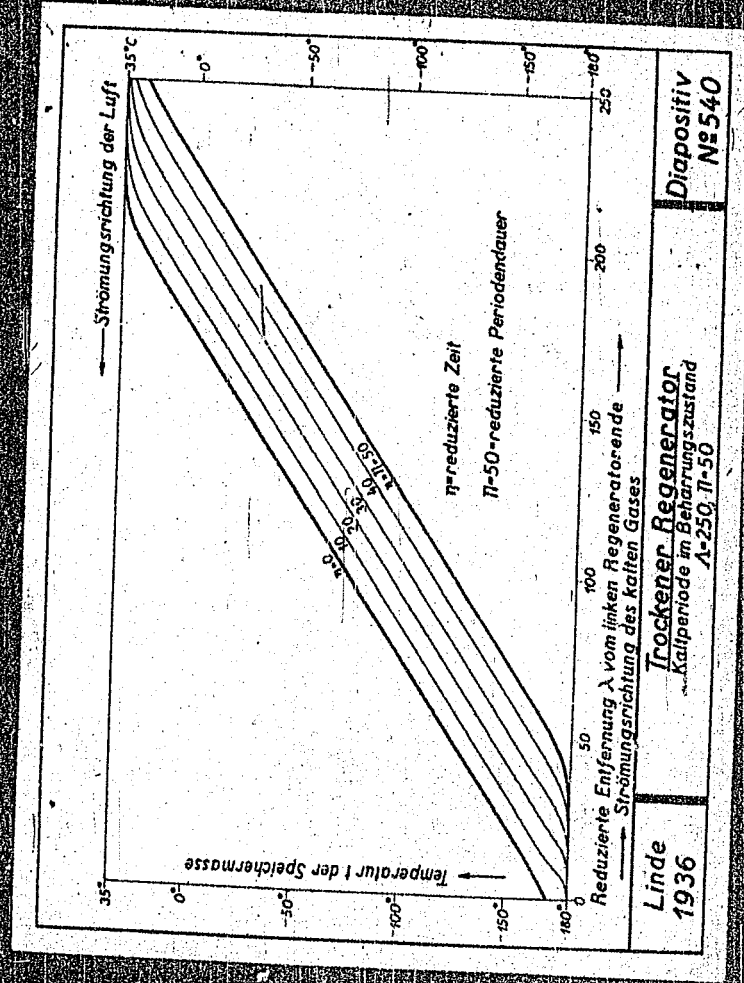


00095

(I)

COLLECTION OF DIAPOSITIVES



1936

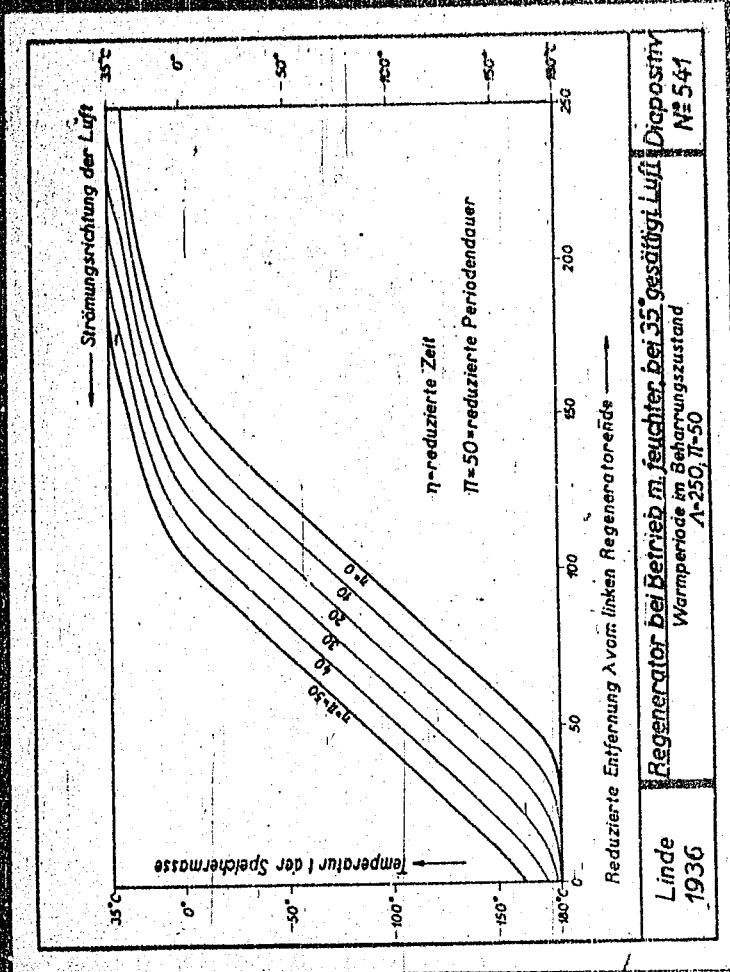
Diapo

540

1936

540

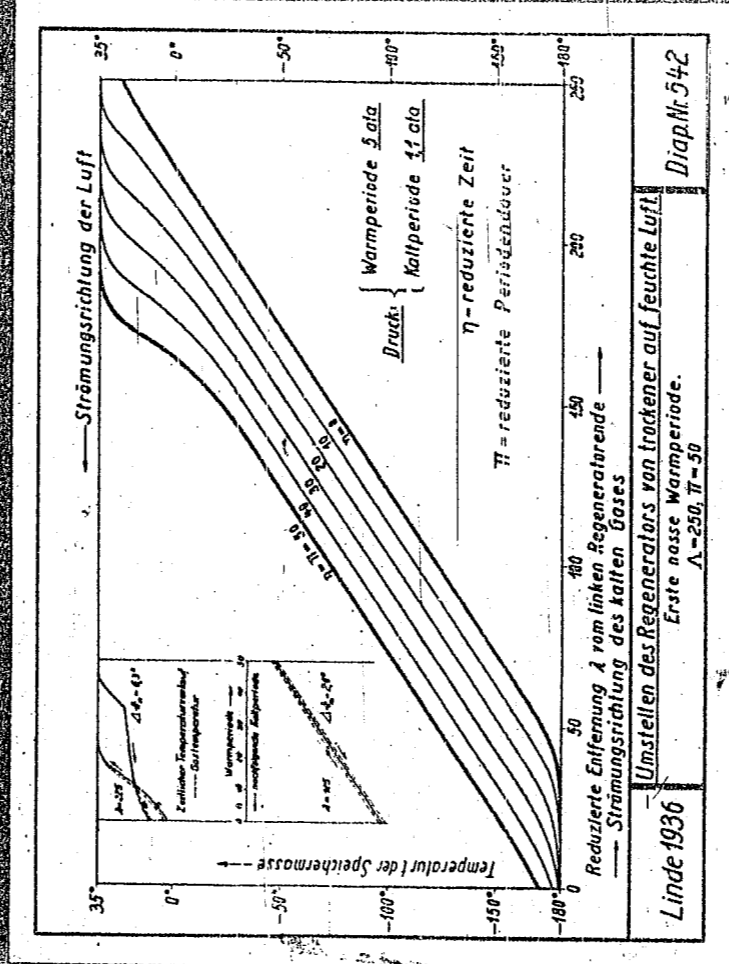
637-600



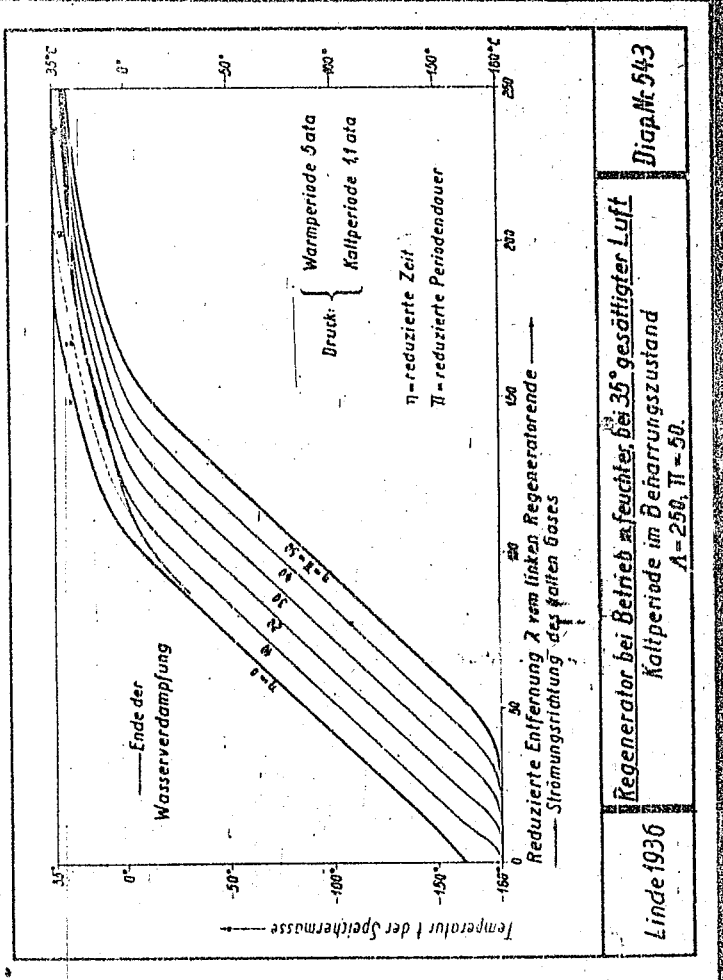
111
577

12

P



111110



Diap. Nr. 543

Regenerator bei Betrieb mit feuchter, bei 30° gesättigter Luft
Kaltperiode im Beharrungszustand
A = 250, II = 50

Linde 1936

Trockener Regenerator

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \lambda} = t - \varphi$$
$$\frac{\partial t}{\partial \eta} = \varphi - t$$

φ = Gas-temperatur
 t = Temperatur der Speicher-masse
 λ = reduzierte Längs-ordinate, gemessen in der Strömungs-richtung
 η = reduzierte Zeit

Wasser-Regenerator

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \lambda} = t - \varphi$$
$$\frac{\partial t}{\partial \eta} = \varphi - t + \xi - \xi'$$
$$\frac{\partial \xi}{\partial \lambda} = \xi' - \xi$$

ξ = reduzierter Wasserdampf-gehalt des Gases
 ξ' = Sättigungswert von ξ bei der Temperatur t

Für die Speicher-masse allein gilt:

$$\frac{\partial t}{\partial \eta} + f(\eta) \frac{\partial t}{\partial \lambda} + \frac{\partial t}{\partial \eta} = 0$$

$$f(\eta) = 1$$

$$f(\eta) = 1 + \frac{d\xi}{d\eta}$$

Linde 1936

Differentialgleichungen zur Berechnung des Temperaturverlaufs in Regeneratoren.

Diap. Nr. 544

Diap. Nr.

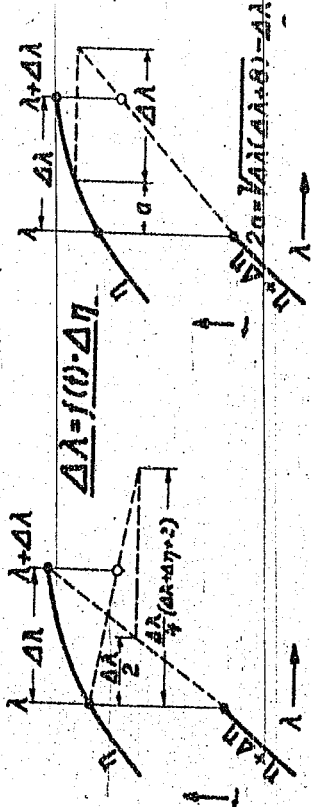
544

544

544

(I)

Differentialgleichung: $\frac{\partial^2 t}{\partial \lambda^2} + f(t) \frac{\partial t}{\partial \lambda} + \frac{\partial t}{\partial \eta} = 0$
trucken: $f(t) = 1$; $\text{naeb. } f(t) = 1 + \frac{dt}{d\lambda}$



Genaueres Verfahren

Einfacheres Verfahren

Linde
1936

Zeichnerische Ermittlung des
Temperaturverlaufs im Regenerator
t = Temperatur der Speichermasse

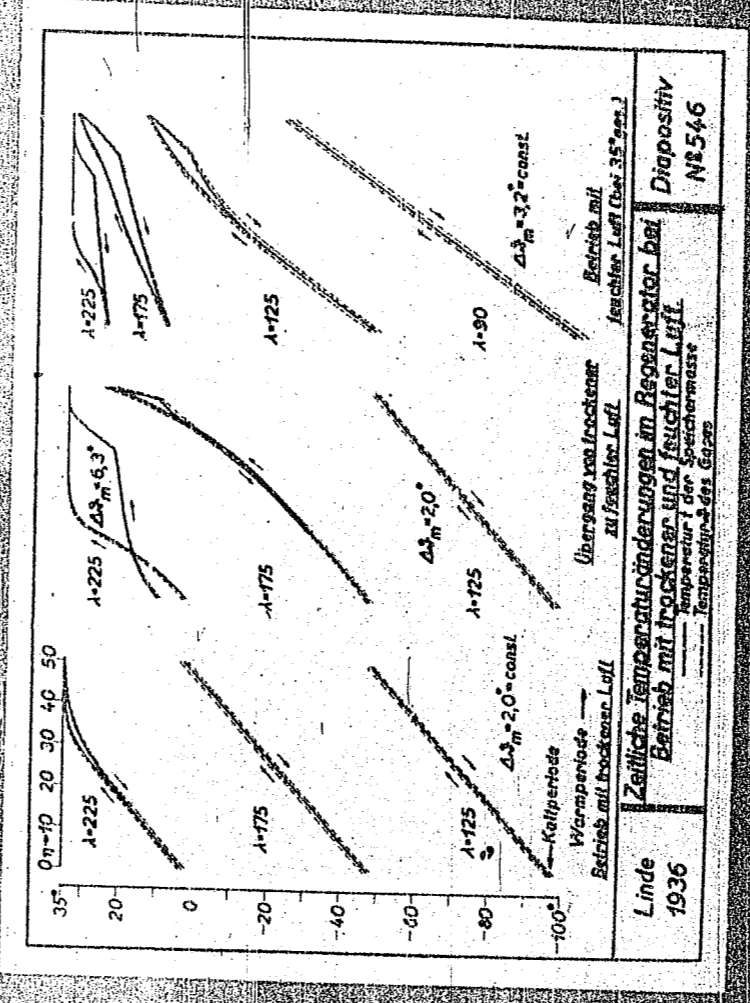
Diapositiv
№ 545

COLOI

Diapo

STVA

545



Diapo-

sitiv

Nr.

546

65-1030

	Mengen in Fkt. u. Dampf	Zusammensetzung:
Hausbrand	w a b usw.	$f = \frac{w}{a}$ Gewichtsverhältnis zweiter Bestandteile
Mollier- Schule	W L A	x Gewichtsverhältnis (z. B. $x = \frac{W}{L}$ im i, x-Diagramm für feuchte Luft)
Linde 1938	Bezeichnung der Einzelmengen und Mengenverhältnisse bei Gemischen	Diapositiv № 595

65-1030

DIYKOPILIAER

Flüssigkeitsmenge	Dampfmenge	z.B. benutzt von
g	G	Thormann Kirschbaum (früher)
O (L) (overflow, Rückfluß)	V (vapour)	McCabe u. Thiele
v	V	Hausen (früher)
F (Flüssigkeit)	D (Dampf)	Kirschbaum Bošnjaković Hausen
F (Flüssigkeit, fluide, fluid)	G (Gas, gaz, gas)	Für internationale Vereinbarung ge- eigneter Vorschlag

Linde
1938

Bezeichnung der Mengen von Flüssigkeit und
Dampf in der Destillier- und Rektifizier-technik

Diapositiv
№ 596

DI/BOYLLAND

20000

Benutzt von	System I		System II	
	Kirschbaum (Mohlenschüßel, ξ_1, ξ_2)	Thornann Kirschbaum (ursprünglich)	McCabe u. Thiele (Zweistoff-Gemische) Hausen	Hausen
Zweistoff-Gemische	Flüssigkeit x_f	Flüssigkeit x	Flüssigkeit x	Gleichgewichts- gehalt d. Dampfes z
Mehrstoff- Gemische	Dampf x_0	Dampf X	Dampf Y	
	Flüchtigkeit x_f	Flüchtigkeit x^x	Flüchtigkeit x_f	
	Flüchtigkeit x_1	Flüchtigkeit y	Flüchtigkeit y_1	
	Flüchtigkeit x_2	Flüchtigkeit z	Flüchtigkeit y_2	
	Flüchtigkeit x_0	Flüchtigkeit u	Flüchtigkeit y_0	

Linde
1938

Risher benutzte Bezeichnungen
für den Gehalt von Flüssigkeit und Dampf in der Destillier- und
Rektifizierstrecke

Diapositiv
Nº 597

	System Ia				System Ia			
	Wirklicher Gehalt		Gleichgew. - Gehalt		Wirklicher Gehalt		Gleichgew. - Gehalt	
	Flüssigkeit	Dampf	Fkt. Dampf	Fkt. Dampf	Fkt. Dampf	Fkt. Dampf	Fkt. Dampf	Fkt. Dampf
Zweistoff-Gemische	x	X	x [*]	X [*]	x	y	x [*]	y [*]
Mehrstoff-	x	X	x [*]	X [*]	x ₁	y ₁	x ₂ [*]	y ₂ [*]
Gemische	y	Y	y [*]	Y [*]	x ₂	y ₂	x ₃ [*]	y ₃ [*]
	z	Z	z [*]	Z [*]	x ₃	y ₃	x ₄ [*]	y ₄ [*]
	u	U	u [*]	U [*]				

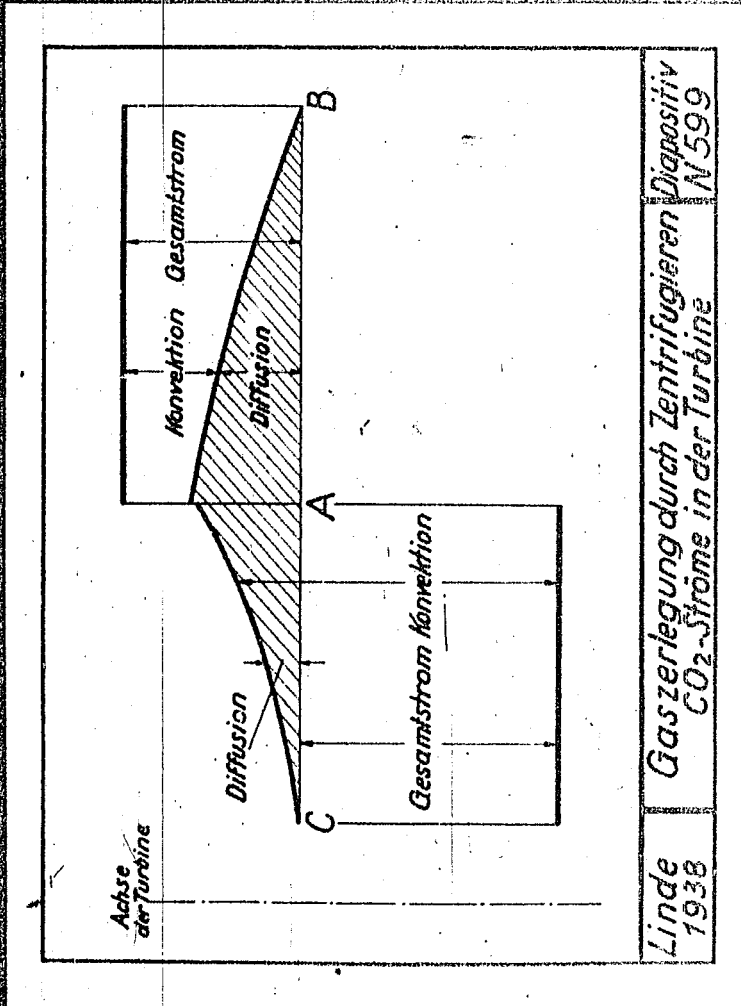
^{*)} Von Murphree im amerikanischen Schriftum seit 1925 eingeführt.

Linde 1938

Vorschläge zur Bezeichnung des Gehaltes von Flüssigkeit und Dampf in der Destillier- und Rektifizier-technik

Diapositiv No 598

598



00107
Diapo

SITIV

Nr.

599

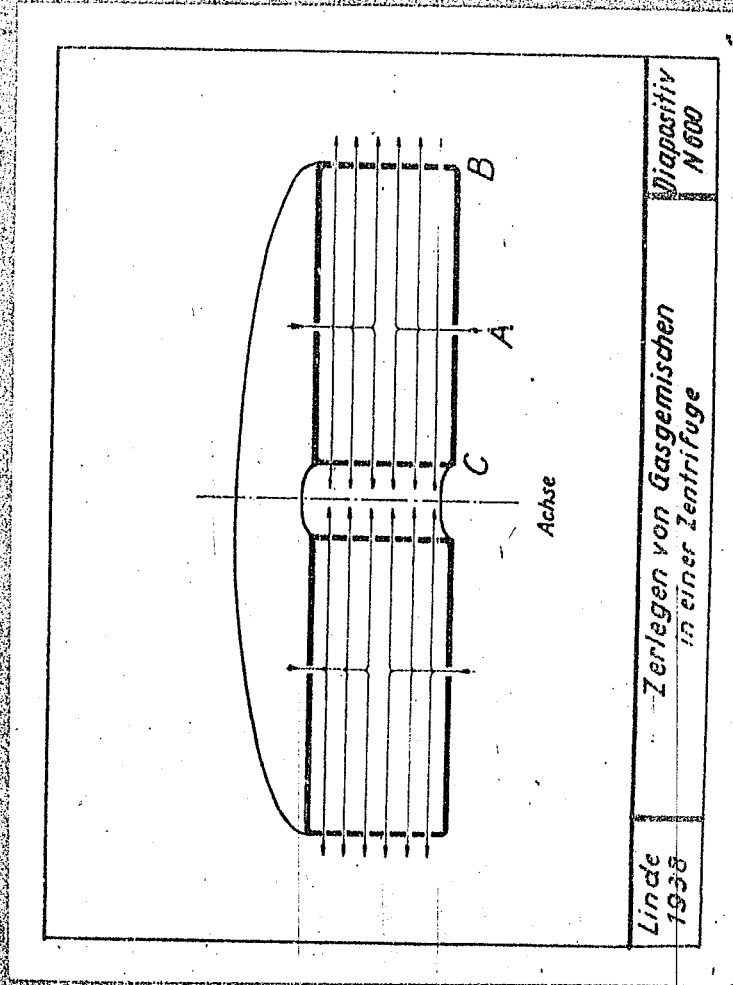
00108

Diapo-

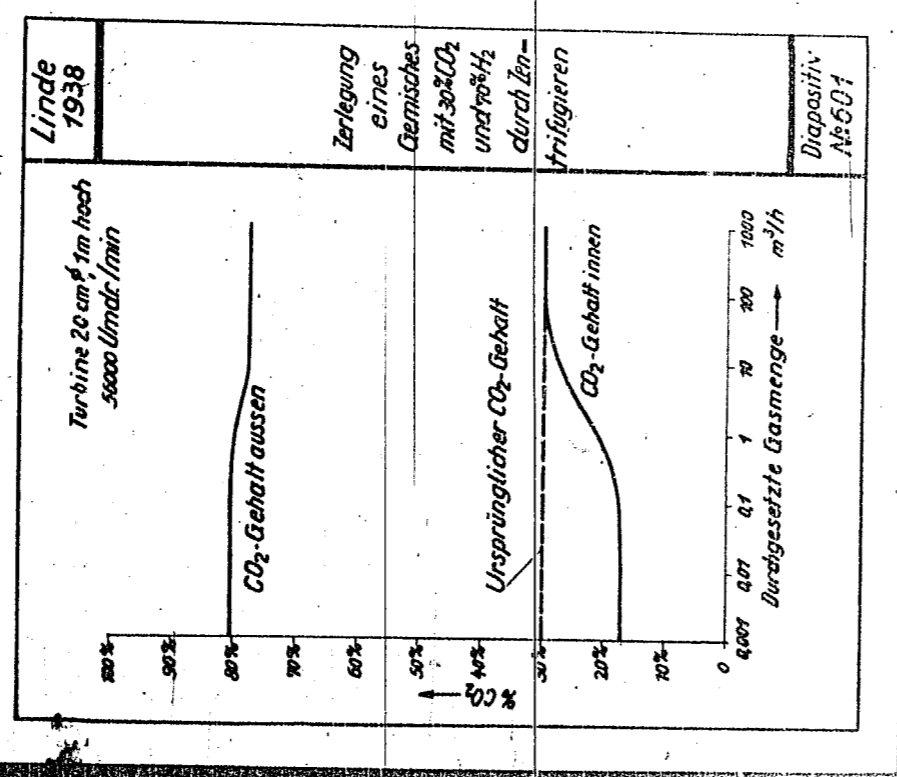
sitiv

Nr.

600



659 050



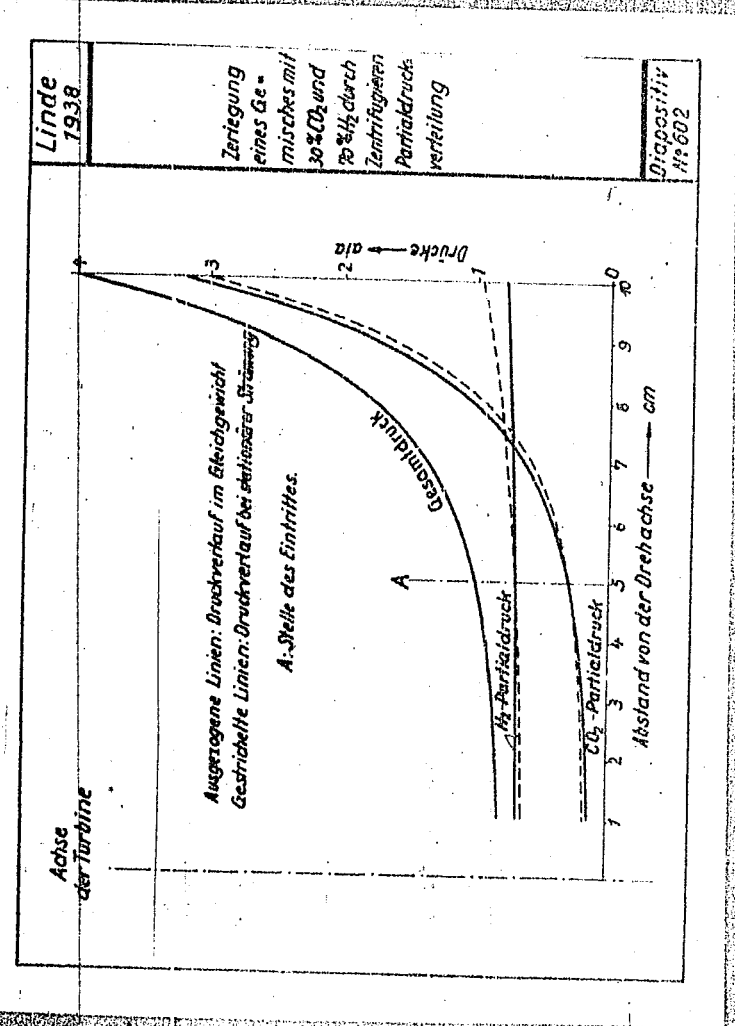
sitiv
Nr.
601

COFFEE

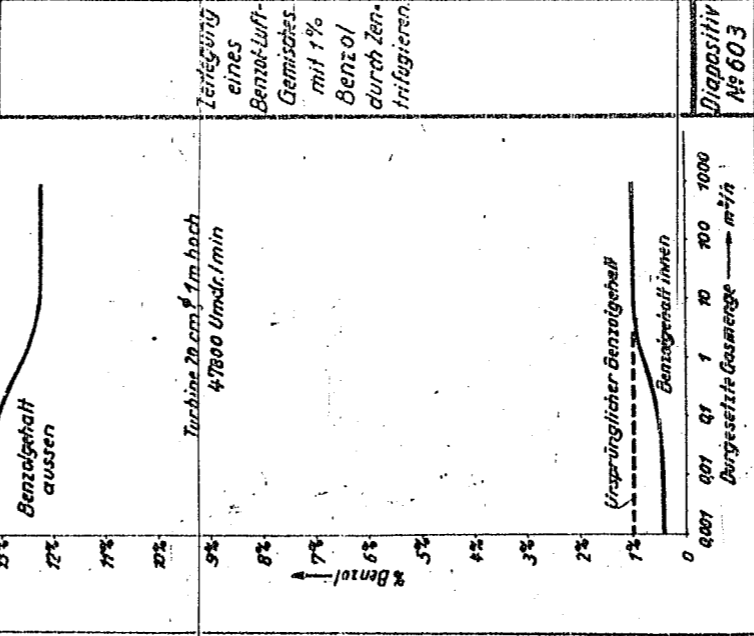
AFFETY

100002

Linde
1938
Diaposition
Hs 602



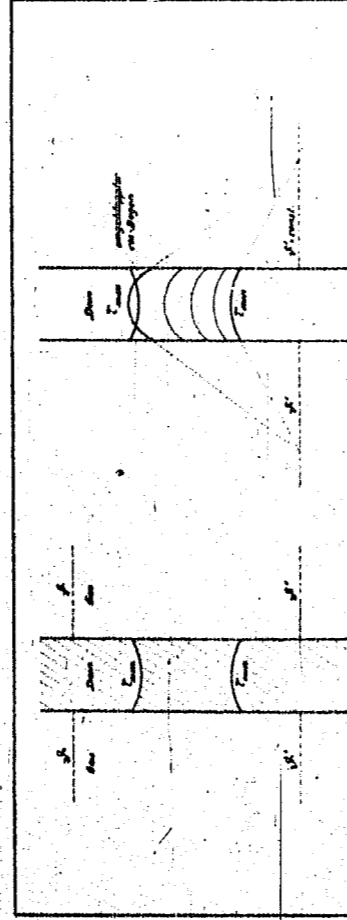
Linde
1938



Verdünnung
eines
Benzol-Luft-
Gemisches
mit 1%
Benzol
durch Zen-
trifugieren.

Diaphragm
№ 603

1938
DIPLOM
S. 11
M.F.
603



Schwebung der Strahlen parallel zwischen ϵ_{12} und ϵ_{21} - Einperiode nach Heiligenstadt

Wärmehaushaltszahl E nach Heiligenstadt:

$$E = X \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\epsilon_{12}} + \frac{1}{\epsilon_{21}} \right] \left[\frac{1}{\epsilon_{12}} + \frac{1}{\epsilon_{21}} \right] \left[\frac{1}{\epsilon_{12}} + \frac{1}{\epsilon_{21}} \right] \left[\frac{1}{\epsilon_{12}} + \frac{1}{\epsilon_{21}} \right]$$

mit den Abkürzungen: $p = \epsilon_{12} \cdot \epsilon_{21}$

$$r = \frac{2 \cdot \epsilon_{12} \cdot \epsilon_{21}}{\epsilon_{12} + \epsilon_{21}}$$

Summe der Abstände

ist $2 \cdot x$

$$p = \epsilon_{12} \cdot \epsilon_{21}$$

ist $2 \cdot x$

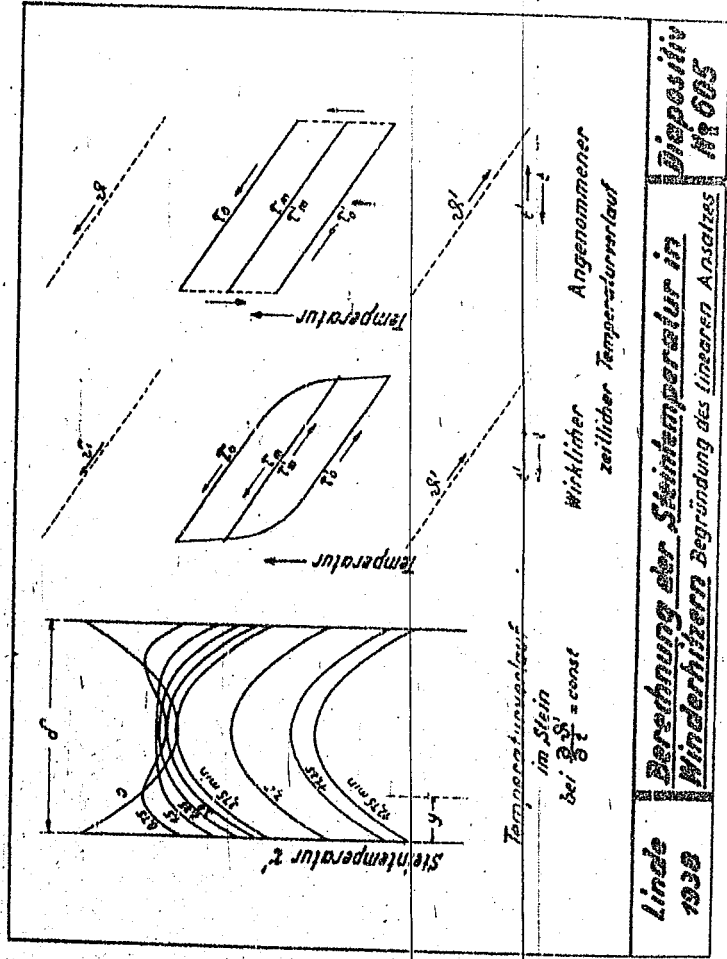
ist $2 \cdot x$

ist $2 \cdot x$

Berechnung von ϵ_{12} und ϵ_{21} nach Heiligenstadt

Bemerkung
N 1004

Linde
1938



Dispo-
 sition
 Nr.
 605

60000

60000

00114

Diapo

01114

111

006

<p><u>Gleichung von Rummel</u></p> $\frac{1}{T} = (T+T') \left[\alpha \frac{1}{T} + \alpha' \frac{1}{T'} + \eta \frac{1}{T T'} \right]$ <p>ξ = Steigung der Oberflächentemperatur mit Temperaturunterschied</p> <p>η = Steigungswinkel</p> <p>nach α auflösen (von T unabhängig):</p> $\frac{1}{T} = 1 + \frac{\xi}{T(T+T')}$ <p>(ξ und η auch von T und T' abhängig)</p>	<p><u>Zeitlich linearer Ansatz</u></p> $\frac{1}{T} = (T+T') \left[\alpha \frac{1}{T} + \alpha' \frac{1}{T'} + (\xi + \eta) \frac{1}{T T'} \right]$ $\xi = 1 + \frac{\xi}{T T'} \cdot \frac{T T'}{\xi}$ $\frac{1}{T} = 1 + \frac{\xi}{T T'} \cdot \frac{T T'}{\xi}$ <p>für $T = T'$:</p> $\frac{1}{T} = 1 + \frac{\xi}{2 T^2}$
<p>Linde 1938</p>	<p><u>Berechnung von Winderhitzen</u> Vergleich der Berechnungsverfahren</p> <p>Diapositiv Nr 606</p>

EASTMAN

650 6070

Wärmedurchgangszahl
in Rechenwert
 $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha'} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha''}$
in 1 Regenerativ nach Rummler
 $\frac{1}{\alpha} = (T_1 - T_2) \left[\frac{1}{\alpha'} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha''} \right] \frac{1}{\log \frac{T_1}{T_2}}$

T_1, T_2 = Dauer von Gas- u. Wasserperiode
 α, α' = Wärmeübergangszahlen
 c = spez. Wärme
 ρ = spez. Gewicht des Steines
 d = Steinstärke

Berechnung von Winterhitzen
nach Rummler

$\left. \begin{array}{l} \text{Temp. Schwankung} \\ \text{mittl. Temp. Unterdruck} \end{array} \right\} = \frac{c_{\text{max}} - c_{\text{min}}}{2}$
 $\left. \begin{array}{l} c_{\text{max}} = 15 \text{ Grad} \\ c_{\text{min}} = 10 \text{ Grad} \end{array} \right\} = 2,5 \text{ im Mittel}$

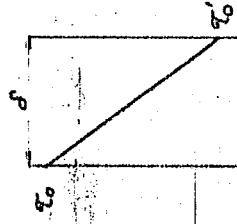
Linde 1938		Diepositiv Nr 607
---------------	--	----------------------

607

Rekuperator

Wand als oben betrachtet:

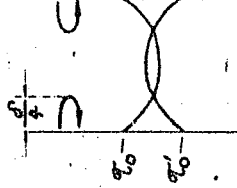
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha}$$



Regenerator

2 Regeneratoren bei T-T':

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{2\alpha} + \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{2\alpha}$$



$\tau_0 - \tau_0'$ ist beim Regenerator 3 mal kleiner als beim Rekuperator.
Gründe: Beim Regenerator dringt die Wärme nur $\frac{1}{2}$ ein. Weg = $2 \cdot \frac{\delta}{2} = \delta$.
Der Wärmestrom n ist nach innen ab, daher gekrümmte und sich über röhrende Temperaturkurven.

Linde
1938

Vergleich von Rekuperator u. Regenerator

Diapositiv
№ 608

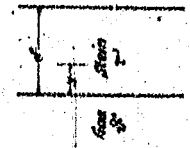
Diapos
LINA
1938
608

Linde
1939

Berechnung
der Stein-
temperatur
in Hohl-
architektur
nach dem
zeitlich
linearen
Ansatz

Diopasiv
N 809

S - Mindesttemperatur
 T - Höchsttemperatur
 t - Zeit
 T_{end} - Temperatur der Gas- und Mindestperiode
 y - Entfernung v. d. Steinoberfläche
 f - Steindicke



Zeitlich linearer Ansatz: $\frac{T-T_{\text{end}}}{T-S} = \frac{y}{f} \cdot \frac{t}{\tau}$ (positiv)
 Differenzgleichung: $\frac{dT}{dt} = -\frac{S-T}{\tau} + \frac{T_{\text{end}}-T}{\tau}$ (negativ)



$$T - T_{\text{end}} = \frac{f}{2r} (T - S) + (T_{\text{end}} - T)$$

$$T_{\text{end}} - T_{\text{end}} = \frac{f}{2r} (T - S) - (T - S)$$

Schwächung der Steinperiode: $\frac{2r}{f}$
 Im besten Fall periodische Wärme: $Q = p \cdot f \cdot \left(\frac{2r}{f}\right) \cdot T$ ($T = \text{gemittelt}$)

Hohlperiode: $\tau_{\text{H}} = \tau \cdot \frac{f}{2r}$
 Archperiode: $\tau_{\text{A}} = \tau \cdot \frac{f}{2r}$
 Hohl- und Archperiode sind zu bestimmen
 Hohl- und Archperiode sind zu bestimmen

$$\frac{1}{2} - (T - T_{\text{end}}) \left(\frac{f}{2r} \right) \left(\frac{f}{2r} \right) \left(\frac{f}{2r} \right)$$

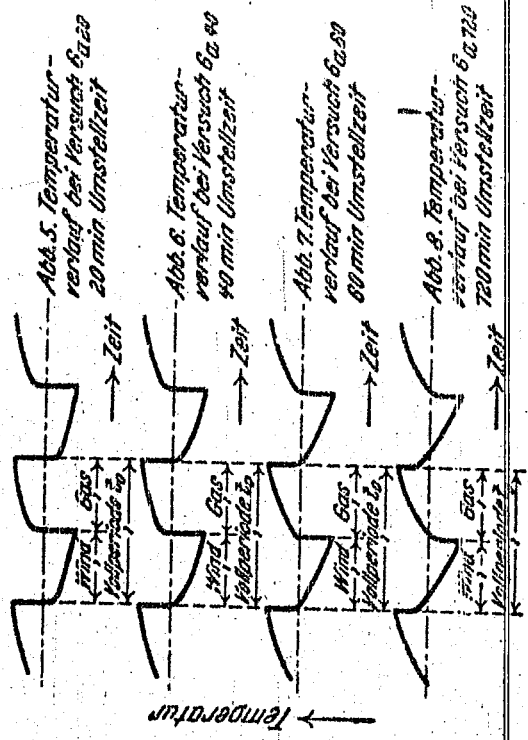


Abbildung 5 bis 8. Gemessener Gas- und Windtemperaturverlauf bei der Gitterhöhe 2950 mm für Versuch 6. Temperatur- und Zeitmaßstab verkürzt.

Kurve I aus Versuch ermittelt
 Kurve II errechnet für eine Fläche die nach folgender Umgebungs-
 temperaturkurve gekühlt und geträgt wird. $t_{\text{Um}} = 17.5$
 Kurve III errechnet für eine Fläche die nach folgender Umgebungs-
 temperaturkurve gekühlt und geträgt wird. $t_{\text{Um}} = 14.4$

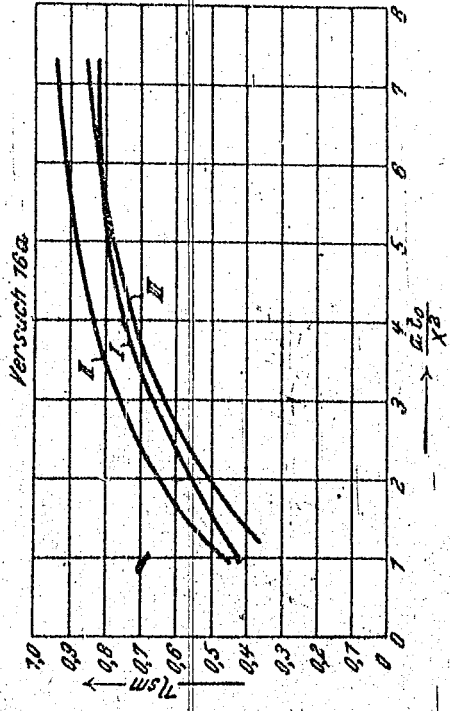


Abbildung 23. Ausnutzungsgrad des Steines η_{sm} .

052 050

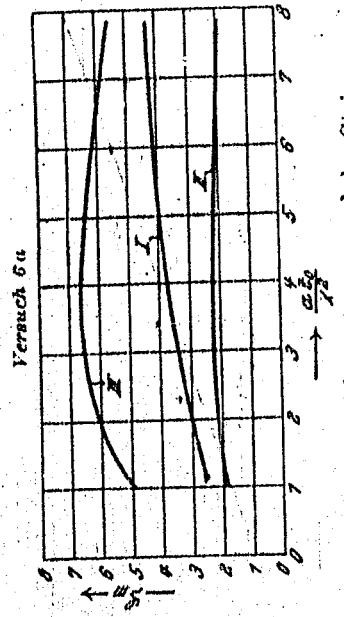


Abbildung 24. Ausnutzungsgrad des Steines 7 am.

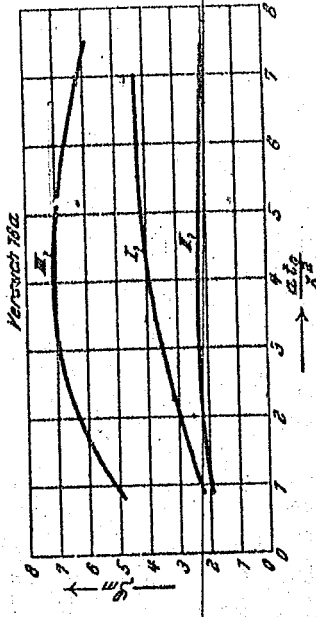
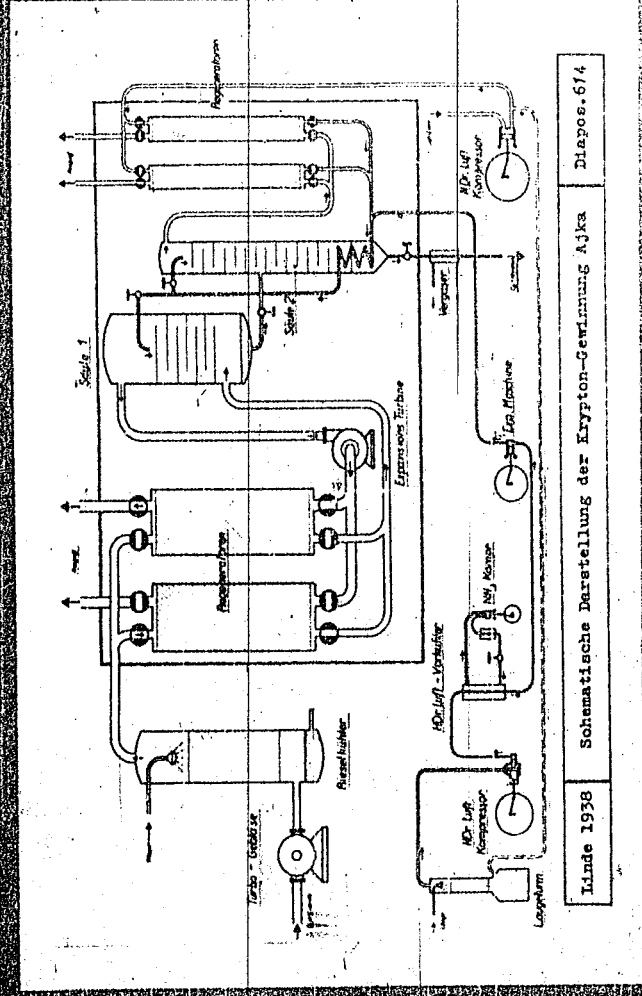


Abbildung 25. Ausnutzungsgrad des Steines 7 am.

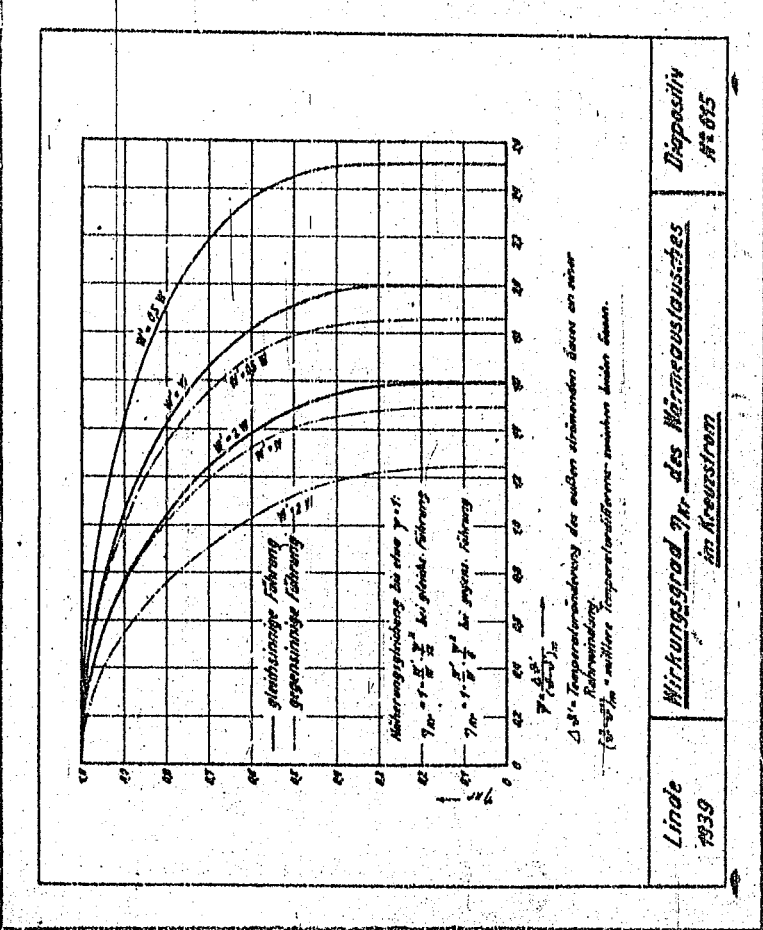
010



März 1938

Schematische Darstellung der Krypton-Gezinnung A.J.K.

Diapos. 614



Linde 1939

Wirkungsgrad η_r des Wärmeaustausches im Kreuzstrom

Diagramm Nr. 615

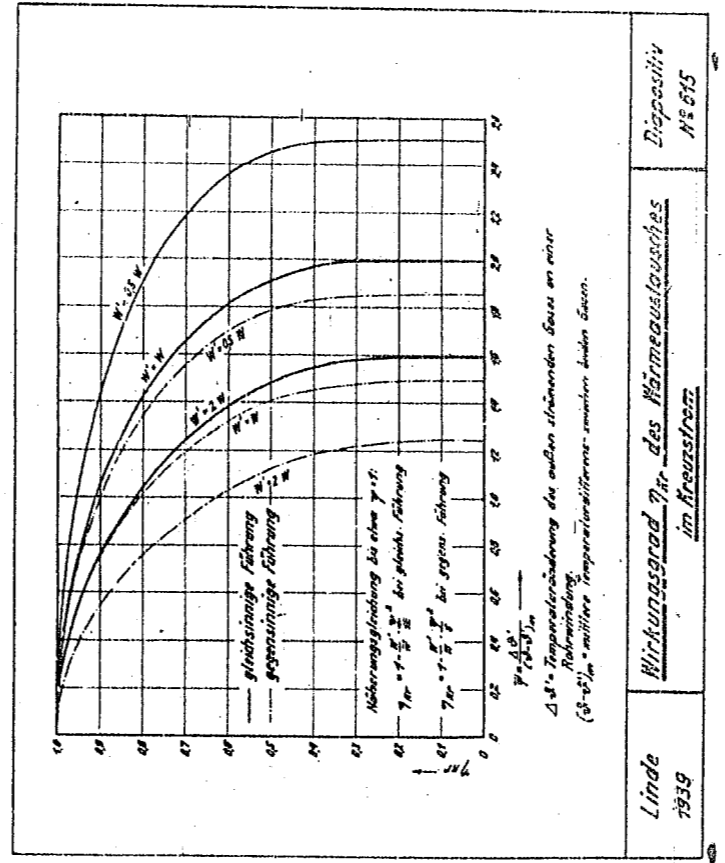
00172

Diplo-

sin

Nr.

615



Linde
1939

Wirkungsgrad η_{kr} des Wärmeaustausches
im Kreuzstrom

Dipositiv
№ 615

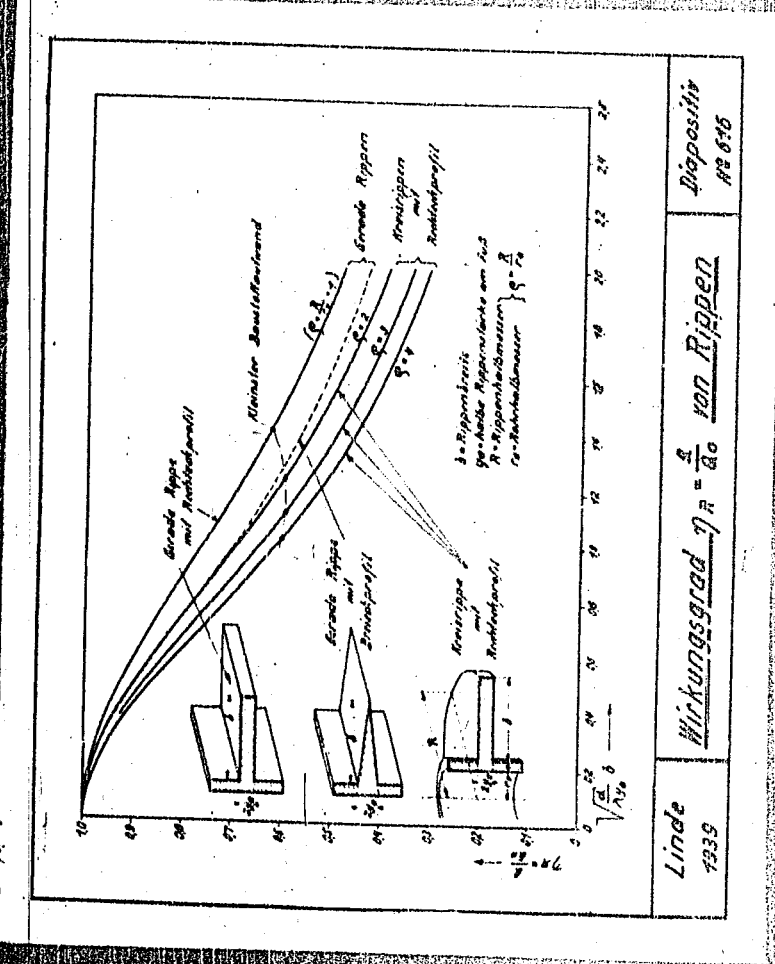
100000

Diapo-

SW

NT

676



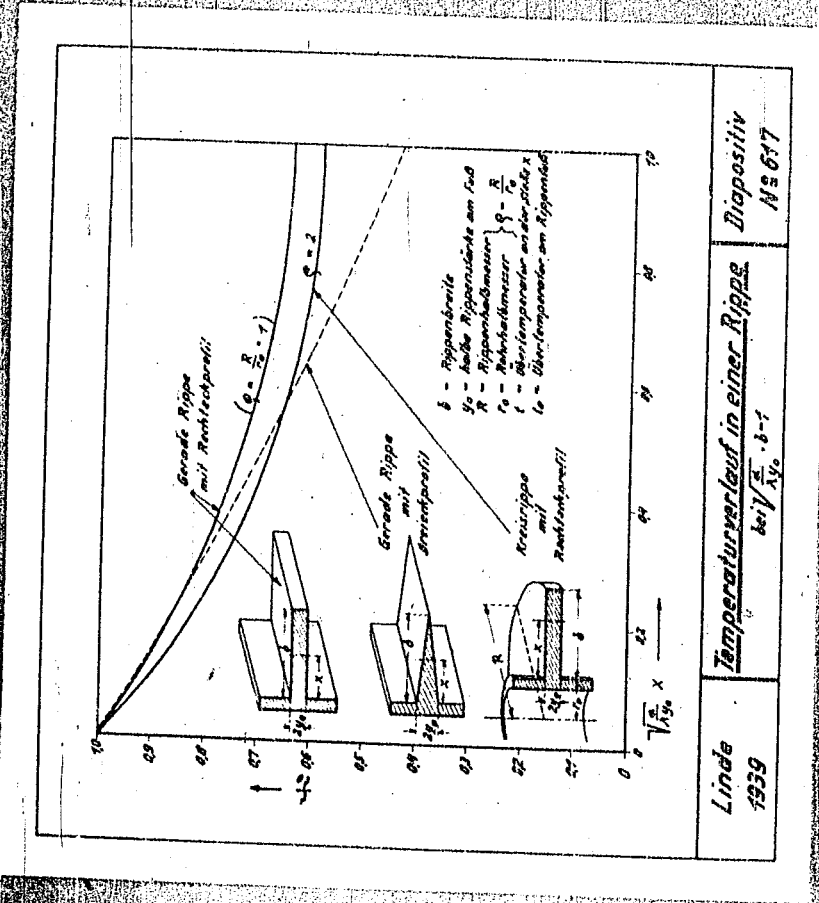
00125

Diapo-

sitiv

Nr.

617



00125

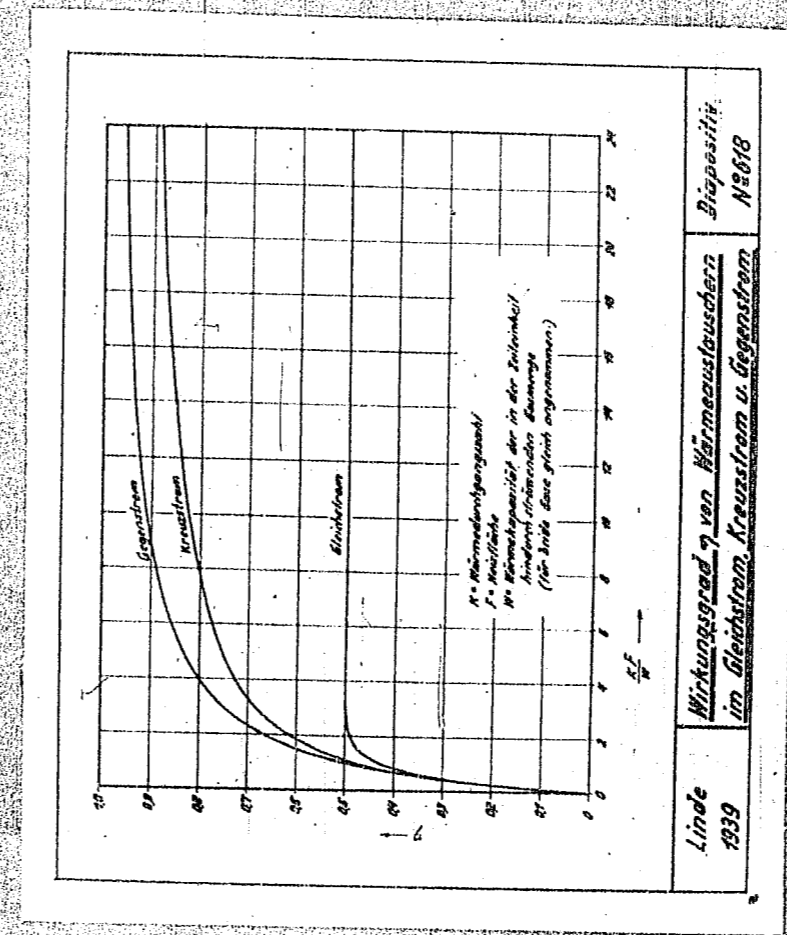
02100

Diapo-

sitiv

Nr.

678



652-050

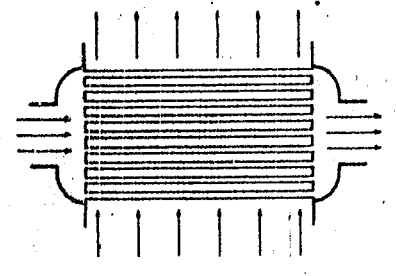
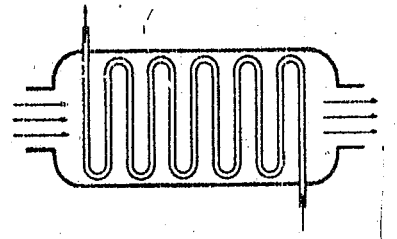
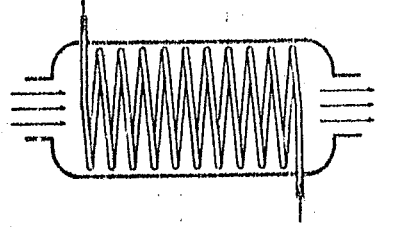
00127

Diapo-

stiv

Nr.

679

  	<p>Reiner Kreuzstrom</p> <p>Gegensinnige Führung</p> <p>Eleichinnige Führung</p> <p>Yereinigung von Kreuzstrom u. Gegenstrom</p>	<p>Linde 1939</p> <p><u>Kreuzstrom-Wärmeaustauscher</u></p> <p>Diapositiv #49679</p>
---	--	--

00128

Diapo-

sliv

NT.

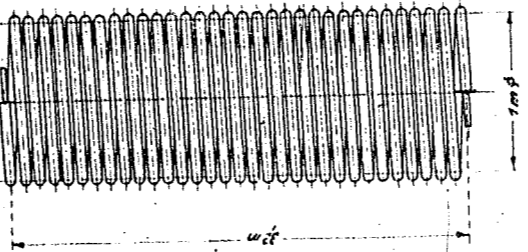
620

Linde

7939

*Gegenströmer
für die
Gewinnung
von 3 ltr.
flüssiger Luft
je Stunde.*

*Diapositiv
№ 620*



Erster Gegenströmer 1895

Neuerlicher Gegenströmer

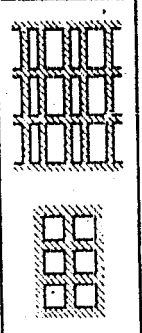
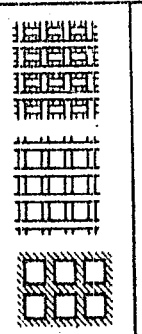
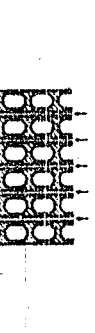

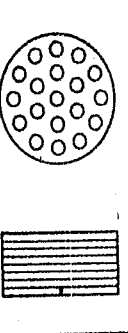
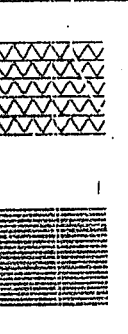
00129

Diapo-

stiv

Nr.

627

Baustoff	Abspiegelarten	Regeneratoren
Glasartige Substanzen Steine Keramische Stoffe		
Fermetone		
Metalle (Eisen, Kupfer, Aluminium)		

Linde 1939

Grundrissformen bei Mikroskopischen

Diagnostik

NR 627

	System I		System III	
	Flüssigkeit	Dampf	Flüssigkeit	Dampf
Zweischicht-Gemische	x_z	y_g	x	y
Mehrstoff-Gemische	x_1 y_1 z_1	y_g y_g y_g	x_1 x_2 x_3 oder besser	x_1 x_2 x_3
	x_1 x_2 x_3	x_{1g} x_{2g} x_{3g}	x_A x_W x_B	x_A (Limeöl) x_W (Wasser) x_B (Limeöl)
Vorteile	<p>1) Bessere Hauptbestandteile für Flüssigkeit und Dampf</p> <p>2) In Deutschland bisher am meisten benutzt (besonders von Kirschbaum und Schüller)</p>		<p>1) Leichter Anschluss an die Zeichnungsfund G für die Anlagen von Flüssigkeit und Dampf</p> <p>2) Geringere Zahl von Jahres</p> <p>3) In Amerika bereits einseitlich benutzt daher keine internationale Vereinbarung</p>	

Linde 1939
 Reichswasser- und Dampf- und Kältegesellschaft
 für den Gehalt von Flüssigkeit und Dampf in der Dampfer- und
 Diapositiv Nr 622

Diapo-
 sitiv
 Nr.
 622

EASTMAN

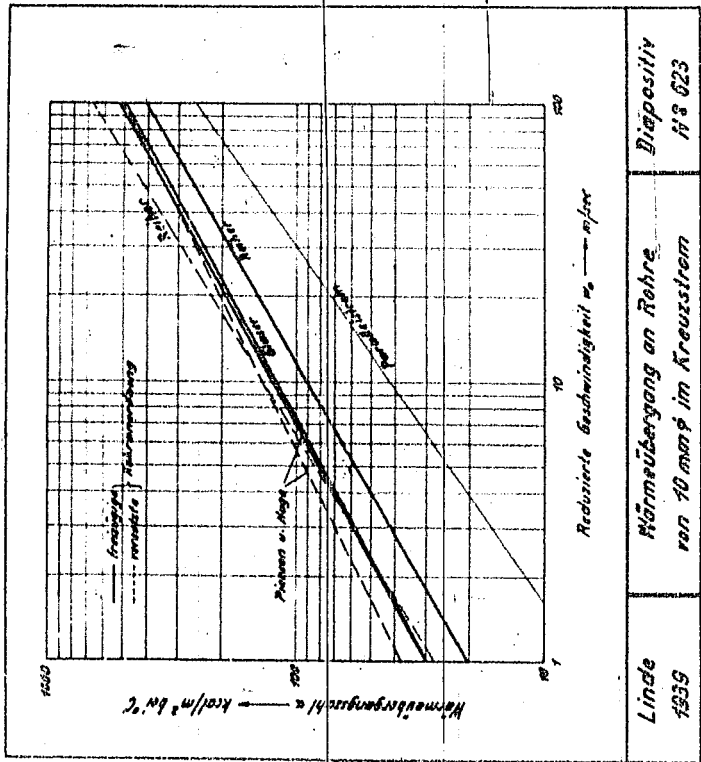
00131

Diapo-

SW

Nr.

623



Linde 1939	Wärmeübergang an Rohre von 10 mm im Kreuzstrom	Diapositiv Nr. 623
---------------	---	-----------------------

0018

Diapo-

stiv

MT

653

Vergleich von Anlagen für 1000 m³/h Sauerstoff von 98 % Reinheit.

Anlagentyp	25 atü	200/5 atü	Linde-Fränki
Hochdruckluft Menge m ³ /h	5000	800	400
" Druck atü	25	200	200
" Energieverbr. PS	990	260	130
Niederdruckluft Menge m ³ /h	-	4200	3600
" Druck atü	-	5	4,5
" Energieverbr. PS	-	455	370
Einblase-Luft Menge m ³ /h	-	-	1000
" Druck atü	-	-	-
" Energieverbr. PS	-	-	50
Vorkühl. Energieverbr. PS	40	40	10
Gesamt - Energieverbr. PS	1030	755	560
PS h/m ³ O ₂	1,03	0,755	0,56

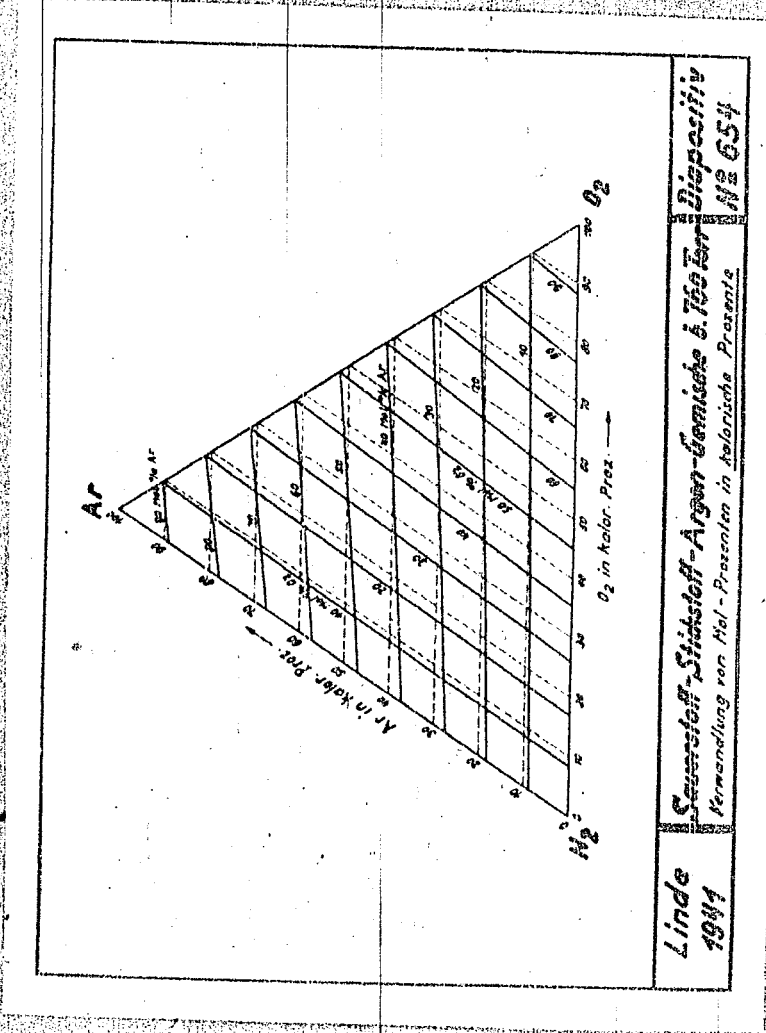
00133

Diapo-

sitiv

Nr.

654



00131

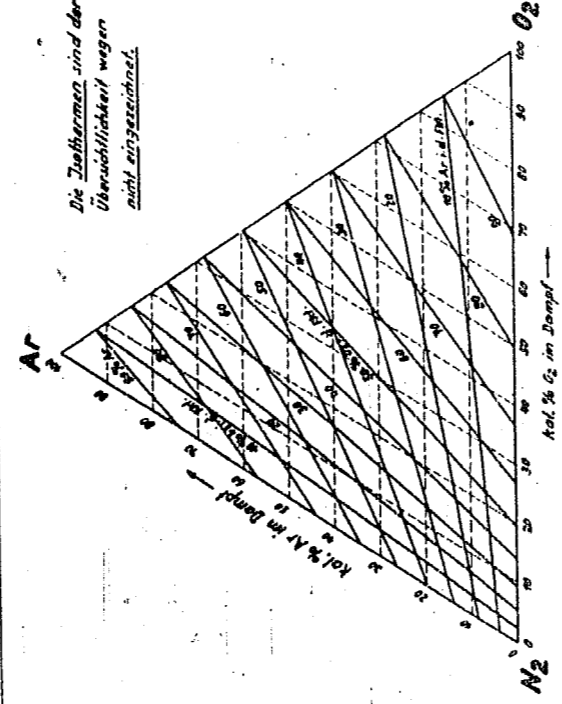
Diapo-

sitiv

Nr.

655

Die Isothermen sind der
Überschlichkeit wegen
nicht entzerrt.



Linde
1941

Gleichgewicht von O_2-N_2-Ar -Gemischen bei
760 Torr dargestellt in kalorischen Prozenten

Diapositiv
Nr. 655

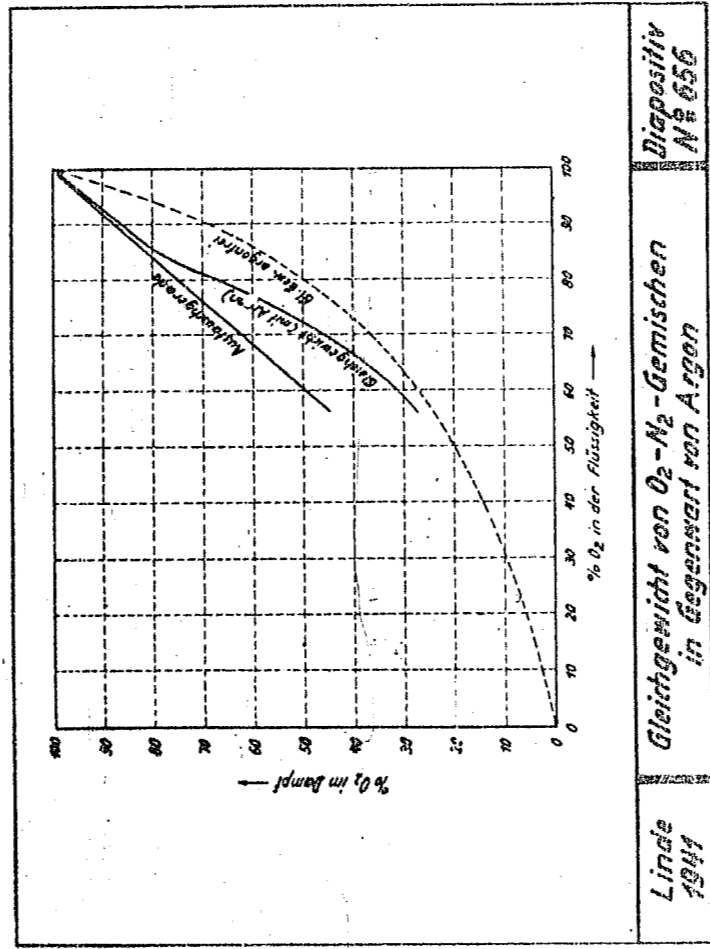
00135

Diapo-

sitiv

Nr.

6556



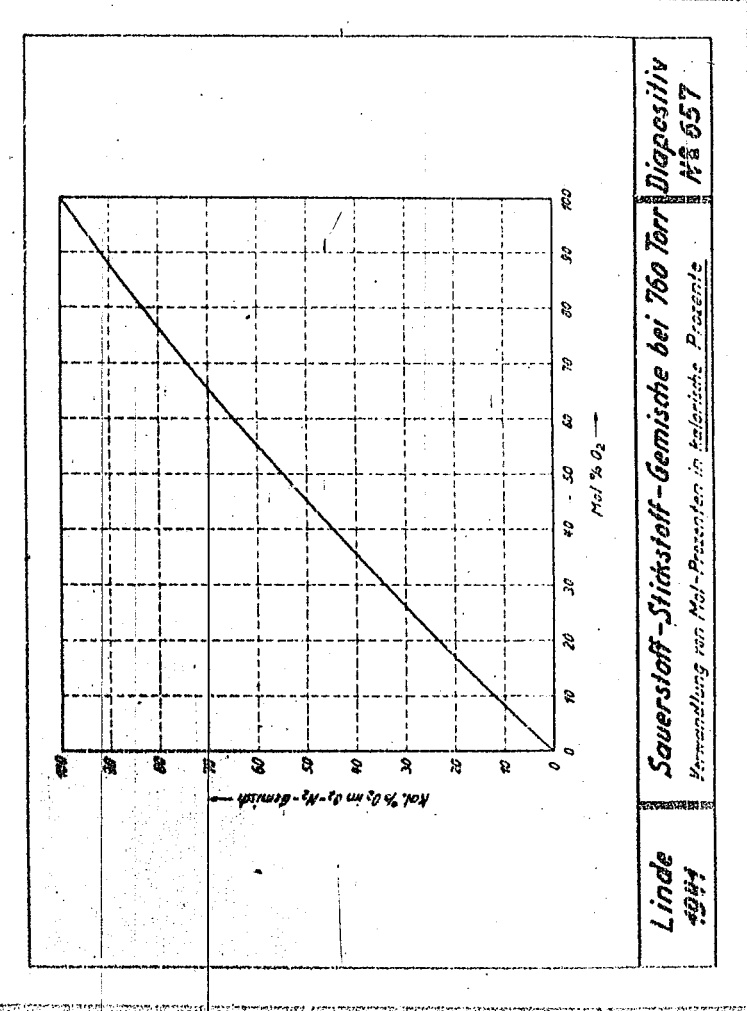
00136

Diapo-

stiv

Nr.

657



Linde
4944

Sauerstoff-Stickstoff-Gemische bei 760 Torr
Umwandlung von Mol-^oProzenten in Mol-%

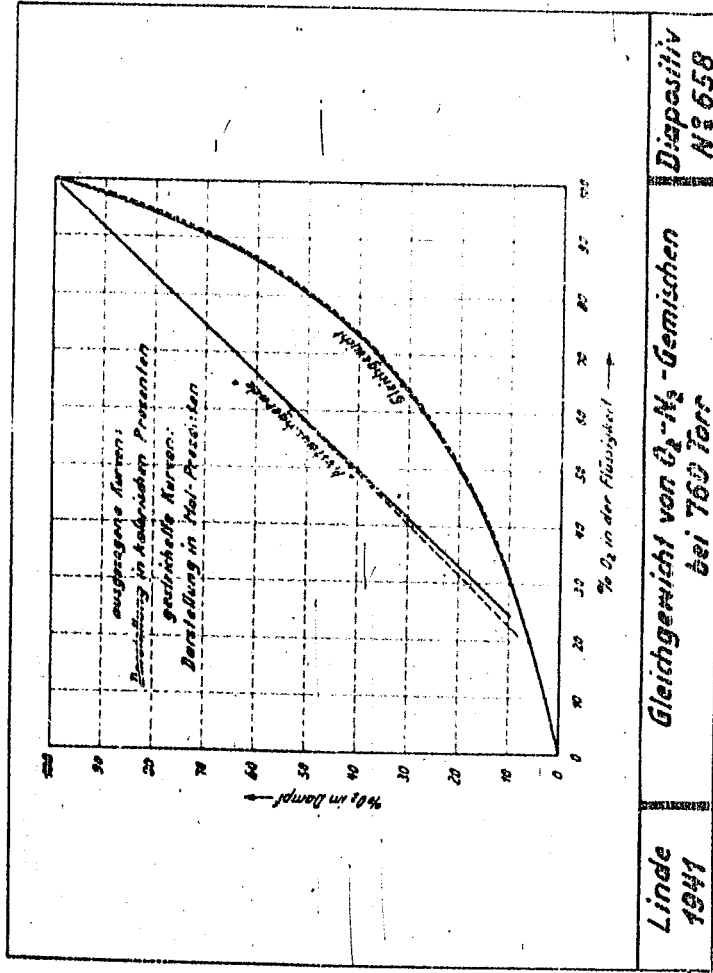
Diapositiv
Nr. 657

66137

Diapositiv

Nr.

658



Linde
1941

Gleichgewicht von O₂-N₂-Gemischen
bei 760 Torr

Diapositiv
Nr. 658

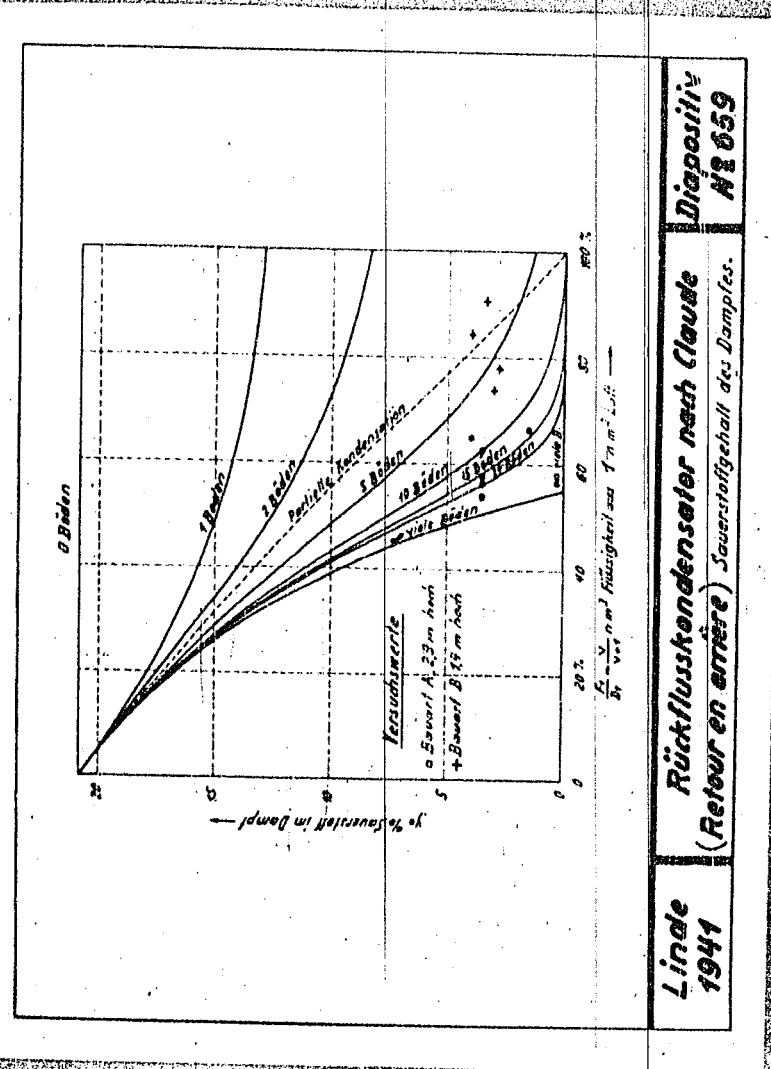
C0138

Diapo-

sitiv

Nr.

659



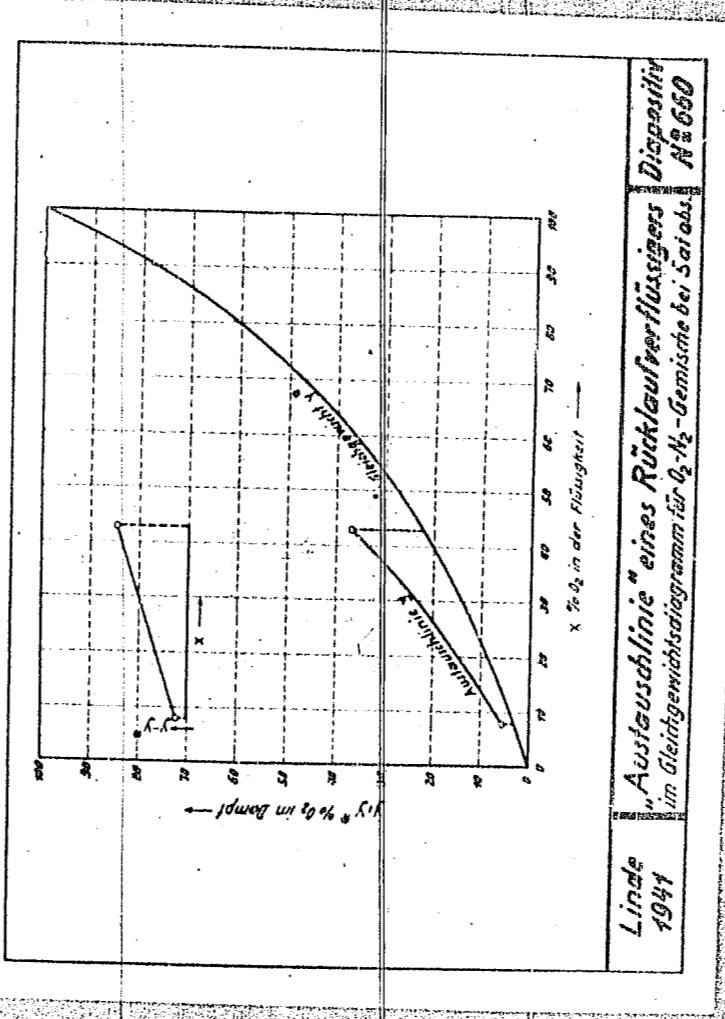
CO139

Diapo-

siliv

Nr.

660



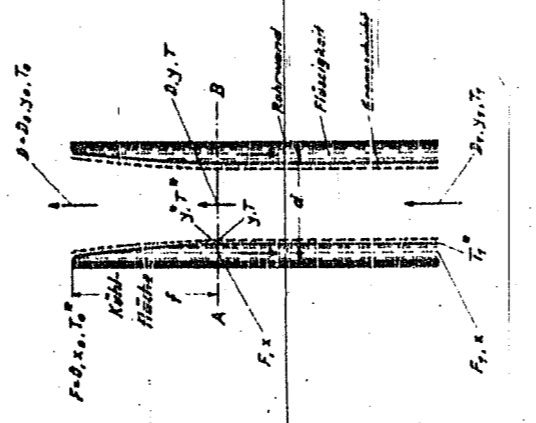
Linde
1941

„Ausgleichslinie“ eines Rücklaufverflüssigens
im Gleichgewichtsdiaagramm für O_2-N_2 -Gemische bei 50°C
Dispositiv Nr. 660

00140
Diapo-

sitiv

Nr.
667



Annahmen:
1. Lamäches Gesetz: $\alpha \cdot x \cdot \zeta$
 α = Wärmeübergangszahl
 x = Stoffmengenanteil (Verdunstungsanteil)
 ζ = spez. Wärme der Raumseite des Dampfgemisches
2. Flüssigkeit = ideale Lösung
Abkürzung: $p = x \cdot C \cdot f$
 C = Gesamtkonzentration des Dampfgemisches
 f = Koeffizient zu Querschnitt $A \cdot B$

Differentialgleichungen:
Diffusion: $\frac{dS}{dy} = y \cdot y^*$
Wärmeaustausch: $D \cdot \frac{dT}{dy} = T - T^*$

Linde 1941

**Diapositiv
Nr 667**

**Aufstellung der Differentialgleichungen
für den Rücklaufverflüssiger**

00141
Diapo-

sitiv

Nr.

662

$$\begin{aligned} \frac{S-dS}{S-S_0} &= \frac{D \cdot \frac{dI}{I}}{F \cdot \frac{dI}{I}} \\ \frac{L-dL}{L-L_0} &= \frac{D \cdot \frac{dI}{I}}{F \cdot \frac{dI}{I}} \\ -\frac{dT}{T} &= T-T^* \end{aligned}$$

$$f(n) = \frac{D \cdot \frac{dI}{I}}{F \cdot \frac{dI}{I}} = \frac{D}{F} \cdot \frac{dI}{I} = \tau(n)$$

Annahmen zur Abschätzung von $f(n)$ (Beispiel):

1. F proportional n : $F = f_1 \cdot n$; $D = D_0 + F = D_0 + f_1 \cdot n$

2. T und T^* hängen linear von n ab: $\frac{dT}{I} = \frac{I_1 - I_0}{n_1 - n_0} = \frac{I_1 - I_0}{n} = \tau_1$

$T^* = T_1 - \tau_1 \cdot \frac{n}{n_1}$; $T_0 = T_1 - \tau_1 \cdot \frac{n_0}{n_1}$ (τ_1 bekannt, T_0 geschätzt)

Nach Annahme 2 ist τ_1 aus der Dampfdruckkurve bestimmbar; es gilt angenähert: $\tau_1 = \tau_0 \cdot \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{N}}$ und hiermit

$$f(n) = \left(1 + \frac{D_0}{f_1 \cdot n}\right) \cdot \frac{\tau_1}{F} \cdot \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{N}}$$

Linde
1941

Lösung der Differenzialgleichungen
für den Rücklaufverflüssiger

Diapositiv
Nr. 662

$$\frac{ds}{dy} = y \cdot y' ; \quad D \frac{dT}{dy} = T - T^*$$

Kern des Dampfes: $y = \frac{z}{D}$

Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Dampf

$$\frac{S - S_0}{F} \cdot p_s^* = y^* \cdot P$$

(ideale Lösung)

p_s^* = Dampfdruck des reinen Bestandteils S
bei der Temperatur T^* der Flüssigkeit

Neue unabhängige Veränderliche n :

$$-dn = \frac{dy}{D} \quad (n = \text{theoretische Bodenzahl})$$

$$\frac{S - \frac{ds}{dn}}{S - S_0} = \frac{D \cdot p_s^*}{F \cdot P} ; \quad \frac{dT}{dn} = T - T^*$$

$$\frac{L - \frac{dL}{dn}}{L - L_0} = \frac{D \cdot p_s^*}{F \cdot P} ;$$

Linde
1941

Umfassung d. Differentialgleichungen Diapositiv
N° 664

664

Diapo-

sitiv

Nr.

664

00144

Diapo-

stiv

NT

665

$$\frac{y_1}{y_0} = 1 + \frac{kN \left(1 + \frac{\epsilon}{F_1} \right) y_0 (1 - \epsilon) (1 - y_1)}{1 - kN \left(1 + \frac{\epsilon}{F_1} \right) y_0 \frac{\epsilon - \epsilon y_1}{F_1}}$$

oder besser

$$\frac{y_1}{y_0} = 1 + \frac{kN \left(1 + \frac{\epsilon}{F_1} \right) y_0 (1 - \epsilon) \left(\frac{F_1 - \epsilon y_1}{F_1} \right)}{1 - kN \left(1 + \frac{\epsilon}{F_1} \right) y_0 \frac{\epsilon - \epsilon y_1}{F_1}} \quad (\text{nach R. Schlatterer})$$

y_1 = Gehalt des sich ergebenden Dampfes am schwerer siedenden Bestandteil

y_0 = Gehalt des auslaufenden Dampfes am schwerer siedenden Bestandteil

k = Konstante - 84 bis 87; Mittelwert 85,7

N = theoretische Bodenzahl

ϵ = Verhältnis der Dampfdrucke des schwerer und leichter siedenden Bestandteils

F_1 = Menge der unten ablaufenden Flüssigkeit

Fig. D, $\frac{x_1}{x_2}$ = ideale Flüssigkeitsmenge, bestimmt durch $y_0 = 0$ und $x_1 = x_2$ (Stoßgewicht $m/(y_1)$)

Linde
1947

Näherungsformeln zur Berechnung der
Rektifikationswirkung des Rücklaufverhältnisses

Diapositiv
Nr. 665

00145

Diapo-

stiv

Nr.

666

Kalorische Mengeneinheit - Menge mit der Verdampfungswärme 1

$$M_{kal} = M \cdot r$$

$(M_{kal} = \text{Menge in kalorischen Einheiten, } M = \text{Menge in beliebigen Einheiten, } r = \text{Verdampfungswärme})$

Gehalt am Bestandteil I in kalorischen Einheiten:

$$x_{kal} = \frac{(M_I)_{kal}}{(M_I)_{kal} + (M_{II})_{kal}} = \frac{x r_I}{x r_I + (r - x) r_{II}}$$

$(x = \text{Gehalt in beliebigen Einheiten})$

Linde
1941

Umrechnung beliebiger Mengenangaben
in kalorische Einheiten

Diapositiv
Nr. 666

00146

Diapo-

sitiv

Nr.

667

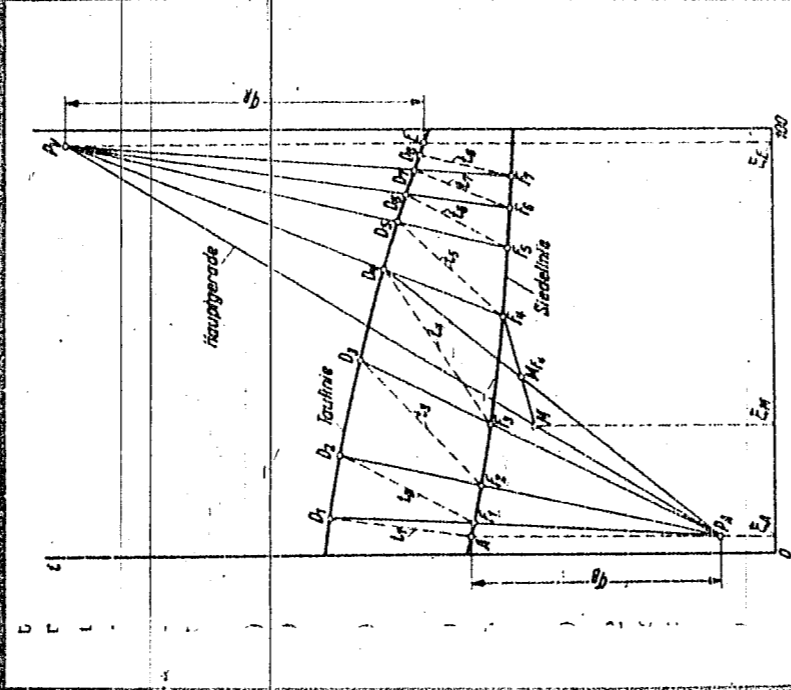


Bild 110. Bestimmung der theoretischen Bodenzahl eines stetig arbeitenden Rektifizierapparates.

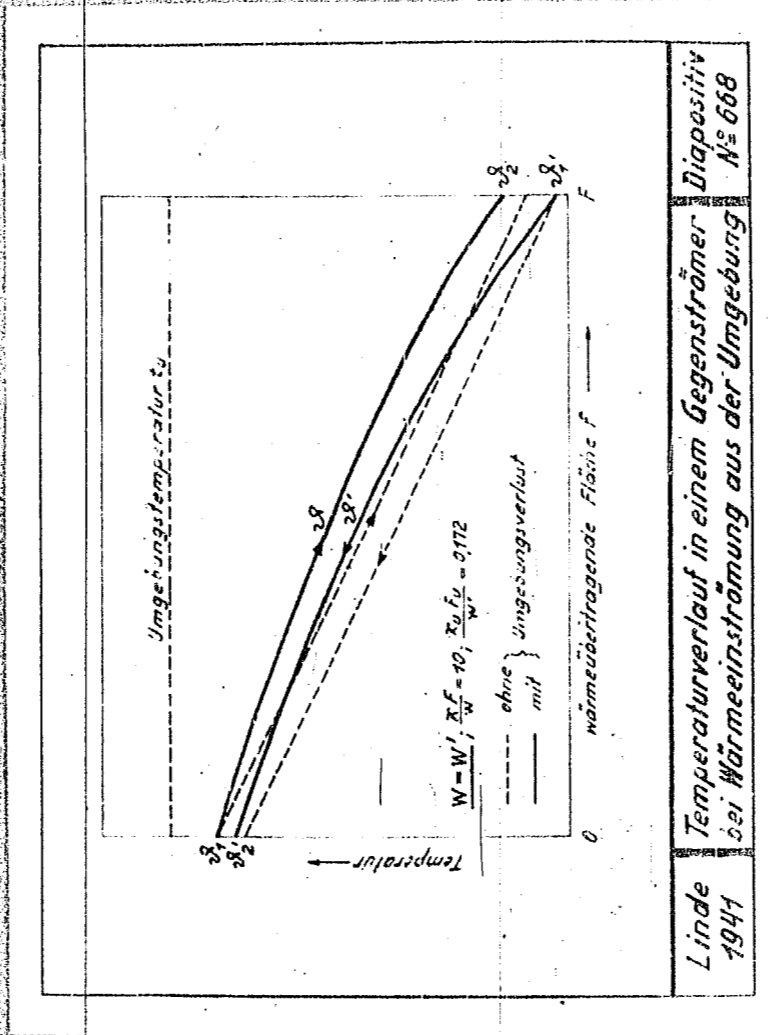
00147

Diapositiv

5

Nr.

668



Linde 1941
Temperaturverlauf in einem Gegenströmer bei Wärmeeinströmung aus der Umgebung
Diapositiv Nr. 668

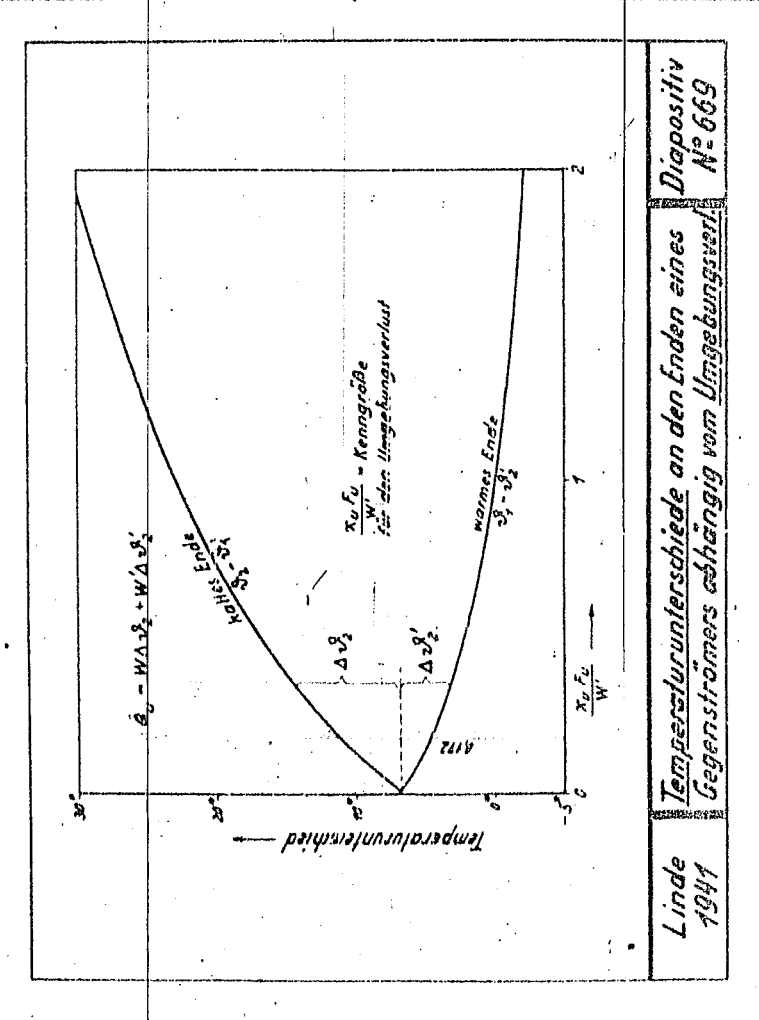
00148

Diapo-

stiv

Nr.

669



00150

Diapo-

sitiv

Nr.

677

$t_0 - \vartheta = A \cdot e^{\alpha F} + B \cdot e^{\beta F}$ t_0 = Umgebungstemperatur
 $t_0 - \vartheta' = A' \cdot e^{\alpha' F} + B' \cdot e^{\beta' F}$ ϑ und ϑ' = Gastemperaturen

$$\alpha F = -\frac{1}{2} \left(\frac{\alpha F}{W} - \frac{\alpha' F}{W'} - \frac{K_0(t_0)}{W} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{\alpha F}{W} - \frac{\alpha' F}{W'} - \frac{K_0(t_0)}{W} \right)^2 + \frac{\alpha F \cdot K_0(t_0)}{W}}$$

$$\beta F = -\frac{1}{2} \left(\frac{\beta F}{W} - \frac{\beta' F}{W'} - \frac{K_0(t_0)}{W} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{\beta F}{W} - \frac{\beta' F}{W'} - \frac{K_0(t_0)}{W} \right)^2 + \frac{\beta F \cdot K_0(t_0)}{W}}$$

$$A = \frac{(t_0 - \vartheta) e^{\beta F} + \frac{\alpha F}{W} - (t_0 - \vartheta') e^{\beta' F} + \frac{\alpha' F}{W'}}{e^{\beta F} (\alpha F + \frac{\alpha F}{W}) - e^{\beta' F} (\alpha' F + \frac{\alpha' F}{W'})}$$

$$B = \frac{(t_0 - \vartheta) e^{\alpha F} + \frac{\beta F}{W} - (t_0 - \vartheta') e^{\alpha' F} + \frac{\beta' F}{W'}}{e^{\beta F} (\alpha F + \frac{\alpha F}{W}) - e^{\beta' F} (\alpha' F + \frac{\alpha' F}{W'})}$$

$$A' = \frac{(t_0 - \vartheta') e^{\beta' F} + \frac{\alpha' F}{W'} - (t_0 - \vartheta) e^{\beta F} + \frac{\alpha F}{W}}{e^{\beta F} (\alpha F + \frac{\alpha F}{W}) - e^{\beta' F} (\alpha' F + \frac{\alpha' F}{W'})}$$

$$B' = \frac{(t_0 - \vartheta') e^{\alpha' F} + \frac{\beta' F}{W'} - (t_0 - \vartheta) e^{\alpha F} + \frac{\beta F}{W}}{e^{\beta F} (\alpha F + \frac{\alpha F}{W}) - e^{\beta' F} (\alpha' F + \frac{\alpha' F}{W'})}$$

Linde 1947 Gleichungen von Messmann Diapositiv
für den Umgebungsverlust von Gegenströmern Nr 677

Differenzquotienten:

$$\frac{\Delta v_2}{\kappa_0 f_0} = \frac{d(v_2)}{d(\kappa_0 f_0)} \Big|_0 ; \frac{\Delta v_2'}{\kappa_0' f_0'} = \frac{d(v_2')}{d(\kappa_0' f_0')} \Big|_0$$

Mittlere Temperatur des außen strömenden Gases:

$$v_m' = \frac{1}{F} \int v_m' df$$

Umgebungsverlust:

$$Q_u = \kappa_0 f_0 (t_0 - v_m')$$

Gleichungen für Δv_2 und $\Delta v_2'$:

$$\frac{W \Delta v_2}{Q_u} = \frac{v_2 - v_2'}{v_2' - v_2'} \left[\frac{v_2 - v_2'}{v_2' - v_2'} + C \frac{v_2' - v_2'}{t_0 - v_m'} \right]$$

$$\frac{W \Delta v_2'}{Q_u} = 1 - \frac{W \Delta v_2}{Q_u}$$

Gleichungen für v_m' und Cochhängig von $\theta = \frac{v_2 - v_2'}{v_2' - v_2'}$:

$$\frac{v_2 - v_2'}{v_2' - v_2'} = \frac{1}{\ln \theta} - \theta - 1$$

$$C = \frac{1}{(\ln \theta)^2 - (\theta - 1)^2}$$

Linde
1941

Vereinfachte Gleichungen
für den Umgebungsverlust
von Gegenströmern

Diapositiv
Nr. 672

1941

Diapo-

sitiv

Nr.

672

00152
Diapo-

sitiv

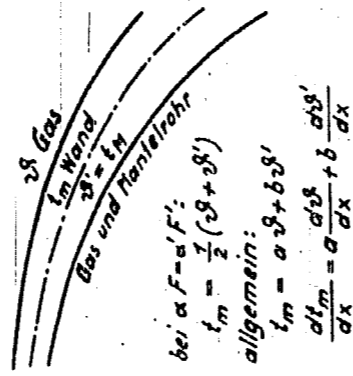
Nr.

673

$$\frac{dt_m}{dx} = \text{const} (\vartheta - \vartheta')$$
$$Q_{\lambda} = A \cdot (\vartheta - \vartheta'); A = \text{const}$$
$$(Q_{\lambda})_{lin} = A \cdot \Delta \vartheta_m$$

mit

$$\Delta \vartheta_m = \frac{(\vartheta - \vartheta') - (\vartheta' - \vartheta')}{\ln \frac{\vartheta - \vartheta'}{\vartheta' - \vartheta'}}$$
$$Q_{\lambda} = (Q_{\lambda})_{lin} \cdot \frac{\vartheta - \vartheta'}{\Delta \vartheta_m}$$



Linde 1941

Temperaturverlauf in einem Gegenströmer
und Gleichungen für die Längs-Wärmeleitung

Diapositiv
Nr 673

00132

Diapo-

siv

Nr.

673

$$-\frac{dt_m}{dx} = \text{const} (\vartheta - \vartheta')$$

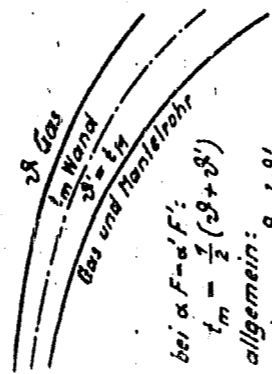
$$Q_\lambda = A \cdot (\vartheta - \vartheta'), A = \text{const}$$

$$(Q_\lambda)_{lin} = A \cdot \Delta \vartheta_m$$

mit

$$\Delta \vartheta_m = \frac{(\vartheta - \vartheta') - (\vartheta' - \vartheta'')}{\ln \frac{\vartheta - \vartheta'}{\vartheta' - \vartheta''}}$$

$$Q_\lambda = (Q_\lambda)_{lin} \cdot \frac{\vartheta - \vartheta'}{\Delta \vartheta_m}$$



bei $\alpha = \alpha' F'$:

$$t_m = \frac{1}{2} (\vartheta + \vartheta')$$

allgemein:

$$t_m = a \vartheta + b \vartheta'$$

$$\frac{dt_m}{dx} = a \frac{d\vartheta}{dx} + b \frac{d\vartheta'}{dx}$$

Linde 1941

Temperaturverlauf in einem Gegenströmer
und Gleichungen für die Längs-Wärmeleitung

Diapositiv
Nr 673

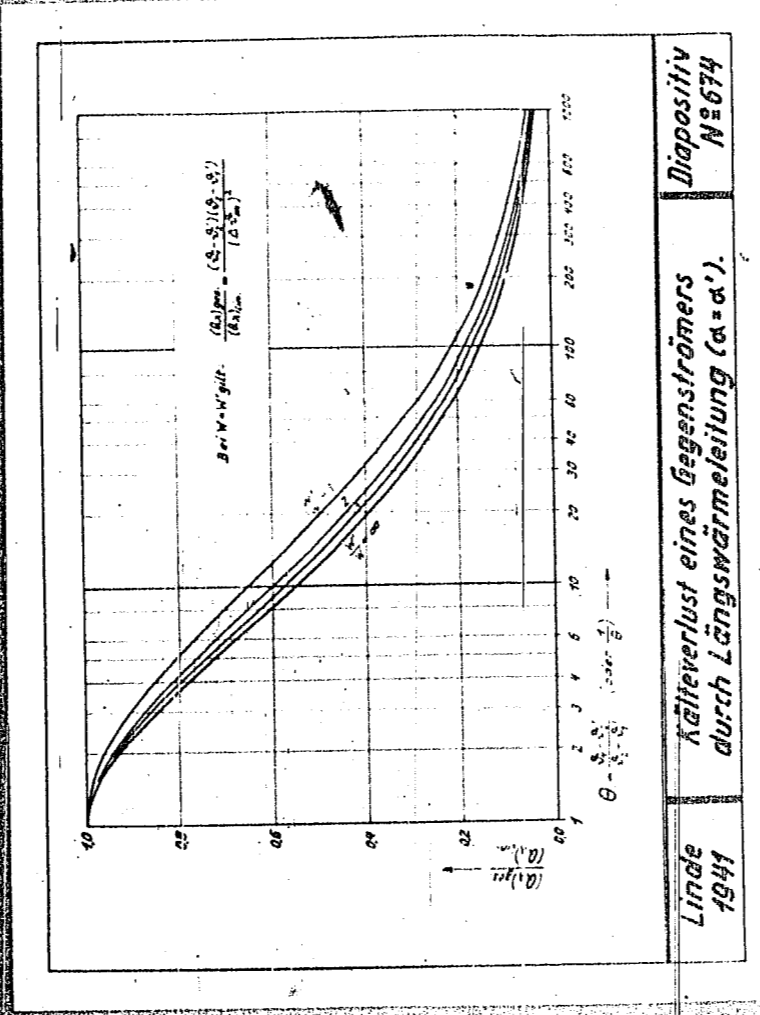
00153

Diapo- sitiv

Nr.

674

1941



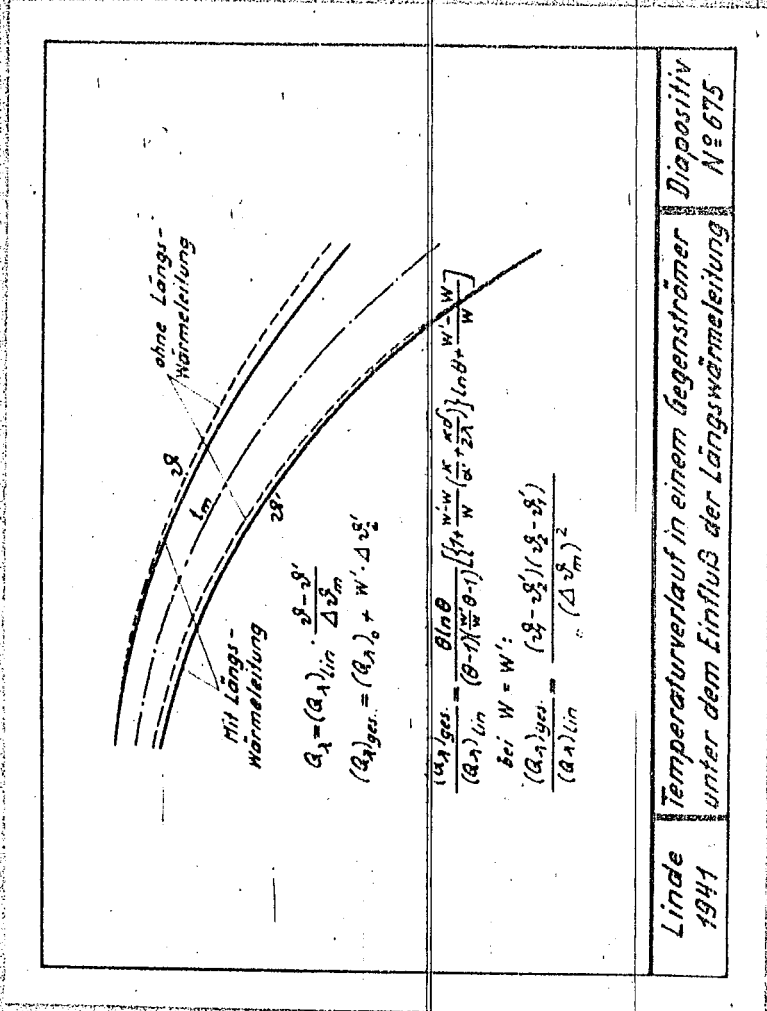
154

Diapo-

sliv

IV.

675



Linde 1941 Temperaturverlauf in einem gegenström Diapositiv № 675 unter dem Einfluß der Längswärmeleitung

Umgebungsverlust.

Gegenströmer	Menge n m ³ /h	$\frac{F_0 \cdot F_0}{W}$	$\frac{Q_u}{\text{Kcal/h}}$	$\frac{W \Delta t_{0,2}}{\text{Kcal/h}}$	$\Delta t_{0,2}$
Gerades Rohrbündel	4600	0,0016	170	74	0,06°
Gerades Rohrbündel Regenerator	26	0,0053	28	73	0,23°
Kurzer Gegenströmer mit starthändigem Mantelrohr	2650	0,0020	158	103	0,13°
	280	0,0033	35	24	0,18°

Längswärmeleitungsverlust.

Gegenströmer	(Q _l) _{lin} Kcal/h	(Q _l) _g	(Q _l) _{ges}	$\Delta t_{0,2}$	(Q _l) _{ges.}
Gerades Rohrbündel	95	59	88	0,02°	0,06°
Gerades Rohrbündel Regenerator	042	012	027	0,004°	0,007°
Kurzer Gegenströmer mit starthändigem Mantelrohr	30	30	30	0,00°	0,04°
	156	57	113	0,58°	1,13°

Linde
1941

Kälteverluste
von Gegenströmern

Diapositiv
№ 676

Diapo-

SW

Nr.

676

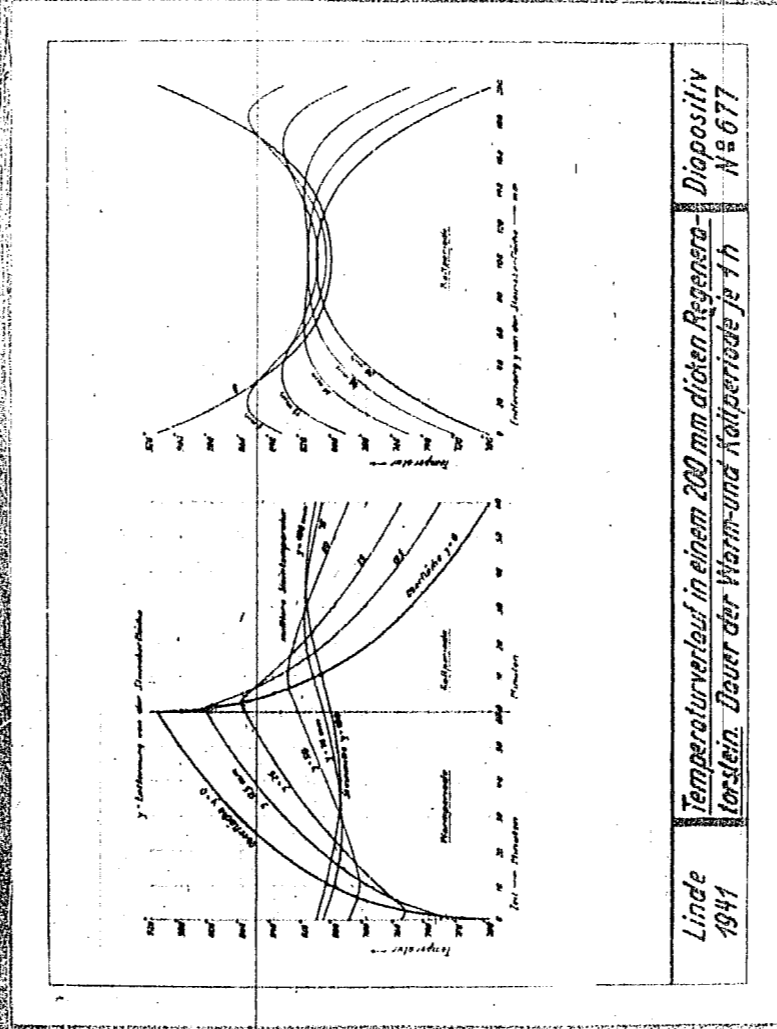
00150

Diapo-

sitiv

Nr.

677



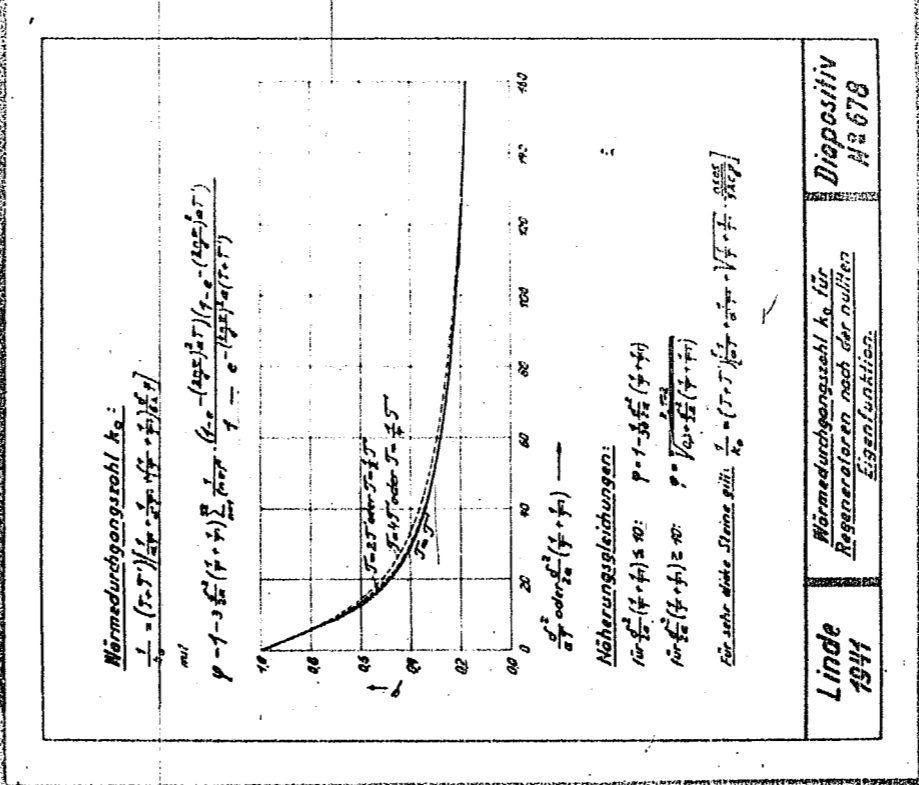
00157

Diapo-

sliv

Nr.

678



00158

Diapo-

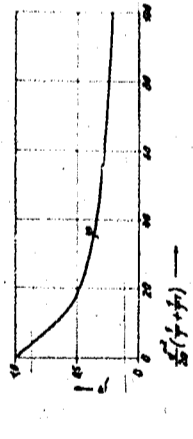
sitiv

Nr.

679

1) Berechnung von $\xi(t+\tau)$

2) Abgreifen von η



3) Wärmedurchgangszahl k_0

$$\frac{1}{k_0} = (\tau_1 + \tau_2) \left[\frac{1}{\xi_0} + \frac{1}{\xi(t+\tau)} \right]$$

4) Berechnung der Kenngrößen $\Delta = 4 \frac{k_0(T_1 - T_2)}{W \cdot F}$ und $\beta = 4 \frac{h_0(T_1 - T_2)}{W \cdot F}$

5) Abgreifen von k_1



6) Ermittlung der wahren Wärmedurchgangszahl $k = k_0 \cdot \frac{k_1}{k_0}$

Linde
1941

Arbeitsblatt zur Berechnung der
wahren Wärmedurchgangszahl k
eines Regenerators.

Diapositiv
Nr. 679

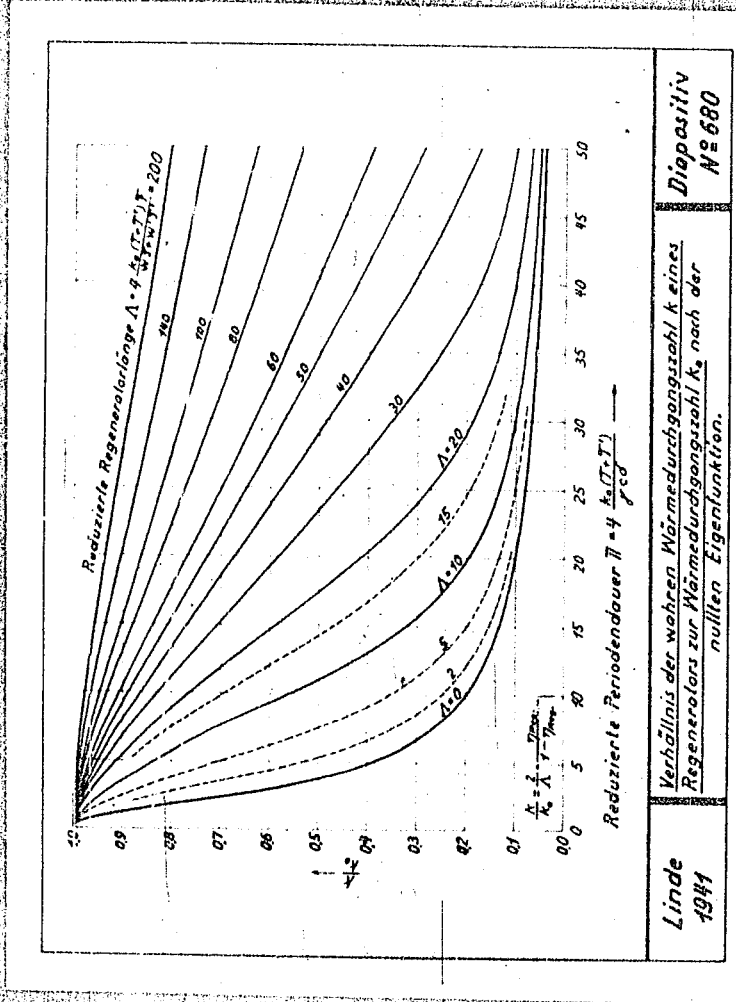
00159

Diapo-

stiv

Nr.

680



Linde
1931

Diapositiv
Nr. 680

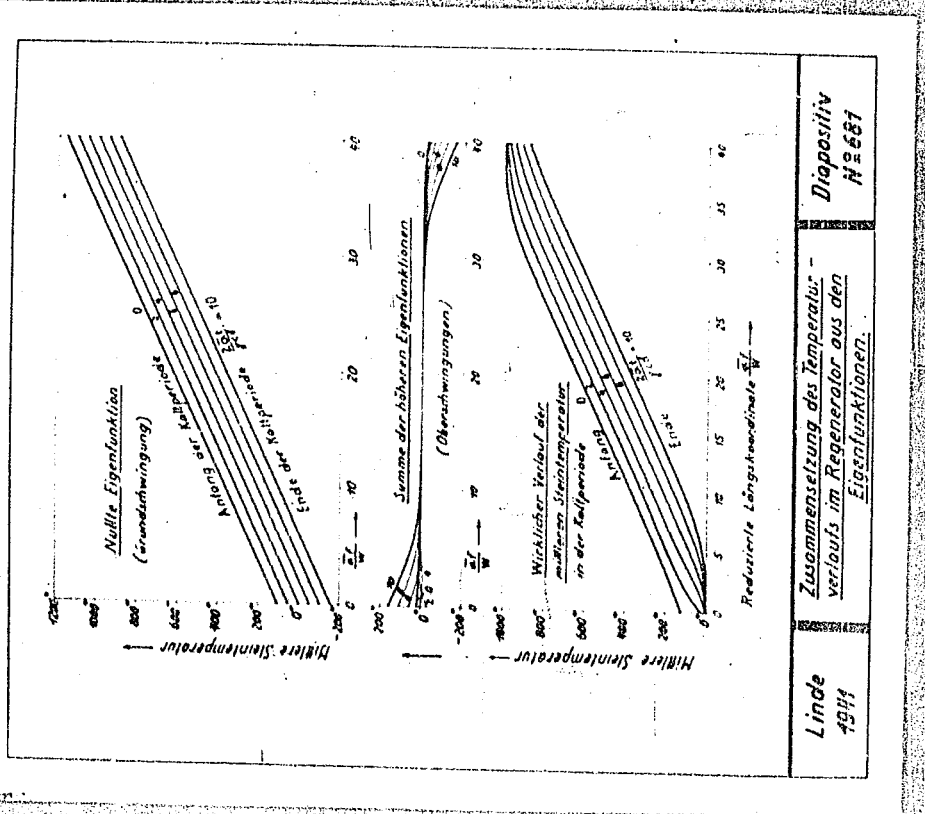
00160

Diapo-

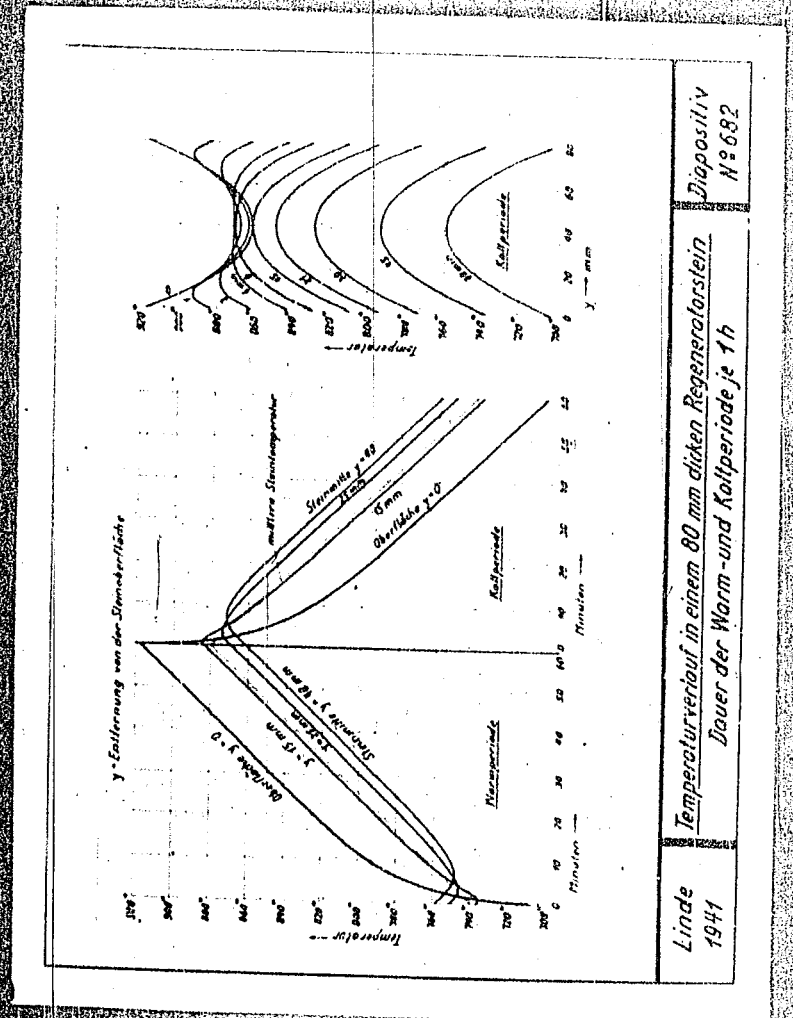
sitiv

Nr.

687



1941
 Diapo-
 sitiv
 Nr.
 682



Lösung für die Steinlempertur T

$$T = C + \left(\frac{\partial T_m}{\partial t}\right) \cdot t - \frac{1}{2a} \left(\frac{\partial T_m}{\partial t}\right) \cdot y(\sigma - y) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot e^{-b_n t} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{a}{b_n}} \cdot y\right)$$

Aus dem zeitlich linearen Verlauf von T folgt:

$$b_n = \left(\frac{\partial T_m}{\partial t}\right)^2 a$$

Eine entsprechende b_n mit T_m, B_n usw. gilt für die nächstfolgende Periode.

Aus der Umschaltbedingung ergeben sich die Werte von B_n und B_n' .

Temperaturverlauf nach der nullten Eigenfunktion:

$$T = T_m - \frac{\sigma a}{\lambda} (\sigma - T_0) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\sigma - T_0}{\sigma} \right) - \frac{1}{2} + \frac{T_0 T}{\sigma} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n\pi)^2} \frac{1 - e^{-\left(\frac{\partial T_m}{\partial t}\right)^2 a t}}{1 - e^{-\left(\frac{\partial T_m}{\partial t}\right)^2 a (\sigma - T)}} \right] e^{\cos(2n\pi \frac{y}{\sigma})}$$

Linde
1941

Die nullte Eigenfunktion (Grundschwingung)
eines Regenerators bei $WT = WT'$

Diapositiv
N° 683

00102

Diapo-

stiv

N°

683

00169

Diapo-

sitiv

Nr.

684

Annahmen:

1. Zeitlich linearer Temperaturverlauf
2. $T_m = T_m'$ für einander entsprechende Zeiten beider Perioden

Ergebnisse:

1. Parabolischer Temperaturverlauf im Steinguerschnitt.
2. Wärmedurchgangszahl k :
(Nach der Definition von Rummel: $Q = k \cdot F \cdot (T_1 - T_2) \cdot (S - S')_M$)
$$\frac{1}{k} = (T_1 - T_2) \left[\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{d}{\delta} + \frac{d'}{\delta'} \right) \right]$$

Tund T_1 = Dauer der Warm- und Kaltperiode
 α_{indat} = Wärmeübergangszahlen
 δ und δ' = Temperaturen der Gase
 $(\delta - \delta')_M$ = mittlere Temperaturdifferenz
 d = Dichte
 λ = Wärmeleitfähigkeit eines Regeneratorssteines

Linde
1941

Vereinfachte Theorie des Wärmeaustausches in
Regeneratoren.

Diapositiv
Nr. 684

0164

Diapo-

sitiv

Nr.

685

Differentialgleichungen:

Wärmeleitung im Stein: $\left(\frac{\partial^2 T}{\partial t^2}\right)_x = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right)_t$

Wärmeaustausch zwischen Gas und Stein:

$$\left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2}\right)_x = \frac{a}{W} (T_s - \vartheta) \quad ; \quad \left(\frac{\partial^2 T_s}{\partial t^2}\right)_x = \frac{2\alpha}{\rho c} (\vartheta - T_s)$$

Umschaltbedingung: $T = T'$ bei jedem Umschalten.

Lösungen = Eigenfunktionen mit den

Eigenwerten $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Nullte Eigenfunktion ($k=0$) = Grundschwingung

Höhere Eigenfunktionen ($k \geq 1$) = Oberschwingungen

Nullte Eigenfunktion bei WT-WT:

Linearer Temperaturverlauf in der Längsrichtung:

$$\left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2}\right)_x = \left(\frac{\partial^2 T_s}{\partial t^2}\right)_x = \text{const.}$$

Nach den Differentialgleichungen:

$$\left(\frac{\partial T_s}{\partial t}\right)_x = \text{const.}$$

das heißt: zeitlich linearer Verlauf von T_s .

Ferner für einander entsprechende Zeiten beider

Perioden: $T_m = T'_m$.

Linde
1941

Diapositiv
Nr. 685

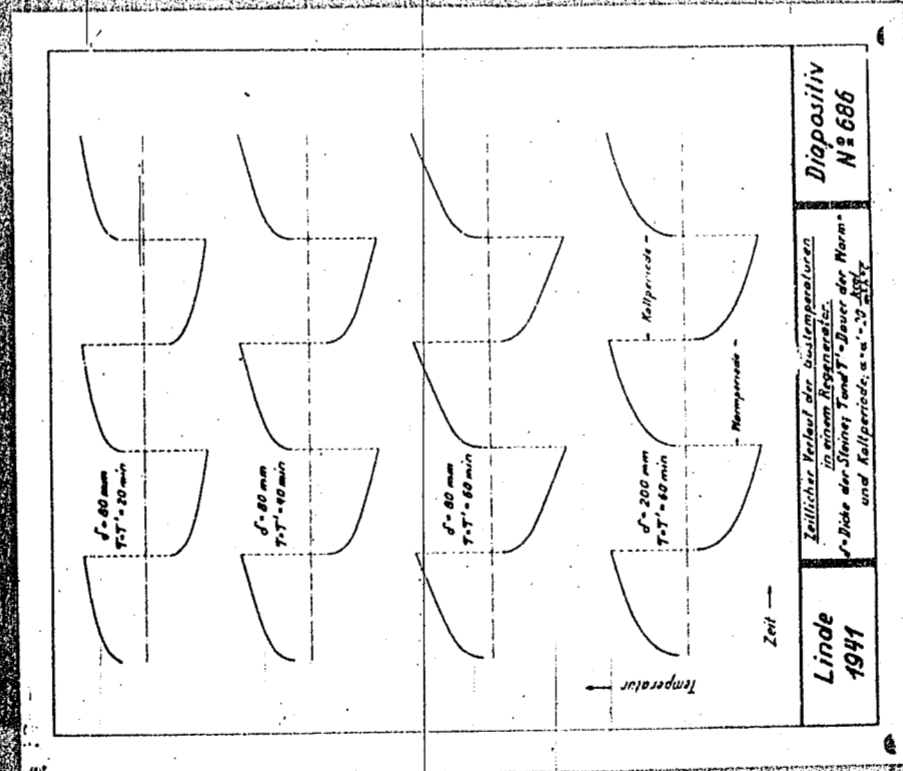
00165

Diapo

SWISS

Nr.

686



00166

Diapo-

sitiv

Nr.

687

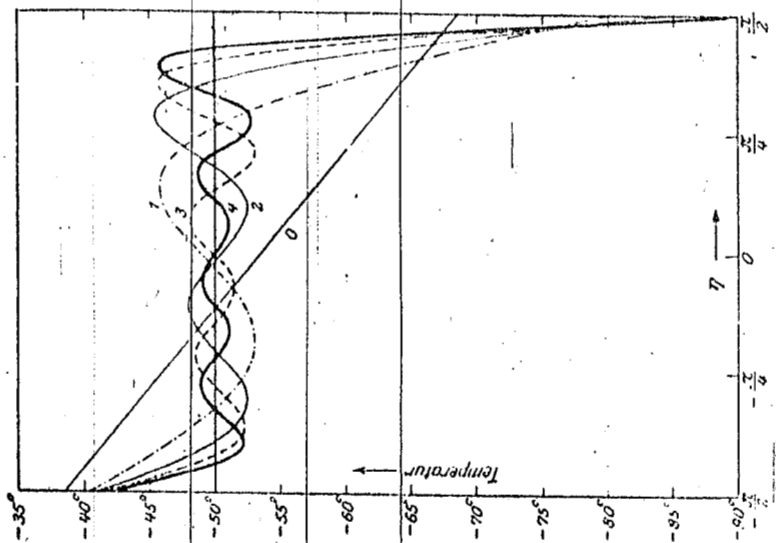


Abb. 9. Oszillierende Annäherung an die konstante Eintrittstemperatur $\Theta_0 = -50^\circ$.

167

Diapo-

sitiv

Nr.

688

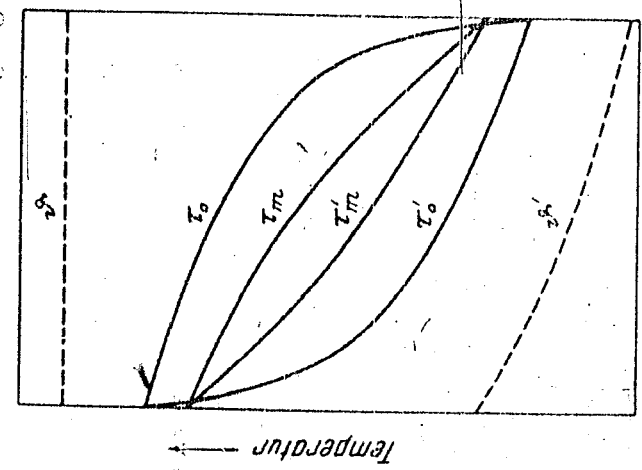


Bild 15.
Zeitlicher Temperaturverlauf
am warmen Ende des
Winderhitzers.

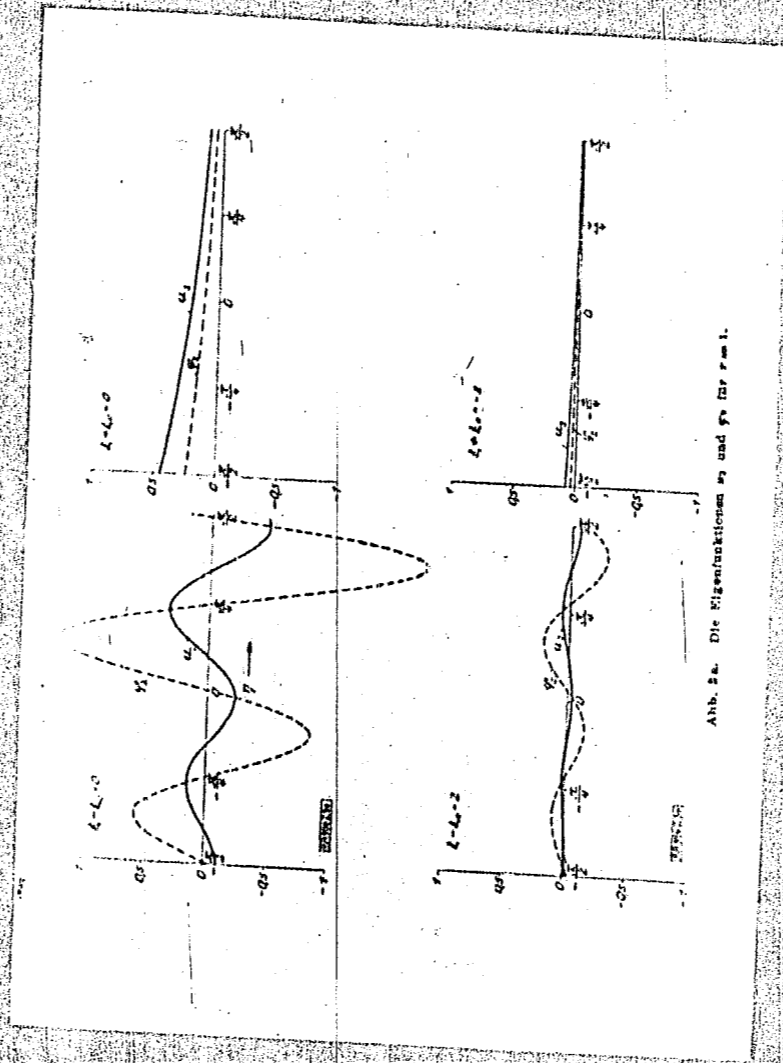
00168

Diapo-

sitiv

Mr

689



69169

Diapo-

stiv

Nr.

690

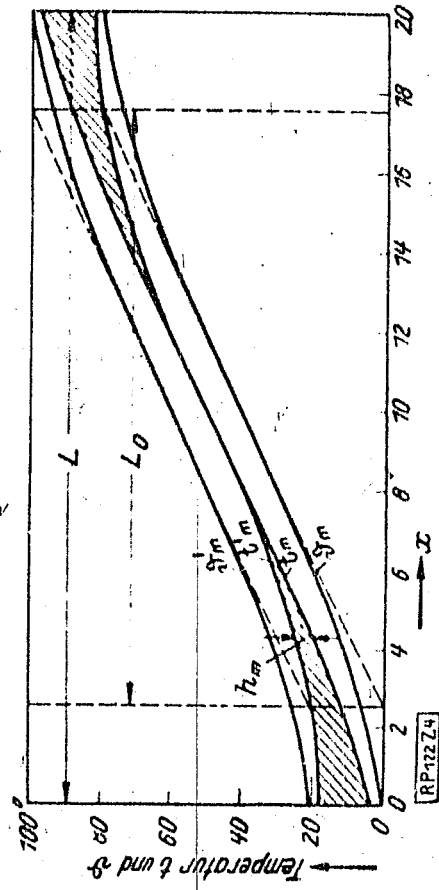


Abb. 4. Temperaturverlauf im Regenerator bei endlicher und unendlich kurzer Periodendauer

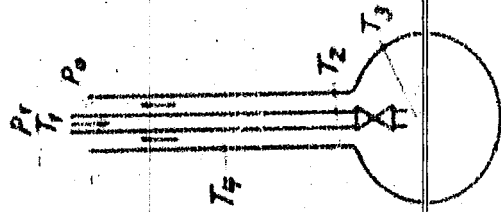
00170

Diapo-

sitiv

Nr.

737



$$\begin{aligned}c_p (T_1 - T_2) &= c_p (T_4 - T_3) \\T_1 - T_4 &= 0 (p_1 - p_0) / T_1^2 = J \\T_4 - T_3 &= T_1 - T_2 - J; T_1 - T_2 = dT \\c_p \cdot dT &= c_p (dT - dJ) \\c_p &= c_p \left(1 - \frac{dJ}{dT}\right)\end{aligned}$$

1042

Linde'sche Formel für die spez.
Wärme der Luft

W. Meißner

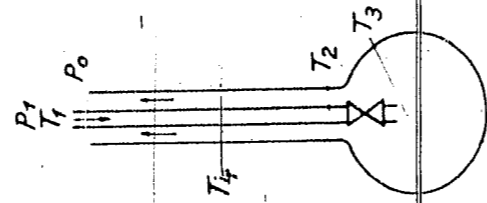
00170

Diapo-

sitiv

Nr.

737



$$c_p (T_1 - T_2) = c_p (T_4 - T_3)$$

$$T_1 - T_4 = a(p_1 - p_0) / T_1^2 = j$$

$$T_4 - T_3 = T_1 - T_2 - j; T_1 - T_2 = dT$$

$$c_p \cdot dT = c_p \cdot (dT - dj)$$

$$c_p = c_p \cdot \left(1 - \frac{dj}{dT}\right)$$

1042

Linde'sche Formel für die spez.
Wärme der Luft

W. Meißner

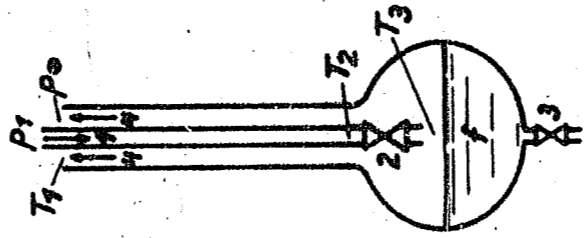
00171

Diapo-

sitiv

Nr.

738



1942

Linde'sche
Luftverflüssigungsmethode

W. Meißner

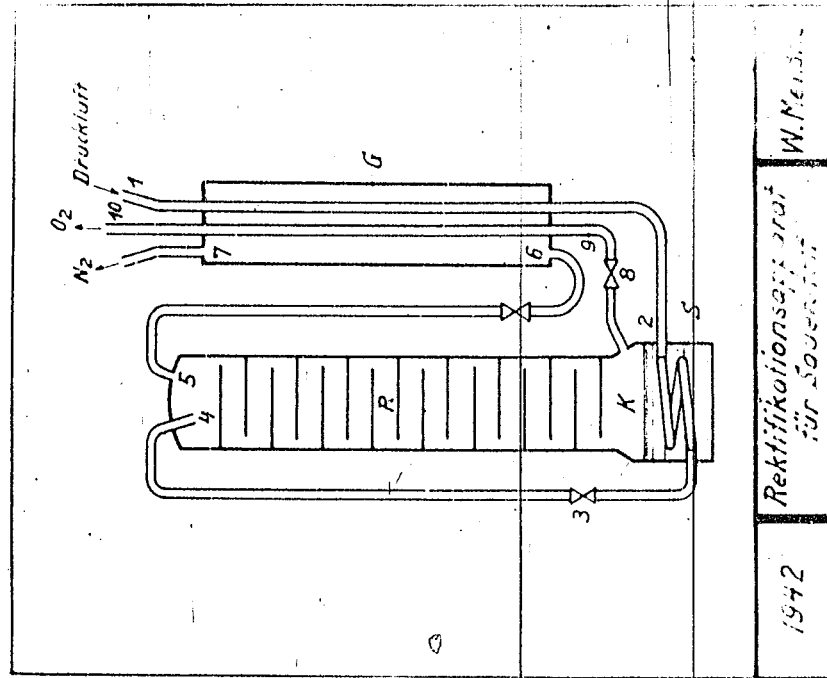
CO172

Diapo-

sitiv

Nr.

739



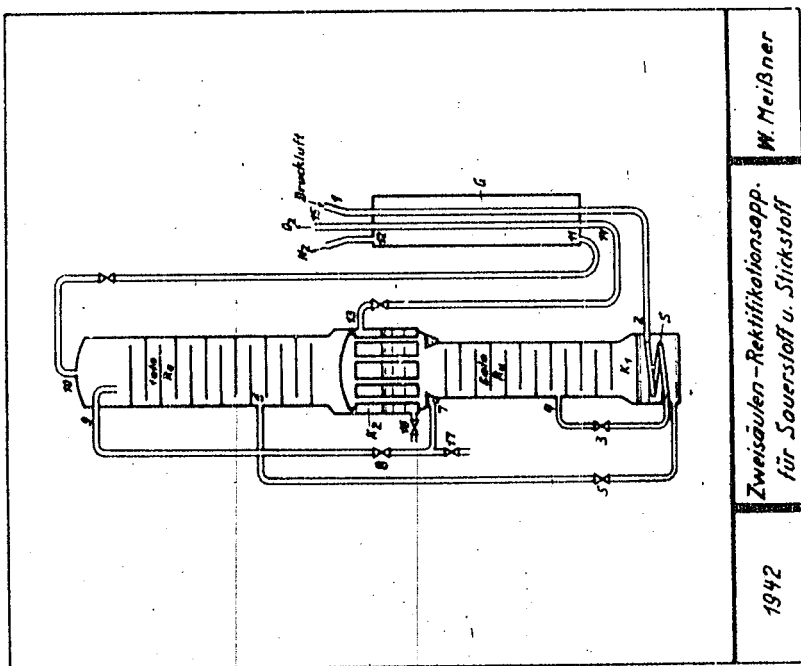
00173

Diapo-

sitiv

Nr.

740



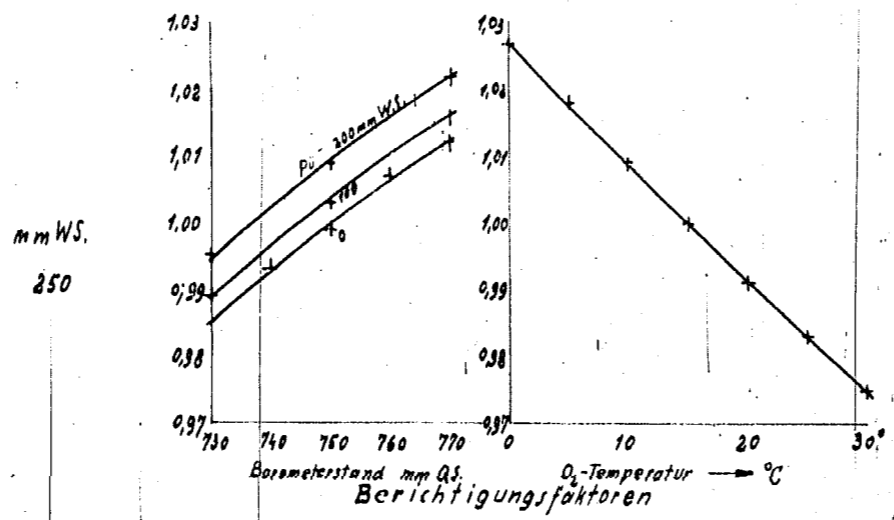
1942

Zweispalten-Rektifikationsapp.
für Sauerstoff u. Stickstoff
W. Meißner

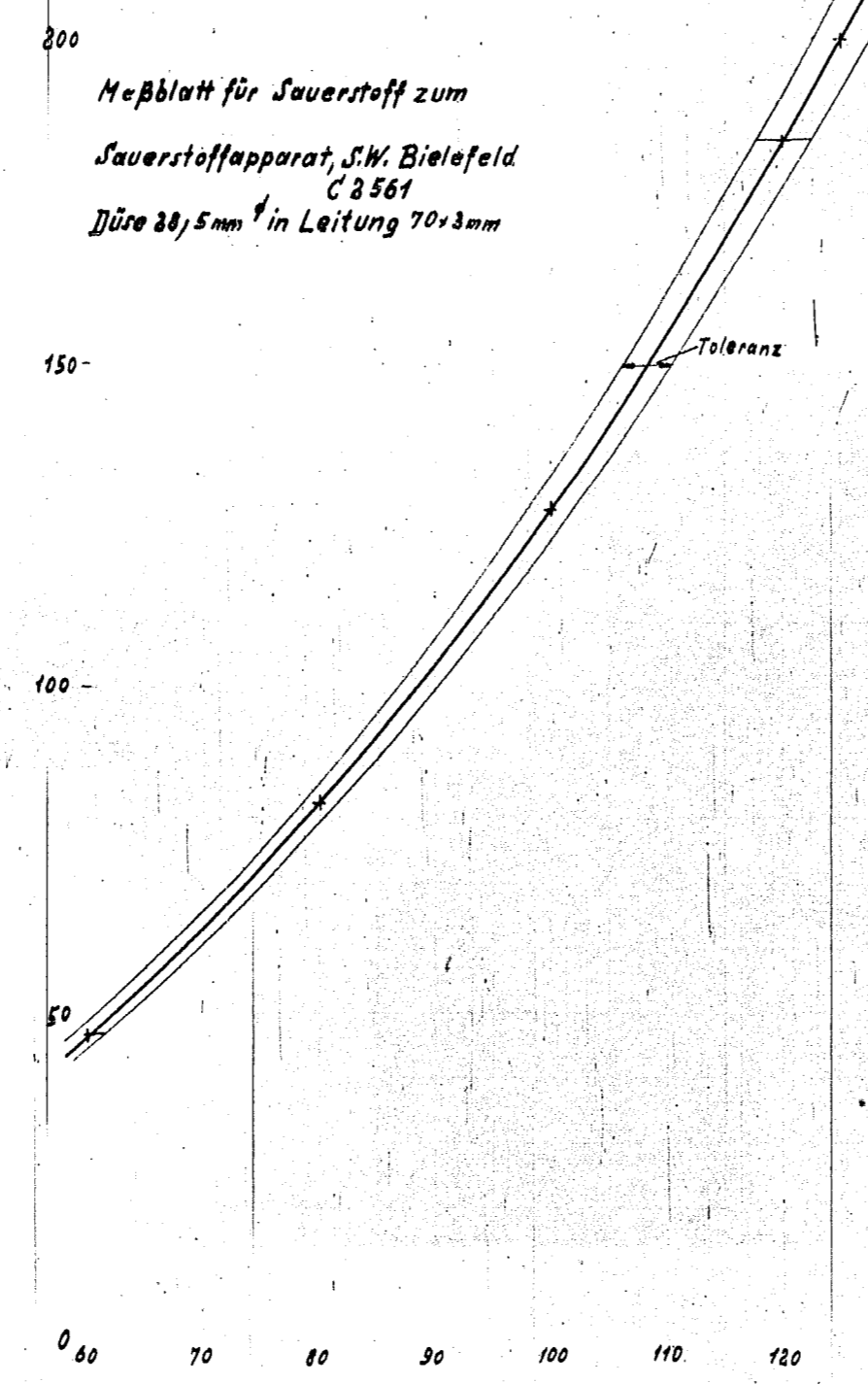
00174

(II)

COLLECTION OF DIAGRAMS



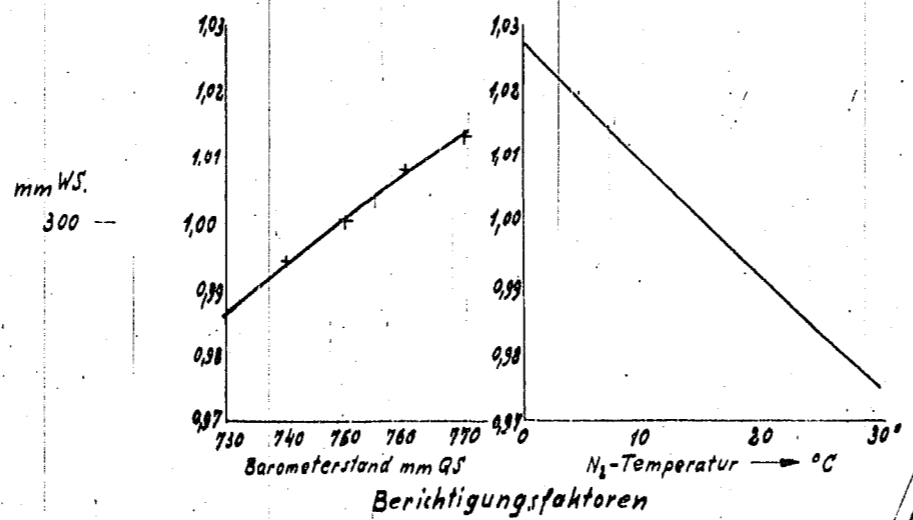
00175
W 1313



26.446 Km

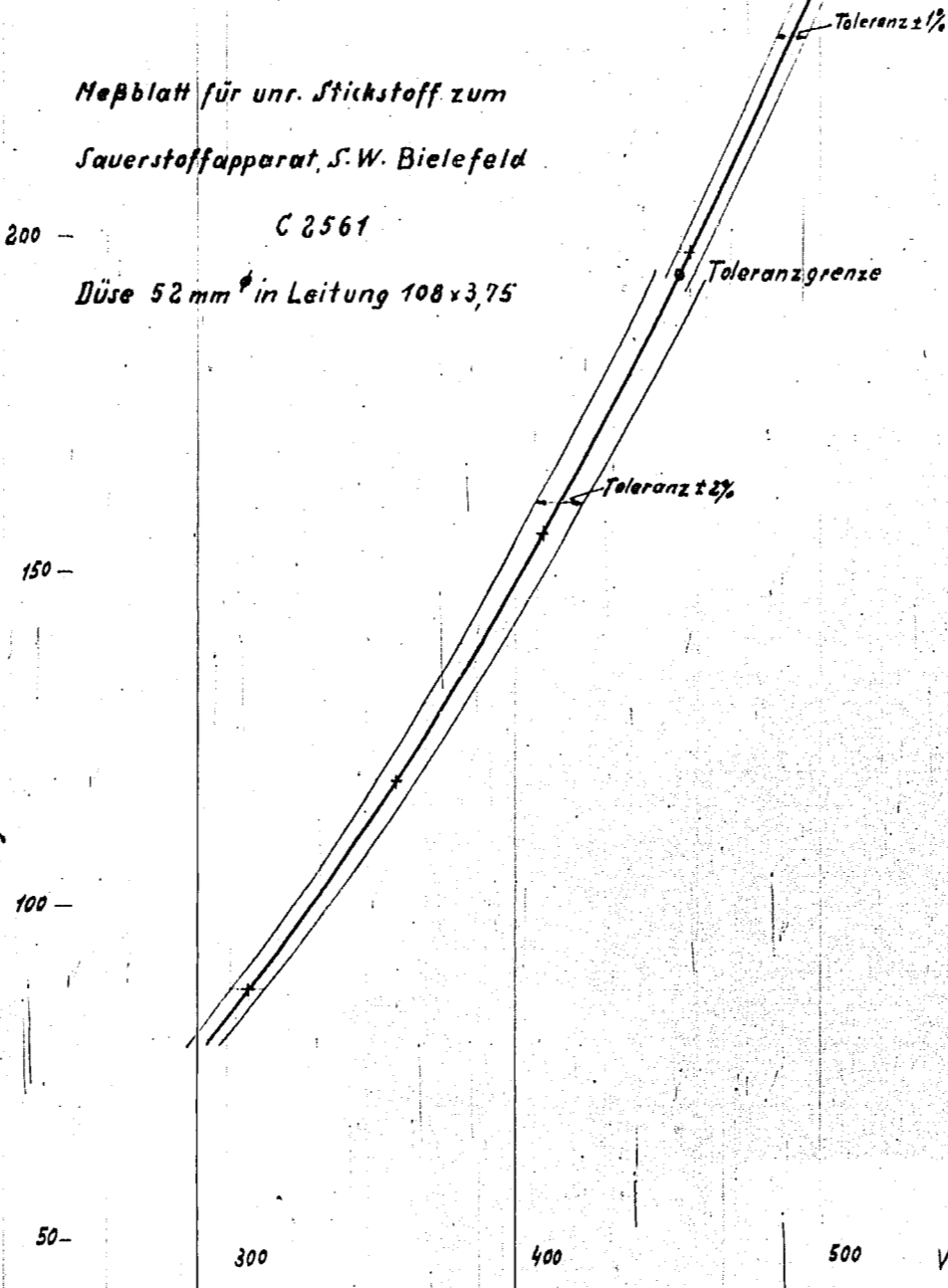
140 $\frac{\text{mm}^3}{\text{h}}$ (gem. b. 735 mm Q.S.)

00176
W 1312



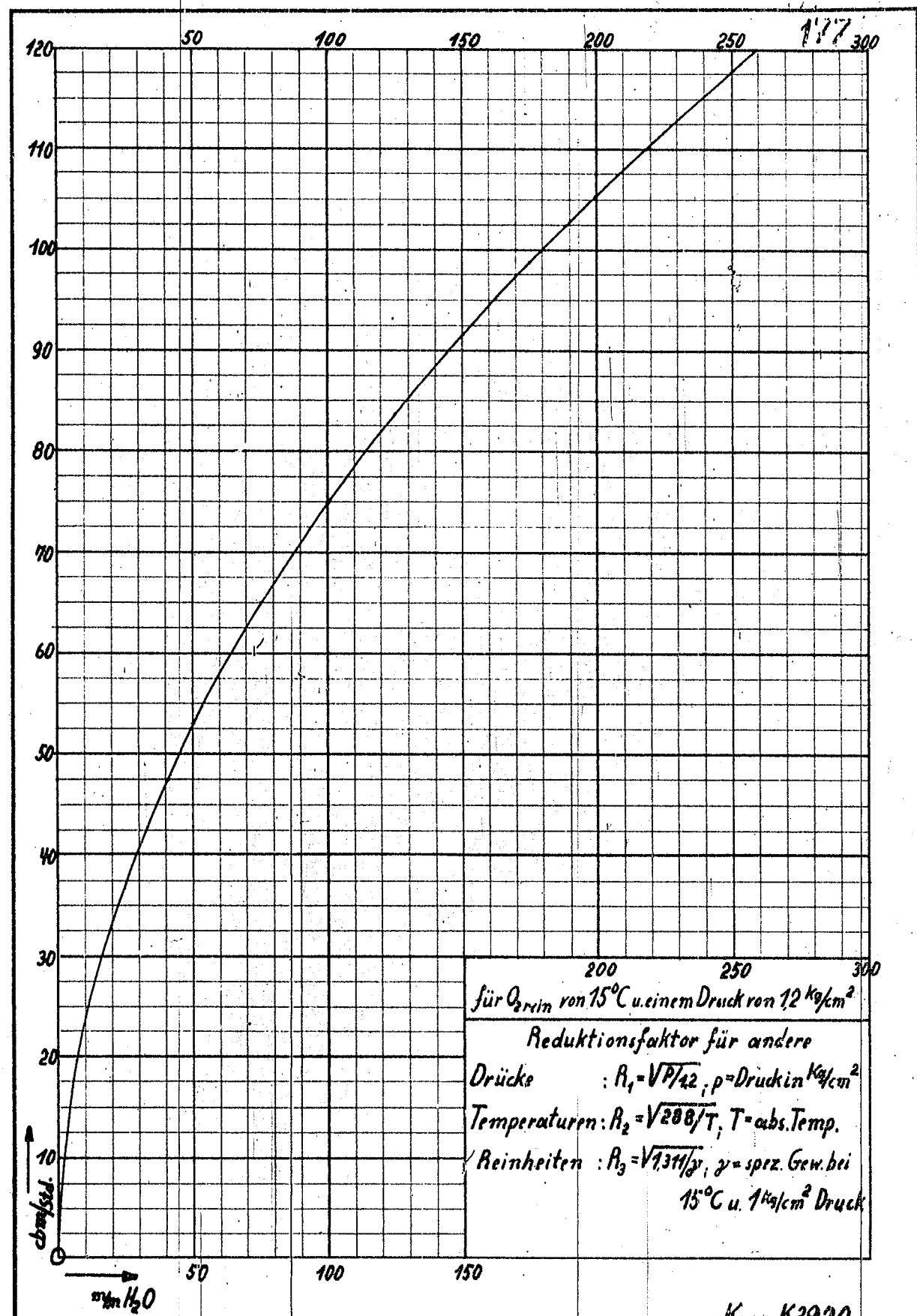
Meßblatt für unr. Stickstoff zum
Sauerstoffapparat, S.W. Bielefeld

C 2561
Düse 52 mm ϕ in Leitung 108 x 3,75



26.4.46 Km

V \rightarrow $\frac{mm^3}{l}$ 6.715 $\frac{mm^3}{l}$ 600



Kom: K3920



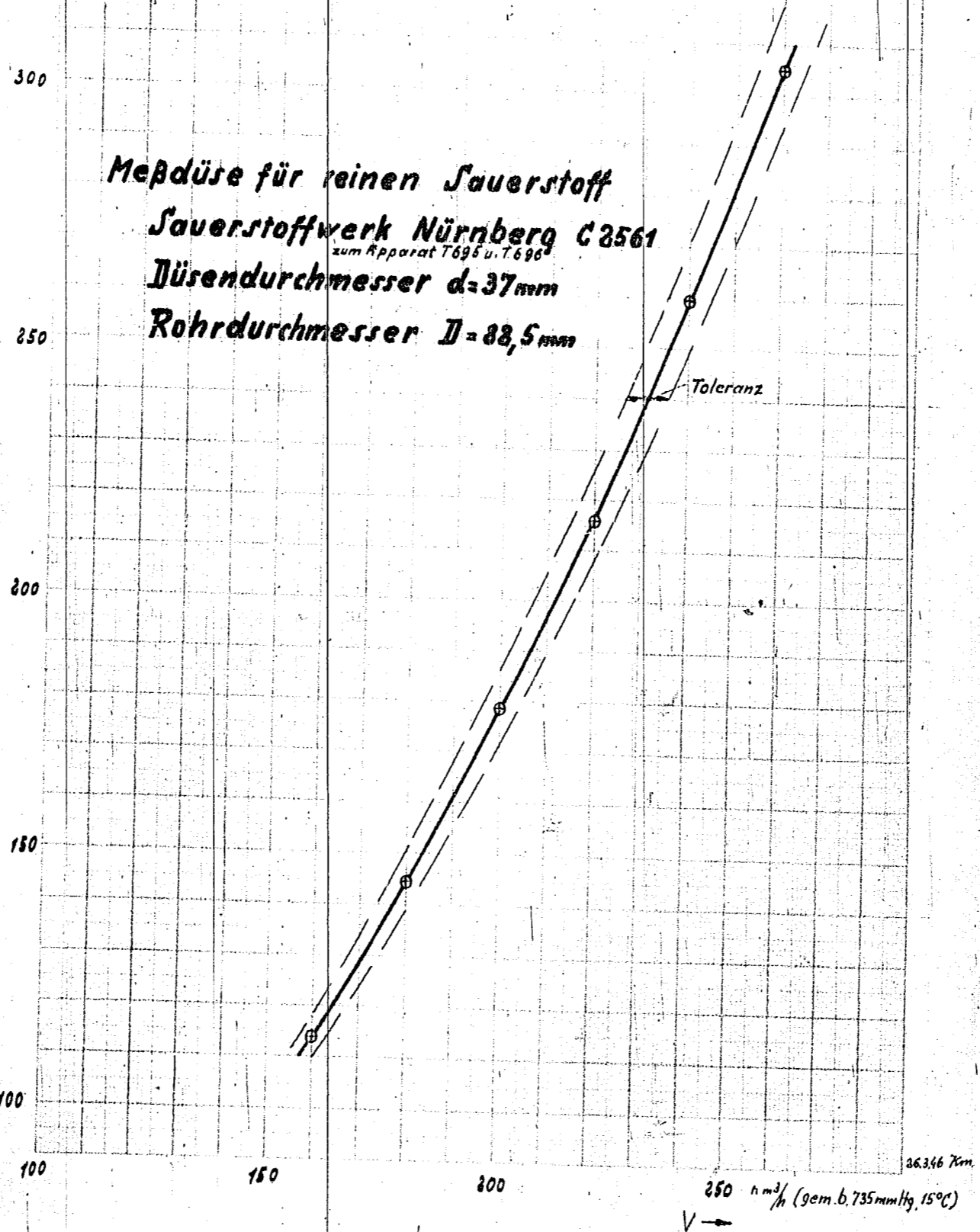
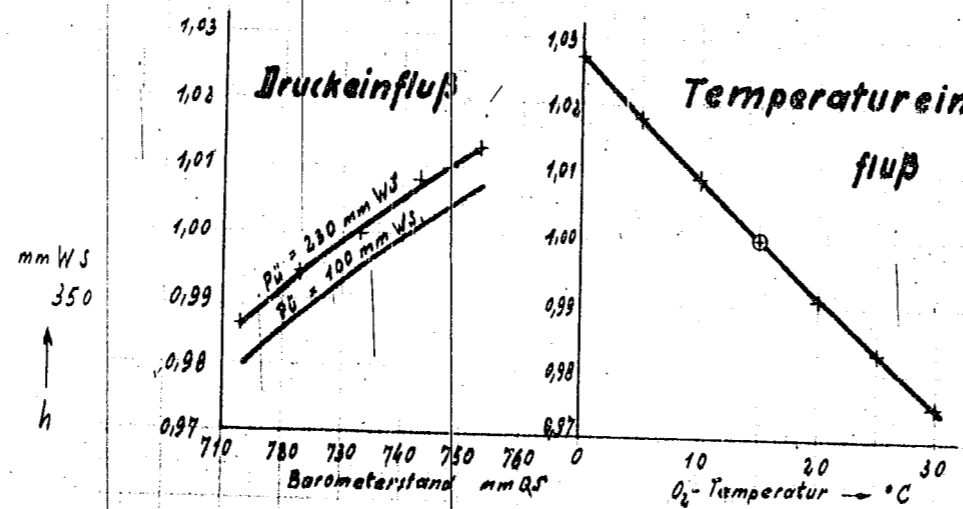
Datum	Name	Genehmigt
Gezeichnet	B. v. Bs	
Geprüft		
Normgepr.		
Fach	Gruppe	Reg.

Kurve zur Mengenummessung von Q_{rein} W4311
 für genormte Düse 25°il in nachtl. Rohr $57 \times 2,75$

Auftrags-Nr.

178

W 1310



179

W 1307

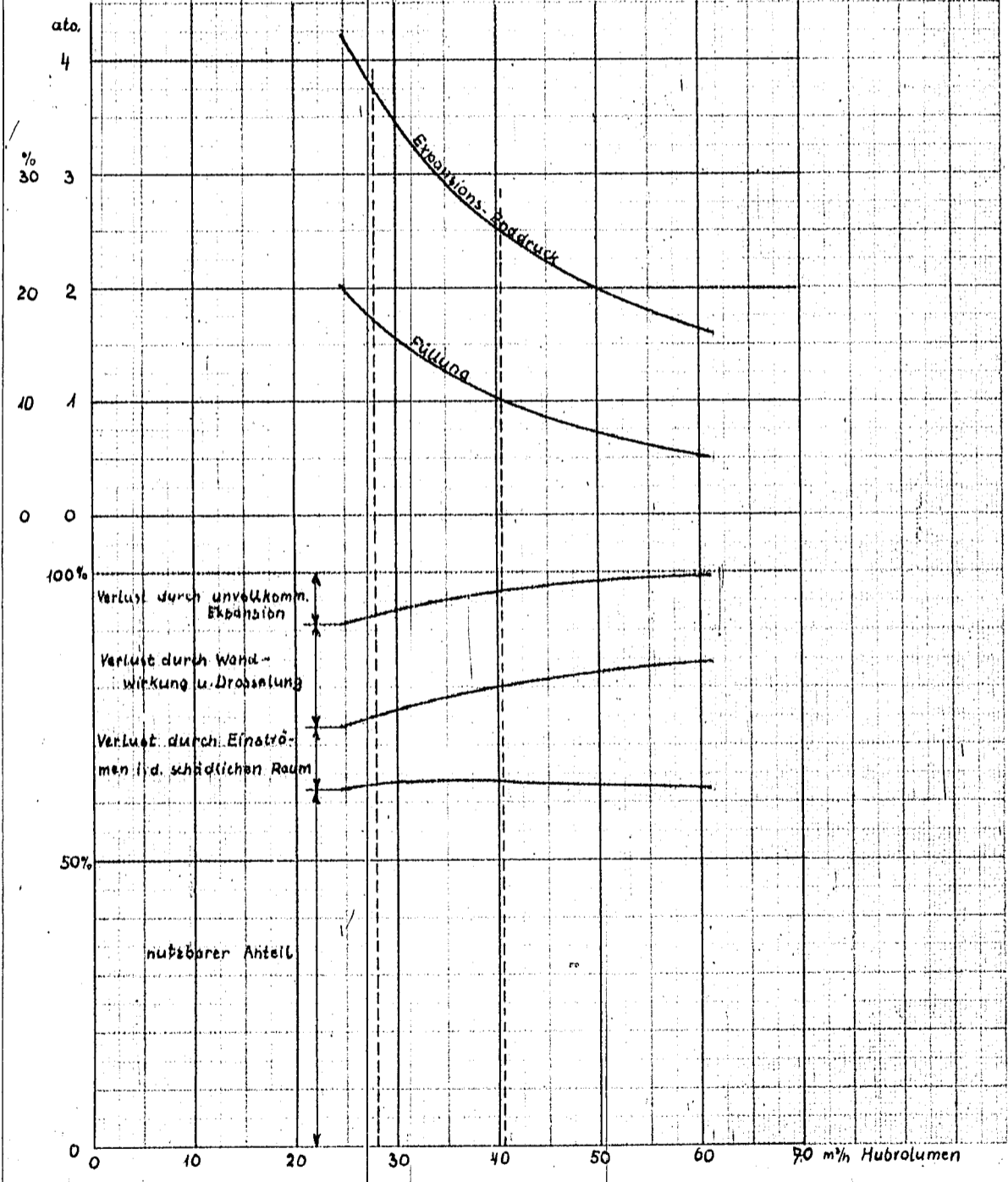
Mitteldruck-Entspannungsmaschine

Abhängigkeit des Expansionsenddruckes, der Füllung und der Verluste vom Hubvolumen bei unveränderlichem Luftdurchsatz.

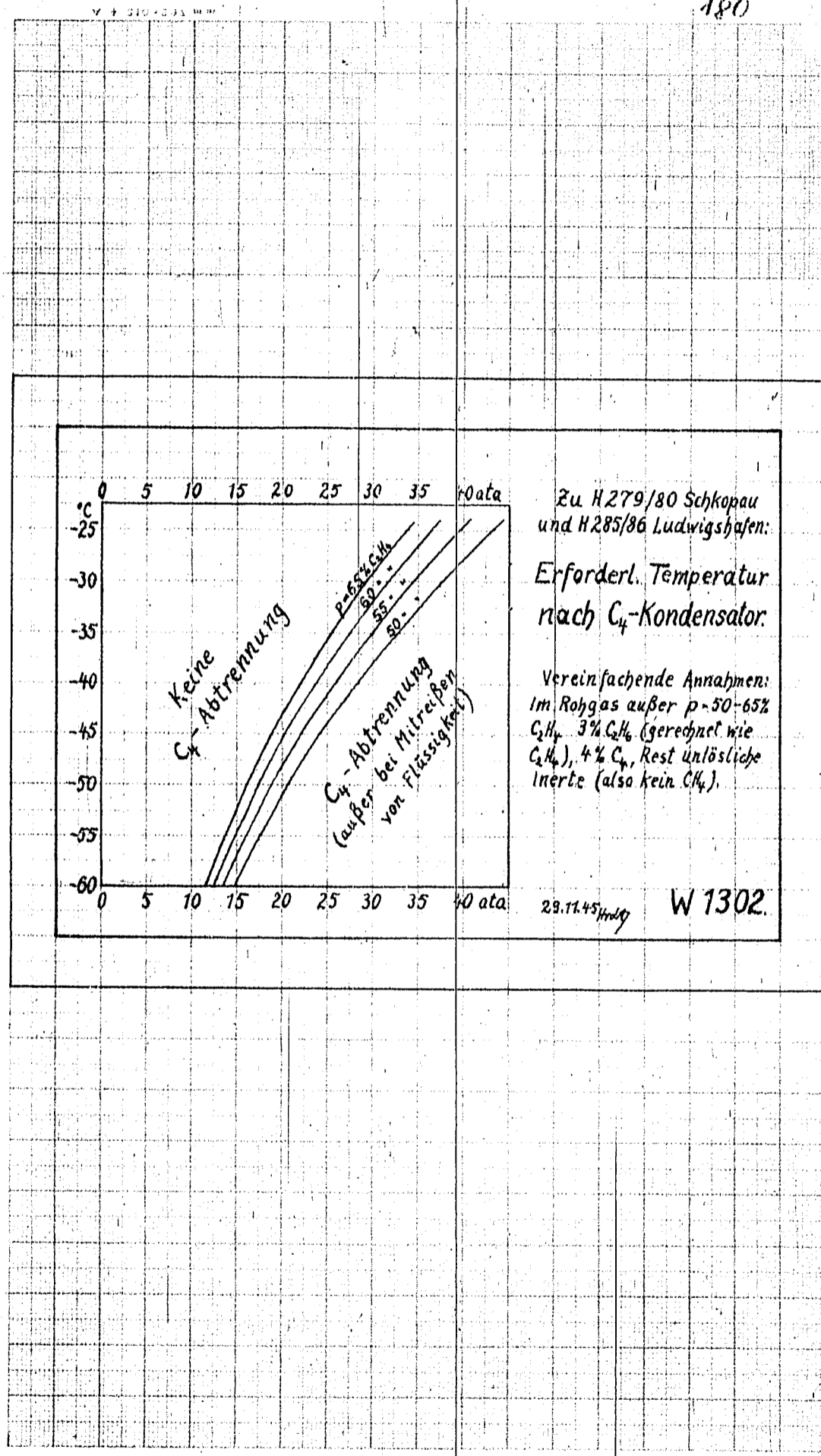
Luftmenge 220 Nm³/h Schäd. Raum zu 8% des Hubvolumens

$p_1 = 20 \text{ atü}$ $t_1 = 100^\circ$ angenommen.

$p_2 = 0,3 \text{ atü}$

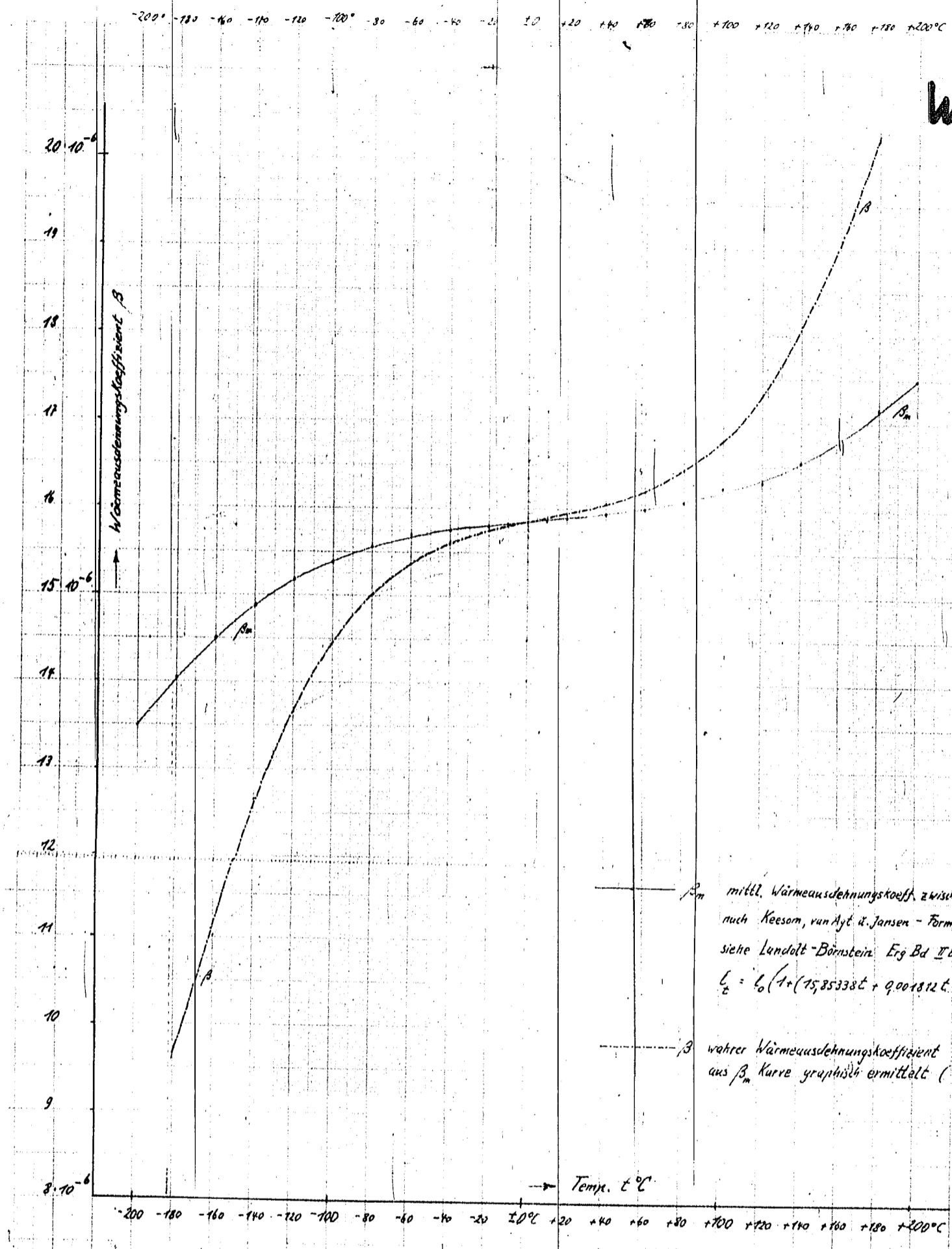


180



W. 1302

W 7307



β_m mittl. Wärmeausdehnungskoeff. zwischen 0° u. $t^\circ\text{C}$
 nach Keesom, von Ayt. u. Jansen - Formel
 siehe Landolt-Börnstein Erg. Bd. II b. 7. 1957

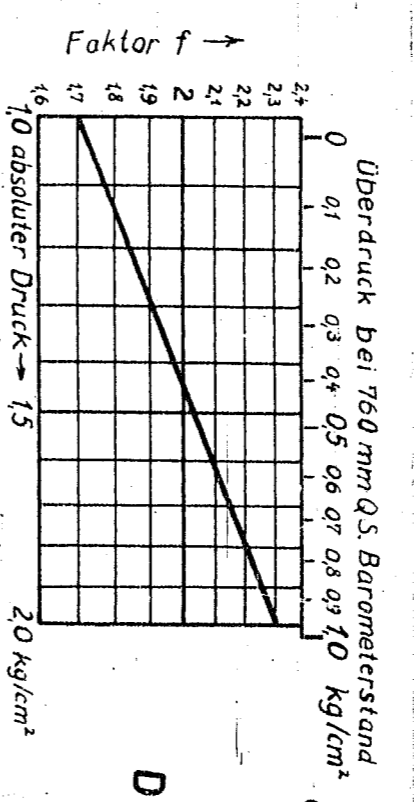
$$\beta_t = \beta_0 \left(1 + (75,85338t + 9,001812t^2 - 9,000003698t^3 + 9,000000266t^4) \cdot 10^{-6} \right)$$

 β wahrer Wärmeausdehnungskoeffizient bei $t^\circ\text{C}$
 aus β_m Kurve graphisch ermittelt (Tangentenverfahren)

Verlauf des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten β von Cu von -200° bis $+200^\circ\text{C}$

Bemerkung: Die Kurven wurden aufgezichnet
 um eine Vergleichsbasis zu erhalten
 für unsere eigenen Versuche in Schichten
 bei tiefen Temp mit 72 versch. Baustoffen
 Je 6. II. 45

182

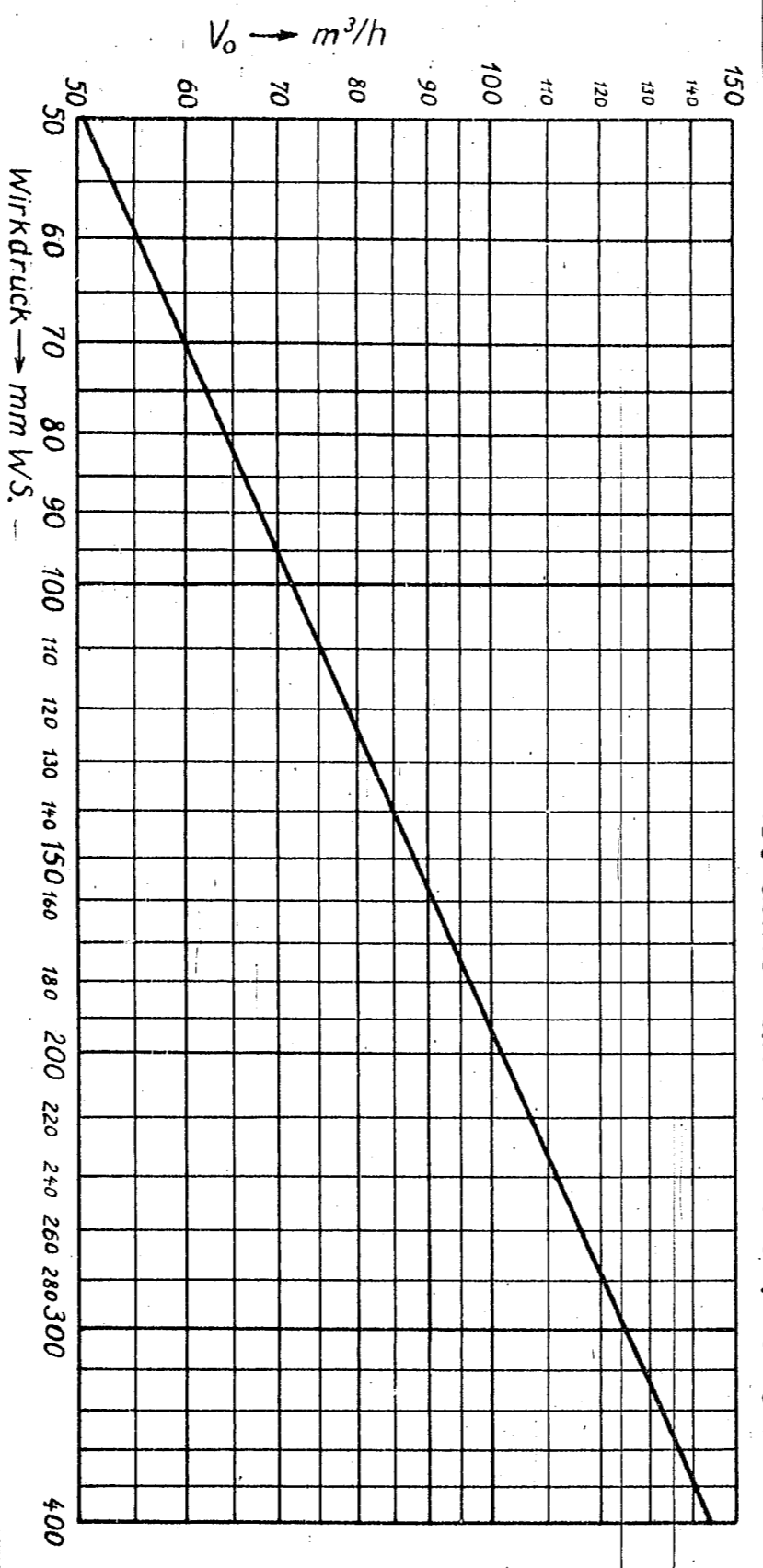


Düsenmessung für Sauerstoff W1300
 aus der Argonsäule von App. T.362 Herrenhauser.

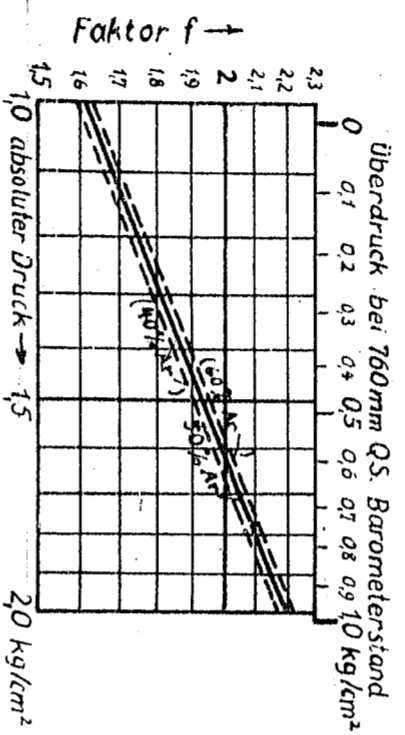
Düsensdurchmesser = 25 mm;
 Düse unmittelbar hinter der Ar-Säule eingebaut.

Durchfluß: $V = V_0 \cdot f$ [m³/h].

Zur Beachtung: Die Düse ist keine Normdüse und nicht geeicht. Das Meßergebnis ist daher um mehrere % unsicher.



16.10.45Z

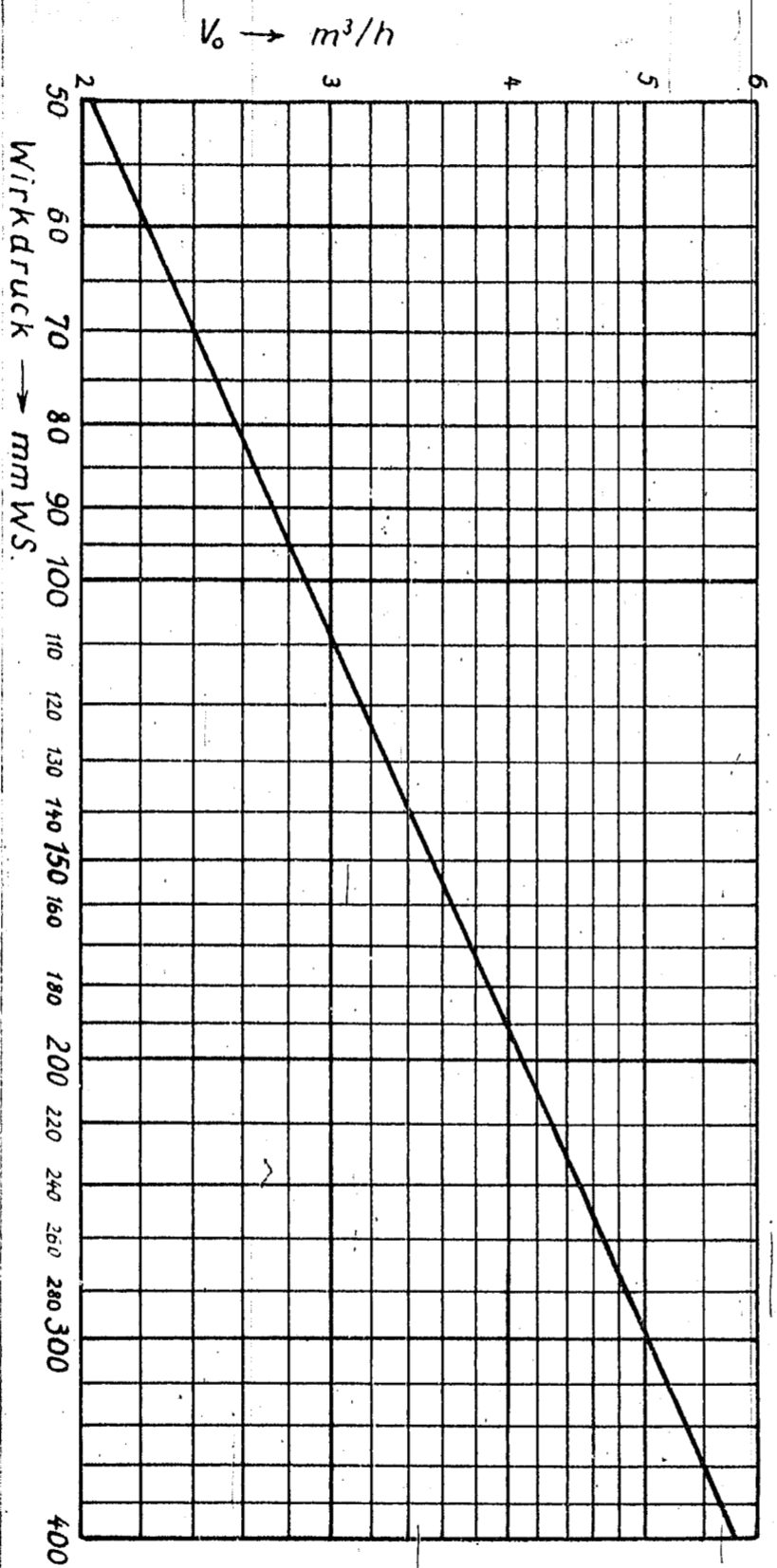


Düsenmessung für Rohargon W 1299 zum Apparat T 362 Herrenhausen.

Düsendurchmesser = 5 mm;
Düse unmittelbar hinter der Ar-Säule eingebaut.

Durchfluß: $V = V_0 \cdot f$ [mm³/h].

Zur Beachtung: Die Düse ist keine Norm-
düse und nicht geeicht. Das Meßergebnis
ist daher um mehrere % unsicher.



184

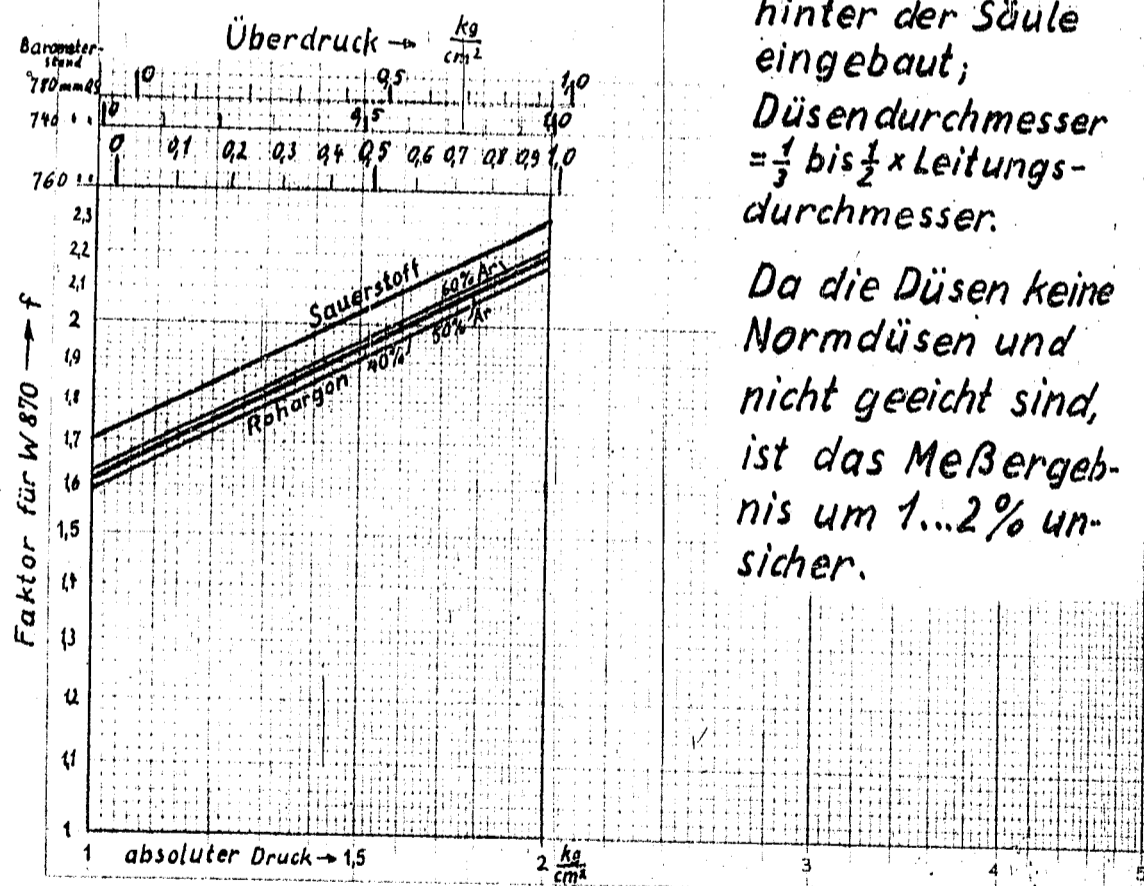
Düsenmessung für O₂ und Rohargon

zum Apparat T362 Herrenhausen.

Durchfluß: $V = \phi \cdot f$

ϕ nach W 870,
f siehe unten.

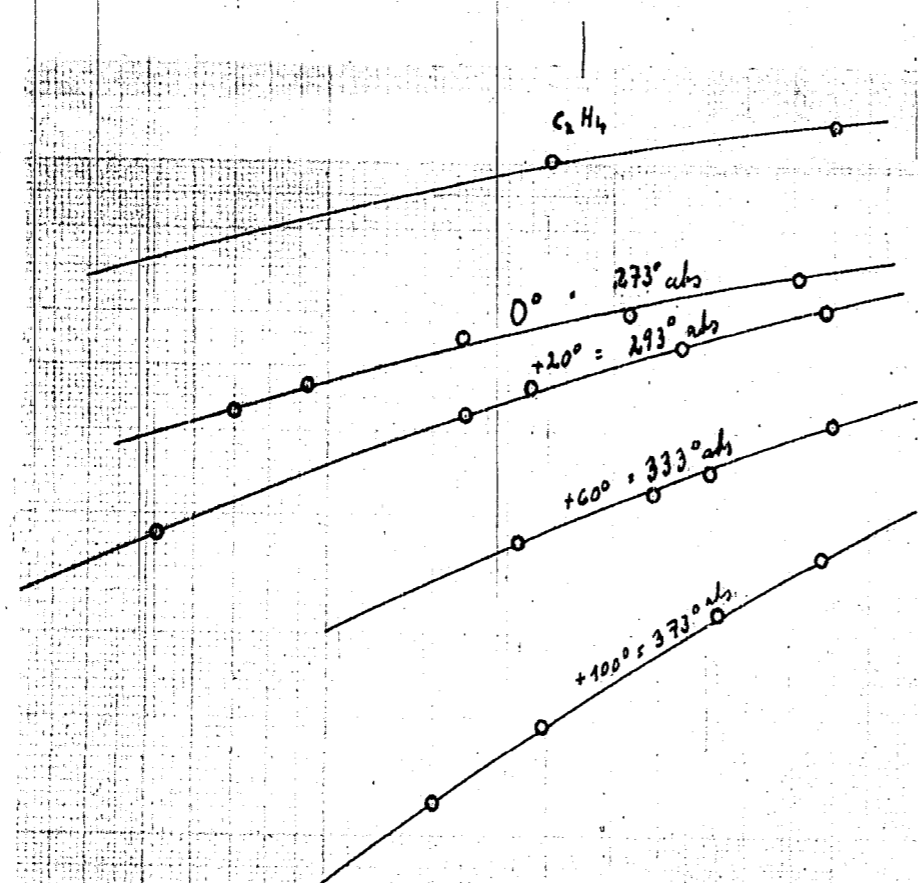
W 1298



Voraussetzungen:

Düsen unmittelbar
hinter der Säule
eingebaut;
Düsensdiameter
= $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ x Leitungs-
diameter.

Da die Düsen keine
Normdüsen und
nicht geeicht sind,
ist das Meßergeb-
nis um 1...2% un-
sicher.



Absorption von
 C_2H_4 an Holzkohle
 (mit Tables Vol. III. 7. 251. (Himpfpreis))

W 1297

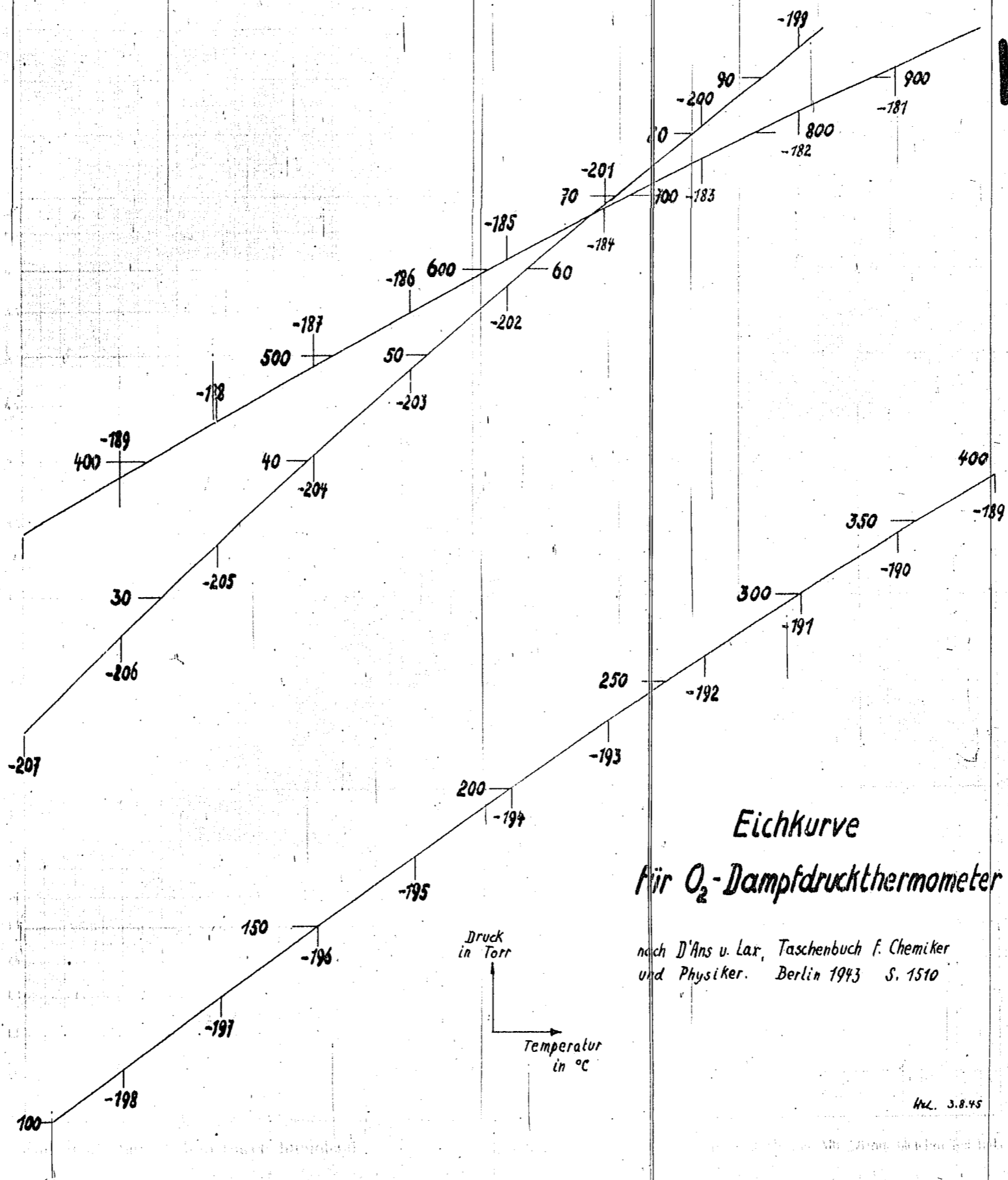
100 \rightarrow mm Hg
 Druck

1000

Druck \rightarrow mm Hg

1.85
 100
 \uparrow
 cm^3/g
 50
 30
 20
 10

W 1296



Eichkurve
für O₂-Dampfdruckthermometer

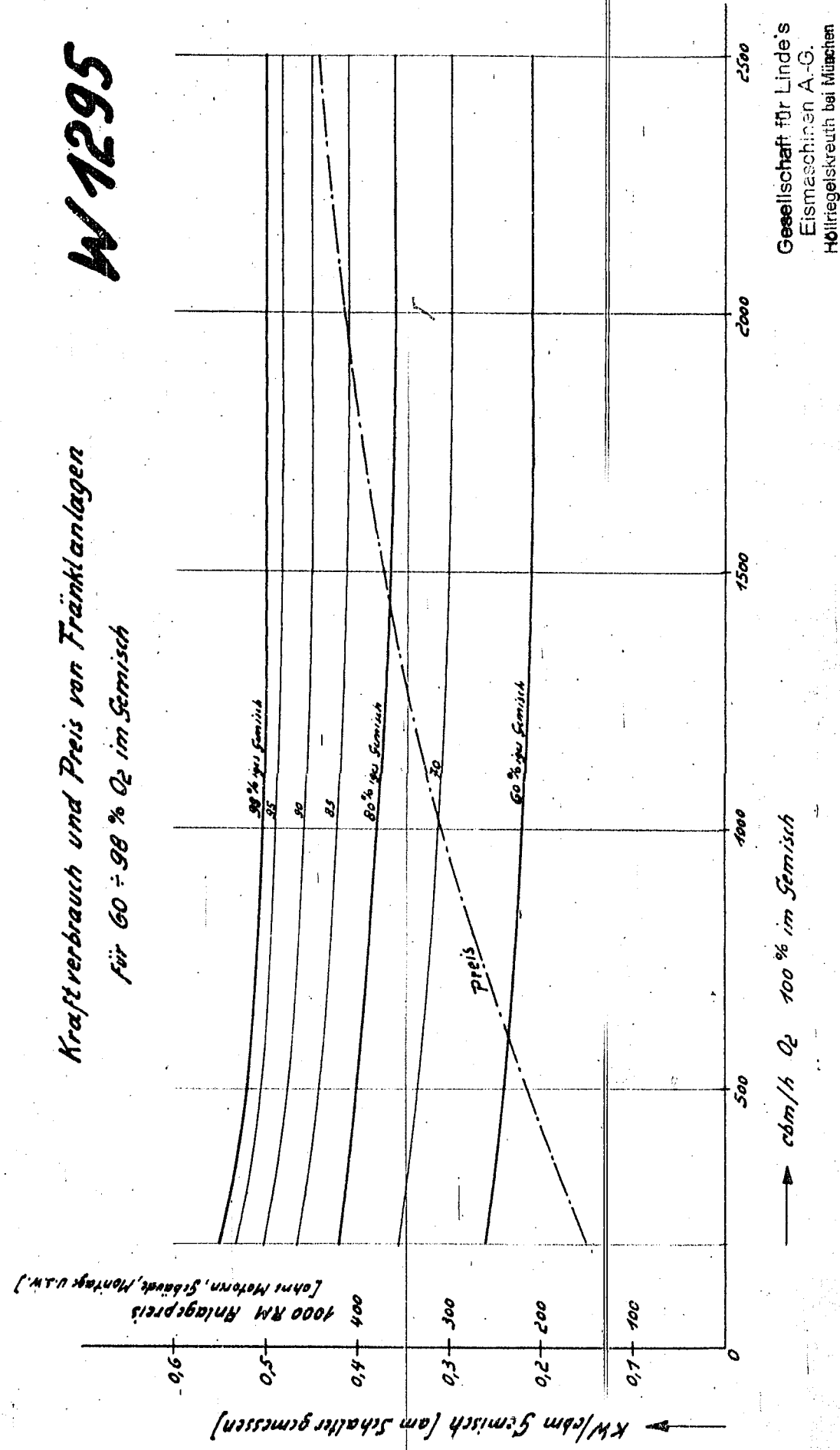
nach D'Ans u. Lax, Taschenbuch f. Chemiker
und Physiker. Berlin 1943 S. 1510

Nr. 3.8.95

157

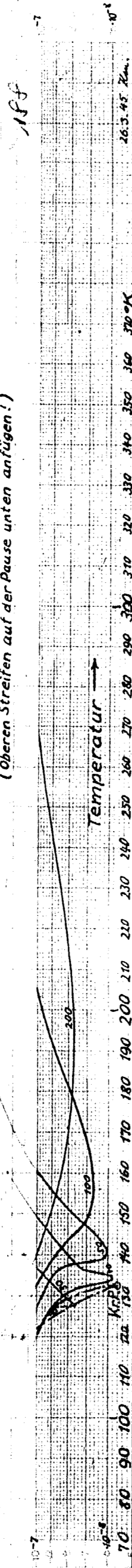
*Kraftverbrauch und Preis von Fränkulanlagen
für 60 ÷ 98 % O₂ im Gemisch*

W 1295



Gesellschaft für Linde's
Eismaschinen A.-G.
Höllriegelskreuth bei München

(Obere Streifen auf der Pause unten anfügen!)



Kinematische Zähigkeit $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ von Luft.

(Dynamische Zähigkeit η nach W1277, Blatt 3)

0,5

$\rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

2

5

$10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

20

30

50

40

$100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

200

$\nu \frac{\text{s}}{\text{m}^2}$

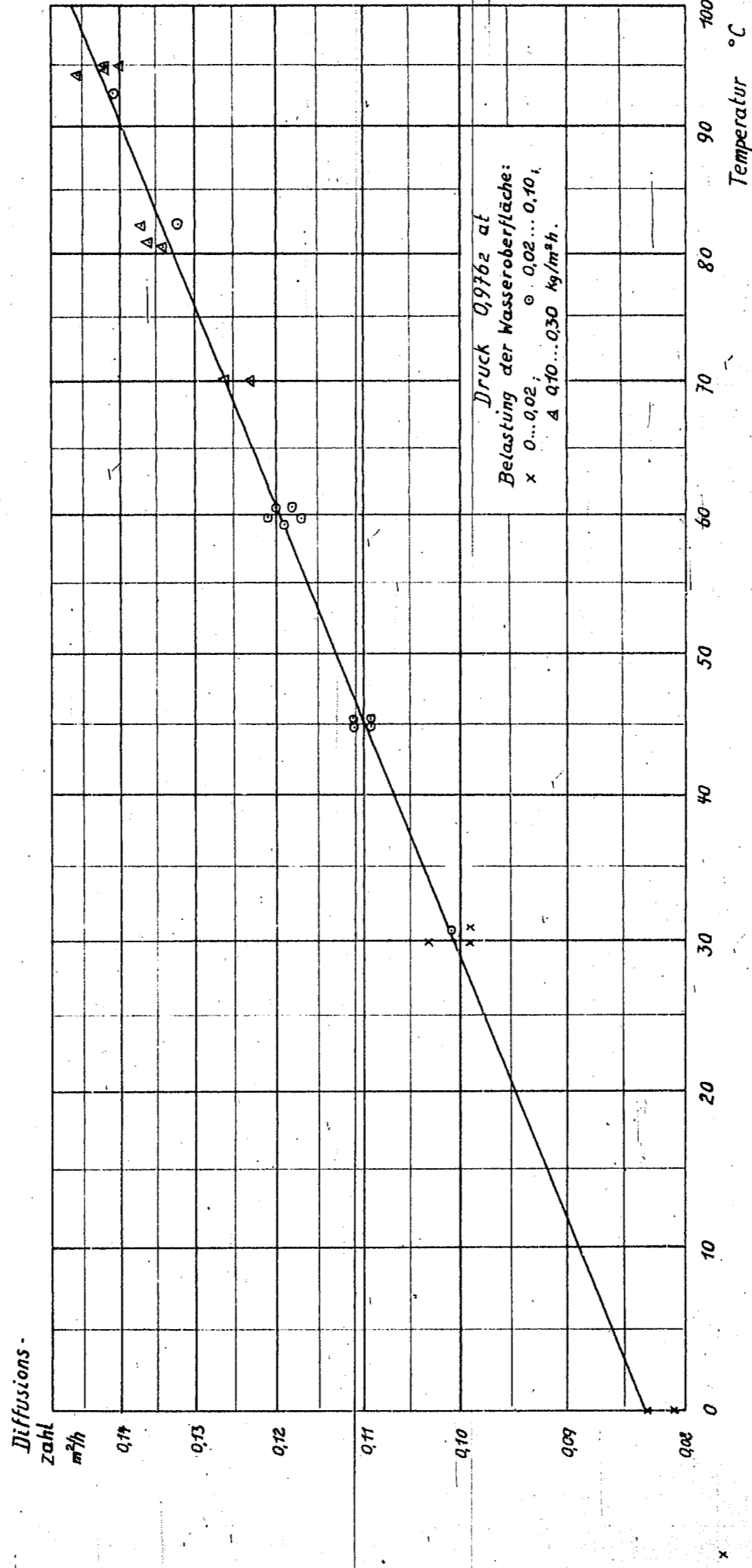
Dampf-Grenzkurve

Flüssigkeits-Grenzkurve

189

Diffusionszahl von Wasserdampf-Luft-Gemischen W 1293

nach R. Schirmer, Verfahrenstechn. 1938 S. 170.

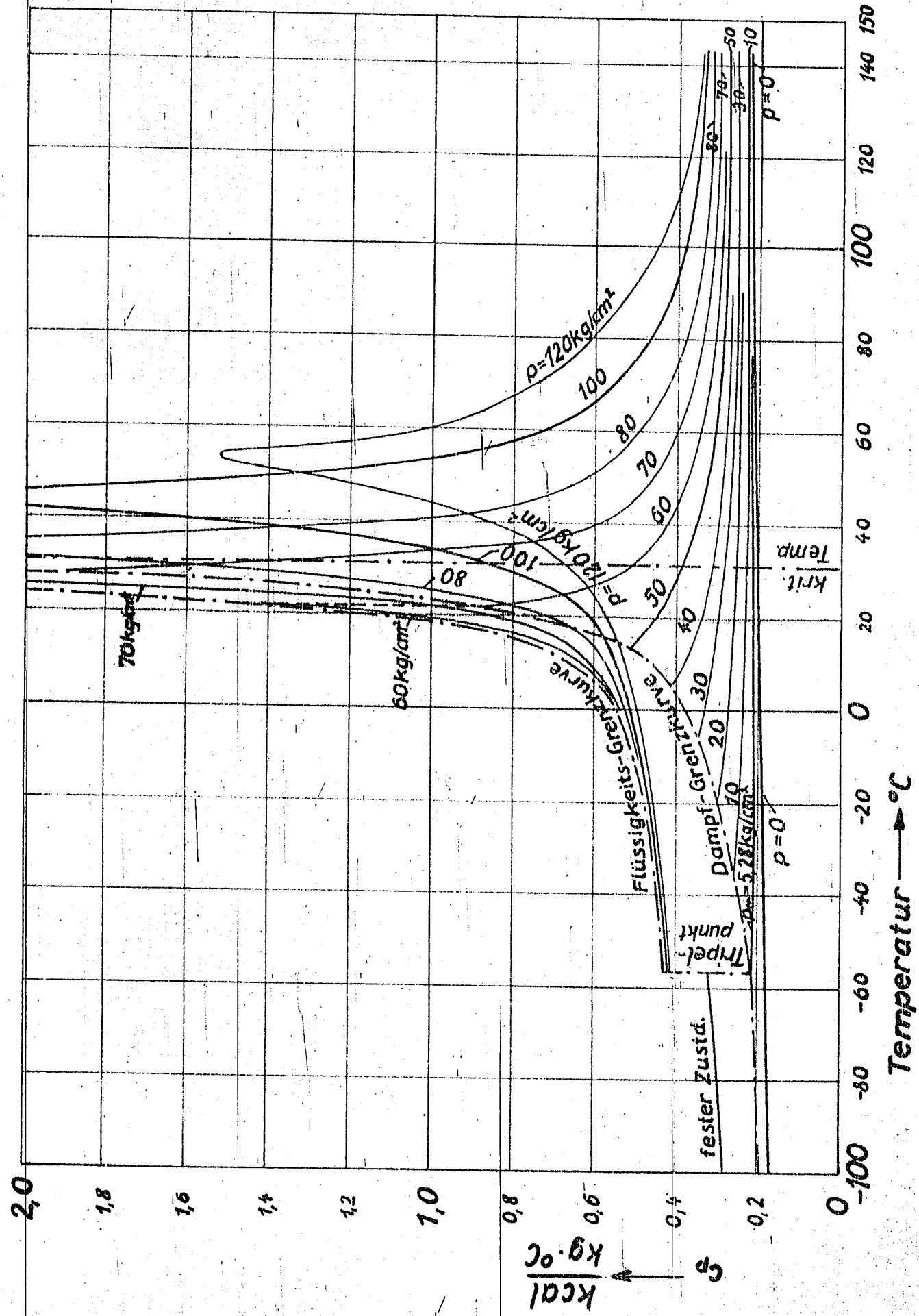


WA 203 95

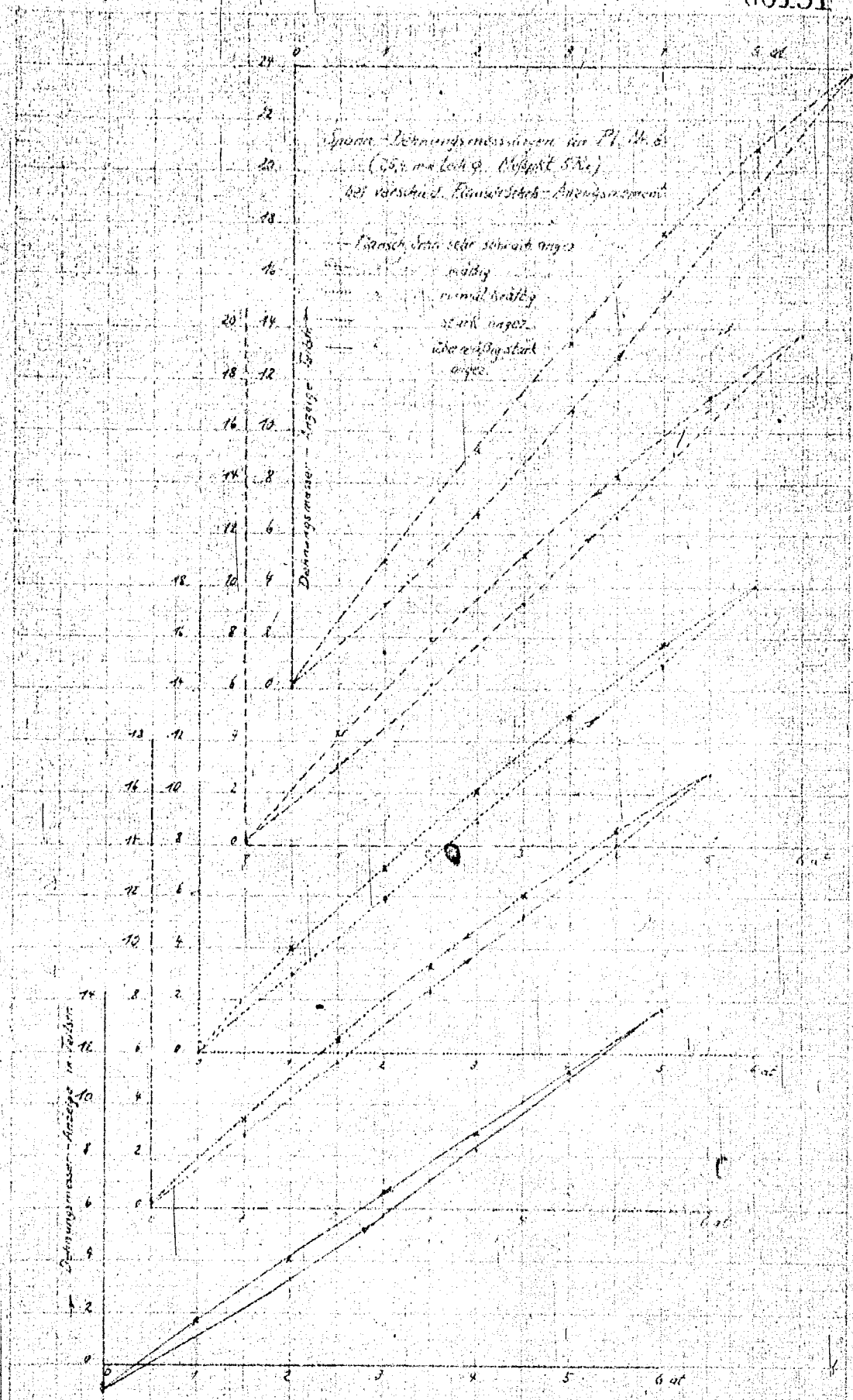
11

Spezifische Wärme c_p von Kohlensäure, W1292

errechnet aus den Zustandsdiagrammen von Plank u. Kuprianoff
unter Berücksichtigung der Messungen von Eucken u. Hauck im festen und flüssigen Zustand.



00191



W 1297 1/4