

Leuna Werke, den 14. Dezember 1940Sab./Sah.

8

Zur Frage des Dampfverbrauchs der Druckkonvertierung.

<u>Zusammenfassung</u>	<u>Seite 1</u>
<u>Darstellung des Kontaktwasserstoffs in Diagrammen</u>	<u>Seite 2-4</u>
<u>Praktische Zahlen drucklos und unter Druck</u>	<u>Seite 4</u>
<u>Abstrahlungsverluste von Ofen und Wärmeaustauscher</u>	<u>Seite 5-6</u>
<u>Dampfaustausch zwischen Kontaktgas und Rohgas</u>	<u>Seite 7-10</u>

Anlagen:

- Diagramm 1: Leuna Hy-Kontaktgas drucklos.
- " 2: Leuna Hy-Kontaktgas 26 ata.
- " 3: W. Hy-Kontaktgas 9 ata.
- " 4: G.P. Wassergas-Konvertierung 26 ata.
- " 5: Leuna Methanol-Kontaktgas.

Bild A - H zu obigen Diagrammen.

Z u s a m m e n f a s s u n g .

Die Frage der Dampfersparnis einer 26-ata-Druckkonvertierung gegenüber einer drucklosen wurde an Hand von Betriebsergebnissen und theoretischen Überlegungen einer Prüfung unterzogen.

Bei Übergang auf eine 26-ata-Konvertierung lassen sich, wenn der übliche Wasserkreislauf zwischen ausgehendem Kontaktgas und eingehendem Rohgas beibehalten wird, 11 % Dampf einsparen.

Bei einem Vorschlag von Dr. Braus lassen sich weitere 4 % einsparen.

Der Oppauer Zerstäuber, der die äußerst theoretisch überhaupt mögliche Wärmeübertragung des Kontaktgases ausnutzt, kann weitere 16 % einsparen.

Die maximal mögliche Einsparung beträgt also 27 %.

Darstellung des Kontaktwasserstoffs in Diagrammen.

Das Wärme-Temperatur-Diagramm ist bei der Untersuchung des Verdunsterwirkungsgrades von Me 2, 102 und 241 von Herrn Dipl.-Ing. Knopf (Bericht vom Oktober 1923) vorgeschlagen worden, weil die verwickelten Vorgänge des Prozesses der Rechnung schwer zugänglich sind.

Dieses Wärme-Temperatur-Diagramm ist im folgenden erweitert und durch Betriebsmessungen an drucklosen und Druckkonvertierungen ergänzt worden.

Die drucklosen Hy-Kontaktgas-Ergebnisse in Leuna zeigt Diagramm 1, die Ergebnisse einer 9 ata Kontaktgasanlage in W. zeigt Diagramm 3. Weiter ist eine Hy-Kontaktgasanlage Leuna für 26 ata errechnet worden und eine Betriebsanlage für Wassergas mit 26 ata in G.P. nachgeprüft worden. Einige weitere Diagramme zeigen Erweiterung und Ergänzungen zu Rechnungen und Betriebsmessungen.

Die Diagramme sind auf die einfachste Form ¹⁾ gebracht und werden am besten von Punkt A aus gelesen. Dieser Punkt zeigt fühlbare Wärme, Dampfwärme, Temperatur und Wassergehalt des Kontaktgas-Dampf-Gemisches hinter der Kontakt-schicht vor Eintritt in den Wärmeaustauscher. Die Temperatur des Punktes A soll nicht über 400°, max. 420 - 425°, liegen, damit nicht unnötig Dampf verbraucht wird.

Dieser Punkt ist nach den Erfahrungen des Betriebes und nach Literatur-Eröffnungen dadurch charakterisiert, daß praktisch etwa 10 - 12 % Dampf mehr anwesend sein müssen als die Dampfmenge, die nach dem theoretischen Wassergas-Gleichgewicht entsprechend den Temperaturen von 400 - 425° errechnet

Die Abigung der anschließenden Linie der abfallenden Temperatur im Wärmeaustauscher ergibt sich aus der Beziehung

$$t_s = \frac{\text{Wärmeeinwirkung}}{\text{Temperaturabnahme}}$$

so diese Linie die Sättigungskurve des Kontaktgases trifft, muß der Taupunkt des Kontaktgases vor Eintritt in den Entfeuchter liegen.

1) z.B. der Temperatur-Verlauf im Wärmeaustauscher in geraden Linien statt in schwachen Kurven entsprechend dem veränderlichen Cp; im Umlaufwasser ist die verdampfte Menge vernachlässigt. Die Wärmerückwirkung im Kontakt ist in einer Schicht angenommen.

Da das Kontaktgas bei ~~besten~~ Betriebsanlagen mit einer höheren Temperatur aus dem Wärmeaustauscher in den Verdunster geht, ergibt sich die Temperatur des Kontaktgases im Augenblick der Berührung mit der großen Umlaufwassermenge des Entfeuchters dadurch, daß bei gleichbleibendem Wärmeinhalt eine horizontale Linie von der Temperatur des Wärmeaustauscherausganges zur Sättigungskurve gelegt wird. Das Kontaktgas sättigt sich dabei z.B. in Leuna (Diagramm 1) von $76,5^{\circ}$ auf 79° in die Höhe.

An der Sättigungskurve des Kontaktgases entlang kühlt sich das Kontaktgas im Entfeuchter und Schlußkühler auf Außentemperatur.

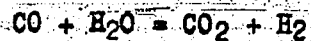
Um von Punkt A nach dem Eingang des Rohgases in den Kontakt, Punkt E, zu kommen, stellt man am einfachsten rechnerisch die Dampfbilanz für die beiden Punkte auf unter Berücksichtigung der eingeführten Kondensat- bzw. Zwischendampfmenge. Dann ist durch den Wärmeinhalt des eingehenden Rohgases (fühlbare Wärme Rohgas + fühlbare Wärme des zugehörigen Dampfes + Verdampfungswärme) die Lage des Punktes E gegeben. ¹⁾

Die Neigung der Linie der steigenden Temperatur des Rohgases im Wärmeaustauscher ergibt sich wieder aus der Beziehung $tg \alpha = \frac{Q}{t \cdot G}$.

Im Schnittpunkt dieser Linie mit der Sättigungskurve des Rohgases liegt der Taupunkt des Rohgases. Die hier anwesende Wasserdampfmenge setzt sich aus Verdunsterdampf und Injektordampf zusammen.

Der Übergang von Punkt E nach Punkt A wird am besten ohne Rücksicht auf die einzelnen Kontaktschichten folgendermaßen dargestellt:

Da nach der Gleichung



der neu entstandene Wasserstoff auf oberen Heizwert bezogen pro Nm^3 26 WE mehr chemische Wärme gebunden hat als $1 Nm^3$ Kohlenoxyd, muß von dem im Punkt E vorhandenen Wärmeinhalt als Folge der Konvertierung ein Betrag abgesetzt werden, der der umgesetzten CO-Menge entspricht, in Leuna z.B. $0,36 \times 26 = 9,3$ koal.

Da in der obigen Gleichung bei der Umsetzung der Wasserdampf verschwindet, die in der Verdampfungswärme des umgesetzten Wasserdampfes gestapelt

1) Bei druckloser Konvertierung Hy-Leuna ist 365° die niedrigste noch zulässige Eingangstemperatur, bei der der IG-Kontakt noch arbeitet; in W. war bei 9 ata 350° Eingangstemperatur eben noch zulässig, um den IG-Kontakt arbeiten zu lassen.

Wärmemenge aber nicht verschwinden kann, tritt über dem Kontakt bei gleichbleibendem Wärmeinhalt des reagierenden Gas-Dampf-Gemisches eine Temperatursteigerung ein. Dieser Vorgang würde beispielsweise in Leuna eine theoretische Temperatursteigerung auf 555° bewirken.

Ein Teil des in diesem Punkt in den Gasen enthaltenen Wärmeverrats muß nun für Strahlungs- und Konvektionsverluste in Anrechnung gebracht werden. In Leuna beispielsweise 11 WE, in W. bei der geringeren Oberfläche der Druckkonvertierung ^{Wohl} ~~11~~ 11 WE.

Um nun den Anschluß an Punkt A zu bekommen, muß bei Kondensat-Einspritzung (Diagramm 1) eine horizontale Linie gezogen werden, d.h. die Temperatur des Gas-Dampf-Gemisches wird bei gleichbleibendem Wärmeinhalt durch die Verdampfung des Kondensats herabgesetzt. (Die geringe Flüssigkeitwärme des eingehenden Kondensats ist im Diagramm vernachlässigt.) Wenn, wie in W., Zwischen-~~dampf~~ dampf gegeben wird, muß die Wärmemenge der eingeführten Zwischen-~~dampfmenge~~ dampfmenge auf den Punkt A führen (Diagramm 3).

Praktische Zahlen drucklos und unter Druck.

Auf den Diagrammen 1 - 5 und den dazugehörigen Bildern A - F sind die hauptsächlichsten Daten für die jeweiligen Konvertierungen eingetragen. Für die Diagramme von Leuna-Hy-Kontaktgas drucklos, W. Hy-Kontaktgas 9 ata und Leuna-Methanol-Kontaktgas sind Betriebsmessungen benutzt worden. Leuna-Hy-Kontaktgas 26 ata ist durchgehend errechnet unter Annahme der Abstrahlungsverluste. Die 26-ata-Wassergas-Konvertierung G.P. ist auf Grund einzelner Betriebsangaben nachgeprüft worden.

Bei W.-9-ata ist zu beachten, daß die Kühlung zwischen den Kontaktschichten nicht mit Kondensat, sondern mit Zwischendampf erreicht wird.

Die Abstrahlungsverluste des Kontaktofens und des Wärmeaustauschers.

Aus dem Diagramm 1 für Hy-Kontaktgas Leuna ergeben sich

11 WE/Nm³ Rohgas Abstrahlung am Ofen und
 4 " " " " " Wärmeaustauscher,
 15 WE/Nm³ Rohgas.

Da ein System in Leuna 3 000 Nm³ Rohgas durchsetzt, ist der effektive Abstrahlungsverlust 45 000 WE.

Eine Kontrolle der Abstrahlungsverluste ergibt sich aus der folgenden Überlegung:

Zum Anheizen eines Systems werden nach Messung rd. 1 100 m³ Rauchgas von 430° vor dem Kontakt auf 324° hinter dem Wärmeaustauscher herabgekühlt. Dieses entspricht 38 500 kcal. Da ein Teil dieser Heizgase nur durch die inneren Rohre des Wärmeaustauschers gehen und deshalb besser vor Abstrahlung geschützt sind, entspricht dieser Abstrahlungsverlust etwa den obigen 45 000 WE, die sich im Diagramm als Restglied ergeben.

Die Abstrahlungsverluste werden in Wirklichkeit geweckt durch die Reaktion des Kontaktgases ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 = 436 \text{ WE/Nm}^3 \text{ CO}$ bezogen auf E_{H}). Diese Reaktion hebt die Temperatur vom Ofeneingang von etwa 350 - 380° auf 400 - 425° am Ausgang des Kontaktes. Diese Temperatur-Steigerung ermöglicht die Kontinuität des Prozesses.

Eine Wärmebilanz zwischen Punkt E und A auf Diagramm 1 würde danach so aussehen:

Punkt E:

Fühlbar im Gas	1 · 0,34 · 370°	=	125 kcal
Fühlbar im Dampf	0,072 · 0,48 · 370°	=	155 "
Reaktionswärme	0,36 CO · 436	=	158 "
			<u>438 kcal</u>

Punkt A:

Fühlbar im Gas	1,36 · 0,37 · 420°	=	211 kcal
Fühlbar im Dampf	0,699 · 0,48 · 420°	=	141 "
Kondensatverdampfung	0,116 · 641	=	75 "
Strahlungsverluste		=	11 "
			<u>438 kcal</u>

Viel einfacher, und ebenso richtig ist es, anzunehmen, daß auch die Abstrahlungsverluste des Ofens und des Wärmeaustauschers ebenso wie die Kühlungsverluste durch den Dampf gedeckt werden. Dabei muß man von 0° ausgehen und H_0 der Gase zugrunde legen. Diese Betrachtungsweise erleichtert die Betrachtung des Diagramms und die Kritik der Verluste. In den Wärme-Bilanzen der Diagramme (von 0° und mit H_0 des Gases aufgestellt) ist nur der Dampf als Wärmespende betrachtet.

Man sieht z.B., was eine gute Isolierung ausmacht. Ein WE Abstrahlungsersparnisse entsprechen je nach Überhitzung $\sim 1,6 - 1,7$ g Dampf. Würden z.B. in W., Diagramm 3, statt 15 WE Abstrahlung/ m^3 Rohgas durch sorgfältige Isolierung nur 4 - 5 WE verloren, was bei den kleinen Druckapparaten ohne weiteres möglich ist, so würde man 18 g Dampf/ m^3 Rohgas oder 2 - 2½ % des anzuwendenden Dampfes ohne besonderen Aufwand gespart haben.

Ferner gibt diese Betrachtungsweise eine leicht zu überprüfende Gesamtwärmebilanz, die jeweils auf dem Diagramm eingetragen ist.

Die Abstrahlungsverluste in Methanolkontaktgas Lewis, Diagramm 5, die als Restglied nach Auswertung der Betriebsmessungen für Dampf, Gas und Temperaturen übrig bleiben, sind 8 kcal am Ofen und 2 kcal am Wärmeaustauscher. Da ein System 5 500 m^3 Nullgas durchsetzt, errechnet sich der Abstrahlungsverlust zu 52 000 WE/a, also etwa in ähnlicher Höhe wie beim Ky-Kontaktgassystem.

Für W. Delta-Dampfkonvertierung ergaben sich 15 kcal aus der Auswertung der Betriebsmessungen; für G.P. und Lewis 26 etc. (Diagramm 2 und 4) sind die Abstrahlungsverluste angenommen worden.

Der Dampfaustausch zwischen Kontaktgas und Rohgas.

1.) Übertragung durch Wasserumlauf: Entfeuchter - Verdunster.

Wenn man mit Heißwasserumlauf arbeitet, also wie Leuna W. und G.P., dann liegt die höchste Temperatur des Umlaufwassers fest durch den auf der Sättigungslinie des Kontaktgases liegenden Temperaturpunkt, der sich bei der Berührung der großen Umlaufwassermenge mit dem heißen, aus dem Wärmeaustauscher austretenden Kontaktgas augenblicklich einstellt. - Also z.B. durch 79° im Diagramm 1.

In Leuna kommen wir wegen der guten Konstruktion des Kühlerunterteiles und der richtig bemessenen Wasserumlaufmenge mit der Wassertemperatur auf $1 - 1\frac{1}{2}^{\circ}$ an diese Temperatur heran.

Ebenso ist es möglich und auch in Leuna praktisch der Fall, durch richtige Konstruktion des Verdunsters auf $1 - 1\frac{1}{2}^{\circ}$ mit der Temperatur der Rohgase unter den höchsten Temperaturpunkt des Umlaufwassers heranzukommen. Das Bild A zeigt den Wasserumlauf Hy-Kontakt-Wasserstoff Leuna, wobei die übertragenen Wärmemengen eingezeichnet sind.

Der Wasserumlauf errechnet sich aus der einfachen Beziehung $W = \frac{Q}{\Delta t}$.

Man hat also zur Auffindung der günstigsten Verhältnisse der Dampfübertragung von dem Temperaturpunkt 79° Bild A der Sättigungskurve Kontaktgas nach links $1 - 1\frac{1}{2}^{\circ}$ als die höchste Wassertemperatur festzulegen, um mit dieser höchsten Wassertemperatur nun wieder $1 - 1\frac{1}{2}^{\circ}$ Abstand rechts von der Sättigungslinie des Rohgases einzuhalten. Die Neigung der die Wasserumlaufmenge bestimmenden Geraden ergibt sich als die Tangente an die Rohgaskurve, so daß der Temperatursprung zwischen Wassertemperatur und Rohgas im höchsten Punkt am niedrigsten ist.

Das gleiche Bild B für die Druckkonvertierung W. mit 9 ata aus den aufgenommenen Betriebsmessungen zeigt, daß der Abstand der höchsten Wassertemperatur jeweils von der Kontaktgas- und Rohgaskurve 5° beträgt. Tatsächlich waren die Entfeuchter- und Verdunsterschichten nur 1,60 m hoch und die Wasser-Verteilung nicht genügend sauber. Man hätte also in W. bei richtiger Entfeuchter-Verdunster-Bauweise noch Injektordampf einsparen können.

Wenn in Leuna Hy-Kontaktgas mit 26 ata betrieben würde (Diagramm 2), würde die Dampfübertragung mit Umlaufwasser entsprechend Bild C sein.

Vorsichtshalber ist hier auch mit einer Temperaturdistanz von je 4° zwischen Kontaktgas - heißester Temperatur des Umlaufwassers - und Rohgas gerechnet, da ohne Versuche Unterlagen für diese Wärmeübergänge bei 26 ta nicht verfügbar sind.

Aus den Bilanzen für Hy-Kontaktgas, Diagramm 1 und 2, die mit oben geschildertem Wasserumlauf aufgestellt sind, ergibt sich, daß unter 26 ata nur 420 statt 472 g Injektordampf benötigt würden, die Ersparnis beträgt 11 %.

Bild D im Vergleich zu Bild C zeigt, daß ein doppelter Wasserkreislauf, der häufiger von Konstrukteuren vorgeschlagen wird, nicht mehr Dampf zu übertragen imstande ist, weil die Rohgaskurve nicht in der Lage ist, mehr Wärme aufzunehmen.

Dem Bild E liegt ein Vorschlag von Dr. Braus zugrunde. Im Überhitzungsgebiet des Kontaktgases wird ein Wasserkreislauf indirekt von Kontaktgas aufgewärmt, der seine Wärme als Dampf in einem Spitzenverdunster wieder abgibt. Daran schließt sich der alte bekannte Entfeuchter-Verdunster-Wasserkreislauf an. Im Bild E ist der erste, halb indirekt arbeitende Wasserkreislauf der Klarheit halber etwas weit nach rechts gerückt. Er muß selbstverständlich links der Satttdampf-Temperatur sein, im übrigen wird sich aber sein Temperaturgefälle zu den beiden Kurven automatisch einstellen.

Das Bild zeigt, daß nach diesem Vorschlag gegenüber dem alten Verfahren (Bild C) statt 420 g Injektordampf nur 403 g benötigt werden, eine Ersparnis von 4 %. Dieses Verfahren kommt an die Grenze des theoretisch möglichen Dampf-austauschs mit Umlaufwasser und würde die Materialschwierigkeiten des Doppelt-Zerschäumers vermeiden.

Gegenüber der drucklosen Konvertierung, bei der 472 g Injektordampf benötigt werden, können nach Vorschlag von Dr. Braus rd. 15 % Dampf eingespart werden.

2) Vollreicher Wärmeaustausch Zerstücker System Oppau.

Dieser Zerschäumer tauscht die Wärme indirekt aus; auf der Rohgassseite wird soviel Kondensat eingespritzt als verdampft. Im Bild F sind die Verhältnisse geschildert. Die Rohgaskurve wird nach der Darstellungsweise von OI. keine so weit nach oben geschoben (grün), daß sie die mutmaßliche Temperaturdifferenz gegen den Taupunkt des Kontaktgases zeigt. Alles weitere der Wärmeübertragung zeigt das Bild; oberhalb $173,5^{\circ}$ wird die Wärme ins Überhitzungsgebiet übertragen, unterhalb entlang der Sättigungskurve ins Kondensationsgebiet.

Statt 420 g Injektordampf in Bild C werden nur 346 g benötigt. Die Ersparnis beträgt 17,2 %. Dies ist die höchste, theoretisch denkbare Wärmeübertragung.

Gegenüber dem drucklosen Hy-Kontaktgasbetrieb, der 472 g Injektordampf pro Nm³ Rohgas benötigt, werden bei 26 ata mit dem Oppauer Zerschäumer 126 g oder fast 27 % eingespart, davon 11 % durch die Anwendung von Druck und 16 % durch den Zerschäumer.

Bei dem Zerschäumer ist noch mit Materialschwierigkeiten zu kämpfen.

5) Wärmeergänzung nach Fauser.

Fauser arbeitet mit normalem Heißwasserumlauf und schaltet dann einen Abhitze-kessel nach, in dem niedergespannter Dampf für die Generatoren erzeugt wird.

Bild G zeigt diese Verhältnisse. Im übrigen ließen sich diese Abhitze-kessel hinter jedes der hier geschilderten 26-ata-Wärmeübertragungsverfahren einschalten.

Warum braucht die Druckkonvertierung weniger Dampf?

Ein Teil der Dampfeinsparung ergibt sich aus den geringeren Wärmeverlusten. Hy-Leuna drucklos hat 15 WE Abstrahlung/Nm³ Rohgas, bei 26 ata sind nur 4 WE Abstrahlung. Die Differenz von 11 WE ergibt eine Dampfeinsparung von $\frac{11}{600} = 18 \text{ g}$ oder 4 %.

Die weitere und größere Einsparung kommt daher, daß die Sättigungskurven bei 26 ata wesentlich näher zusammenliegen. Der Druck im Kontaktgas bei druckloser Konvertierung ist infolge der Widerstände des Systems nur 87 % vom Rohgasdruck, während bei 26 ata der Druck im Kontaktgas bis auf 99 % an den Rohgasdruck heranreicht.

Da naturgemäß die Dampfübertragung am besten wäre, wenn die Drücke gleich wären, oder gar der Druck im Rohgas niedriger wäre als im Kontaktgas muß eine größere Distanz der Sättigungslinie Kontaktgas - Rohgas bei dem drucklosen Verfahren eine schlechtere Dampfübertragung ergeben.

Würde man sich beispielsweise in rot in das Bild C die Kontaktgas-sättigungskurve in relativ gleicher Höhe über der Rohgassättigungskurve eintragen wie in Bild A, also die Druckverluste im Kontakt-System relativ gleich hoch einsetzen, so wird man finden, daß unter solchen Verhältnissen die Dampfübertragung bei 26 ata nicht besser wäre als drucklos.

Sinn der Kondensat-Einspritzung.

Von Herrn Dr. Baumann wurde im Jahresbericht 1925 vorgeschlagen, statt Kaltgas zwischen den Kontaktschichten Kondensat einzuspritzen. Nach 1925 wurde die Kondensat-Einspritzung dann allgemein durchgeführt.

Der Vorteil der Kondensat-Einspritzung ergibt sich aus Bild E. Zum Entwurf dieses Bildes ist folgende Überlegung angestellt:

Die 116 g Einspritz-Kondensat im Diagramm I haben 69 kcal Verdampfungswärme geschluckt (durch Abkühlung der Gase von 555° auf 420°).

Wenn diese 69 kcal durch Kaltgas aufgenommen worden wären, würde die Ausgangstemperatur der Kontaktgase aus dem Wärmeaustauscher um 69 kcal höher liegen, weil die Kaltgase auf der Rohgasseite den Wärmeaustauscher umgehen. Die Temperatur der Kontaktgase würde sich von 172° auf 252° erhöhen. Dann würde sich ein neuer Taupunkt auf der Kontaktgas-Sättigungslinie einstellen mit $80,5^{\circ}$. Von diesem Taupunkt die Dampfübertragung in der gleichen Weise wie vorher vorgenommen, zeigt, daß die Eingangssättigung der Rohgase sich von 74 auf $77,5^{\circ}$ hebt. Diese Erhöhung beträgt 27 kcal.

Während also bei der Kondensat-Einspritzung die 69 kcal 100 %ig ausgenutzt wurden, kann man von diesen 69 kcal bei der Übertragung durch den Entfeuchter - Verdunster nur 27 kcal oder rd. 40 % gewinnen. Darin liegt der Erfolg der Kondensat-Einspritzung neben den betrieblichen Vorteilen, den diese wichtige Maßnahme zur allereinfachsten und leichtesten Regulierung der Kontakttemperaturen an die Hand gibt.

pro 1 Nm³ Rohgas
0° - 760

Leuna-Hydrierung, drucklos

Betriebsmessungen

Fühlbare Wärme + Verdampfungswärme zwischen 0° und t° für Gas und Dampf

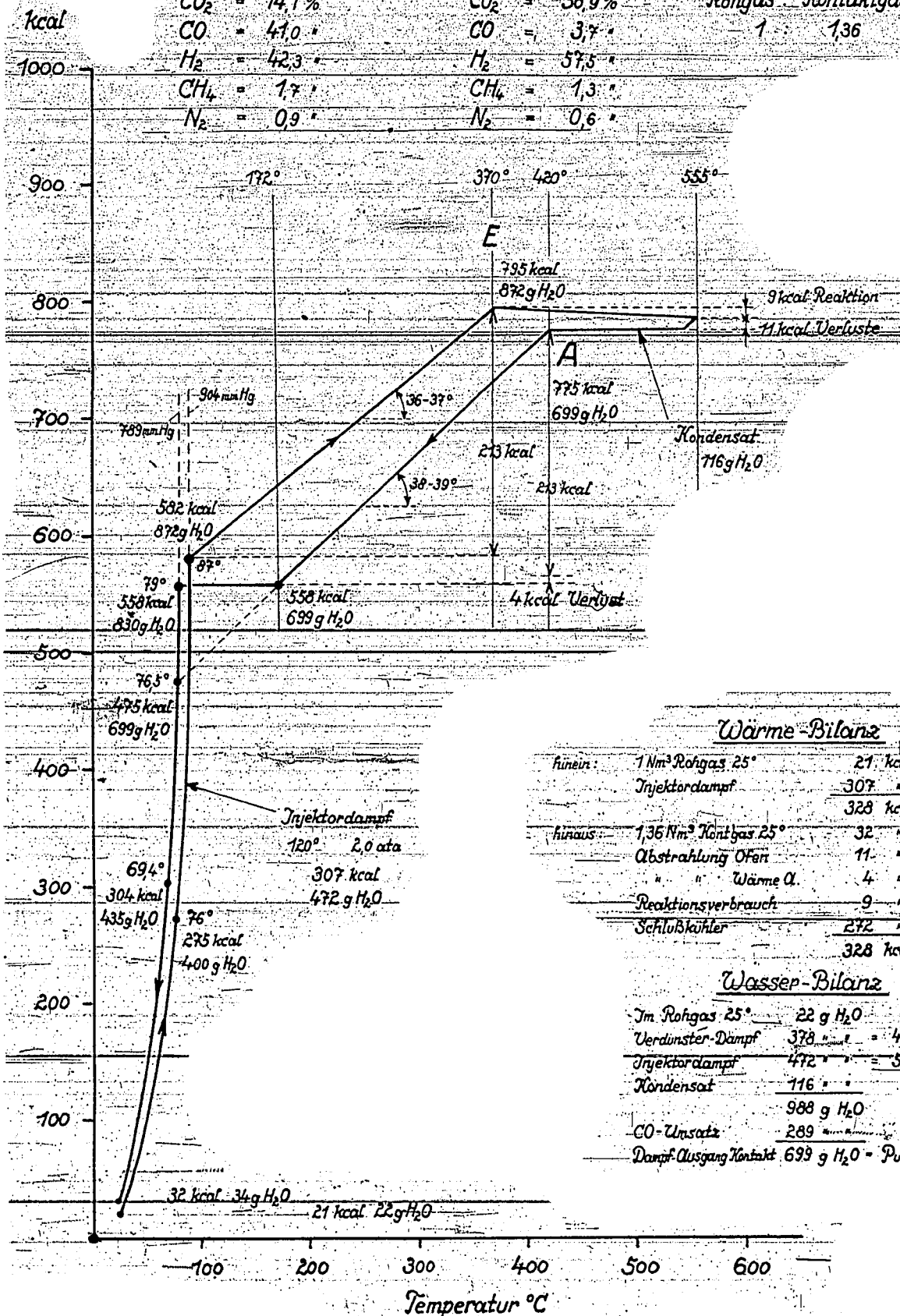
Rohgas-Analyse:

CO₂ = 14,1 %
CO = 41,0 "
H₂ = 42,3 "
CH₄ = 1,7 "
N₂ = 0,9 "

Kontaktgas-Analyse:

CO₂ = 36,9 %
CO = 3,7 "
H₂ = 57,5 "
CH₄ = 1,3 "
N₂ = 0,6 "

Rohgas Kontaktgas
1 1,36



Wärme-Bilanz

hinein:	1 Nm ³ Rohgas 25°	21 kcal
	Injektordampf	307
		328 kcal
hinaus:	1,36 Nm ³ Kontaktgas 25°	32 "
	Abstrahlung Ofen	11 "
	" " Wärme A.	4 "
	Reaktionsverbrauch	9 "
	Schluszkühler	272 "
		328 kcal

Wasser-Bilanz

Im Rohgas 25°	22 g H ₂ O
Verdunster-Dampf	378 " = 44,5 %
Injektordampf	472 " = 55,5 "
Kondensat	116 " "
	988 g H ₂ O
CO-Umsatz	289 " "
Dampf-Ausgang Kontakt	699 g H ₂ O = Punkt A

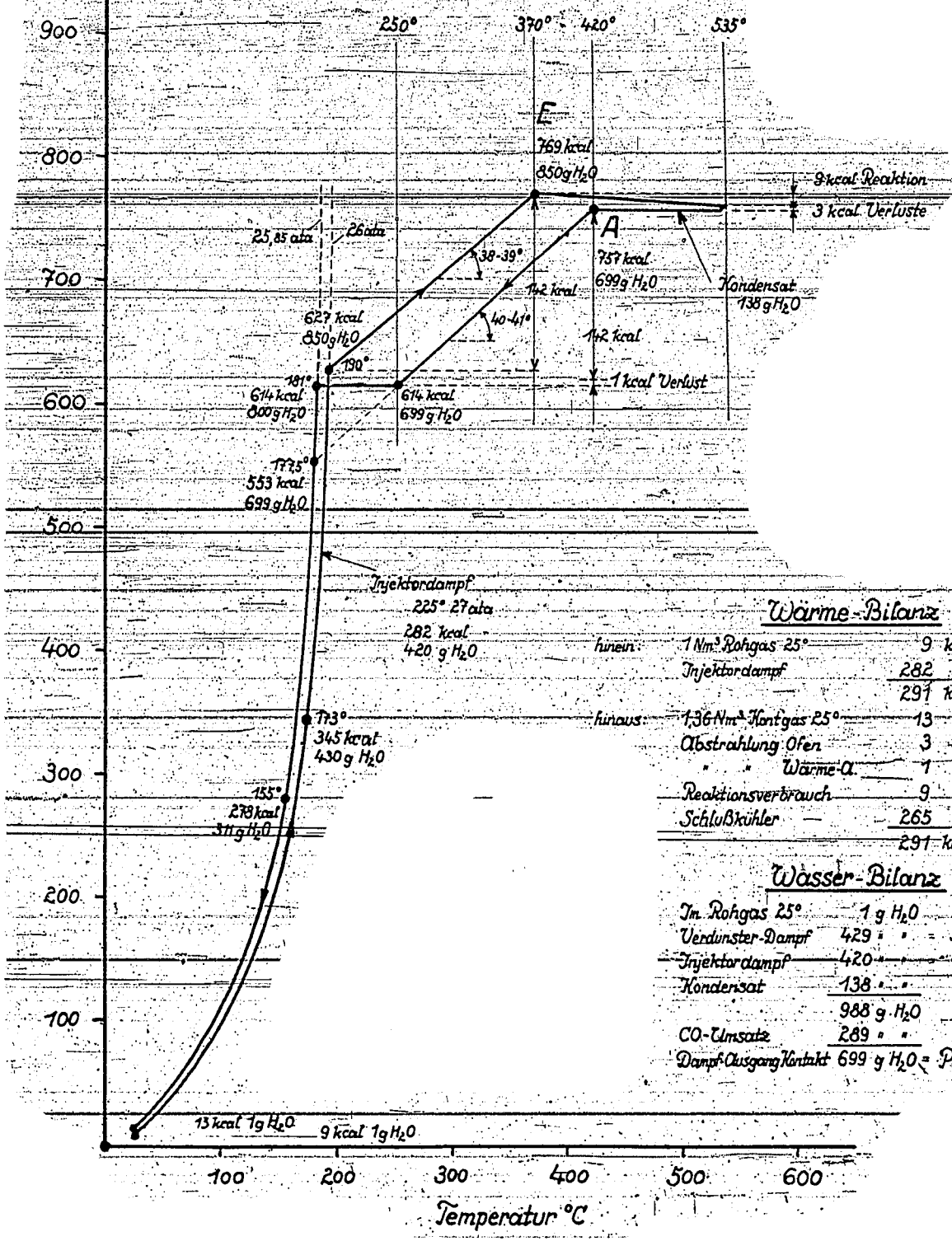
o 1 Nm³ Rohgas
0° - 760

Leuna-Hydrierung, 26 ata

errechnet

Fühlbare Wärmen + verdampfungswärmen zwischen 0° und t° für Gas und Dampf.

	Rohgas-Analyse	Kontaktgas-Analyse	Rohgas	Kontaktgas
kcal	CO ₂ = 14,1 %	CO ₂ = 36,9 %	1	1,36
	CO = 41,0 "	CO = 3,7 "		
1000	H ₂ = 42,3 "	H ₂ = 57,5 "		
	CH ₄ = 1,7 "	CH ₄ = 1,3 "		
	N ₂ = 0,9 "	N ₂ = 0,6 "		



Wärme-Bilanz

hinein:	1 Nm ³ Rohgas 25°	9 kcal
	Injektordampf	282 "
		291 kcal
hinaus:	1,36 Nm ³ Kontaktgas 25°	13 "
	Abstrahlung Ofen	3 "
	Wärme-A.	1 "
	Reaktionsverbrauch	9 "
	Schluszkühler	265 "
		291 kcal

Wasser-Bilanz

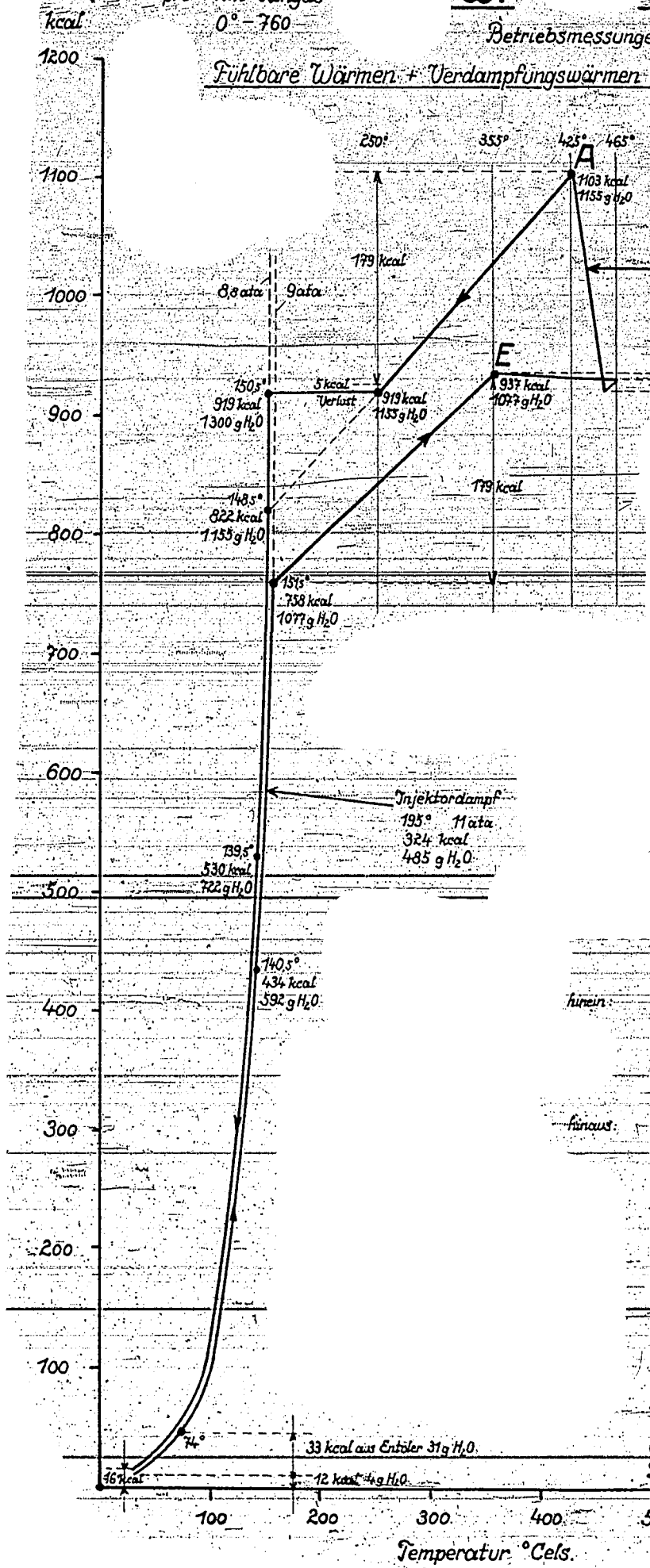
In. Rohgas 25°	1 g H ₂ O
Verdünster-Dampf	429 " = 50,5 %
Injektordampf	420 " = 49,5 "
Kondensat	138 " "
	988 g H ₂ O
CO-Umsatz	289 " "
Dampf-Ausgang Kontakt	699 g H ₂ O = Punkt A

W. Gata

pro 1 Nm³ Rohgas
0° - 760

Betriebsmessungen

Fühlbare Wärmen + Verdampfungswärmen zwischen 0° und t° für Gas und Dampf



Rohgas - Kontaktgas
1 - 1,232

Rohgas - Analyse

- CO₂ = 10,2 %
- CO = 25,4 "
- H₂ = 57,6 "
- CH₄ = 3,6 "
- N₂ = 3,2 "

Kontaktgas - Analyse

- CO₂ = 27,2 %
- CO = 1,8 "
- H₂ = 65,4 "
- CH₄ = 3,0 "
- N₂ = 2,6 "

Wärme - Bilanz

hinein:	1 Nm ³ Rohgas	12 kcal
	Aus Entöler	33 "
	Injektordampf	324 "
	Zwischendampf	181 "
		550 kcal
hinaus:	1,232 Nm ³ Kontaktgas	16 "
	Abstrahlung Ofen	11 "
	" " W.A.	5 "
	Reaktionsverbrauch	4 "
	Schlüßkühler	514 "
		550 kcal

Wasser - Bilanz

Im Rohgas	4 g H ₂ O
Aus Ölabscheider	31 "
Verdunsterdampf	557 " = 42,6 %
Injektordampf	485 " = 57,4 %
Zwischendampf	263 " = 57,4 %
	1340 g H ₂ O
CO - Umsatz	185 "
Dampf Ausgang Kontakt	1155 g H ₂ O - Punkt A

pro 1 Nm³ Rohgas
0° - 760

G.P. 26 ata

nachgerechnet

Fühlbare Wärmen + Verdampfungswärmen zwischen 0° und t° für Gas und Dampf

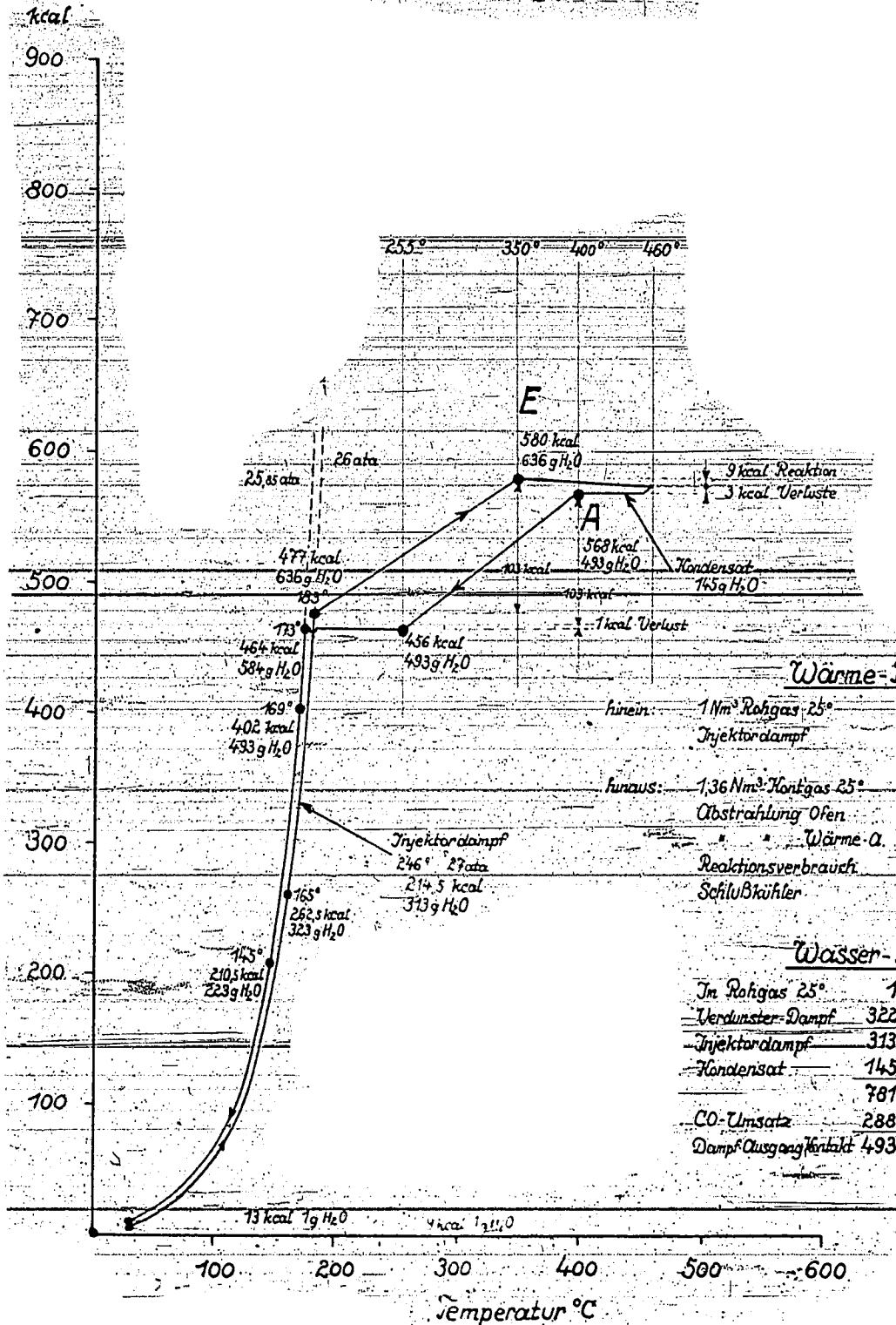
Rohgas-Analyse

Kontaktgas-Analyse

CO₂ = 5,4%
CO = 41,2%
H₂ = 48,4%
CH₄ = } 5,0%
N₂ = }

CO₂ = 30,3%
CO = 4%
H₂ = 62,0%
CH₄ = } 3,7%
N₂ = }

Rohgas: Kontaktgas
1: 1,358



Wärme-Bilanz

hinein:	1 Nm ³ Rohgas 25°	9 kcal
	Injektordampf	214,5
		223,5 kcal
hinaus:	1,36 Nm ³ Kontaktgas 25°	13
	Abstrahlung Ofen	3
	Wärme-A	1
	Reaktionsverbrauch	9
	Schlußkühler	197,5
		223,5 kcal

Wasser-Bilanz

In Rohgas 25°	1 g H ₂ O
Verdunster-Dampf	322 " " = 50,6
Injektordampf	313 " " = 49,4
Kondensat	145 " "
	781 g H ₂ O
CO-Umsatz	288 " "
Dampf Ausgang Kontakt	493 g H ₂ O = Punkt A

pro 1 Nm³ Rohgas
0° - 760

Leuna-Methanol, drucklos

23707

5

Betriebsmessungen

Fühlbare Wärmen + Verdampfungswärmen zwischen 0° und t° für Gas und Dampf

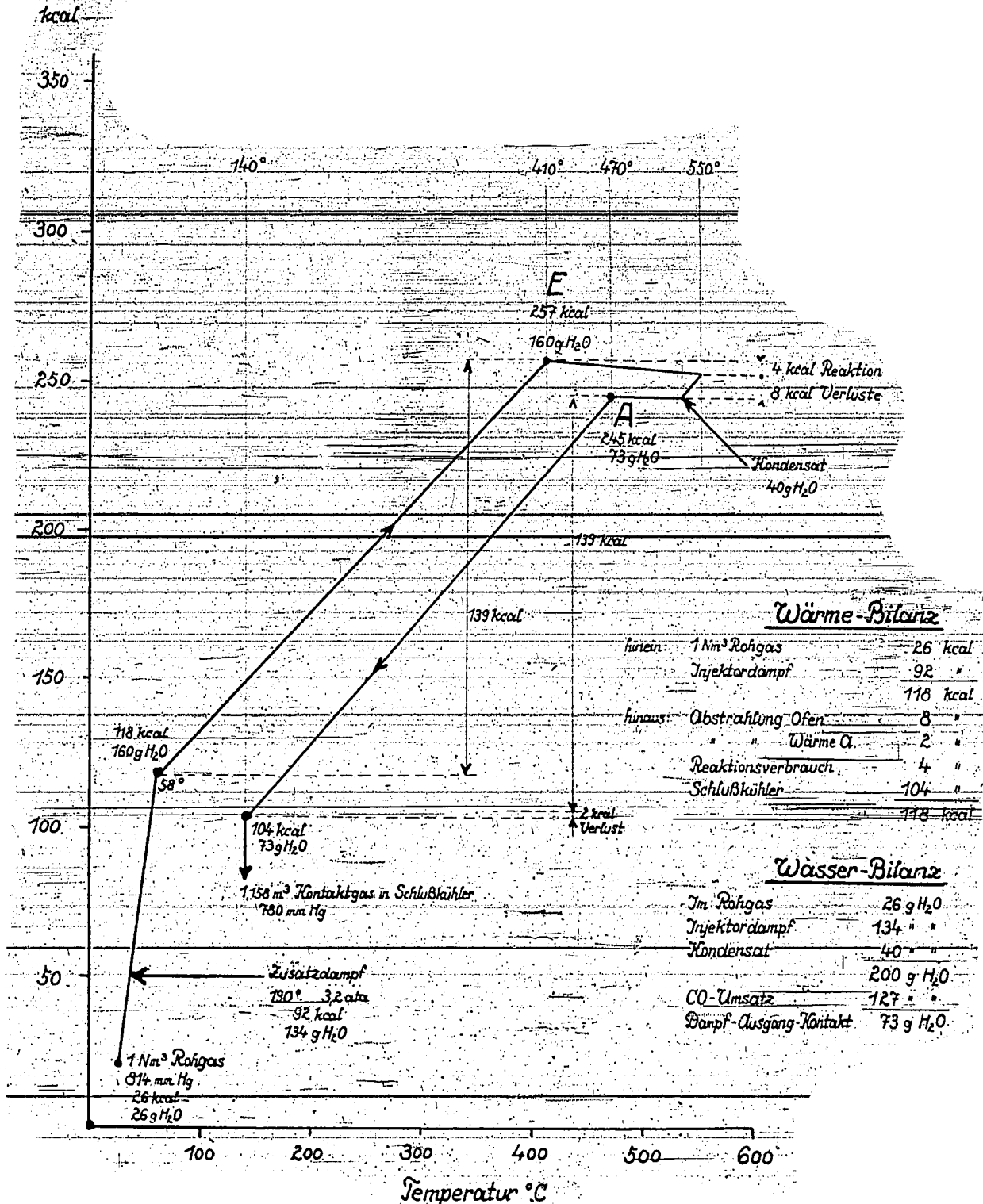
Rohgas-Analyse:

CO₂ = 4,9 %
CO = 43,0 "
H₂ = 50,4 "
N₂ = 1,7 "

Kontaktgas-Analyse:

CO₂ = 17,9 %
CO = 23,5 "
H₂ = 57,2 "
N₂ = 1,4 "

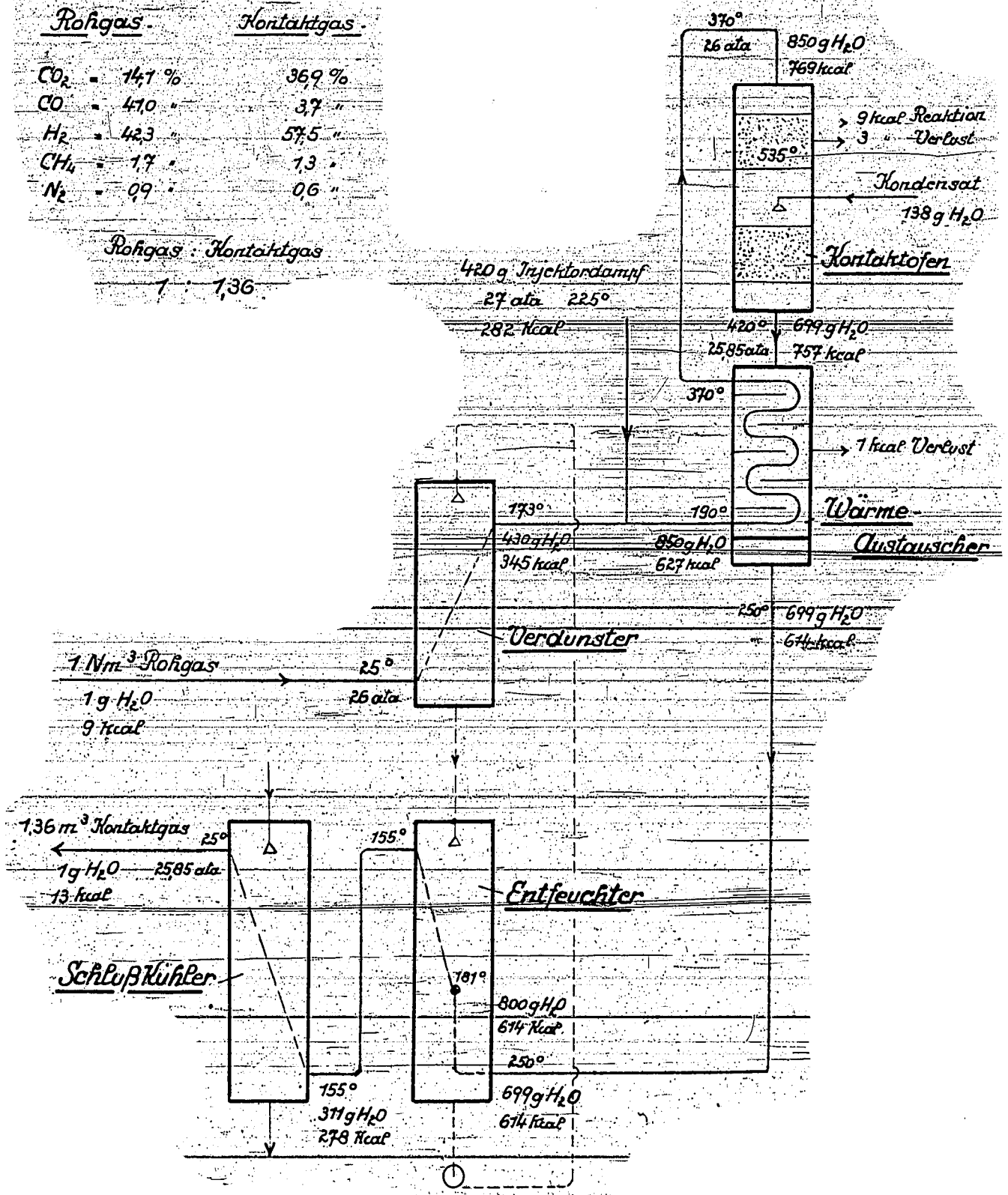
Rohgas Kontaktgas
1 : 1,58



Schema einer Kontaktwasserstoff-Anlage

(Hy-Leuna 26 ata)

Rohgas	Kontaktgas
CO ₂ = 14,1 %	36,9 %
CO = 41,0 "	3,7 "
H ₂ = 42,3 "	57,5 "
CH ₄ = 1,7 "	1,3 "
N ₂ = 0,9 "	0,6 "
Rohgas : Kontaktgas	
1 : 1,36	

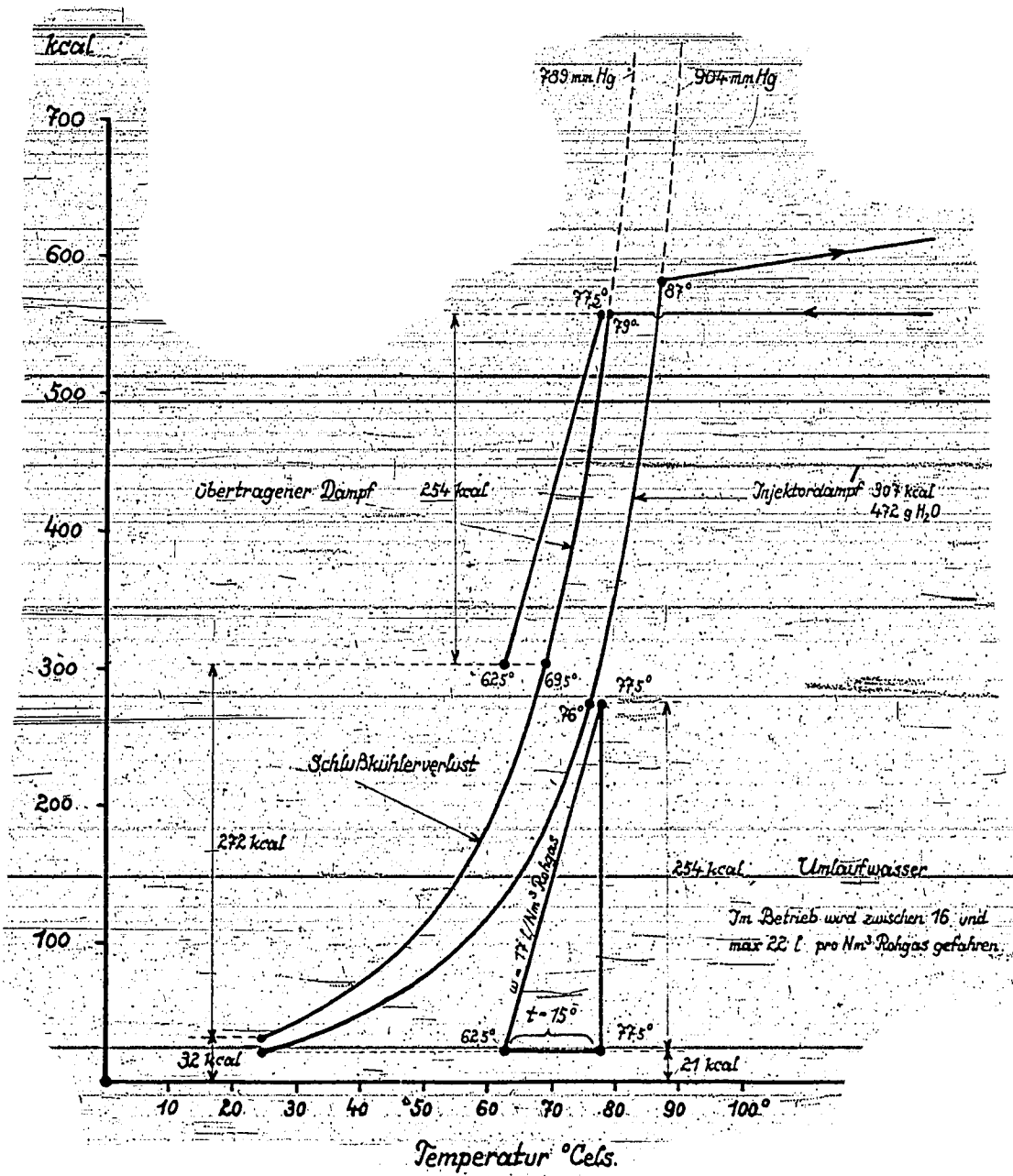


Leuna-Hydrierung, drucklos

Bild A

zu Diagramm ①

23709



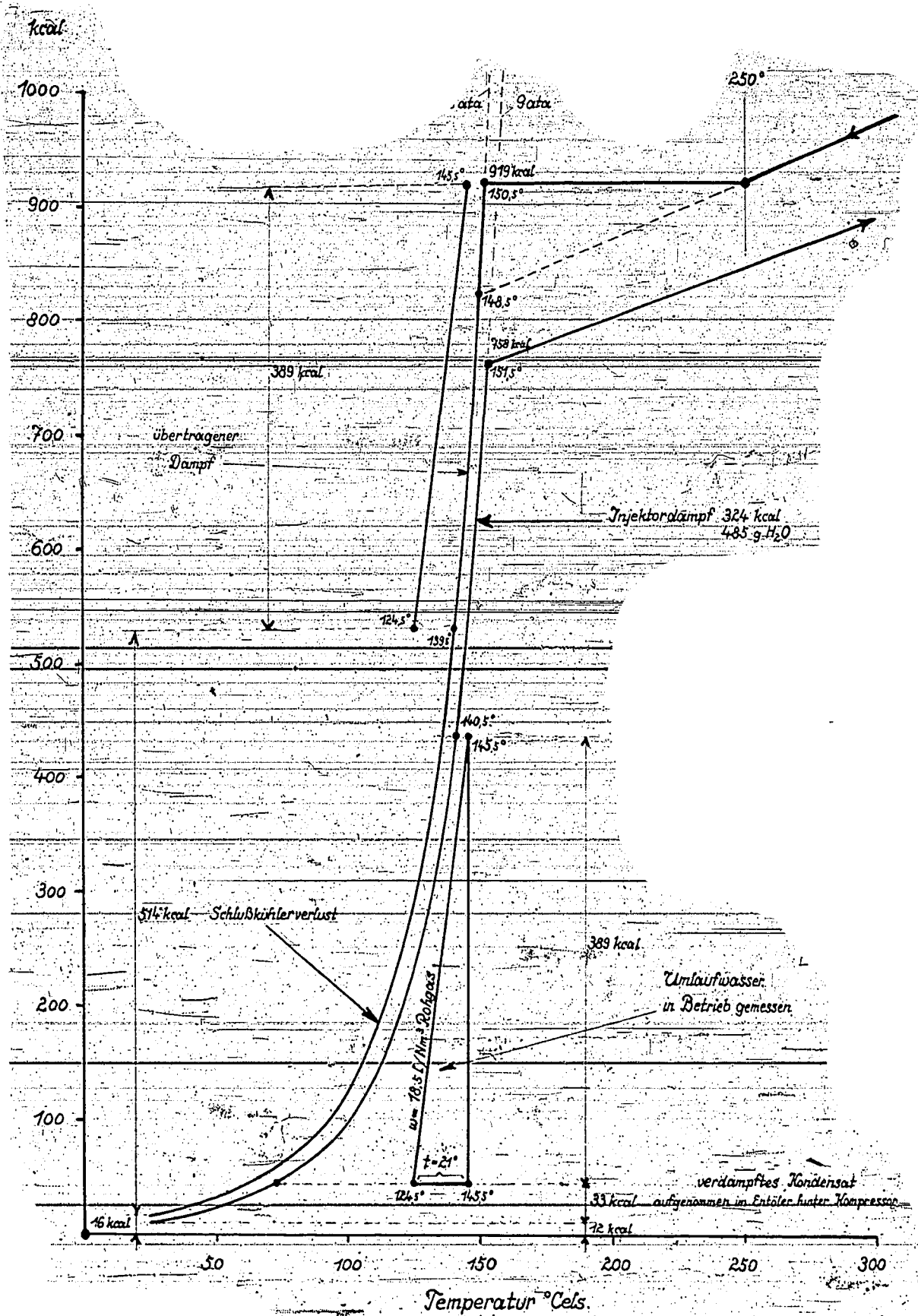
W.

gata

Bild B

zu Diagramm ③

23710



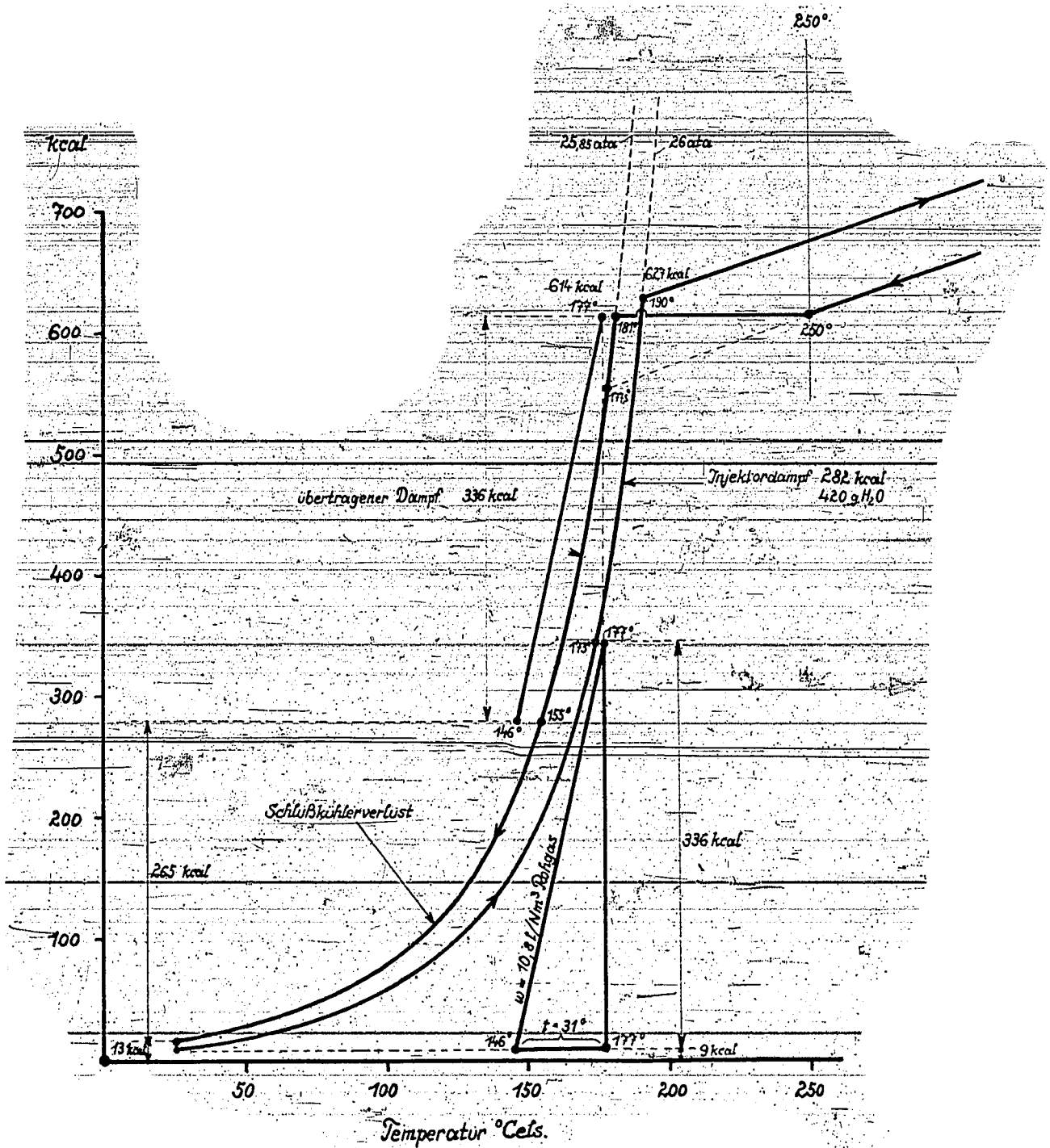
Leuna-Hydrierung, 26 ata

Ein Wasserkreislauf

Bild C

zu Diagramm 2

23711



4. 12. 40 Jü

M. 637 - St. 1197 i

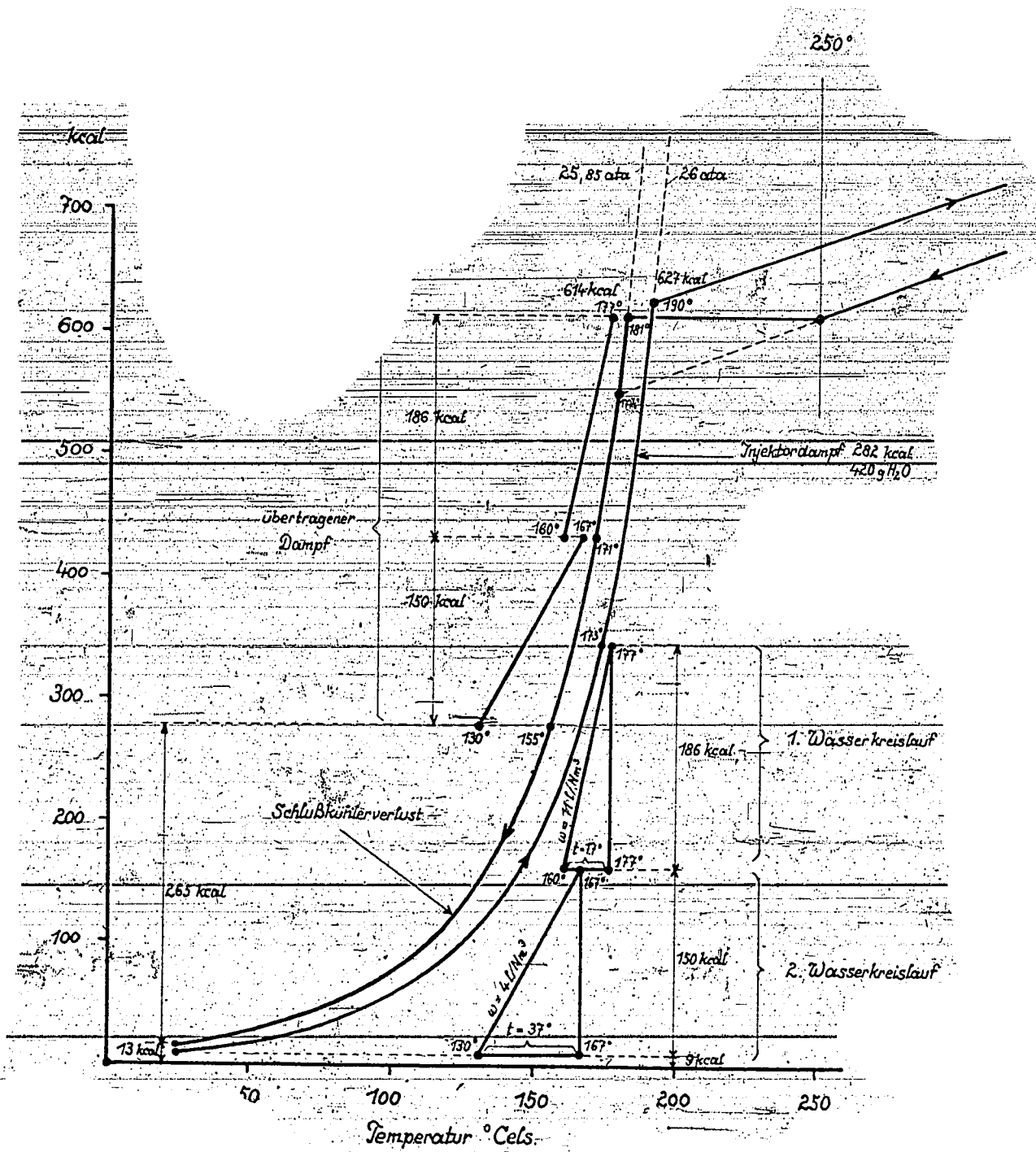
Leuna-Hydrierung, 26 ata

Zwei Wasserkreisläufe

Bild D

zu Diagramm C

23712



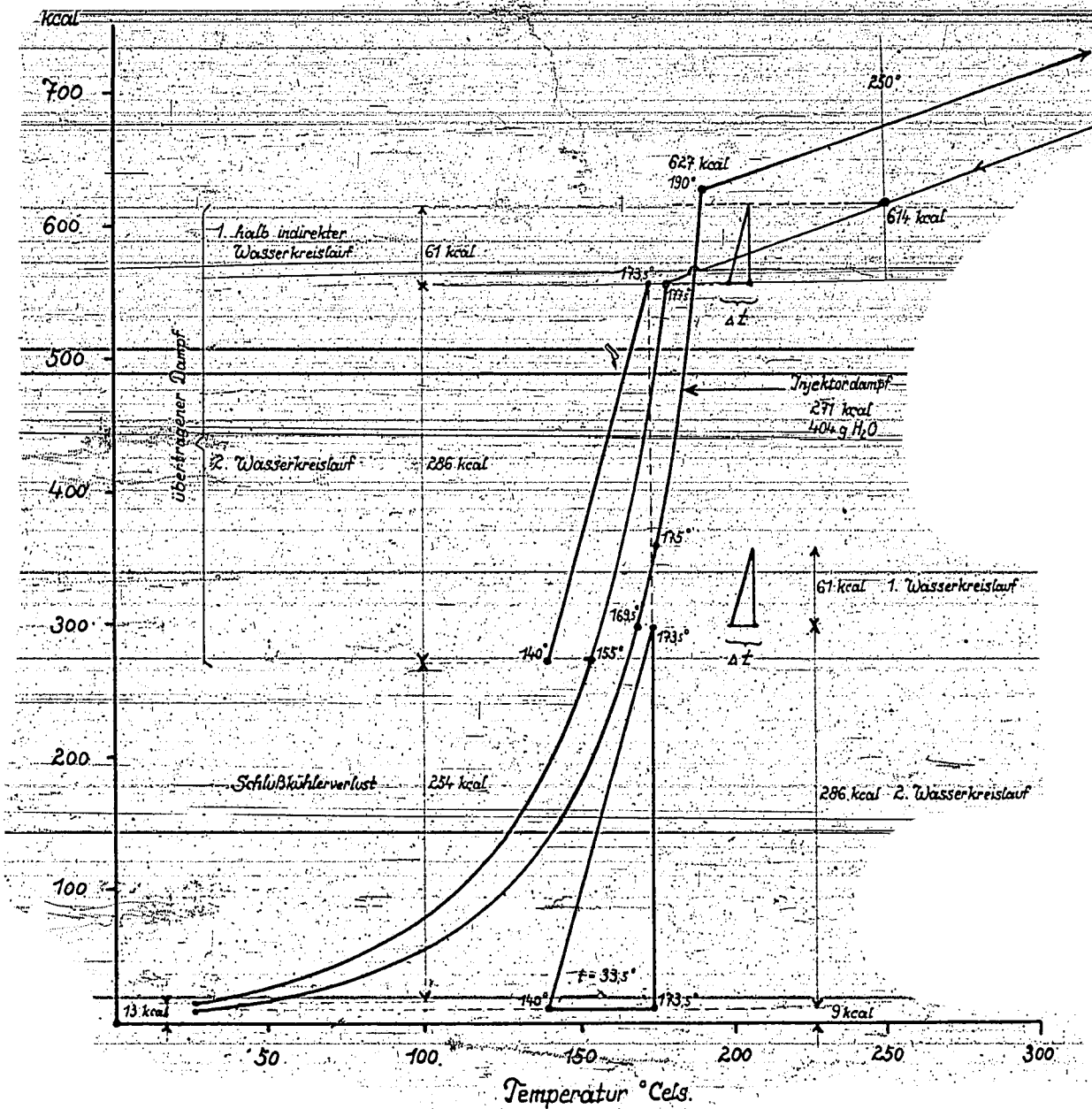
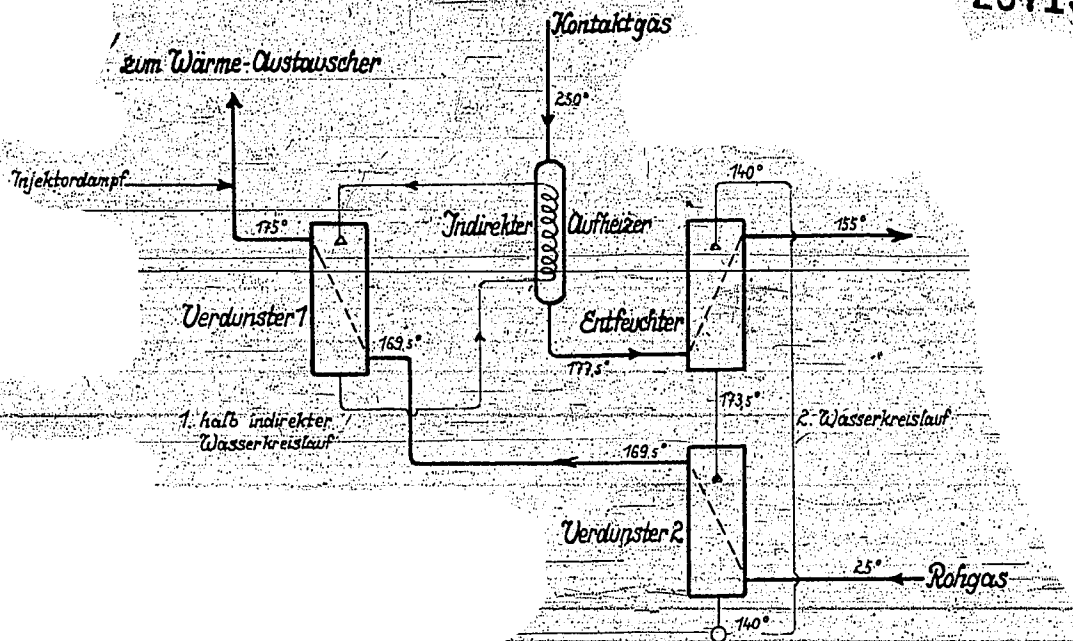
Leuna-Hydrierung, 26ata

Bild E

zu Diagramm ②

Vorschlag Dr. Braus

23713



28.10.20

Me 431-Sk. 1191

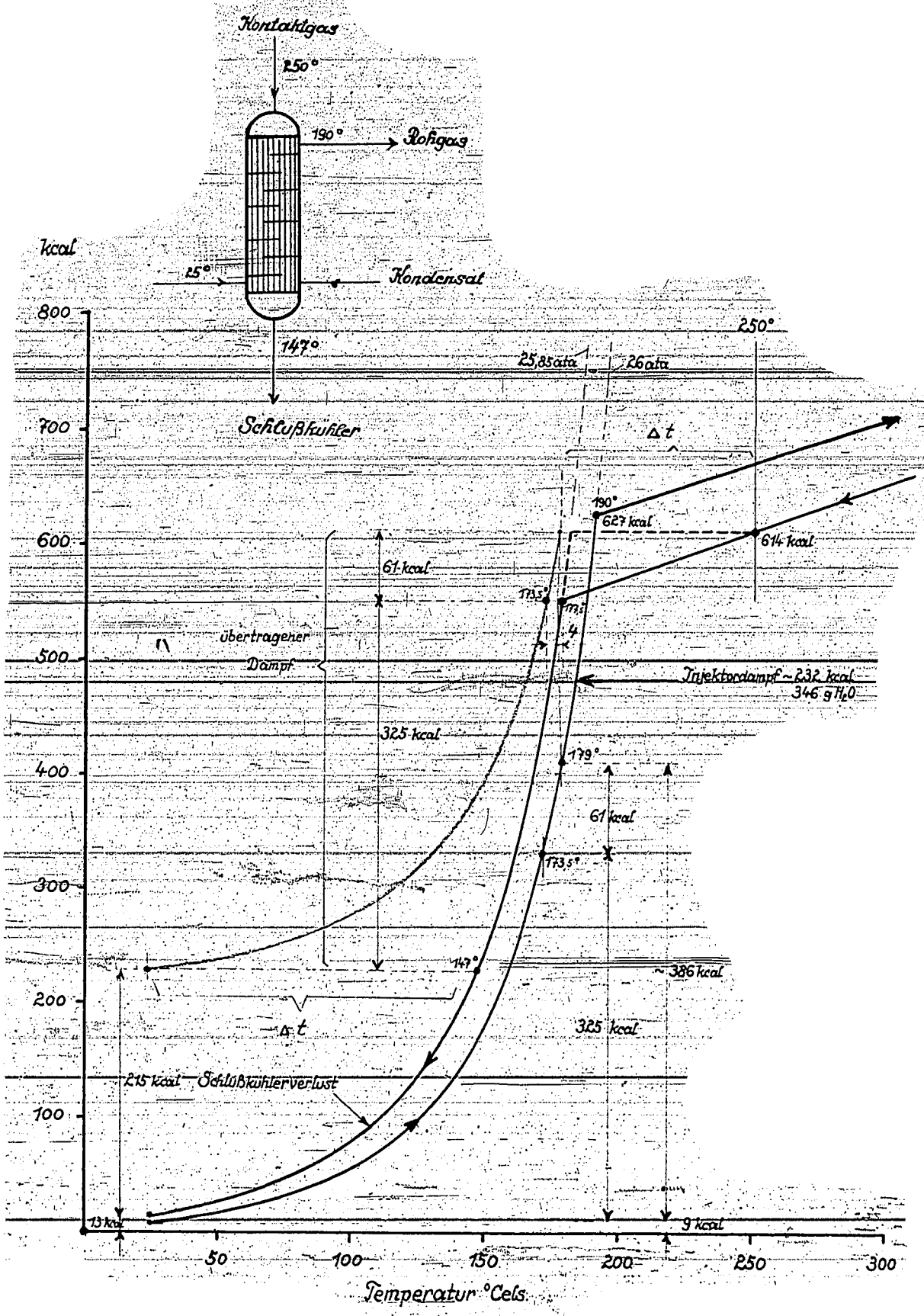
Leuna-Hydrierung, 26 ata

mit Oppauer Zerschäumer

Bild F

zu Diagramm 2

23714



4.12.40 Jk

71e 437 - Stk 1191 m

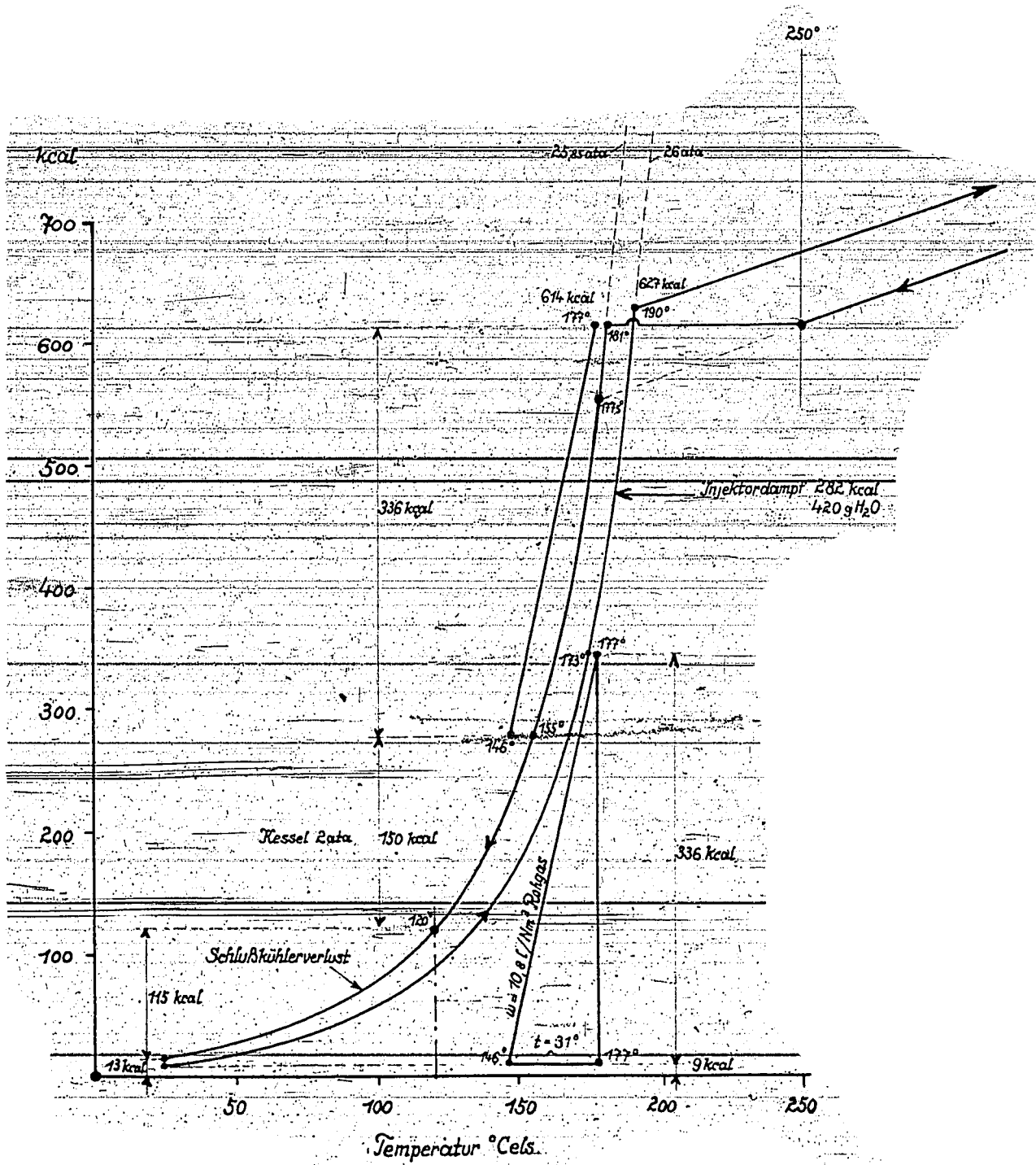
Leuna-Hydrierung, 26 ata

mit Kessel Rata

Bild G

zu Diagramm ②

23715



Leuna-Hydrierung, drucklos

Bild H

zu Diagramm ①

23716

