

Inhalt: Versuche mit nitriertem Pott-
Schwefel als Kraftstoff für den
Kohlenstaub-Dieselmotor.

Technischer Prüfstand.

Nr. 327.

T 46

Bericht von Dipl.-Ing. Aldinger.
vom 8. März 1937.

I-71

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift
28682			

28682

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen am Rhein
Techn. Prüfstand Op 200
Bericht Nr. 327
= 0 =

Versuche mit nitriertem Pott-Extrakt als Kraftstoff für den
Kohlenstaubdieselmotor.

28633

Inhaltsverzeichnis

=====

<u>Zusammenfassung</u>	S.	1
<u>Zweck der Versuche</u>	"	3
Eigenschaften des Pott-Extraktes und seine Behandlung	"	4
<u>Versuchsaufbau</u>	"	7
Aufbau des Staubventile	"	8
a) Schleusenventil	"	8
b) Doppelsitzventil	"	10
<u>Versuchsdurchführung</u>	"	11
<u>Versuchsergebnisse</u>	"	12
a) Leistung und spez. Wärmeverbrauch bei verschiedenen Staubproben	"	12
1. Mit nitrosen Gasen behandelter Pott-Extrakt	"	12
2. Mit Salpetersäure behandelter Pott-Extrakt	"	15
3. Versuche mit Braunkohle der Zeche Frechen	"	20
4. Versuch mit Gasöl	"	21
b) Das Indikatordiagramm bei ver- schiedenen Staubarten	"	21
1. Das versetzte Diagramm	"	21
2. Das normale Diagramm	"	23
c) Zündpunkte im Jentzsch-Zündwert- prüfer	"	24
Vergleich der Versuchsergebnisse.	"	25
a) Braunkohle und behandelter Pott-Extrakt	"	25
b) Gasöl und behandelter Pott-Extrakt	"	26
Betriebserfahrungen.	"	27

B e r i c h t

über die

Versuche mit nitrirtem Pott-Extrakt als Kraftstoff für den
Kohlenstaubdieselmotor.

Zusammenfassung:

Ein liegender Deutz-Sinzylinder-Dieselmotor (Blatt 1) wurde in einen Kohlenstaubmotor umgebaut. An dieser Maschine wurden Versuche und Messungen mit reinem Pott-Extrakt, nitrirtem Pott-Extrakt, Braunkohle und Gasöl durchgeführt.

Der konstruktive Aufbau zweier Staubventile, des Schlenzen- und des Doppelsitzventils, wird erläutert. Der Nachteil beider Konstruktionen für einen Dauerbetrieb liegt in der empfindlichen Abdichtung durch eine scharf geschliffene Schneide.

Die Versuchsergebnisse sind folgende:

Ein Betrieb mit reinem Pott-Extrakt ist wegen seines niedrigen Erweichungspunktes und seines hohen Zündpunktes nur mit großen Schwierigkeiten möglich. Durch Behandlung mit Salpetersäure oder mit nitrosen Gasen wird der Erweichungspunkt erhöht und gleichzeitig der Zündpunkt gesenkt. Mit zunehmender Nitrirung werden die Zünd- und Brenneigenschaften des PE im Motor günstiger und übertreffen schließlich in dieser Hinsicht die aschehaltige Braunkohle. Der indizierte Wärmeverbrauch ist bei Braunkohle um 5-10 % schlechter als bei der nitrirten Probe P 464 b, die sich als eine der günstigsten

Proben erwies. Der spezifische Wärmeverbrauch für die elektrisch abgegebene Leistung ist bei gleicher Generatorleistung in dem untersuchten Bereich bei Betrieb mit Braunkohle sogar um 10-30 % höher als mit F 464 b.

Die Maschine treibt mittels Riemen einen Generator an, dessen Leistung an der Schalttafel gemessen wurde. Die effektive Leistung N_e unterscheidet sich durch den Wirkungsgrad des Riemenantriebes und des Generators. Es dürfte je nach Last etwa sein: $N_{e1} = 0,7 - 0,8 N_e$.

Der günstigste Wert für den spezifischen Wärmeverbrauch bei nitriertem Pottextrakt wurde mit 3750 kcal/PS_{e1}h bei den Proben F 464 b und F 461 a erreicht. Die Generatorleistung betrug dabei 23-24 PS_{e1}. Bei den mit Salpetersäure behandelten Proben wurden die besten Ergebnisse erzielt. Es zeigt sich dabei eine Verbesserung der Zünd- und Brenneigenschaften nicht nur durch stärkere Nitrierung, sondern auch durch eine Erwärmung bei der Behandlung auf 120-150°C, wodurch der Wassergehalt der Säure verdunstet. Über 150°C tritt wieder eine Verschlechterung auf.

Eine Neutralisation der Proben mit Ammoniak hatte auf die Versuchswerte keinen erkennbaren Einfluß.

Versuche mit Gasöl ergaben bei ungefähr 21 PS Generatorleistung mit 2950 kcal/PS_{e1}h den günstigsten Wärmeverbrauch. Der Vergleich von Gasöl mit nitriertem Pott-Extrakt, Probe F 461 a, zeigt, daß mit zunehmender stündlicher Wärmezufuhr die Leistungs- und Verbrauchskurve des nitrierten Pott-Extraktes der entsprechenden Kurve bei Gasöl näher kommt, und

bei über 100 000 kcal stündlicher Wärmezufuhr die Werte von Gasöl übertrifft.

Aus Indikatordiagrammen wurden festgestellt, daß der Zündvorzug bei nitriertem Pott-Extrakt mit abnehmender Staubzufuhr größer wird. Der Wirkungsgrad der ganzen Kraftanlage wurde aus einer Reihe von normalen Indikatordiagrammen ermittelt. Dadurch war es möglich, aus dem gemessenen Wärmeverbrauch für die elektrisch abgegebene Leistung auch den spezifischen Wärmeverbrauch für die jeweils indizierte PS. zu bestimmen. Der beste Wert für die Probe F 454 b wurde mit 1650 kcal/PS_{ind} bei ungefähr 11,5 PS Generatorleistung gefunden. Probe 451 b ergab bei 10 PS Leistung ebenfalls 1650 kcal/PS_{ind}.

Der höchsterreichte mittlere indizierte Kolbendruck beträgt 7-7,5 kg/cm².

Zum Schluß werden dann die Betriebsverfahren besprochen, die zeigen, daß ein längerer Betrieb mit Braunkohle ohne Hilfseinrichtungen wegen des Aschegehaltes im Gegensatz zu Pott-Extrakt unmöglich ist. Es folgt die Angabe konstruktiver Maßnahmen, die eine weitere Besserung der Verbrennung bei nitriertem Pott-Extrakt ergeben können, um damit auch im Bereich geringerer Staubzufuhr den guten Verbrauchswerten von Gasölen näherzukommen.

Zweck der Versuche:

Die Entwicklung des Kohlenstaubdieselmotors ist durch die bekannten Verschleißschwierigkeiten sehr in Frage ge-

gestellt, da seither höchstens aschearme, aber keine asche-
freie Kohle als Kraftstoff verwendet wurde. Sowohl der Ver-
schleiß an den Kolbenringen, am Kolben und an der Zylinder-
büchse des Motors, als auch der Verschleiß an dem Zuführungs-
organ des Brennstaubes, am sogen. Staubventil, gestatteten bis-
her im Dieselmotor keinen Dauerbetrieb mit Kohlenstaub. Un-
zählige Sonderkonstruktionen und Hilfeinrichtungen, wie ver-
längerte Kolben, Spülung der Kolbenringe mit Druckluft oder
Waschöl und dgl., sollen den Verschleiß herabmindern. Aber
bisher hatten derartige Einrichtungen keinen nennenswerten
Erfolg. Sie erschweren den Betrieb und machen ihn oft unsicher.
Der nötige Aufwand ist meistens sehr kostspielig. Allmählich
setzt sich immer mehr der Standpunkt durch, daß der Kohlen-
staubdieselmotor eine vorherige Entaschung des verwendeten
Kraftstoffes verlangt.

Der durch Druckextraktion aus Steinkohle nach dem Ver-
fahren von Dr. Pott und Dr. Brocho gewonnene Pott-Extrakt stellt
mit einem Aschegehalt von weniger als 0,06 % eine praktisch
aschefreie Kohle dar, die aus diesem Grund als Kraftstoff für
den Kohlenstaubdiesel geeignet erscheint.

Der Zweck der vorliegenden Versuche war, reinen Pott-Ex-
trakt und mehrere Proben von nitriertem Pott-Extrakt als
Kraftstoff in Dieselmotor zu erproben und seine Zünd- und
Brenneigenschaften zu untersuchen.

Eigenschaften des Pott-Extraktes und seine Behandlung.

Pott-Extrakt (PE) wurde in einer Schlagringstähle bei
zweimaligem Durchgang ohne Sichtung auf eine Feinheit, ent-

oprechend 2-3 % Rückstand auf dem 10 000 Maschen-Sieb vermahlen und in dieser Feinheit im Motor verwendet. Die Fettkohle ist praktisch trocken und ballt sich auch beim Mahlen nicht zusammen.

Für die Zusammensetzung des Fett-Extraktes ergab die Elementaranalyse 88,25 % Kohlenstoff, 5,51 % Wasserstoff, 2,35 % Stickstoff, 3,27 % Sauerstoff und 0,52 % Schwefel. Der Zündpunkt des unbehandelten PE-Staubes wurde im Jentsch-Zündwertprüfer bestimmt und liegt im Sauerstoffstrom bei 550°C. Sein Erweichungspunkt liegt bei ungefähr 260°C. Unbehandelter PE zündete wohl im Motor bei ungekühltem Kolben, jedoch war nach wenigen Minuten der Verbrennungsraum derart mit geschmolzenem PE zugesetzt, daß die Ventile nicht mehr dichteten und die Kolbenringe verklebt waren. Der Motor blieb nach wenigen Minuten stehen. Es zeigte sich, daß ein Kohlenstaub mit einem derartig niederen Erweichungspunkt als Kraftstoff für den Staubbiesel nicht verwendet werden kann. Die Aufnahmen auf Blatt 2 zeigen, wie sich das Staubventil, das Einlaßventil und die Wandungen des Verbrennungsraumes mit PE setzen.

Zur Erhöhung des Erweichungspunktes wurde nun vom Ammoniaklaboratorium (Dr. Jannak u. Dr. Hennicke) PE entweder mit nitrosen Gasen oder mit Salpetersäure behandelt. Bei diesen Produkten ergab sich neben einer Erhöhung des Erweichungspunktes auf über 500°C eine starke Erniedrigung des Zündpunktes im Jentsch-Zündwertprüfer auf etwa 300°C. Ein so behandeltes Produkt zündete bei den Vorversuchen im Motor sehr gleichmäßig und verursachte an den Kolbenringen und an den Ventilen

keinerlei Verklebungen mehr.

In dem Schaubild 1 ist der Heizwert der verschiedenen Proben über der Stärke der Behandlung mit nitrosen Gasen in m^3 Gas/kg PE bzw. mit Salpetersäure in ltr HNO_3 /10 kg PE aufgetragen. Man erkennt sofort, daß mit steigender Behandlung die Heizwerte stark abnehmen, was auf die Anlagerung von Sauerstoff bei der kalten Oxydation durch die nitrosen Gase bzw. Salpetersäure zurückzuführen ist. Dies entspricht aber keinem Kalorienverlust der behandelten Staubmenge, denn die gewichtsmäßige Ausbeute bei der Nitrierung nimmt zu. Das Produkt aus Gewichtsmenge mal dem Heizwert bleibt vor und nach der Behandlung konstant. Je geringer der Heizwert der behandelten Probe ist, umso mehr Sauerstoff hat sich angelagert, umso stärker wurde der Staub nitriert und umso größer ist die gewichtsmäßige Ausbeute.

Die Heizwerte schwanken bei der Behandlung ziemlich stark. Bei den Proben F 461 und F 476, die beide nach den Angaben gleich stark behandelt sein sollen, wurde ein Heizwertunterschied von ungefähr 10% festgestellt. Diesen ungleichen Heizwerten entspricht eine sehr unterschiedliche Behandlung, was bei dem Ergebnis und der Genauigkeit der Motorversuche unbedingt zu berücksichtigen ist. Diese Schwankungen in der Stärke der Behandlung sollen durch eine bessere Apparatur in Zukunft vermieden werden.

Nach der Behandlung wurden bei verschiedenen Proben etwa noch anhaftende kleine Mengen nitroser Gase durch Ammoniak neutralisiert. Die Elementaranalyse von nitriertem PE ergab

einen größeren Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff. Eine mit 2ltr Säure auf 10 kg PE behandelte Probe ergab 69,5 % Kohlenstoff, 5,1 % Wasserstoff, 4,33 % Stickstoff, 20,45 % Sauerstoff, 0,46 % Schwefel. Mit diesen nitrierten Proben wurden die weiteren Versuche durchgeführt.

Versuchsaufbau:

Die erste Aufgabe bestand nun darin, ein einwandfreies, dauerhaftes Staubventil zu bauen und zu erproben, damit Versuche über eine längere Zeitdauer gemacht werden konnten.

Als weiteres musste eine Versuchsdurchführung geschaffen werden, durch deren Messungen die Güte verschiedener Staubarten hinsichtlich ihrer Zünd- und Verbrennungseigenschaften quantitativ bestimmt werden konnte.

Die Versuche wurden an einem liegenden Deutz-Einsylinder-Dieselmotor, Bauart MKV, von 25 PS Nennleistung durchgeführt. Der Hub der Maschine beträgt 390 mm, die Zylinderbohrung 260 mm, Hubvolumen gleich 20,7 ltr. Im Abnahmebefund gibt die Maschinenfabrik für eine effektive Leistung von 25 PS_{eff}, was einer Schaltfelleistung des Generators von 14,8 KW \approx 20 PS_{el} entspricht, einen spezifischen Gasölverbrauch von 0,231 kg/PS_{eff}h an, der, auf die Generatorleistung bezogen, etwa 0,29 kg/PS_{el}h, oder ungefähr 2900 kcal/PS_{el}h ergibt. Die Drehzahl beträgt bei allen Messungen 275 U/min. Zu erwähnen ist noch, daß die Zylinderbüchse, der Kolben und die Kolbenringe aus normalem Grauguß bestehen, wie sie für Gasölbetrieb geliefert werden.

Die Maschine selbst wurde für die Versuche nicht abgeändert. Eine verlängerte Zylinderbüchse oder irgend eine Spül- einrichtung wurde nicht eingebaut. Zur Erhöhung des Verdichtungs- enddruckes wurde auf den normalen Kolben ein Verdränger aufgeschweißt, so daß der Verdichtungs- enddruck 35 atü betrug. Das Staubventil wurde an der Stirn- wand des Zylinderkopfes an Stelle der Einspritzdüse eingebaut, während seitlich zwischen den Ventilen zum Warmlaufen der Maschine eine Einspritzdüse angebracht wurde. Blatt 1 zeigt den Versuchsaufbau.

Aufbau des Staubventils.

a) Schloosenventil. (Blatt 4).

Bei den ersten Versuchen wurde ein Schloosenventil verwendet, das bei unseren früheren Kohlenstaubversuchen für Braunkohle entwickelt wurde. Dieses Ventil besteht aus zwei in gegenseitiger Wechselwirkung stehenden Ventilen, einem inneren, das zum Verdichtungsraum öffnet, und einem äußeren, das zum Staubbehälter öffnet. Beide Ventile heben von einer gemeinsamen Platte ab, an die sich zum Verbrennungsraum hin der Einlagerungsraum anschließt. Die Wirkungsweise des Ventils ist folgende:

Am Ende des Auspuffhubes hebt sich das innere Ventil durch einen gesteuerten Hocken von der Zwischenplatte ab und dichtet bis zum Kompressionshub mit seiner Außenkante den Kompressionsraum gegen den Einlagerungsraum ab. Dieser steht unter Atmosphärendruck und aus dem Behälter kann Kohlenstaub eingelagert werden. Zu diesem Zweck liegt die Öffnungszeit

des äußeren Ventils innerhalb des Bereiches, in welchem das innere Ventil gegen den Brennraum abschließt. Durch Verändern des Hubes am äußeren Ventil kann die je Arbeitstakt eingelagerte Staubmenge verändert werden. Wenn im ersten Teil des Kompressionshubes das innere Ventil schließt, ist das äußere Ventil bereits geschlossen. Nun steht der Einlagerungsraum direkt mit dem Brennraum in Verbindung und sein Inhalt kann mittels Druckluft in den Brennraum geblasen werden. Gutes Abschließen der beiden Ventile wird durch scharfe Schneiden erreicht, bei denen kleine Flächen zur Abdichtung vorhanden sind. Die Schneiden ergaben anfangs sehr kurze Laufseiten. Nach 15-30 Minuten waren schon Ausbruchstellen vorhanden, so daß das Ventil ausgebaut und eine neue Schneide eingesetzt werden mußte. Stähle mit verschiedener Härte wurden ausprobiert und ergaben für die Schneide Laufseiten von über 60 Stunden. Versuche mit verschiedenen Stahlzusätzen lassen noch eine längere Haltbarkeit erwarten.

Dieses Staubventil zeigt bei Betrieb mit PE den großen Nachteil, daß die Spindel für das innere Ventil bei ihrer Bewegung immer Staub in die zur Dichtung notwendige Packung hineinzieht. Dadurch wächst die Reibung zwischen Spindel und Packung mehr und mehr, bis schließlich die Federkraft nicht mehr ausreicht, um das Ventil auf die Zwischenplatte zurückzudrücken. Das Ventil bleibt hängen. Der Kompressionsdruck bläst nun den Inhalt des Einlagerungsraumes, da das äußere Ventil geschlossen ist, zwischen Packung und Spindel, die jetzt erst recht hängen bleibt. Das Einschleusen und Dosieren

des Staubes ist damit unmöglich. Packungen aus verschiedenen Stoffen brachten keine Abhilfe, so daß ein ganz anderes Verfahren zur Einführung des Kohlenstaubes in den Brennraum notwendig wurde.

b) Doppelsitzventil (Blatt 5).

Dieses neue Ventil war als einfaches Ventil mit Doppelsitz ausgebildet. Am Ende des Saughubes bis in ersten Teil des Kompressionshubes liegt ein Zeitabschnitt, wo im Zylinder ungefähr Atmosphärendruck herrscht. In diesem Zeitabschnitt kann ein freier Durchgang vom Zylinderraum zum Staubbehälter geschaffen werden, ohne daß Kohlenstaub einge-saugt wird, noch daß Luft vom Zylinderraum zum Behälter gedrückt wird. Das Schneidenventil wird von der Dichtplatte abgehoben und bei vollem Hub schließt die vordere Kante den Einlagerungsraum gegen den Brennraum ab. Der Kohlenstaub fällt durch sein eigenes Gewicht in den Einlagerungsraum. Wenn das Ventil mit seiner Schneide wieder auf der Dichtplatte sitzt, kann mittels Druckluft der Staub in den Verbrennungsraum eingeblasen werden. Dieses Ventil hat den Vorteil, daß zur Steuerung nur ein Hocken notwendig ist, und daß die Druckluft, wenn die Schneide undicht wird, den im Einlagerungsraum befindlichen Staub in den Behälter zurückdrückt und nicht, wie beim Schlieusenventil, in die Packung, weil bei diesem ein äußeres Ventil den Einlagerungsraum nochmals gegen den Vorzugsbehälter abschließt. Durch Änderung des Durchgangsquerschnittes am Behälter kann die je Hub zugeführte Staubmenge eingestellt werden. Mit diesem Ventil wurden die Messungen durchgeführt.

Versuchsdurchführung:

Die Maschine wurde jeweils mit Gasöl warmgefahren und auf Kohlenstaub umgestellt. Jede Probe des behandelten PS wurde bei 275 U/min mit verschiedenen stündlich zugeführten Staubmengen gefahren. Der Motor wurde über einen Riemen mit einem Generator abgebremst, dessen Leistung jeweils an einem KW-Messer angezeigt wurde. Aus den Ablesungen eines ZWh-Zählers konnte ferner die in einer bestimmten Zeit vom Generator geleistete elektrische Arbeit bestimmt werden. Die Messungen wurden mit 1 kg Kohlenstaub durchgeführt, die Zeitdauer der Messung gestoppt und die jeweils von 1 kg geleistete elektrische Arbeit durch die Zählerablesungen ermittelt. Aus diesen Messwerten läßt sich dann die mittlere Generatorleistung, die stündlich verbrauchte Staubmenge und der spezifische Wärmeverbrauch für die elektrisch abgegebene Leistung berechnen.

Bei jeder Messung wurden laufend Indikatordiagramme aufgenommen. Aus dem über Grad Kurbelwinkel aufgezeichneten Druckverlauf lassen sich die Kündeligenschaften und der Zündpunkt erschauen. Der indizierte mittlere Kolbendruck wurde aus dem Druck-Kolbenweg-Diagramm durch Anplanimetrieren bestimmt. Die indizierte Motorleistung läßt sich dann berechnen. Es ist

$$N_{ind} = N_{a,ind} \cdot \frac{n \cdot V_h}{300}$$
 , wo n die Drehzahl pro Minute und V_h das Hubvolumen in ltr ist. Da beim Aufnehmen der Indikatordiagramme gleichzeitig die elektrische Leistung an der Schalttafel abgelesen wurde, findet man den Wirkungsgrad der ganzen Kraft-

anlage aus

$$\eta_{Ges} = \frac{N_{el}}{N_{ind}}$$
 und da $N_{el} = \eta_{Gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot \eta_{Mech, Motor} \cdot N_{ind}$ ist,

wird $\eta_{ges} = \eta_{Gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot \eta_{mech, Motor}$.

In diesem Wirkungsgrad sind also die Verluste durch Kolben- und Lagerreibung im Kohlenstaubmotor, die Verluste durch die Riemenübertragung und den Generator enthalten. Multipliziert man den spez. Wärmeverbrauch für die elektrisch abgegebene Leistung des Generators mit dem gesamten Wirkungsgrad η_{ges} , so erhält man den spez. Wärmeverbrauch für die indizierte PSh.

Ferner wurden zeitweilig die Abgase analysiert.

Um die Güte des behandelten PE mit Braunkohlenstaub zu vergleichen, der ja bekanntlich sehr gute Zünd- und Kremeigenschaften besitzt, wurden unter den gleichen Maschinenbedingungen Versuche und Messungen mit Braunkohlenstaub der Zeche Frechen durchgeführt.

Zum Schluß wurde mit Gasöl Leistung und Verbrauch des Motors bei verschiedenen, stündlich zugeführten Gasölmengen und bei konstanter Drehzahl $n = 245$ U/min gemessen.

Versuchsergebnisse:

a) Leistung u. spez. Wärmeverbrauch bei versch. Staubproben.

Um die Versuchsergebnisse der verschiedenen Proben darzustellen, ist jeweils über der stündlich zugeführten Wärmemenge in kcal/h die Generatorleistung in PS_{el} und der spez. Wärmeverbrauch in $kcal/PS_{el}h$ aufgetragen. In Tabelle 2 und 3 sind die Versuchsergebnisse und Meßwerte der verschiedenen Proben zusammengefasst.

1. Mit nitrosen Gasen behandelter Pott-Extrakt.

Probe F 453 (Schaubild 2).

Es ist dies ein mit $0,7 m^3$ Gas/kg PE nitrierter Kohlen -

staub mit einem Heizwert von 7836 kcal/kg. Die Leistung der Maschine fällt mit abnehmender Staubzufuhr sehr stark ab und der Verbrauch steigt rasch an. Unter 80 000 kcal/h erfolgen keine regelmäßigen Zündungen mehr, so daß in dem unteren Bereich die Maschine nicht mehr steht und hier keine Messungen möglich sind. Bei 90 000 kcal stündlicher Staubzufuhr beträgt die Generatorleistung $16,0 \text{ PS}_{el}$ und der spezifische Wärmeverbrauch $5600 \text{ kcal/PS}_{el} \cdot \text{h}$.

Probe F 462 (Schaubild 2).

Diese Probe ist mit 1 m^3 Gas/kg PE nitriert worden und hat einen Heizwert von 7787 kcal/kg. Beim Vergleich mit F 463 erkennt man, wie mit steigender Behandlung des Pott-Extraktes die Maschine mit weniger Staub bis herab zu 70 000 kcal/h steht. Die Leistungskurve fällt gegenüber F 463 nicht mehr so rasch ab und die Verbrauchskurve verläuft flacher. Bei 90 000 kcal/h leistet die Maschine $19,0 \text{ PS}_{el}$ bei einem spezifischen Wärmeverbrauch von $4750 \text{ kcal/PS}_{el} \cdot \text{h}$.

Proben F 456 und 456 a (Schaubild 3).

Beide Proben sind mit 6 m^3 Gas/kg PE behandelt, die Probe a ist außerdem noch mit Ammoniak neutralisiert. Die Heizwerte sind 7480 und 7424 kcal/kg. Die Meßpunkte der Probe F 456 sind mit doppelten Ringen eingetragen. Die Neutralisation hat auf die Verbrennung keinen erkennbaren Einfluß, da alle Meßwerte innerhalb der Versuchsgenauigkeit liegen. Gegenüber der Probe F 462 ist eine weitere Verbesserung der Zünd- und Brenneigenschaften zu erkennen. Die Verbrauchskurve verläuft flacher, die Leistungskurve liegt höher. Bei

90 000 kcal/h beträgt der spezifische Wärmeverbrauch 4300 kcal/PS_{el}h bei einer Generatorleistung von 21 PS.

Proben F 467 und F 467 a (Schaubild 4).

Mit 9 m³ Gas/kg ist diese Probe noch stärker behandelt wie die seitherigen. Probe a wurde neutralisiert. Die Heizwerte betragen 7169 und 7229 kcal/kg. Die Neutralisation von F 467 a ergibt, wie oben, keine Unterschiede in der Leistung und im Verbrauch gegenüber der Probe F 467.

Probe F 473 (Schaubild 4).

Diese Probe ist gleich wie F 467 behandelt, deshalb sind auch die Meßergebnisse in dem Schaubild 4 eingezeichnet. Der Heizwert der Probe ist 7496 kcal/kg. Bei den Messungen dieser Probe betrug die stündlich zugeführte Wärmemenge über 100 000 kcal/h. Man erkennt deutlich, wie die Leistungs- und Verbrauchskurve der Probe F 473 die Fortsetzung der jeweiligen Kurve der Proben F 467 und 467 a im Gebiet reichlicher Brennstoffeinstellung ist. Wenn man die Versuchsergebnisse der anderen Proben mit denjenigen von F 473 vergleicht, so erkennt man, daß mit stärker werdender Nitrierung die behandelten Proben in der Maschine mit einer geringeren Staubmenge gut durchzünden. Bei den Proben F 467, 467a und 473 läuft die Maschine bis herab zu 65 000 kcal stündlicher Staubzufuhr sehr gleichmäßig, ohne daß der Verbrauch stark ansteigt. Bei 90 000 kcal/h leistet der Motor ungefähr 21 PS_{el} bei einem spezifischen Wärmeverbrauch von 4300 kcal/PS_{el}h.

Probe F 475 (Schaubild 5).

Diese Probe ist mit 19 m^3 Gas/kg PE am stärksten nitriert worden. Ihr Heizwert beträgt 6614 kcal/kg . Die Probe ergibt bei einer stündlich zugeführten Wärmemenge von $90\ 000$ kcal gegenüber den weniger stark nitrierten Proben F 456 und F 477 die gleichen Wärmeverbrauch von $4300 \text{ kcal/PS}_{\text{el}}\text{h}$ für diese Einstellung keine Besserung. Ein deutlicher Unterschied ist jedoch im Bereich der geringeren, zugeführten Wärmemengen vorhanden. Die Verbrauchskurve verläuft bei F 475 viel flacher als bei den anderen Proben, was auf ein besseres Durchströmen und auf ein besseres Durchbrennen des Staubes zurückzuführen ist. Ähnliche Messungen konnten bis hierab zu einer stündlich zugeführten Wärmemenge von $55\ 000 \text{ kcal}$ durchgeführt werden. Der Verlauf der Leistungs- und Verbrauchskurve zeigt im unteren Bereich der Einstellung deutlich das günstige Verhalten dieser Probe im Motor gegenüber allen anderen.

2. Mit Salpetersäure behandelter Pott-Extrakt.

Proben F 455, F 465a, F 465b (Schaubild 6).

Diese Proben wurden mit $\frac{1}{2}$ ltr Säure auf 10 kg PE nitriert. Die Probe a wurde dabei auf 60°C , die Probe b auf 80° erhitzt, um durch die Heizung den Wassergehalt der Proben zu verringern. Die Heizwerte betragen 7892 , 7932 und 8041 kcal/kg . Diese Proben sind schwachnitriert. Nur bei Zufuhr großer Staubmengen zündete die Maschine regelmäßig. Deutlich erkennbar wird der Einfluss der Heizung bei den Verbrauchszahlen der Proben F 465 und 465 a, wo bei $100\ 000 \text{ kcal/stündl.}$

Während der Verbrauch sich von ungefähr 13 000 kcal/PS_{el}h auf 7000 kcal/PS_{el}h verbessert. Die Ergebnisse der Probe F 465 sind nicht eindeutig, doch kann der schlechtere Verbrauch, wie aus den Heizwerten hervorgeht, durch eine unvollständige Nitrierung gegenüber der Probe F 465 a erklärt werden.

Ergebnisse der Probe F 459a und F 459b (Schaubild 7 und 8).

Die Nitrierung dieser Proben beträgt 1 ltr Säure auf 10 kg Pulv., die Heizwerte sind 7995, 7457 und 7719 kcal/kg. Die Probe F 459a ist im Gegensatz zu der Probe F 459 neutralisiert. Bei der Probe F 459b wurde die Heizung von 100°C auf 150°C erhöht.

Gegenüber der vorhergehenden Probe F 465 läßt sich der Einfluß der stärkeren Nitrierung deutlich erkennen. Die Maschine steht bis herunter zu 60 000 kcal stündlicher Staubzufuhr. Die Leistungskurve fällt nicht so rasch ab und die Verbrauchskurve verläuft bedeutend günstiger und flacher. Die Neutralisation ergibt keinen erkennbaren Einfluß auf die Leistung und den Verbrauch der Maschine. Dagegen ergibt sich bei der Erhöhung der Heizung von 100°C auf 150°C (Schaubild 8) eine Senkung des Verbrauches um ungefähr 20 %. Die Versuchsergebnisse sind bei 90 000 kcal stündlich zugeführter Staubmenge:

F 459	~16,75	PS _{el}	Generatorleistung bei	5 300	kcal/PS _{el} h
F 459a	~16,5	"	"	5 400	"
F 459b	~20,75	"	"	4 300	"

Proben F 471a und F 471b.

Bei der Behandlung dieser 3 Proben, die genau so stark wie F 459 nitriert wurden, ist die Heizung auf 150°C, 180°C und 220°C erhöht worden. Mit zunehmender Heizung wurde das Verhalten dieser Proben wieder schlechter. Die Proben F 471a und F 471b stündeten selbst bei großer Staubzufuhr sehr schlecht, so daß die Maschine nur kurze Zeit damit betrieben werden konnte. Die Meßwerte bei 120 000 kcal/h sind:

F 471a	12,5 PS _{el}	Generatorleistung bei 9 600 kcal/PS _{el} h
F 471b	10,0 " "	" 15 000 "
F 471c	11,9 " "	" 30 700 "

Als Ergebnis der Proben F 459 und F 471 ergibt sich also, daß ein Staub, der bei der Behandlung auf 120°C erhitzt wurde, im Motor die besten Werte lieferte; sowohl eine Verflüchtigung als auch eine Erhöhung der Heizung ergibt schlechtere Werte.

Probe F 460 (Schaubild 7)

Ist genau so stark nitriert wie die Probe F 459. Bei der Behandlung ist der Durchsatz in der Apparatur auf das 2,5fache gesteigert worden. Darin dürfte der Grund zu suchen sein, weshalb die Leistung und der Verbrauch bei dieser Probe schlechter ist als bei F 459. Die Generatorleistung beträgt bei 90 000 kcal stündlicher Wärmezufuhr 10,5 PS_{el} bei einem Verbrauch von 8500 kcal/PS_{el} h.

Proben F 458, F 458a und F 458b (Schaubild 9).

Diese Staubproben wurden mit 1,5 ltr Säure auf 10 kg PE nitriert. Die Heizwerte sind 7358, 7244 und 6945 kcal/kg. Die

neutralisiert. Die Probe F 458b wurde anstatt
auf 120°C auf 150°C erhitzt und neutrali-
siert. Die Proben F 458 und F 458a auf 120°C erhitzt und neutrali-
siert. Die Proben F 458 und F 458a zeigen trotz stärkerer Mi-
schung mit Wasser F 459 eine Abnahme der Leistung und eine
steigende Wärmeverbrauchs. Die Ursache für das schlechtere
Verhalten dieser beiden Proben konnte nicht gefunden werden.
Die Probe F 458b im Vergleich zu F 459b eine
deutliche Verbesserung der Zünd- und Brenneigenschaften. Die
Verlaufskurve hat einen sehr flachen Verlauf und die Maschi-
nenleistung gleichmäßig bis herab zu einer stündlichen Wärmeze-
leistung von 30 000 kcal. Der günstigste Verbrauch beträgt 3950
kcal/PS_{el}h. Die Versuchsergebnisse bei 90 000 kcal/h sind fol-
gende:

- 1. Probe F 458b Generatorleistung bei 5 900 kcal/PS_{el}h
- 2. Probe F 458b Heizwert fallen mit F 458 zusammen.
- 3. Probe F 458b Generatorleistung bei 4 000 kcal/PS_{el}h
- 4. Probe F 458b Heizwert (Schaubild 10).

Bei der Nitrierung dieser Proben kamen 2 ltr Säure auf
1 kg Pott-Extrakt. Die Heizung wurde auf 80°, 120° und 150°C einge-
stellt. Die Heizwerte betragen 7291, 6994 und 6989 kcal/kg.
Aus den Versuchsergebnissen erkennt man deutlich, wie bei gleicher
stündlicher Staubsufuhr mit zunehmender Heizung die Leistung
des Motors steigt und der Verbrauch besser wird. Bei der Probe
F 464b liegt der Wärmeverbrauch bereits unter 4000 kcal/PS_{el}h.
Der günstigste Wert ist 3700 kcal/PS_{el}h bei ungefähr 23 PS
Generatorleistung. Dieser Wert von 3700 kcal/PS_{el}h stellt den
günstigsten Wärmeverbrauch dar, der mit behandeltem Pott-Extrakt

erreicht wurde.

Die Messergebnisse bei 90 000 kcal stündl. Staubzufuhr sind folgende:

F 464	~20	PS _{el}	Generatorleistung bei	4 500	kcal/PS _{el} h
F 464a	21,75	"	"	4 150	"
F 464b	24,0	"	"	3750	"

Die Heizwerte der Proben F 458b und F 464a sind ungefähr gleich, trotzdem sie angeblich verschieden stark mit Säure behandelt wurden. Die Nitrierung beider Proben muß daher gleich stark durchgeführt worden sein. Da die Temperatur bei der Behandlung der Proben zwischen 100 und 120°C lag, so müssen auch die Ergebnisse am Motor ungefähr die gleichen sein. In der Tat erkennt man aus den Schaubildern 9 und 10 eine gute Übereinstimmung der Werte. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß ungleiche Behandlung bei der Nitrierung erfolgte, die, wie schon erwähnt, sich leicht verbessern läßt.

Proben F 461, F 461a und F 461b (Schaubild 11 und 12).

Mit 4 ltr Säure auf 10 kg PE ist die Nitrierung dieser Proben am stärksten durchgeführt worden. Die Heizwerte sind dabei auf 6306, 6615 und 6584 kcal/kg gesunken. Der Unterschied bei der Behandlung dieser Proben liegt in der Heizung, die jeweils 80°, 120° und 150°C betrug. Wie bei den anderen Proben stellt man beim Vergleich der Versuchsergebnisse eine Verbesserung der Breneigenschaften mit zunehmender Heizung fest. Die Proben F 461a und F 461b sind am besten. Wohl konnte der günstigste Verbrauch von 3750 kcal/PS_{el}h nur bei

F 461a erreicht werden, aber der Bereich, in welchem die Maschine gut sündet und gleichmäßig durchbrennt, geht bei beiden Proben bis zu 45 000 kcal stündlicher Wärmezufuhr herunter. Dabei ist der Verlauf der Verbrauchskurve über den ganzen Bereich sehr flach, was auf gutes Durchbrennen bei jeder Einstellung schließen läßt. Die günstigste Beheizung für diese Proben liegt bei 120°C.

Die Messergebnisse bei 90 000 kcal/h sind:

F 461	21,5	PS _{e1}	Generatorleistung bei	4 200	kcal/PS _{e1} h
F 461a	24,0	"	"	3 750	"
F 461b	22,7	"	"	3 900	"

Probe F 476 (Schaubild 13).

Diese Probe ist wie F 461b behandelt und auf 150°C erhitzt worden. Der Heizwert beträgt 6994 kcal/kg gegenüber 6584 kcal/kg bei F 461b. Dies läßt auf eine weniger starke Nitrierung schließen. Die Ergebnisse im Motor sind daher etwas schlechter.

Bei 90 000 kcal stündlicher Staubzufuhr beträgt die Generatorleistung ungefähr 20,0 PS_{e1} und der spezifische Verbrauch 4400 kcal/PS_{e1}h.

3. Versuche mit Braunkohle der Zeche Frechen, H_u = 4579 kcal/kg, Schaubild 14.

Die Versuche mit Braunkohle wurden bei gleicher Einstellung der Maschine durchgeführt. Da das Staubventil und dessen Steuernocken für den höheren Heizwert von PE bemessen wurde, konnten die größeren Mengen bei Braunkohle im Bereich großer Wärmezufuhr nicht durchgeführt werden. Die Messungen liegen

unter 85 000 kcal stündlich zugeführter Staubmenge. Es wurden 2 Meßreihen an verschiedenen Tagen aufgenommen, von denen die eine um ungefähr 5 % schlechtere Werte ergab. Unter 62 500 kcal stündlicher Wärmezufuhr konnten keine Messungen durchgeführt werden, da die Maschine nicht mehr ruhig stand und der Staub nicht regelmäßig durchzündete.

Die Meßergebnisse sind bei 80 000 kcal/h folgende:

Br.K. Vers. 1 ~16,5 PS Generatorleistung bei 4750 kcal/PS_{e1}h
Br.K. " 2 ~16,0 " " " 5000 "

4. Versuch mit Gasöl Br. 806, $H_u = 10\ 180$ kcal/kg,
 $\eta = 0,855$, Schaubild 15.

Die Maschine wurde auf den normalen Hasölbetrieb umgebaut.

Bei konstanter Drehzahl $n = 275$ U/min wurde bei jeweils verschiedener Pumpenstellung Leistung und Verbrauch gemessen und in dem Schaubild 15 über der stündlich zugeführten Wärme- menge aufgetragen. Der günstigste Verbrauch wurde bei 21 PS Generatorleistung mit 2950 kcal/PS_{e1}h erreicht, was ungefähr dem im Abnahmeprotokoll eingetragenen Wert von 2900 kcal/PS_{e1}h entspricht.

b) Das Indikator diagramm bei verschiedenen Staubarten.

1. Das versetzte Diagramm.

Bei allen Versuchen wurden laufend Indikator diagramme aufgenommen. Nachdem für jede Probe bei der höchsterreichbaren Last der Einblasezeitpunkt so eingestellt wurde, daß der Druckerstieg im Motor nicht zu rasch erfolgt und auch der Höchstdruck nicht zu hoch wird, wurde der Einblasezeitpunkt

für alle Messungen bei der betreffenden Probe konstant gelassen, um die Versuchsdurchführung nicht unnötig zu erschweren. Der Einblasezeitpunkt lag im Mittel bei ungefähr 30° Kw.v.i.f. Betrachtet man nun die Indikatordiagramme auf Blatt 1, so erkennt man aus dem über Grad Kurbelwinkel aufgezeichneten Druckverlauf, wie der Zündverzug mit abnehmender Last oder entsprechend mit abnehmender Staubzufuhr zunimmt. Bei den Diagrammen 3 und 4 setzt die Zündung mit raschem Druckanstieg ein und man erhält das bei Gasöl-Versuchen übliche Bild des Druckverlaufes. Das Diagramm 1 zeigt, wie dann die Zündung bei 5,3 kW Leistung nicht vor dem Erreichen des inneren Totpunktes einsetzt. Diese Zunahme des Zündverzuges mit abnehmender Staubzufuhr läßt sich gleichfalls aus den anderen Diagrammen erkennen. Wenn mit abnehmender Belastung der Einblasezeitpunkt für jed-e Probe früher gelegt worden wäre, so hätten die Messungen noch bei geringerer Staubmenge durchgeführt werden können. Doch das Aufsuchen des jeweils günstigen Einblasezeitpunktes hätte die Durchführung der Versuche bedeutend erschwert. Auch bei Braunkohle würde diese Zunahme des Zündverzuges festgestellt. Für die geringere Wärmezufuhr lag die Vor-einblanung bei 40° Kw.v.i.f., also um $\sim 10^{\circ}$ früher als bei den anderen Staubproben. Daher sind die Messungen bei Braunkohle mit etwas günstigeren Zündbedingungen durchgeführt. Blatt 2 und 11 zeigen, wie bei Braunkohle bei geringer Belastung die Zündung wegen des früher gelegten Einblasezeitpunktes kurz vor dem inneren Totpunkt einsetzt. Wäre nun bei den Versuchen mit nitrierter PE mit abnehmender Last früher eingeblasen worden, so hätten diese gegenüber Braunkohle noch überlegener Zünd- und

Dieser Eigenschaften ergeben.

2. Das normale Diagramm.

Gleichzeitig mit dem versetzten Diagramm wurde auch das normale Druck-Kolbenweg-Diagramm aufgezeichnet. Aus diesen Diagrammen wurde, wie bei der Versuchsdurchführung angegeben worden ist, der mittlere indizierte Kolbendruck, die indizierte Leistung und der gesamte Wirkungsgrad der Übertragung der indizierten Leistung vom Kolben über die Kurbelwelle und das Schwungrad, über den Riemen und Läufer des Generators zur elektrisch abgegebenen Leistung an den Generatorklemmen bestimmt. Im dem Schaubild 16 wurden die aus den Diagrammen ermittelten Wirkungsgrade mit der zugehörigen Leistung aufgetragen. Es ist klar, daß diese Maßwerte stark schwanken, zumal die je Hub angeführte Staubmenge im Gegensatz zu der Drosselung bei Gasölbetrieb nicht konstant zu halten ist. Trotzdem läßt sich eine Kurve für den Wirkungsgrad eintragen, die sich den Meßwerten ziemlich gut anschließt. Man sieht aus der Fülle der Meßpunkte, daß der Wirkungsgrad bei allen Staubproben praktisch gleich ist. Aus dieser Kurve des Wirkungsgrades bei verschiedener Generatorleistung läßt sich für die verschiedenen Proben der spezifische Wärmeverbrauch für die indizierte Pfh und die indizierte Leistung bestimmen. Diese Rechnung wurde für die Probe F 461b, F 464b und für Braunkohle durchgeführt und die Werte in (1. Schaubild/12 und 17 gestrichelt eingezeichnet. Bei 65 00 kcal stündlicher Wärmezufuhr und 15,75 PS Generatorleistung wurde mit der Probe

F 461b in Blatt 12 ein spezifizierter Wärmeverbrauch für die indizierte PS₁ von 2000 kcal/PS₁h erreicht. Mit abnehmender Staubzufuhr nimmt der indizierte Wärmeverbrauch noch weiter ab und beträgt bei 46 000 kcal/h und 10 PS₀₁ Leistung ungefähr 1600 kcal/PS₁h.

Aus den Diagrammen für die Staubproben F 464 a und 4 und F 461 a auf Blatt 2 ersieht man, daß mittlere indizierte Kolben drücke von 7-7,5 kg/cm² erreicht worden.

o) Zündpunkte im Jentsch-Zündwertprüfer.

Die Zündpunkte der Proben wurden im Jentsch-Zündwertprüfer bestimmt. Die Ergebnisse einiger Proben sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Außer den 5 nitrierten Proben F 461, F 475 und F 461 b sind zum Vergleich noch die Zündpunkte von reinem Pott-Extrakt, von Braunkohle und von Steinkohlenteeröl bestimmt worden. Es zeigt sich, daß die verschiedenen Proben durch die Behandlung mit Salpetersäure bzw. mit nitrosen Gasen Zündwerte aufweisen, die sich von dem Zündwert der Braunkohle nicht mehr unterscheiden. Die Zündeigenschaften beider grundsätzlich verschiedener Staubarten müssen auch im Motor praktisch gleich sein. Wenn die Verbrauchszahlen für behandelten PE trotzdem günstiger sind, so ist dies nur noch auf ein besseres Durchbrennen, d.h. auf eine kürzere Brennzeit des behandelten PE gegenüber Braunkohle zurückzuführen. Dieses bessere Durchbrennen läßt sich folgendermaßen erklären:

Mit zunehmender Behandlung der Proben wurde bei quanti-

branch für die elektrische PSH herauszufinden, wurde in Schaubild 18 der spezifische Wärmeverbrauch in $\text{kcal/PS}_{el}\text{h}$ in Abhängigkeit von der Generatorleistung aufgetragen. Für eine konstante Generatorleistung wurde aus dem Schaubild 17 der Wärmeverbrauch für F 461 b und für Braunkohle entnommen und diese Werte als Abszisse über der betreffenden Generatorleistung als Ordinate eingetragen. Dadurch erhält man die beiden Kurven für den spezifischen Wärmeverbrauch der Generatorleistung. Bei 12 PS Generatorleistung ist der Wärmeaufwand bei Braunkohle um $\sim 10\%$, bei 18,5 PS Generatorleistung bereits um 20% höher als bei F 461 b .

Auf die gleiche Weise wurde der Wärmeverbrauch für die indizierte PSH aus dem Schaubild 17 bestimmt und in Schaubild 18 eingezeichnet.

b) Gasöl u. behandeltes Pott-Extrakt F 461 a , Schaubild 19

In diesem Schaubild ist die Leistungs- und Verbrauchskurve der Probe F 461 a aus Schaubild 11 übernommen. Man erkennt, daß bei Gasöl die Maschine im Bereich geringer Wärmezufuhr gegenüber nitriertem Pott-Extrakt bedeutend bessere Brenneigenschaften besitzt, was auf eine bessere Brennstoffverteilung im Brennraum zurückzuführen ist. Je mehr Kohlenstaub dem Motor zugeführt wird, umso näher kommt die Leistungs- und Verbrauchskurve bei nitriertem Pott-Extrakt an die entsprechende Kurve bei Gasöl heran, um bei $100\ 000\ \text{kcal/h}$ die gleichen Werte wie bei Gasöl zu erreichen. Die Leistung beträgt dabei $26\ \text{PS}_{el}$ bei einem Wärmeverbrauch von $3800\ \text{kcal/PS}_{el}\text{h}$. Wird die Wärmezufuhr noch weiter gesteigert,

Dann zeigt nitrierter Pott-Extrakt bessere Werte als Gasöl. Die Leistungskurve bei Gasöl hat bis 95 000 kcal. stündl. Wärmezufuhr einen ansteigenden Verlauf und erreicht dabei 26 PS_{el}, um dann langsam zu fallen. Bei nitriertem Pott-Extrakt wird die größte Leistung dagegen erst bei ungefähr 105 000 kcal/h erreicht. Dieser Unterschied in dem Verhalten der beiden Kraftstoffe ist entweder auf die Einblaseluft bei Staubbetrieb, die gegenüber Gasöl einen größeren Luftüberschuß im Motor bedingt, oder auf den angelagerten Sauerstoff der nitrierten Proben zurückzuführen. Weitere Versuche und theoretische Untersuchungen werden diese Frage noch klären.

Betriebs Erfahrungen.

Wurde der Kohlenstaubmotor mit Braunkohle gefahren, dann mussten jeweils nach einer Betriebszeit von 1-1/2 Stunden die Messungen unterbrochen werden. Beim Ausbauen des Kolbens war auf dem Kolbenboden und an den Ventilen ein starker Ascheansatz vorhanden, der jedesmal im inneren Totpunkt an dem Zylinderkopf zuschlug und ein Weiterfahren unmöglich machte. Ohne eine Verlängerung des Kolbens und ohne eine Spüleinrichtung ist ein Dauerbetrieb mit Braunkohle nicht möglich. Die fotografischen Aufnahmen auf Blatt 3 zeigen neben dem Ascheansatz am Auslassventil und Kolbenboden das Aussehen des Kolbenbodens bei Betrieb mit nitriertem Pott-Extrakt, wo keinerlei Verkrustungen und Verschmierungen festgestellt wurden. Bei nitriertem Pott-Extrakt kann nur durch unvollständige/^{Verbrennung} des Pott-Extraktes ein erhöhter Verschleiß durch Reibung gegenüber Gasöl auftreten. Dauerläufe werden diese Frage klären. Um die

Verbrennung in der Maschine zu verbessern, sind Versuche bei höherer Kompression, Versuche mit anderen Brennräumen bei örtlich verschiedener Lufteinblasung des Staubes und bei Vorkammer-Betrieb in Aussicht genommen. Dabei ist zu erwarten, daß die Verbrennung im Bereich geringer Staubzufuhr günstig beeinflusst wird und die Verbrauchswerte auch in diesem Bereich dem Gasölbetrieb näher kommen.

Wenn auch mit der jetzigen Bauart des Staubventils Betriebszeiten von 100 und mehr Stunden möglich sind, so ist dies für einen Dauerbetrieb nicht ausreichend. Bei dem PE ist im Gegensatz zur aschehaltigen Braunkohle kein hoher Verschleiß zu erwarten, so daß die Abdichtung nicht mehr mit einer im Betrieb sehr empfindlichen Schneide vorgenommen werden muß. Es ist ein Schieberventil entwickelt worden, bei dem ein Kolben zur Abdichtung dient. Ein derartiges Staubventil wird bereits gebaut.

Anlagen: 5 Blatt Lichtbilder
und Zeichnungen
3 Tabellen
18 Schaubilder
11 Blatt Indikatorzüge.

Hwinger


a) Mit nitrosen Gasen behandelter Pott-Extrakt,
Braunkohle,
Gasöl.

Probe:	D u r c h s a t z stündl. bei der Be- handlung				Analysen der behandelten Proben		Wärmeverbrauch im Motor kcal/PS _{cl} h bei kcal/h	
	kg PE	m ³ Gas	m ³ Gas/ kg PE	l ^{tr} NH ₃	Krupp- Zünd- punkt sofort °C	Heiz- wert kcal/kg		
F 469	30	36	0,53			7 952	15000	bei 110 000
F 470	30	23	0,77			7 926	6500	" 110 000
F 463	20	17	0,7		385	7 836	5600	" 90 000
F 462	20	20	1,0		401	7 787	4750	" 90 000
F 456	10	60	6,0	100	390	7 480	4300	" 90 000
F 456e	10	60	6,0	200	364	7 424	4300	" 90 000
F 466	10	60			386	7 559		
F 467	10	P 466 + 30	9,0		322	7 163	4300	" 90 000
F 467a	10	P 466 + 30	9,0	50	340	7 228	4300	" 90 000
F 473	10	P 466 + 30	9,0			7 496	4600	" 100 000
F 475	10		15,0			6 614	4300	" 90 000
Braunkohlen-Zeche Frechen						4 735	{ 4750	" 80 000
Gasöl, Br. 806, $\gamma = 0,855$						10 180	{ 5000	" 80 000
							{ 2950	" 60 000
							{ 3500	" 90 000

Zusammenfassung der Meßwerte verschiedener Proben

b) mit Salpetersäure behandelter Pott-Extrakt.

Probe:	Durchsatz/Std. bei der Behandlung				Analysen der behandelten Proben		Wärmeverbrauch im Motor	
	kg PE	ltr HNO ₃	ltr HNO ₃	ltr NH ₃	Heizwert kcal/kg	Krupp-Zündpunkt sofort °C	Heizwert kcal/kg	kcal/PS _{el} h bei kcal/h
F 455	20	1,0	0,5			422	7 892	15 000 bei 100 000
F 455a	"	"	"		60	380	7 932	7 000 " 100 000
F 455b	"	"	"		80		8 041	
F 459	30	3,0	1,0		100	339	7 995	5 300 " 90 000
F 459a	"	"	"	150	100	308	7 457	5 400 " 90 000
F 459b	"	"	"	150	120	364	7 719	4 300 " 90 000
F 471	10	1,0	1,0		150		7 753	9 600 " 120 000
F 471a	"	"	"		180		7 977	15 000 " 120 000
F 471b	"	"	"		220		7 949	30 700 " 120 000
F 460	50	5,0	1,0		100	385	7 839	8 500 " 90 000
F 458	20	3,0	1,5		100		7 358	5 900 " 90 000
F 458a	"	"	"	100	100		7 244	5 900 " 90 000
F 458b	"	"	"	100	120		6 943	4 000 " 90 000
F 464	20	4,0	2,0		80	389	7 291	4 500 " 90 000
F 464a	"	"	"		120	400	6 994	4 150 " 90 000
F 464b	"	"	"		150	368	6 989	3 750 " 90 000
F 461	20	3,0	4,0		100	328	6 306	4 200 " 90 000
F 461a	"	"	"		120	322	6 615	3 750 " 90 000
F 461b	"	"	"		150	321	6 584	3 900 " 90 000
F 476	20	3,0	4,0		150	335	6 934	4 350 " 90 000

Zündpunkte, im Jentsch-Zündwertprüfer gemessen.

Behandelter Pott-Extrakt
Probe F 475

Braunkohle:

im Sauerstoffstrom	
°C	Zündung nach sec
240	-
250	-
260	4,0
270	7,5
280	3,5
300	1,0
310	0,5
320	0,0

im Sauerstoffstrom	
°C	Zündung nach sec
250	-
270	12,5
330	6,5
360	6,0
380	3,0
420	2,5
440	1,0
450	0,0

Steinkohlenteeröl:

im Sauerstoffstrom:	
°C	Zündung nach sec
500	1,3
520	1,0
530	0,8
540	0,3

Probe F 461:

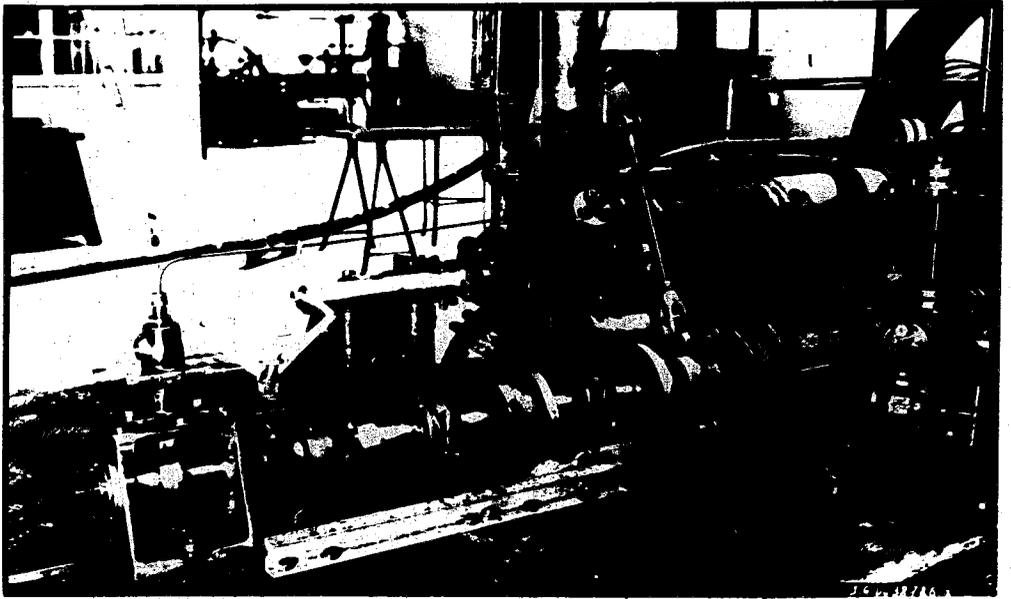
im Sauerstoffstrom	
°C	Zündung nach sec
240	-
245	26,0
270	15,0
290	5,0
320	2,2
340	1,2
350	0,0

Reiner Pott-Extrakt:

im Sauerstoffstrom:	
°C	Zündung nach sec
530	-
540	7,5
550	1,0

Probe F 461b:

im Sauerstoffstrom	
°C	Zündung nach sec
250	-
260	-
270	8,0
280	5,2
320	2,5
320	1,0
330	0,0



2866

A883



Abbildung eines Ventils
aus dem Material des
Kessels. (siehe auch
Seite 10)

A884



Abbildung eines Ventils
aus dem Material des
Kessels

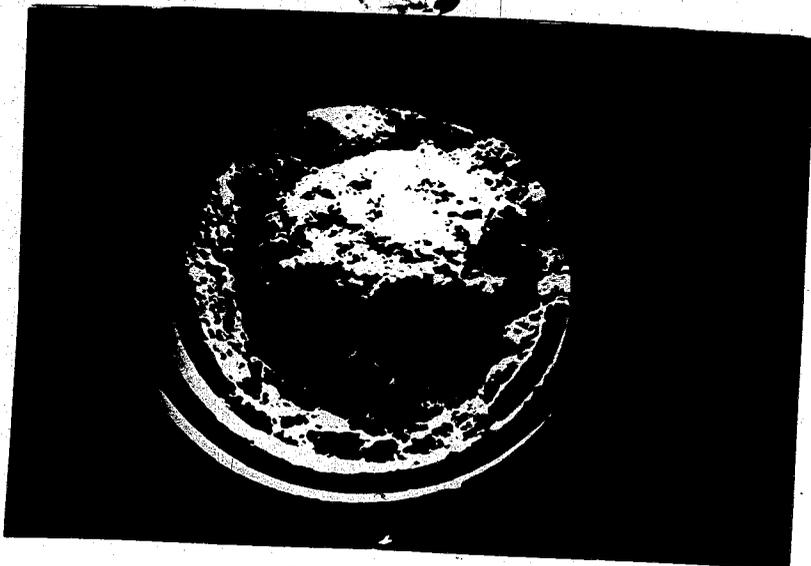


Abbildung von geschwei-
zelter Kesselwand
im Durchmesser



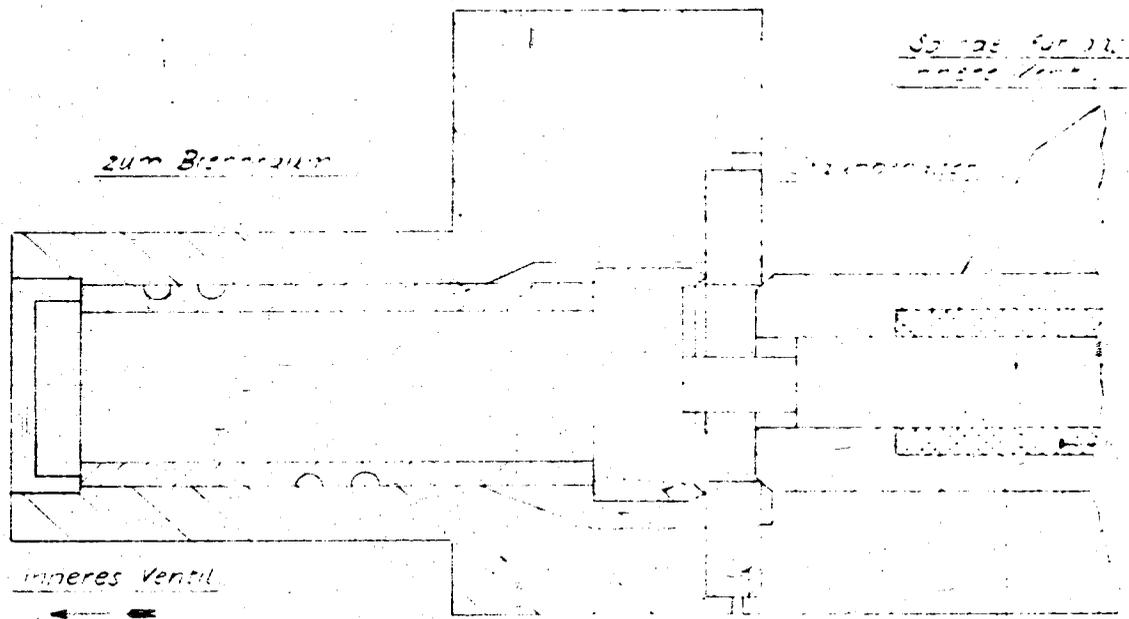
NO. 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000

28668



PHOTOGRAPHED BY [illegible]
ON [illegible] AT [illegible]
KODAK SAFETY FILM
KODAK SAFETY FILM

Seitenansicht
des Ventils



inneres Ventil

Ventilkörper

Einlagerungsraum

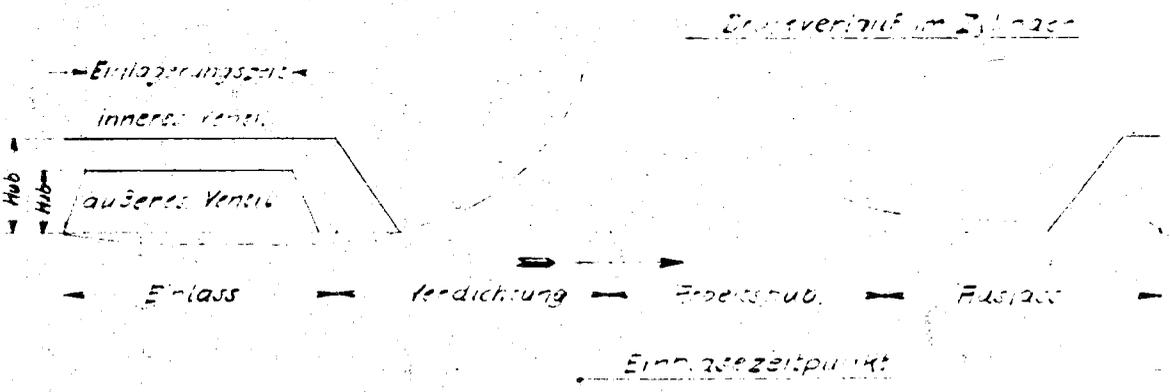
Seitengänge des Ventils

Zwischenbohrung

äußeres Ventil

Bohrung

Steuerschema



Einlasszeitpunkt

inneres Ventil

Hub

äußeres Ventil

Einlass

Verdichtung

Einlasszeitpunkt

Auslass

Einlasszeitpunkt

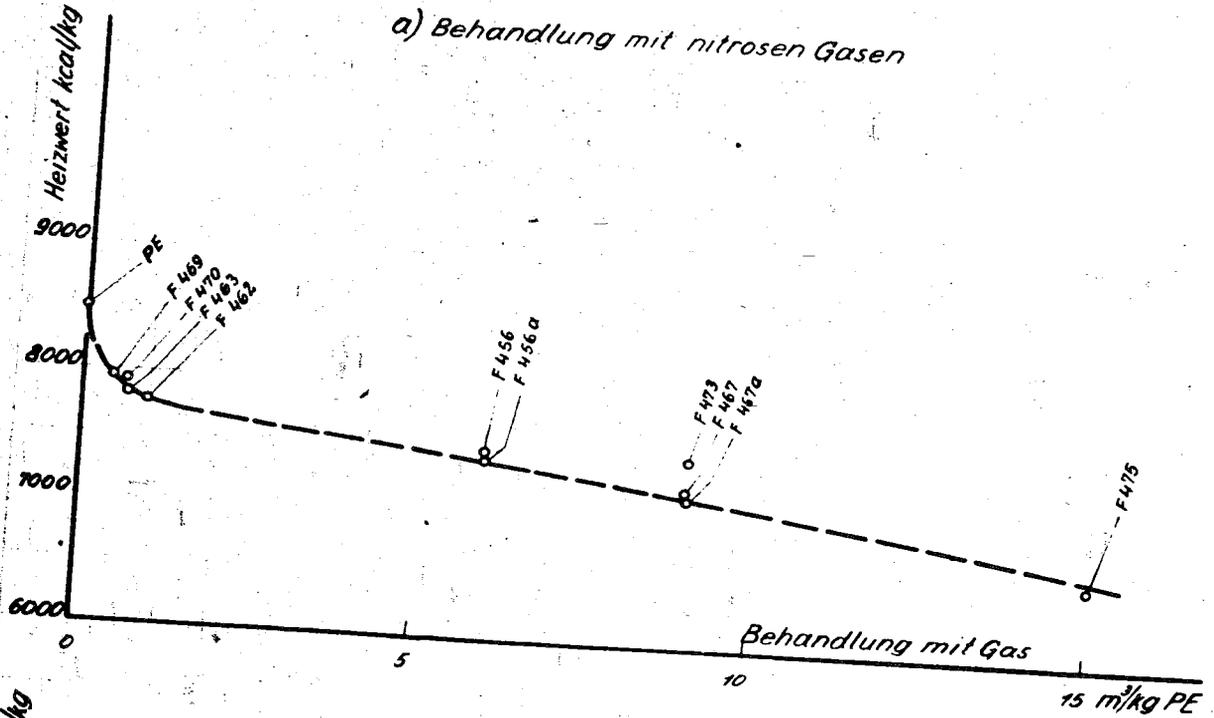
Druckverlauf im Zylinder

28669

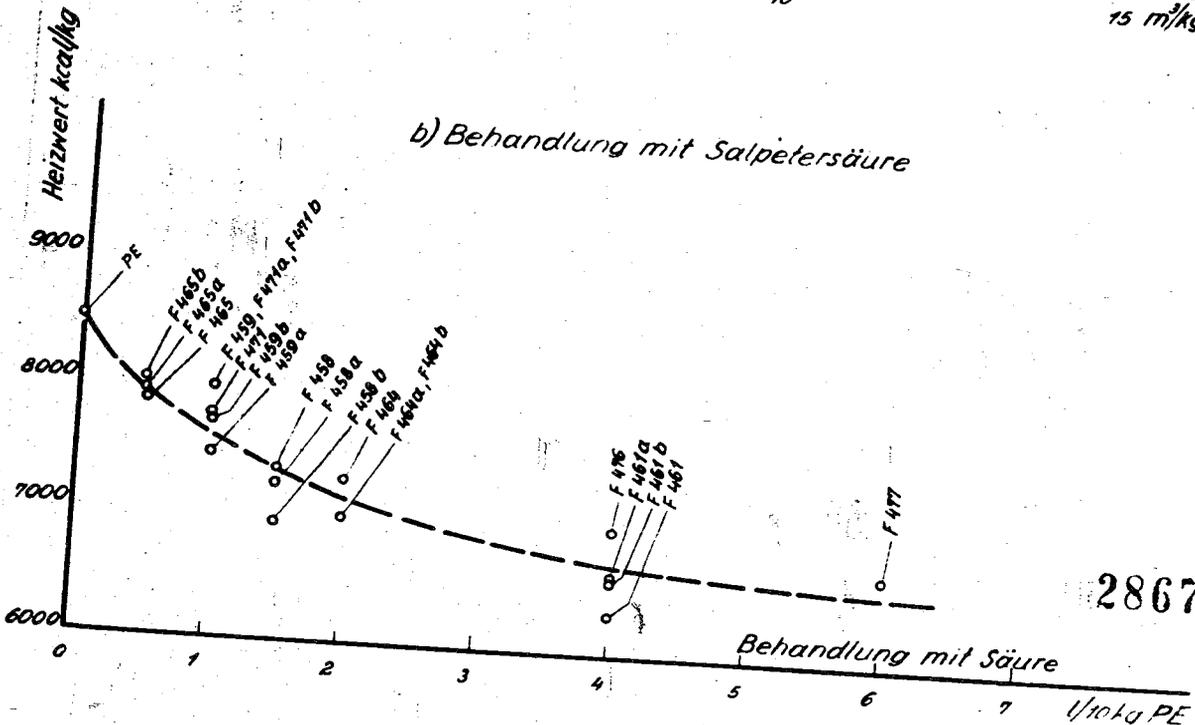
Abnahme des Heizwertes mit zunehmender
Stärke der Nitrierung von Pott-Extrakt.

$(H_u = 8500 \text{ kcal/kg PE})$

a) Behandlung mit nitrosen Gasen



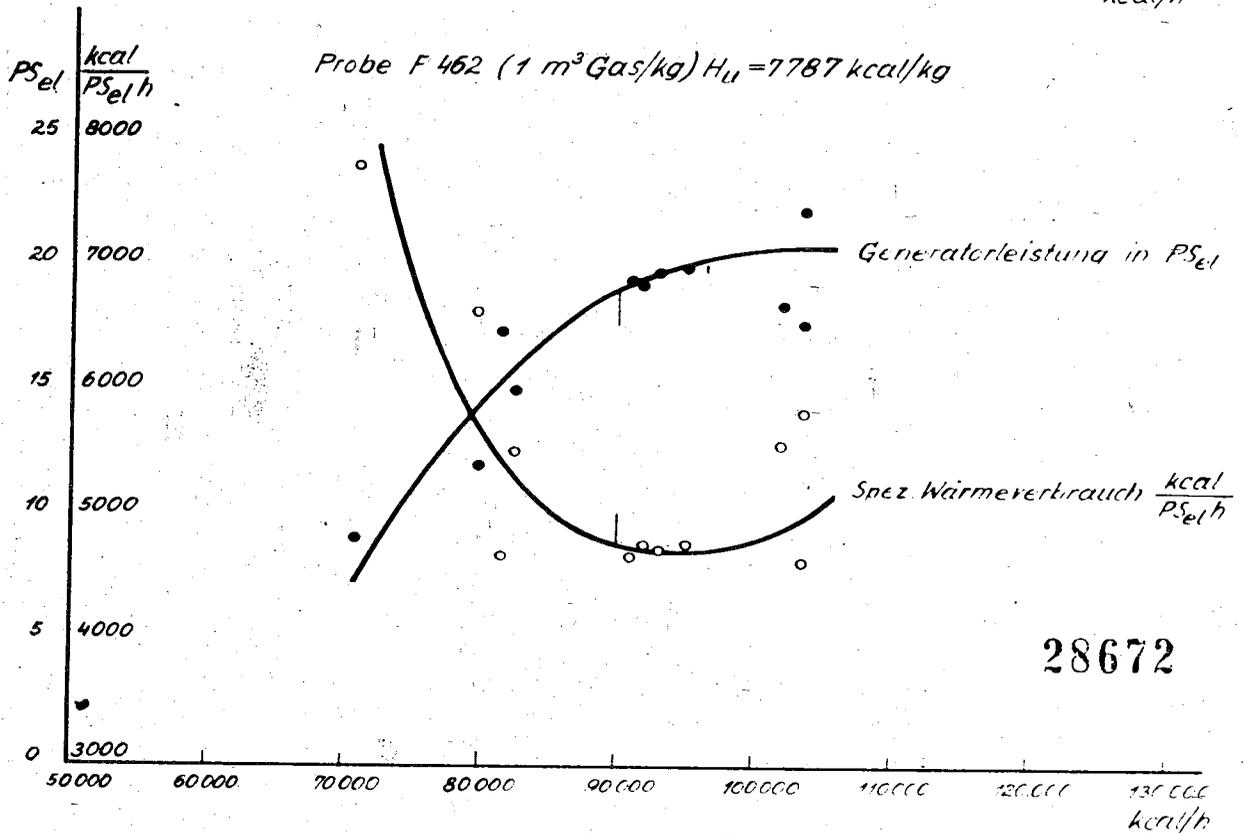
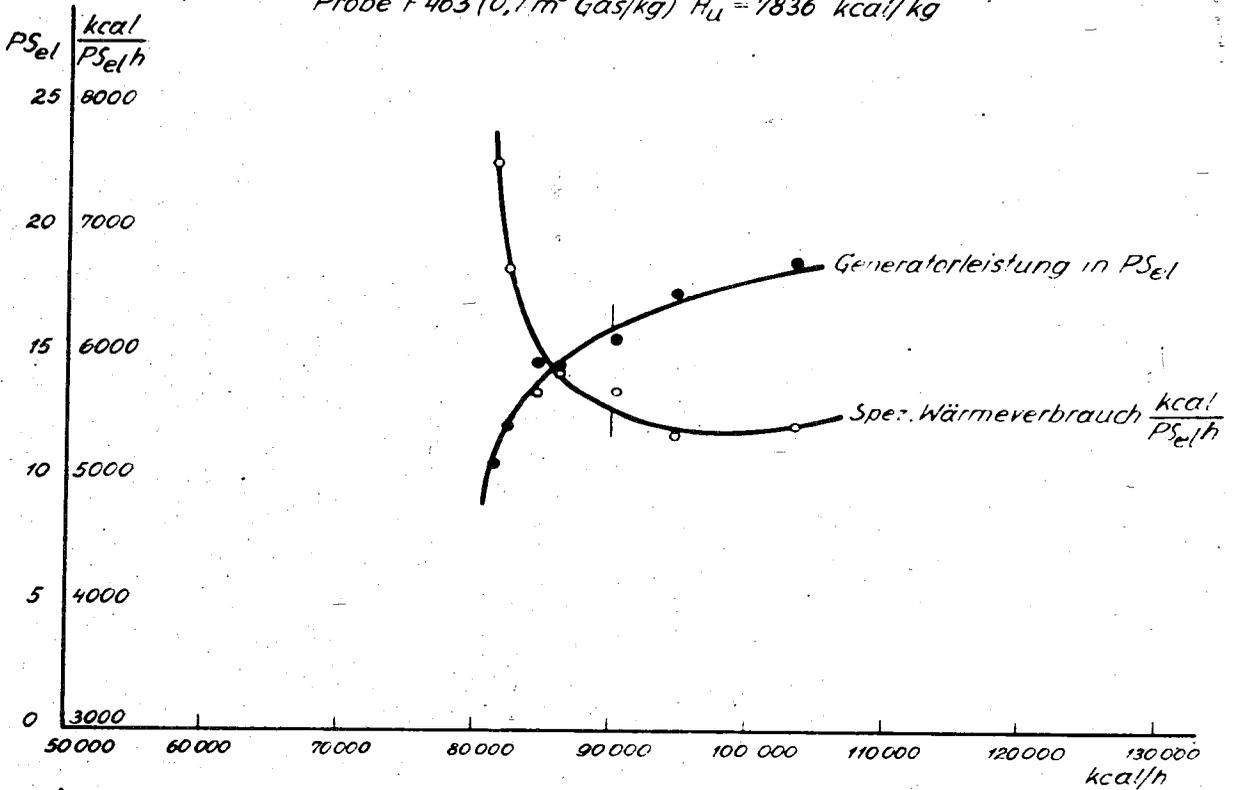
b) Behandlung mit Salpetersäure



28671

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 463 ($0,7 \text{ m}^3 \text{ Gas/kg}$) $H_u = 7836 \text{ kcal/kg}$



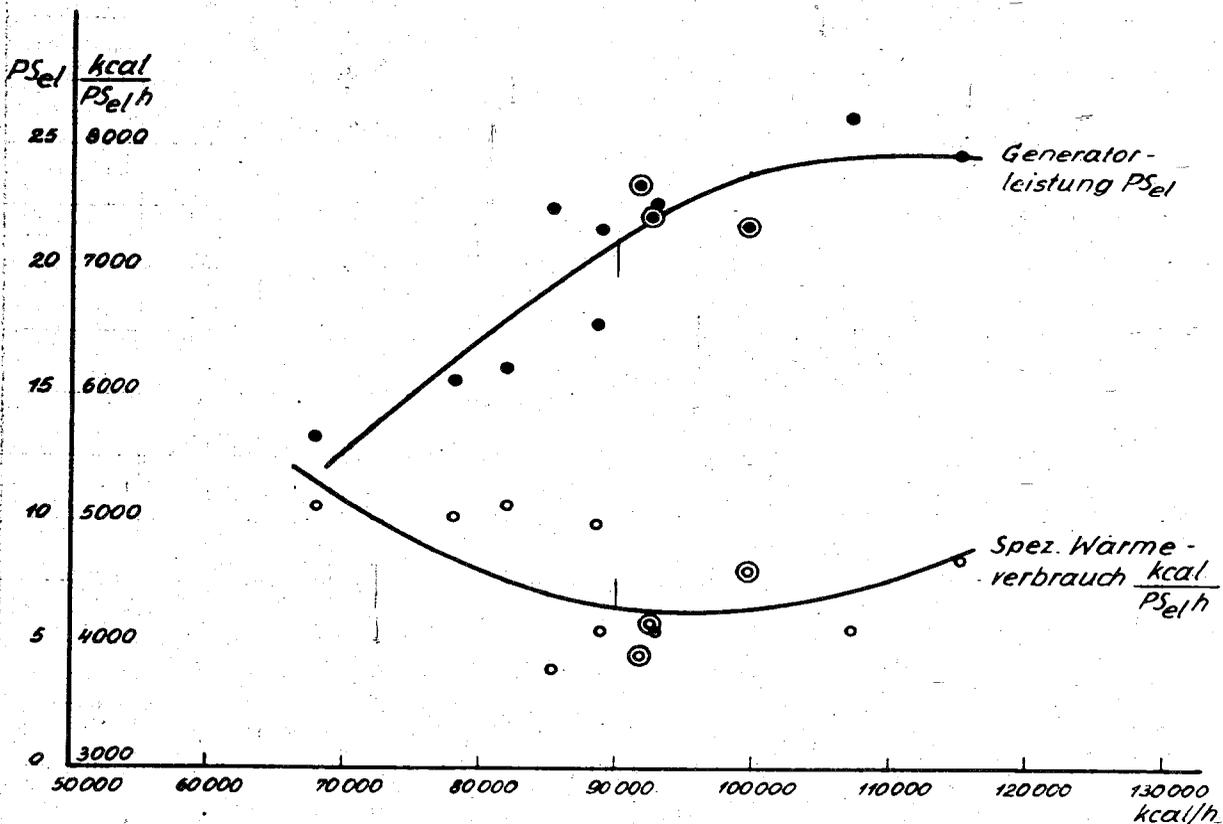
28672

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 456 (6 m^3 Gas/kg) $H_u = 7480$ kcal/kg

Probe F 456a (6 m^3 Gas/kg) $H_u = 7424$ kcal/kg

Die Probe F 456a ist noch neutralisiert.



Leistg. Verbr.

- Probe F 456
- Probe F 456a

28673

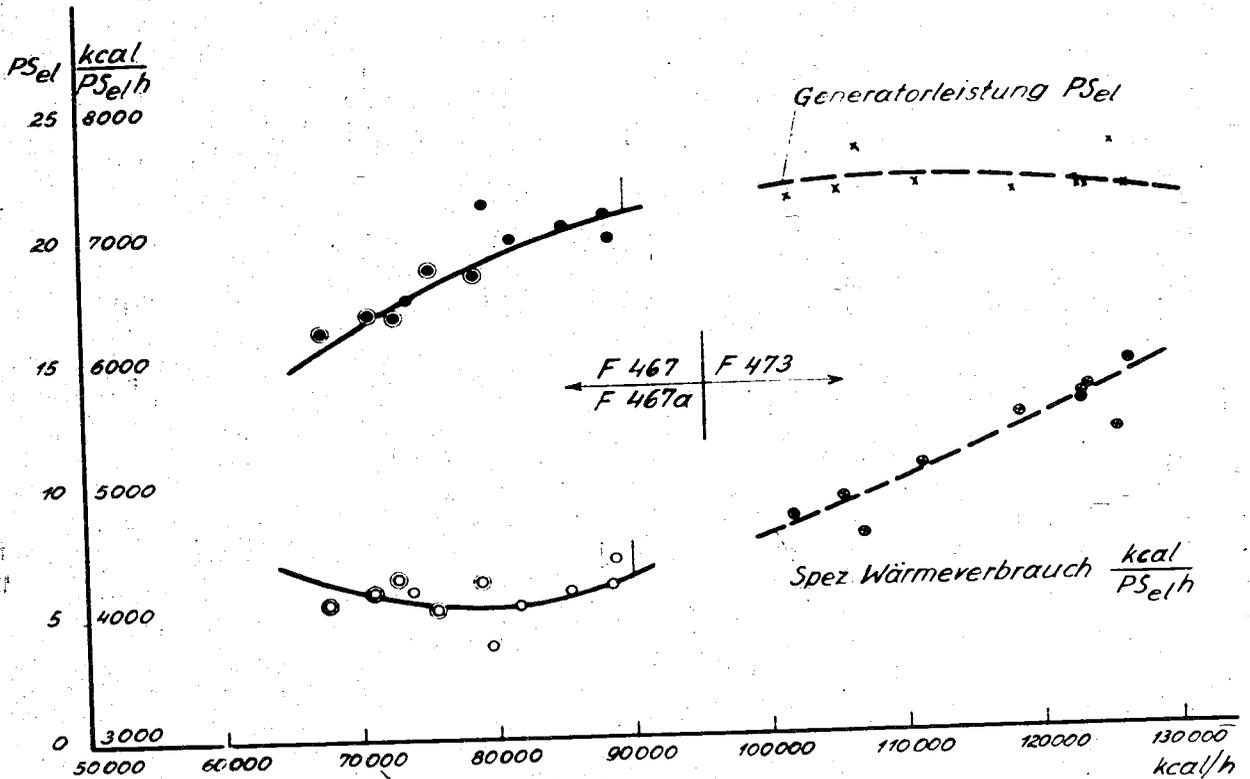
Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen

Probe F 467 (9 m³ Gas/kg) H_U = 7163 kcal/kg

Probe F 467a (9 m³ Gas/kg) H_U = 7228 kcal/kg neutralisiert

Probe F 473 (9 m³ Gas/kg) H_U = 7496 kcal/kg

Die Probe F 473 ist gleich behandelt wie Probe F 467

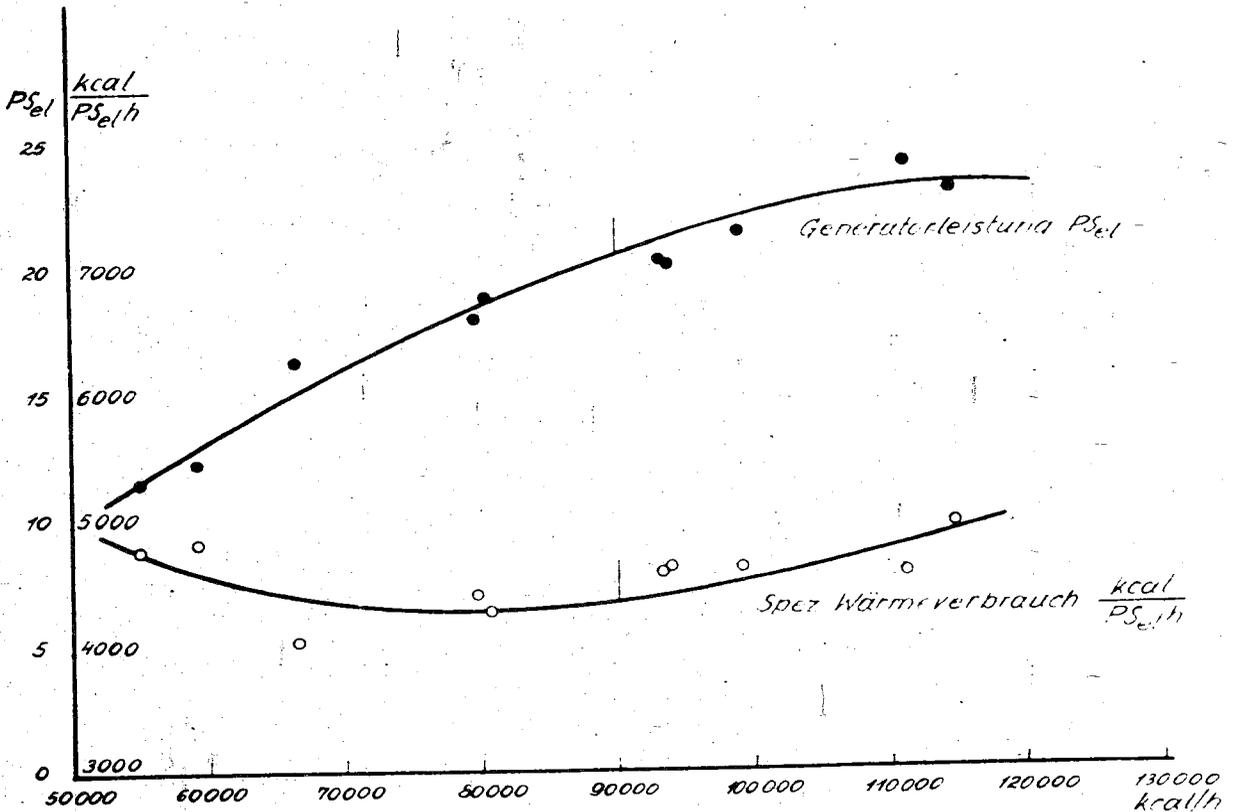


- Leistg. Verbr.
- ——— Probe F 467
 - —○—— Probe F 467a
 - x —●—— Probe F 473

28674

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen

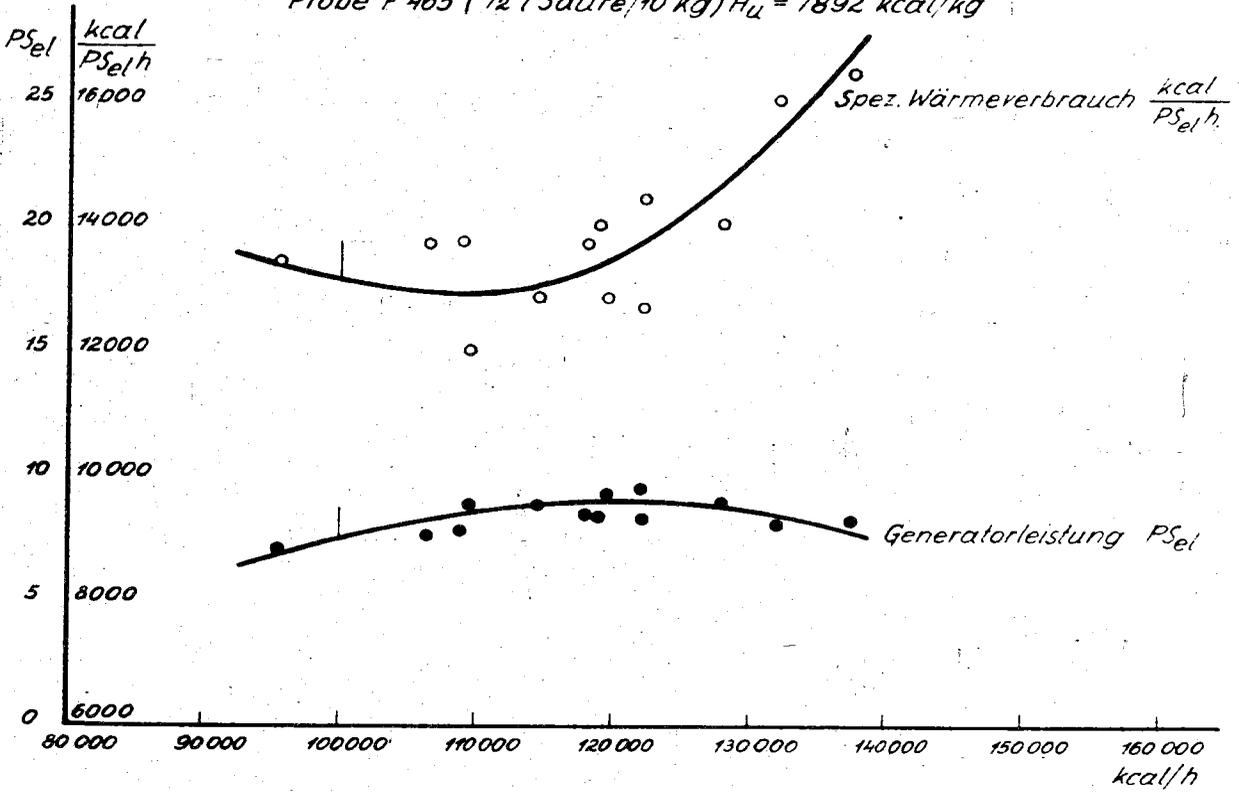
Probe F 475 (15 m³ Gas/kg) H₁₁ = 6614 kcal/kg



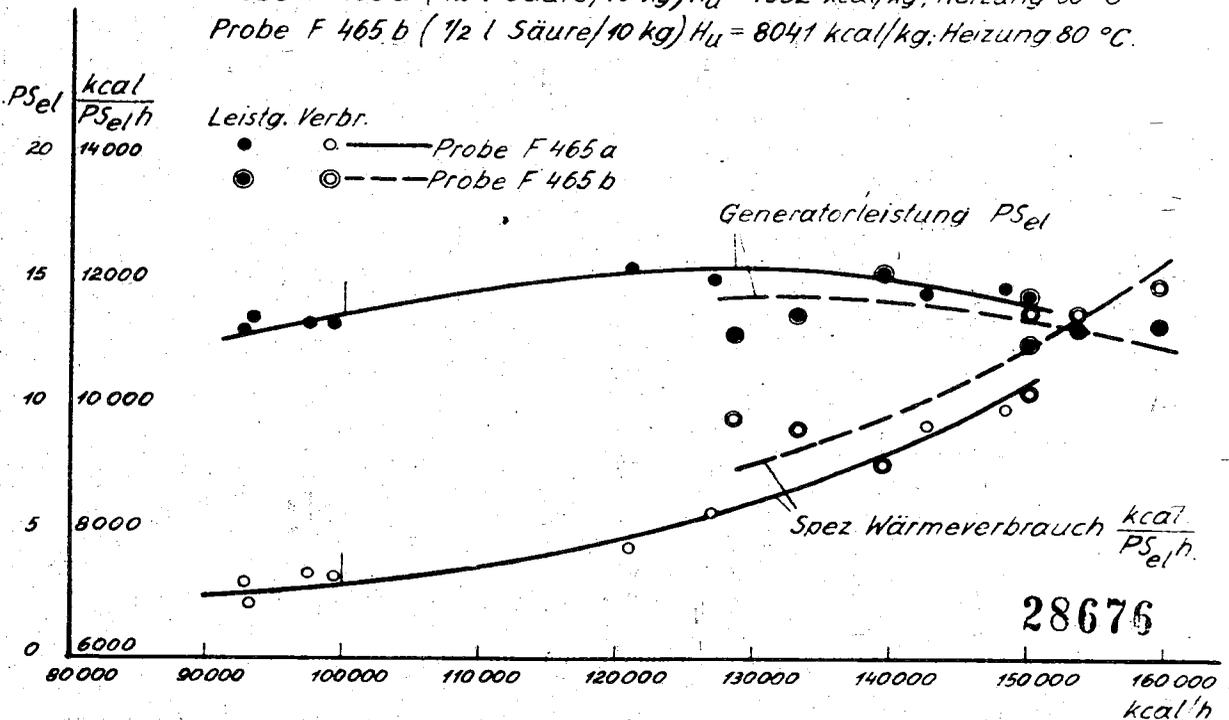
28675

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

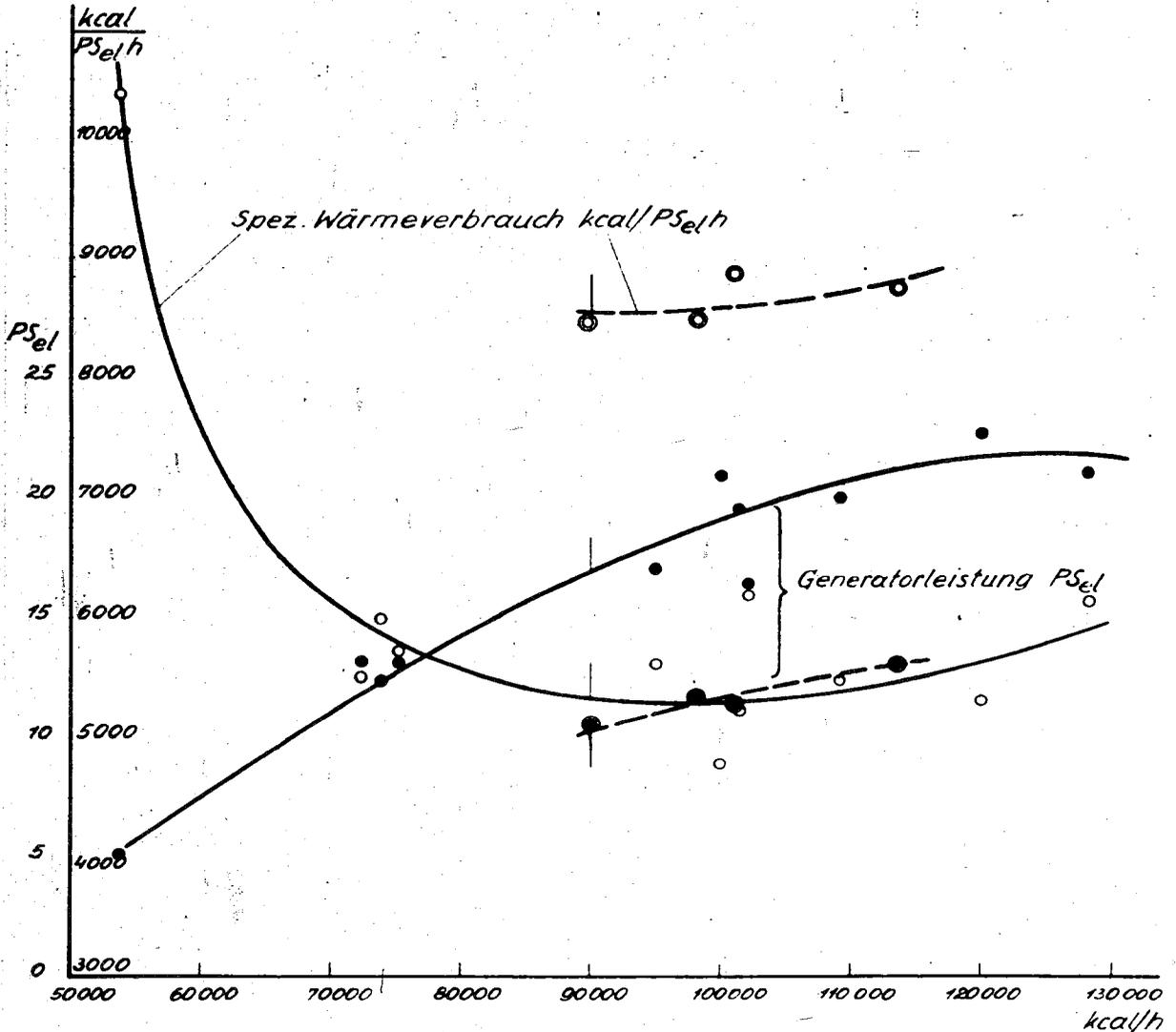
Probe F 465 (1/2 l Säure/10 kg) $H_u = 7892 \text{ kcal/kg}$



Probe F 465 a (1/2 l Säure/10 kg) $H_u = 7932 \text{ kcal/kg}$; Heizung 60 °C
 Probe F 465 b (1/2 l Säure/10 kg) $H_u = 8041 \text{ kcal/kg}$; Heizung 80 °C.



Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

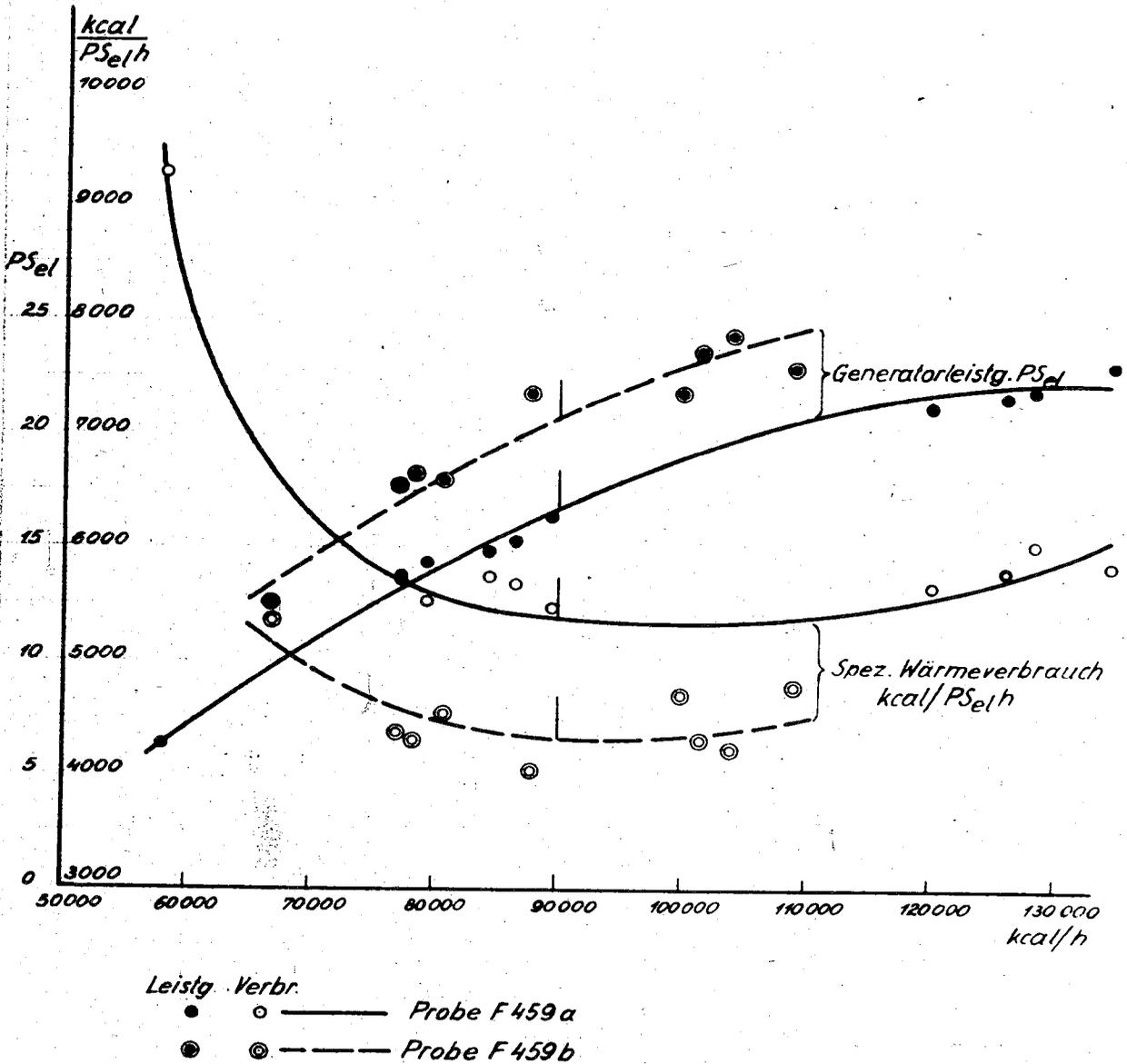
Probe F 459 (1 l Säure/10 kg) $H_u = 7995 \text{ kcal/kg}$; Heizung 100°C .Probe F 460 (1 l Säure/10 kg) $H_u = 7839 \text{ kcal/kg}$; Heizung 100°C .

Bei der Behandlung der Probe F 460 mit Säure ist der Durchsatz durch die Apparatur auf das 2,5 fache gesteigert worden, gegenüber der Probe F 459. Dadurch läßt sich die geringe Leistung und der schlechtere Verbrauch erklären.

28677

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 459 a (1 l Säure/10 kg) $H_u = 7457$ kcal/kg, Heizung 100°C , neutralisiert
 Probe F 459 b (1 l Säure/10 kg) $H_u = 7719$ kcal/kg; Heizung 120°C



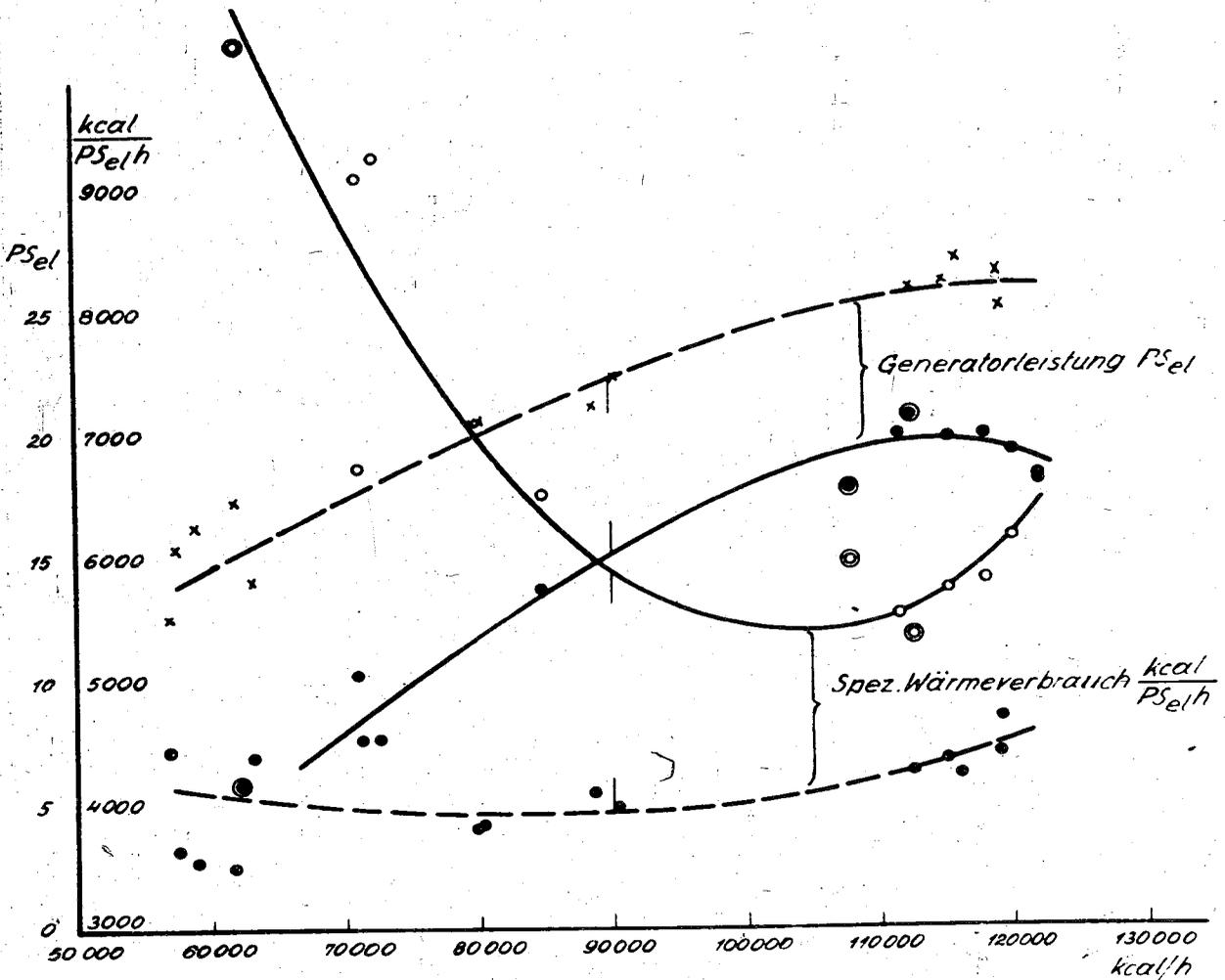
28678

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 458 (1,5 l Säure/10 kg) $H_U = 7358 \text{ kcal/kg}$; Heizung 100°C

Probe F 458 a (1,5 l Säure/10 kg) $H_U = 7244 \text{ kcal/kg}$; Heizung 100°C , neutr.

Probe F 458 b (1,5 l Säure/10 kg) $H_U = 6943 \text{ kcal/kg}$; Heizung 120°C

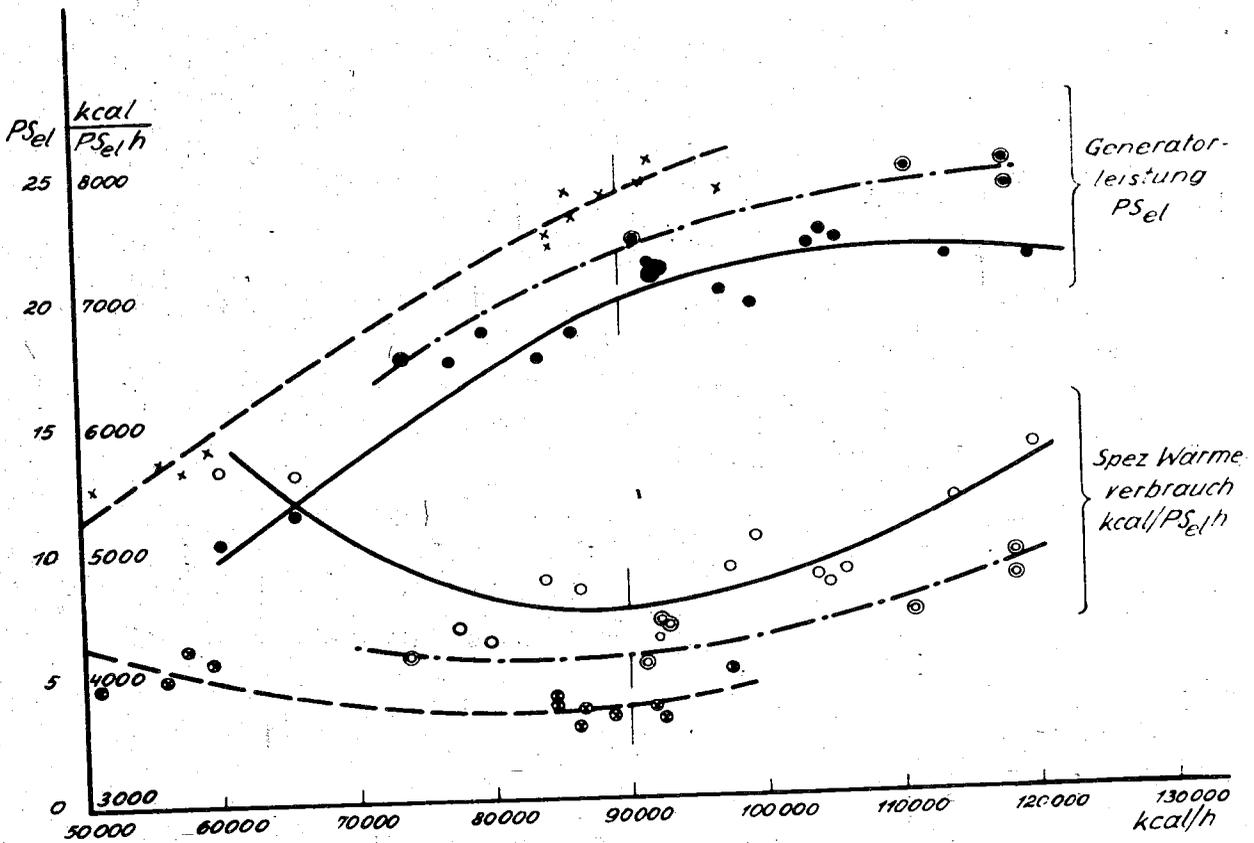


- Leistg. Verbr.
- ○ ————— Probe F 458
 - ○ ————— Probe F 458 a
 - x ● - - - - - Probe F 458 b

28679

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen

Probe F 464 (2 l Säure/10 kg) $H_u = 7291$ kcal/kg, Heizung 80 °C
 Probe F 464a (2 l Säure/10 kg) $H_u = 6994$ kcal/kg, Heizung 120 °C
 Probe F 464b (2 l Säure/10 kg) $H_u = 6989$ kcal/kg, Heizung 150 °C



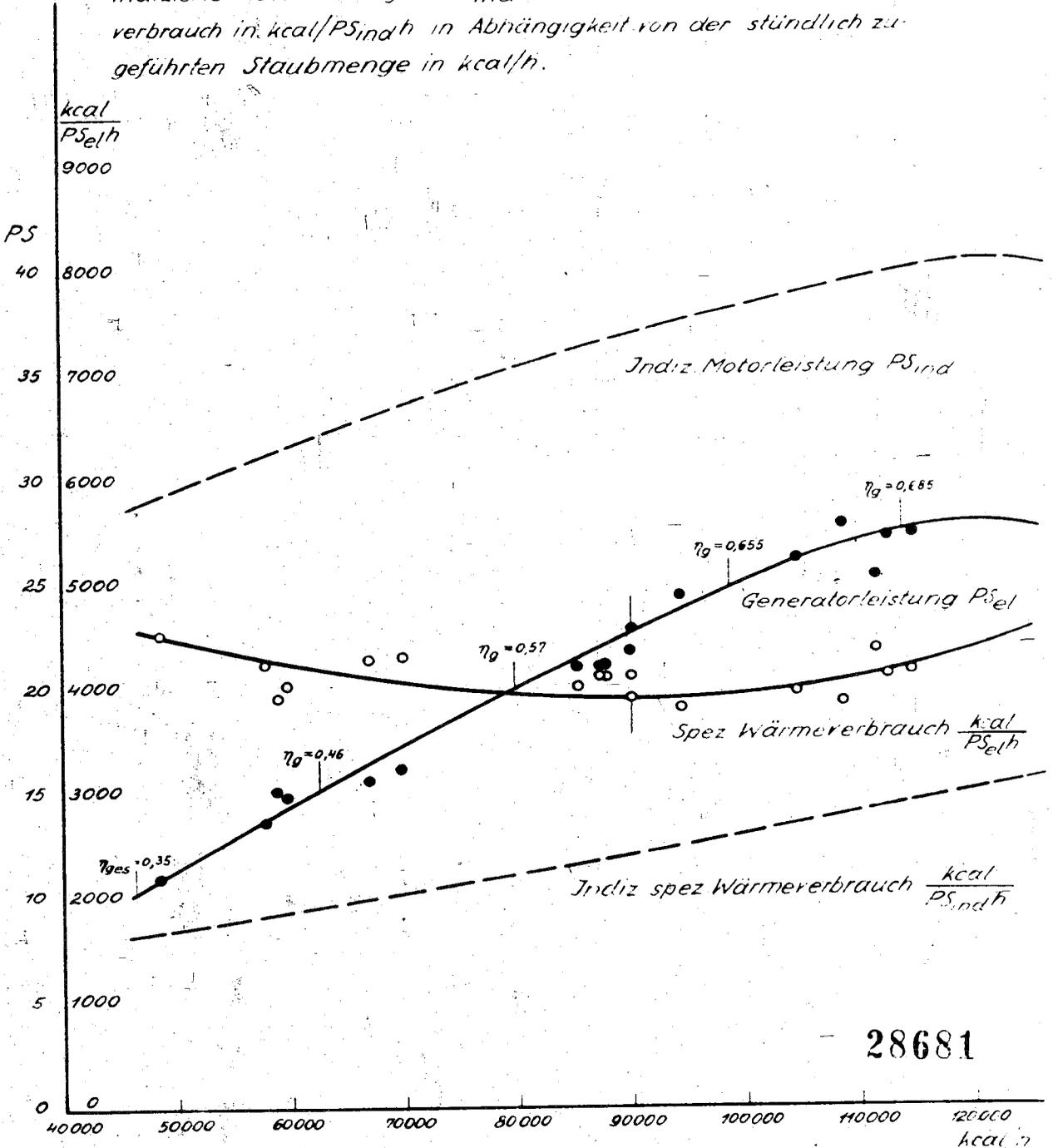
Leistg.	Verbr.	
●	○	Probe F464
⊙	⊙	Probe F464a
x	●	Probe F464b

28680

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 461 b (4 l Säure/10 kg) $H_u = 6584 \text{ kcal/kg}$; Heizung 150°C

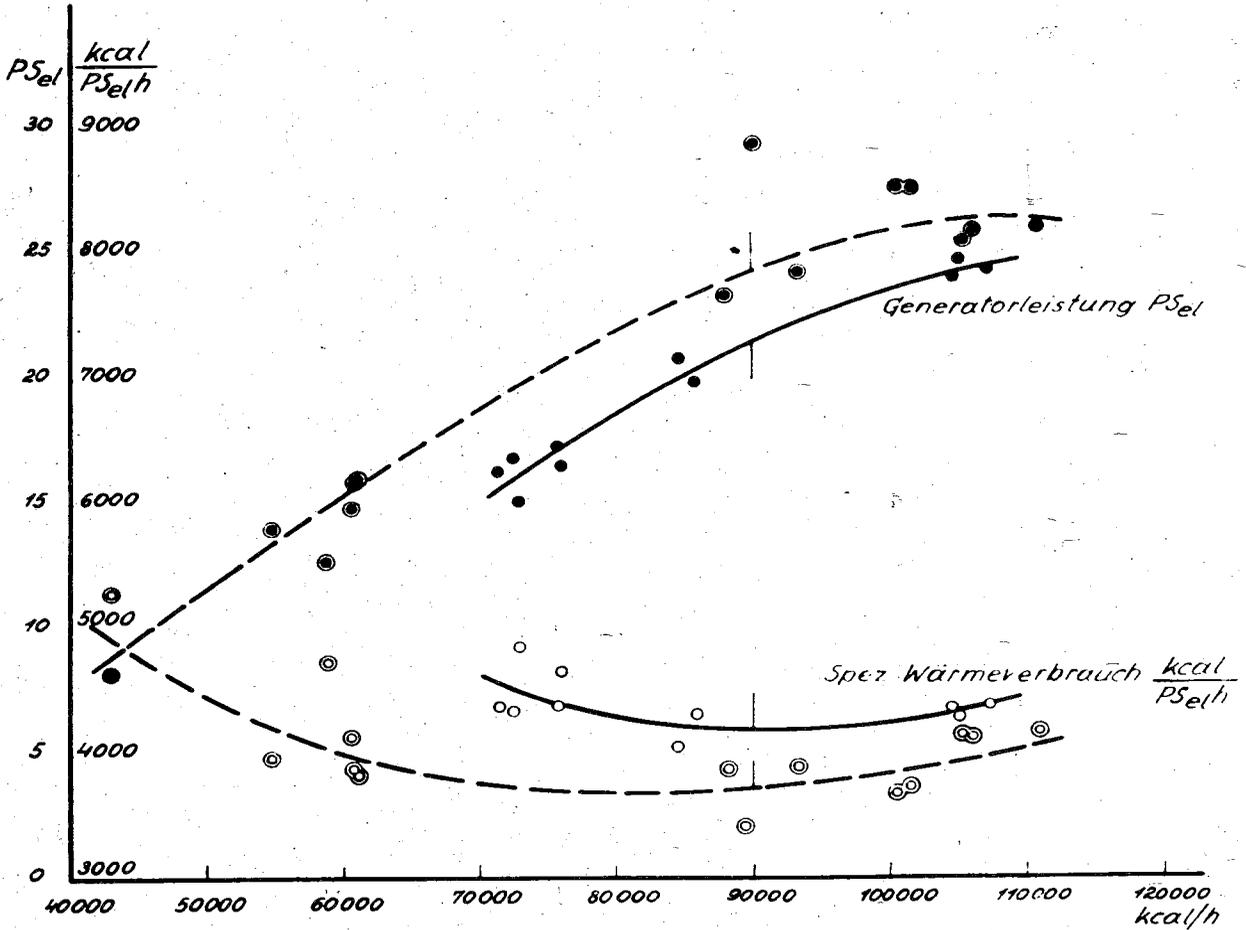
Generatorleistung in PS_{el} , spez. Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/PS_{el}h$,
indizierte Motorleistung in PS_{ind} und indizierter spez Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/PS_{ind}h$ in Abhängigkeit von der stündlich zugeführten Staubmenge in kcal/h .



28681

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen.

Probe F 461 (4 l Säure/10 kg) $H_u = 6306 \text{ kcal/kg}$, Heizung 100°C
 Probe F 461a (4 l Säure/10 kg) $H_u = 6615 \text{ kcal/kg}$, Heizung 120°C

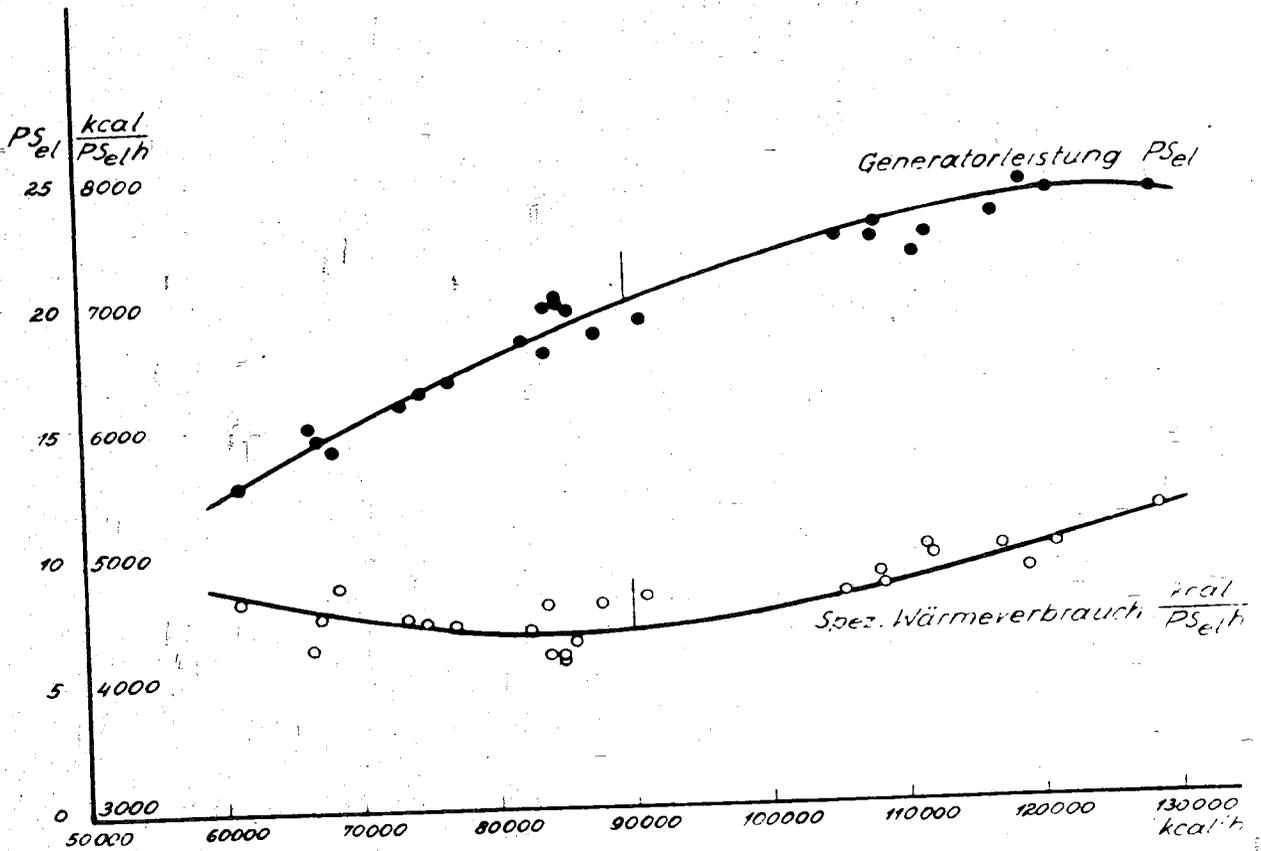


Leistg. Verbr.
 ● ○ ——— Probe F 461
 ● ○ - - - Probe F 461a

28682

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen

Probe F 476 (4 l Säure/10 kg) $H_u = 6934 \text{ kcal/kg}$; Heizung 150°C



28683

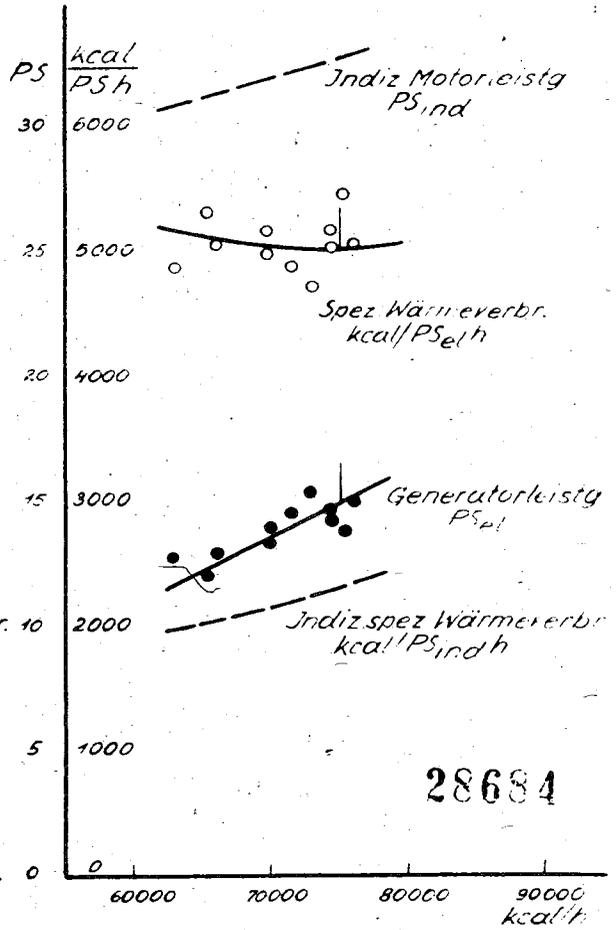
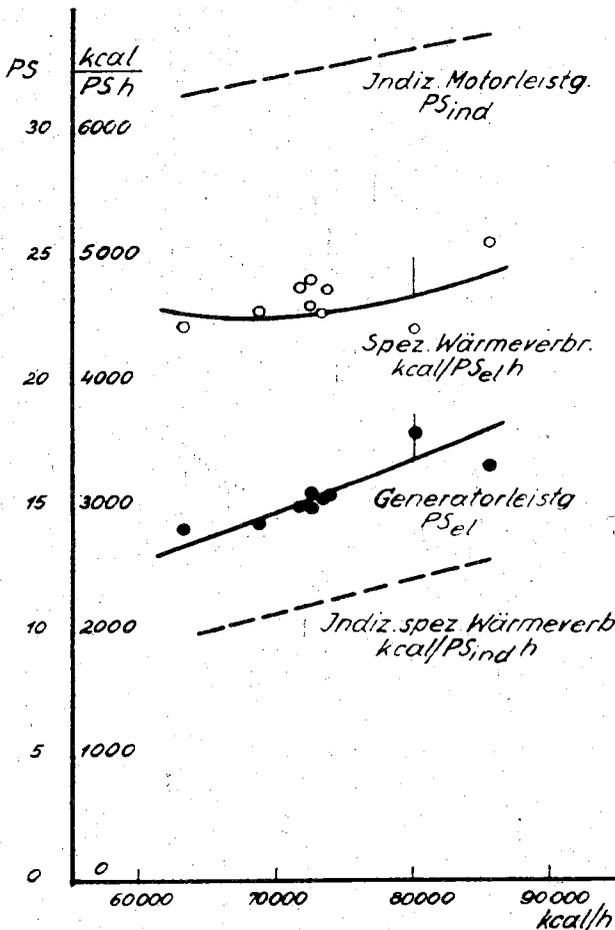
Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Staubmengen

Braunkohle Zeche Frechen $H_u = 4579 \text{ kcal/kg}$

Generatorleistung in PS_{el} , spez. Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/PS_{el}h$,
indizierte Motorleistung in PS_{ind} und indizierter spez. Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/PS_{ind}h$ in Abhängigkeit von der stündlich zugeführten Staubmenge in kcal/h .

Versuch 1

Versuch 2

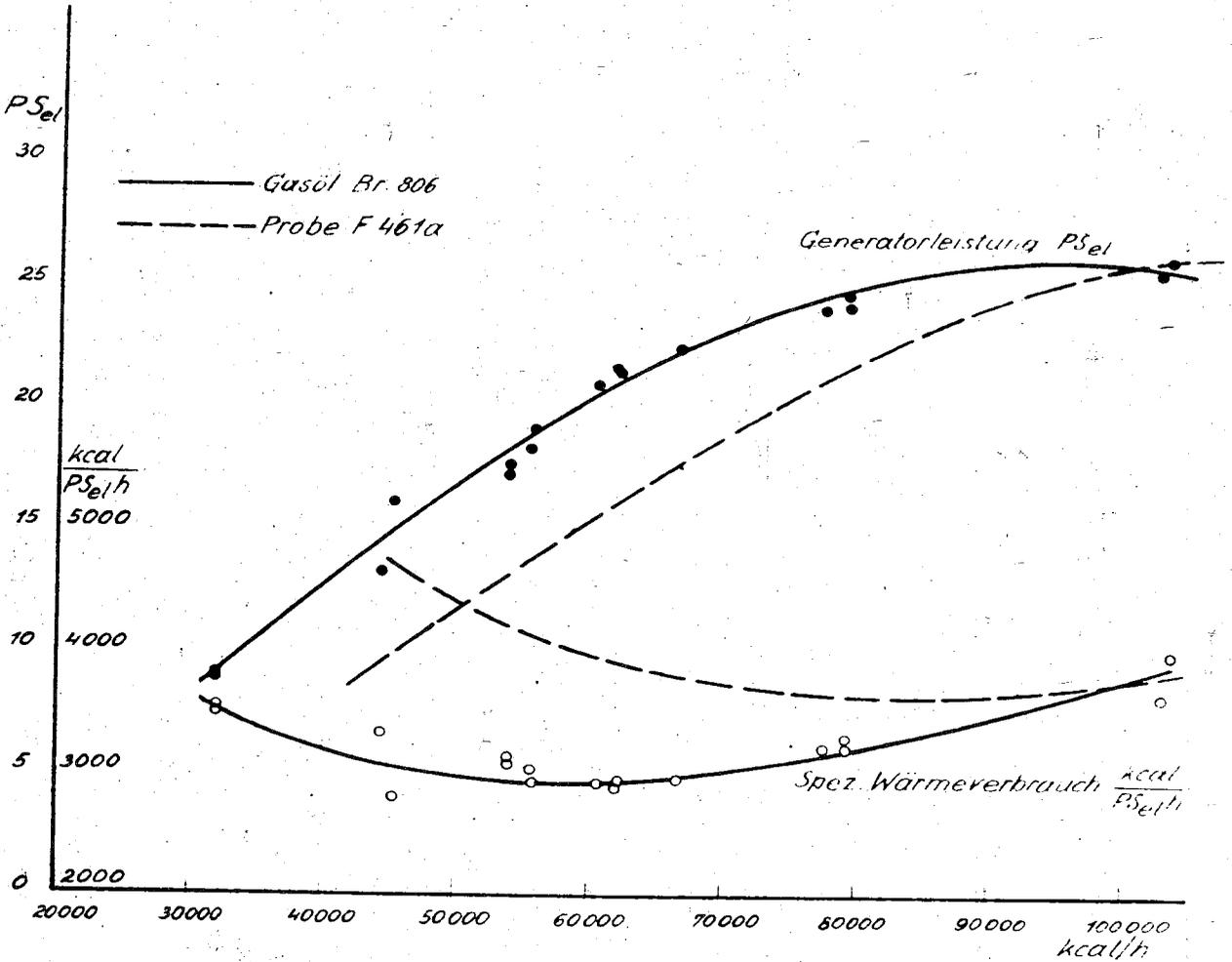


28684

Versuche bei verschiedenen stündl. zugeführten Wärmemengen

Gasöl Br. 806 $H_u = 10180 \text{ kcal/kg}$; $\eta = 0.855$

Probe F 461a $H_u = 6615 \text{ kcal/kg}$ (s. Schaubild 11)

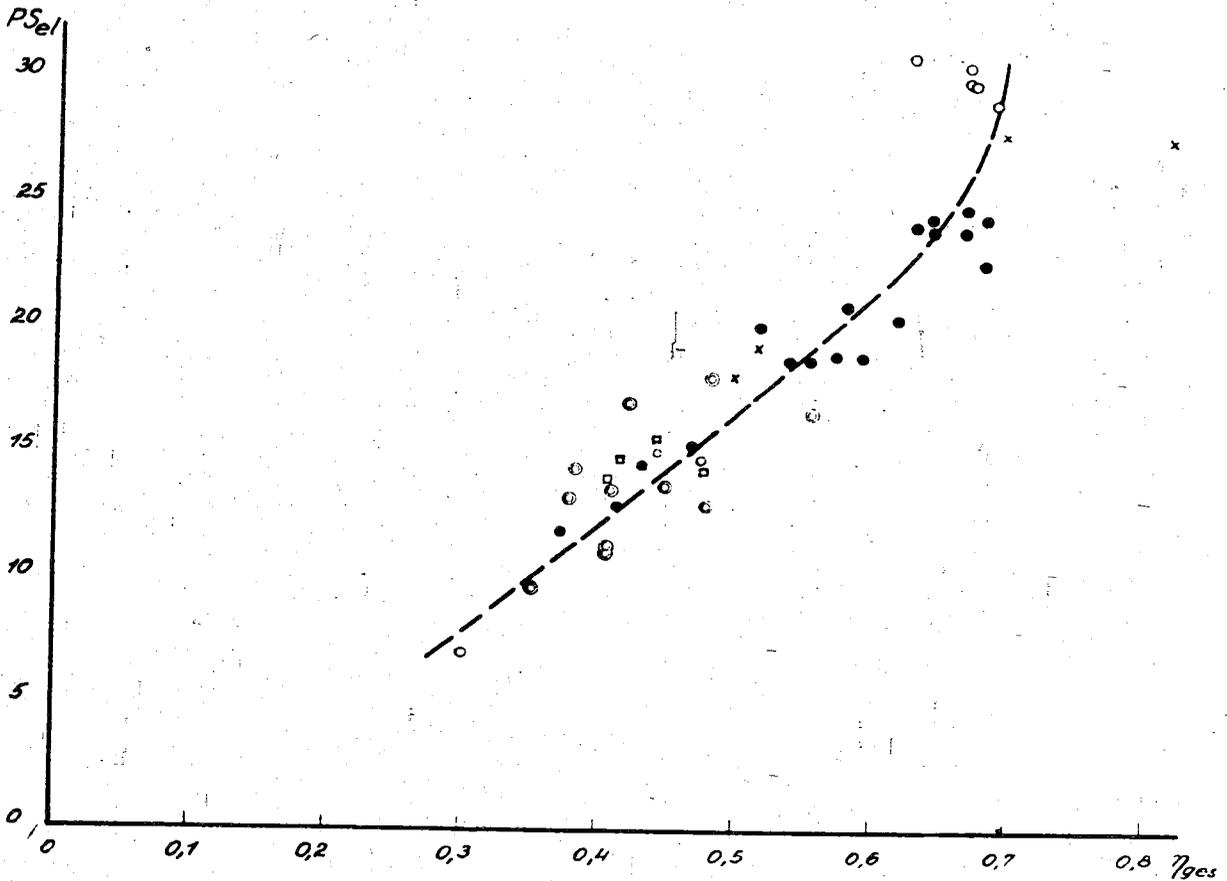


28685

Wirkungsgrad der ganzen Kraftanlage in Abhängigkeit von der Generatorleistung in PS_{el} .

$$\eta_{ges} = \frac{N_{el}}{N_{ind}}, \quad N_{el} = \eta_{gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot N_{eff} = \eta_{gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot \eta_{mech, Motor} \cdot N_{ind}$$

$$\eta_{ges} = \eta_{gen} \cdot \eta_{Riemen} \cdot \eta_{mech, Motor}$$



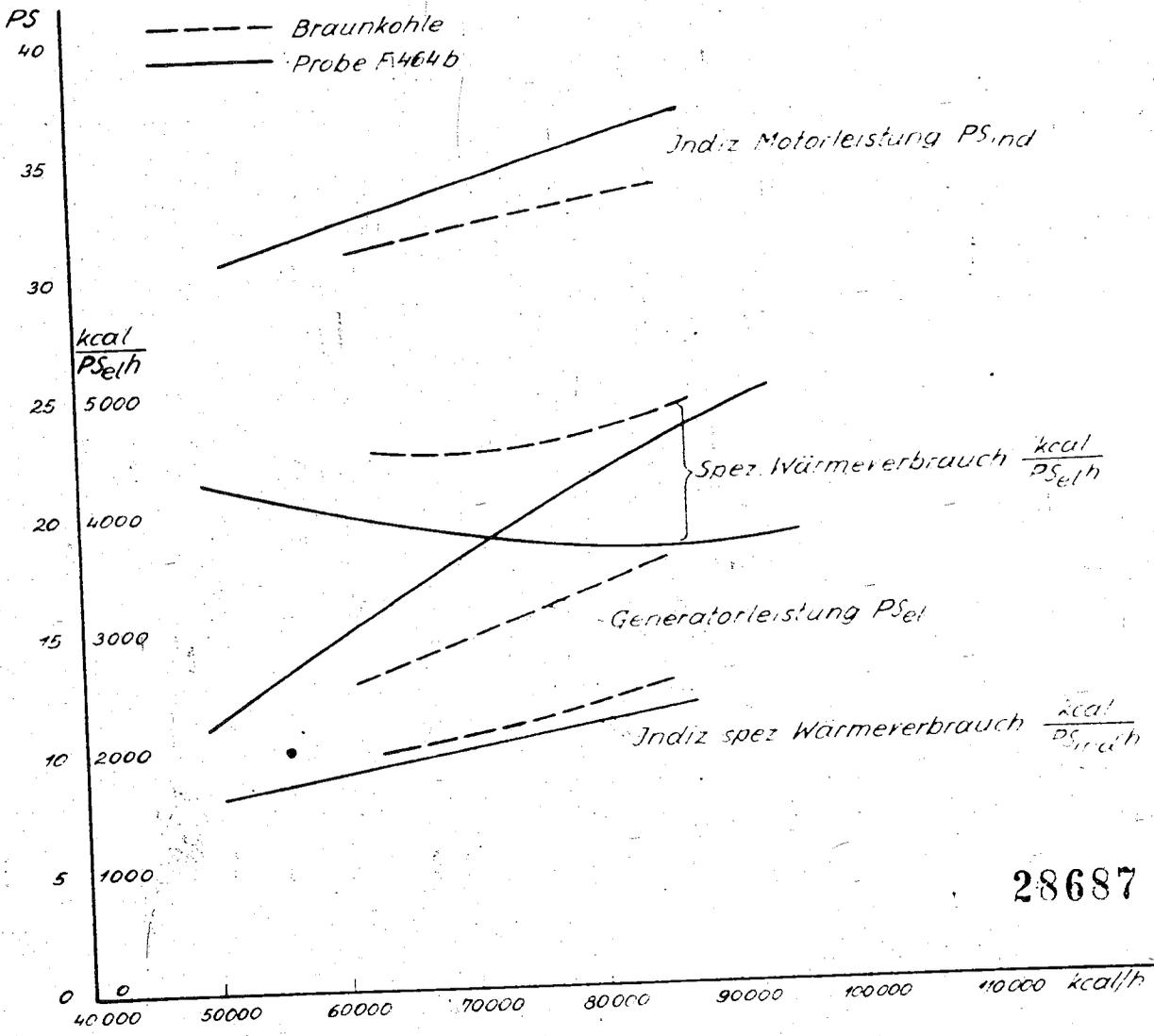
- Probe 461 a
- Probe 461 b
- × Probe 464 a
- Probe J1 u. J2
- Probe 476
- Braunkohle

28686

Vergleich der Versuchsergebnisse von Braunkohle mit denen von behandeltem Pott-Extrakt Probe F 464 b.

Generatorleistung in PS_{el} , spez Wärmeverbrauch in $kcal/PS_{el}h$,
indizierte Motorleistung in PS_{ind} und indizierter spez. Wärmeverbrauch in $kcal/PS_{ind}h$ in Abhängigkeit von der stündlich zugeführten Staubmenge in $kcal/h$

(s. Schaubild 10 u. 14)

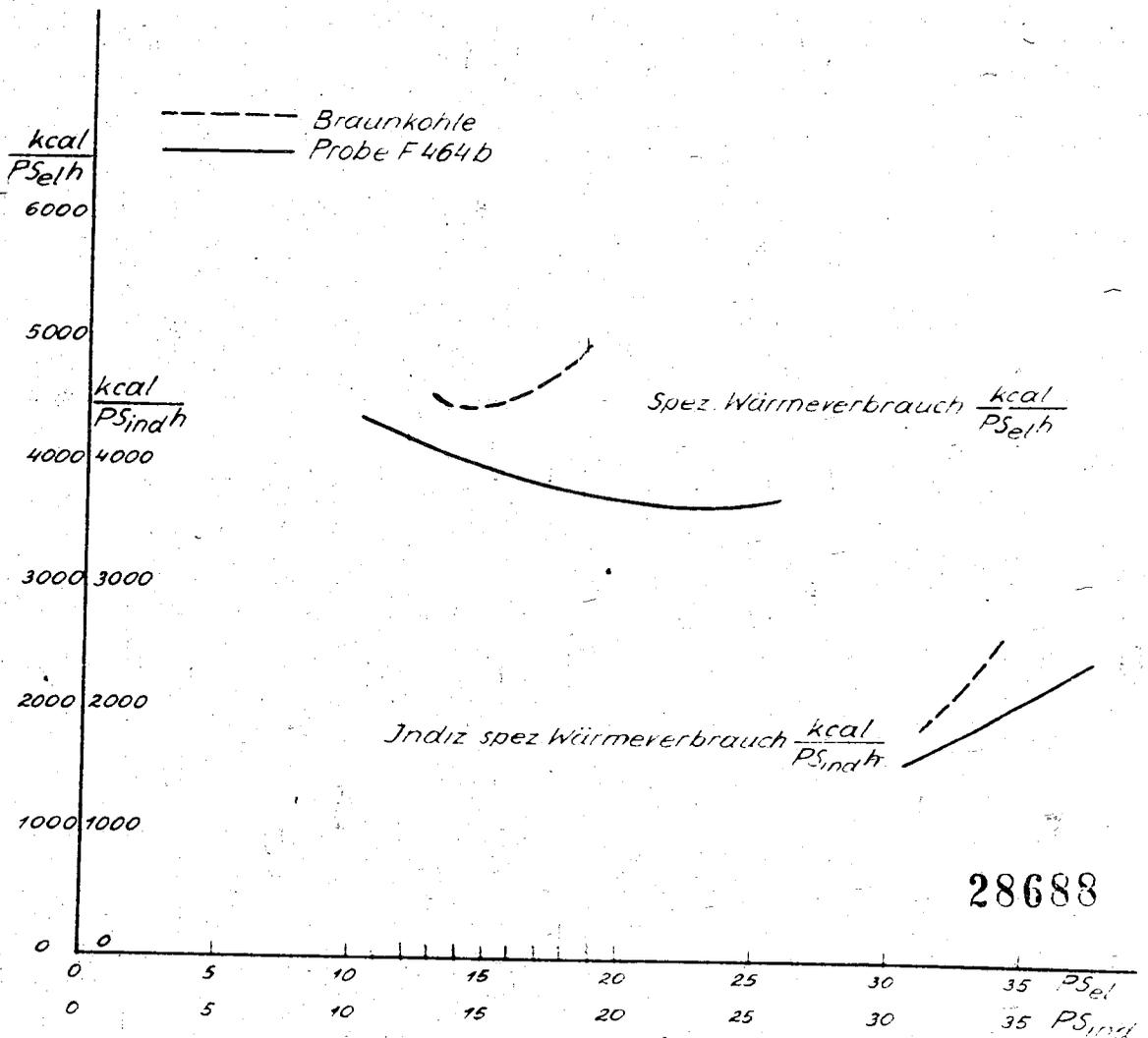


28687

Vergleich der Versuchsergebnisse von Braunkohle mit denen von behandeltem Pott-Extrakt Probe F 464 b

Spez Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/\text{PS}_{el}\text{h}$ in Abhängigkeit von der Generatorleistung in PS_{el} und indizierter spez Wärmeverbrauch in $\text{kcal}/\text{PS}_{ind}\text{h}$ in Abhängigkeit von der indizierten Motorleistung in PS_{ind}

(s. Schaubild 17)



Nitrierter Pott-Extrakt

Probe F 461a

286-9

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUFVERSUCHEN A. N. H.

TECHN. PROT. STAB 49
I. L. N.

Nr. 1 Dat. 9.7.37 Zeit 307 E Treibst. 40 kg Leist. 5,3 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen

Einbl. v. o. T.

l kg 0,8 mm

F 2,50 cm²
l cm
Pneu 3,74 at

2530 10M-386

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUFVERSUCHEN A. N. H.

TECHN. PROT. STAB 49
I. L. N.

Nr. 2 Dat. 9.7.37 Zeit 307 E Treibst. 40 kg Leist. 4,9 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen

Einbl. v. o. T.

l kg 0,8 mm

F 3,30 cm²
l cm
Pneu 4,94 at

2530 10M-386

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUFVERSUCHEN A. N. H.

TECHN. PROT. STAB 49
I. L. N.

Nr. 3 Dat. 9.7.37 Zeit 307 E Treibst. 40 kg Leist. 2,2 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen

Einbl. v. o. T.

l kg 0,8 mm

F 4,90 cm²
l cm
Pneu 7,22 at

2530 10M-386

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUFVERSUCHEN A. N. H.

TECHN. PROT. STAB 49
I. L. N.

Nr. 4 Dat. 7.10.37 Zeit 307 E Brennst. 40 kg Leist. 2,15 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen

Ind. Nr.

Kolben

Feder

l kg 0,8 mm

F 4,50 cm²
l cm
Pneu 6,54 at

Nitrierter Pott-Extrakt

Probe F 461a

Druck

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUPTWISCHLAGEN A. M.
T. L. B.

Nr. 5 Dat. Zeit E Treibst. 461a Leist. 22,7 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Einbl. v. o. T.

1 kg 6,8 mm

F 5,10 cm²
cm
Pmi 2,2 at

2530 10M-386

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUPTWISCHLAGEN A. M.
T. L. B.

Nr. 6 Dat. Zeit E Treibst. 461a Leist. 22 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Einbl. v. o. T.

1 kg 6,8 mm

F 4,80 cm²
cm
Pmi 2,06 at

2530 10M-386

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUPTWISCHLAGEN A. M.
T. L. B.

Nr. 5 Dat. Zeit E Treibst. 461a Leist. 22,5 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Einbl. v. o. T.

1 kg 6,8 mm

F 4,90 cm²
cm
Pmi 2,01 at

2530 10M-386

Nitrierter Pott-Extrakt

Probe F 461b

Diagramm 31

28691

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSHAFEN A. RH.

TECHN. PRÜFUNG S. 4
I. L. G.

Nr. 1, Dat. 18. JAN. 1937, Zeit

Treibst. F 461b, Leist. 10,6 kW, Einst. Druck 65 atm

Einst. v. o. T.

Bemerkungen

$\eta_{\text{th}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_1} \approx 0,438$

1 kg = 0,8 min

F = 3,20 min
I = min
Prel = 4,75 min

25 30-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSHAFEN A. RH.

TECHN. PRÜFUNG S. 4
I. L. G.

Nr. 2, Dat. 18. JAN. 1937, Zeit

Treibst. F 461b, Leist. 10,4 kW, Einst. Druck 65 atm

Einst. v. o. T.

Bemerkungen

$\eta_{\text{th}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_1} \approx 0,408$

1 kg = 0,8 min

F = 3,50 min
I = min
Prel = 5,22 min

25 30-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSHAFEN A. RH.

TECHN. PRÜFUNG S. 4
I. L. G.

Nr. 3, Dat. 18. JAN. 1937, Zeit

Treibst. F 461b, Leist. 11,6 kW, Einst. Druck 65 atm

Einst. v. o. T.

Bemerkungen

$\eta_{\text{th}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_1} \approx 0,442$

1 kg = 0,8 min

F = 3,80 min
I = min
Prel = 5,65 min

25 30-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSHAFEN A. RH.

TECHN. PRÜFUNG S. 4
I. L. G.

Nr. 4, Dat. 18. JAN. 1937, Zeit

Treibst. F 461b, Leist. 11,1 kW, Einst. Druck 65 atm

Einst. v. o. T.

Bemerkungen

$\eta_{\text{th}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_1} \approx 0,440$

1 kg = 0,8 min

F = 3,80 min
I = min
Prel = 5,65 min

25 30-10M-380

28692

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN A. RH.

Technische Versuchsberichte Nr. 14. 1. 1.

Nr. 1 , Dat. 28. JAN. 1937 Zeit , Zyl.

Brennst. F464a, Lebz. 20,4 kW, Einst. Druck 65

Bemerkungen:



$$\eta_m = \frac{N_{el}}{N_i} \approx 0,815$$

Ind. Nr.
Kolben
Feder
1 kg = 9,8

1 = 3,60
2 =
3 =
4 = 5,37

11761

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN A. RH.

Technische Versuchsberichte Nr. 14. 1. 1.

Nr. 2 , Dat. 28. JAN. 1937 Zeit , Zyl.

Brennst. F464a, Lebz. 13,4 kW, Einst. Druck 65

Bemerkungen:



$$\eta_m = \frac{N_{el}}{N_i} \approx 0,492$$

Ind. Nr.
Kolben
Feder
1 kg =

1 =
2 =
3 =
4 =

11761

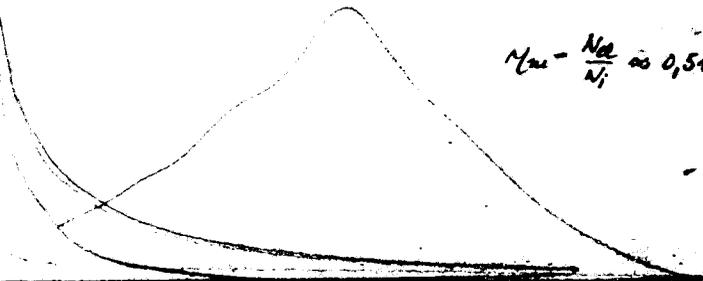
I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN A. RH.

Technische Versuchsberichte Nr. 14. 1. 1.

Nr. 3 , Dat. 28. JAN. 1937 Zeit , Zyl.

Brennst. F464a, Lebz. 14,3 kW, Einst. Druck 65

Bemerkungen:



$$\eta_m = \frac{N_{el}}{N_i} \approx 0,545$$

Ind. Nr.
Kolben
Feder
1 kg = 9,8

1 = 2,00
2 =
3 =
4 = 6,75

11761

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN A. RH.

Technische Versuchsberichte Nr. 14. 1. 1.

Nr. 4 , Dat. 28. JAN. 1937 Zeit , Zyl.

Brennst. F464a, Lebz. 20,5 kW, Einst. Druck 65

Bemerkungen:



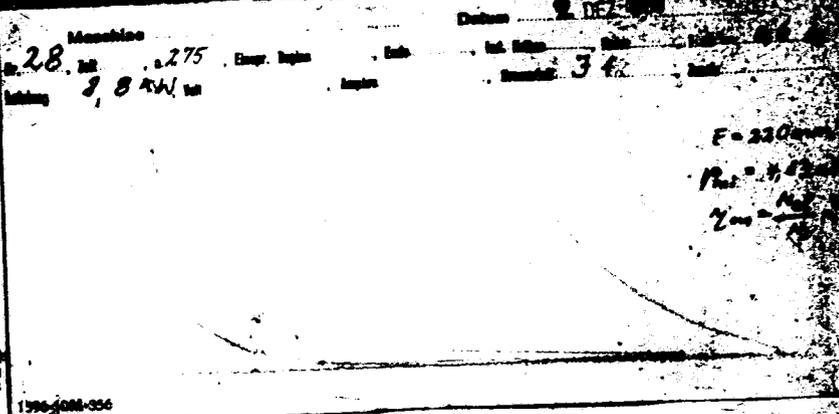
$$\eta_m = \frac{N_{el}}{N_i} \approx 0,644$$

Ind. Nr.
Kolben
Feder
1 kg = 9,8

1 =
2 =
3 =
4 =

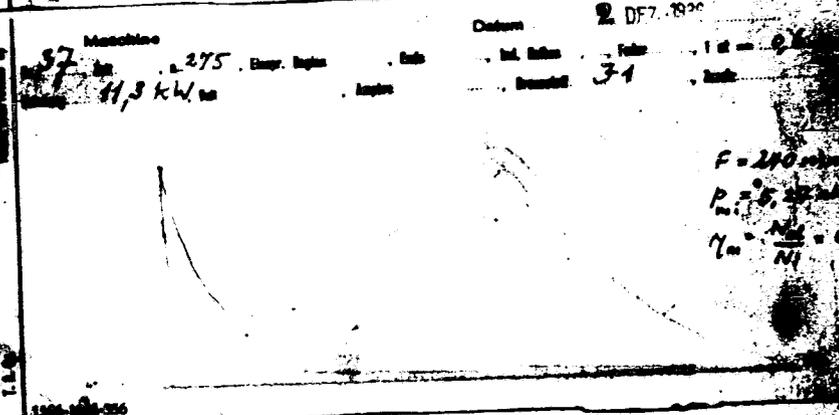
11761

L. O. FARM INDUSTRIES ANTENNES
 LABORATOIRES A. M.



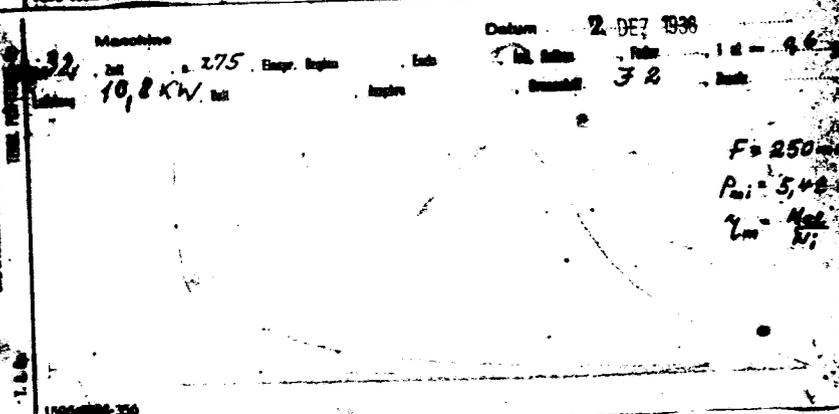
190-020-356

L. O. FARM INDUSTRIES ANTENNES
 LABORATOIRES A. M.



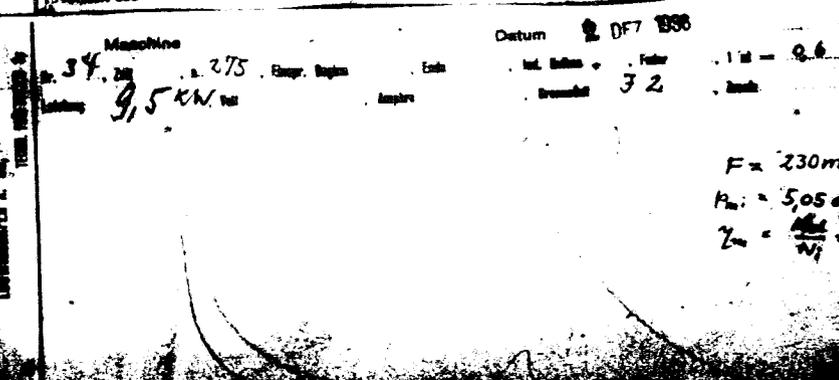
190-020-356

L. O. FARM INDUSTRIES ANTENNES
 LABORATOIRES A. M.



190-020-356

L. O. FARM INDUSTRIES ANTENNES
 LABORATOIRES A. M.



28694

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISBAEHN A. RH.
Technologische Versuchsanstalt

Nr.	197	Brennst.	Leist.	Endl. Druck	atm
Bemerkungen				Ind. Nr.	
				Kolben	
				Feder	kg
					mm
					cm ²
					cm
					mm
					at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISBAEHN A. RH.
Technologische Versuchsanstalt

Nr.		Brennst.	Leist.	Endl. Druck	atm
Bemerkungen				Ind. Nr.	
				Kolben	
				Feder	kg
					mm
					cm ²
					cm
					mm
					at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISBAEHN A. RH.
Technologische Versuchsanstalt

Nr.		Brennst.	Leist.	Endl. Druck	atm
Bemerkungen				Ind. Nr.	
				Kolben	
				Feder	kg
					mm
					cm ²
					cm
					mm
					at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISBAEHN A. RH.
Technologische Versuchsanstalt

Nr.		Brennst.	Leist.	Endl. Druck	atm
Bemerkungen				Ind. Nr.	
				Kolben	
				Feder	kg
					mm
					cm ²
					cm
					mm
					at

Nitrierter Pott-Extrakt

Diagramm-Blatt

Probe F 476

28695

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISCHAFFEN A. RH.
STRECKSTOFF ABTEILUNG

11761

Nr. 6 Dat. 8 FEB 1937 Zeit Zyl. Brennst. Leist. 14,8 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Ind. Nr. Kolben Feder kg

1 kg 9,8 mm

F	4,00	cm ²
l		cm
hm		"
pl	6,02	at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISCHAFFEN A. RH.
STRECKSTOFF ABTEILUNG

11761

Nr. Dat. 11 FEB Zeit Zyl. Brennst. Leist. Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Ind. Nr. Kolben Feder kg

1 kg 9,0 mm

F	3,90	cm ²
l		cm
hm		"
pl	5,88	at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISCHAFFEN A. RH.
STRECKSTOFF ABTEILUNG

11761

Nr. Dat. 1 FEB Zeit Zyl. Brennst. Leist. 17,5 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Ind. Nr. Kolben Feder kg

1 kg 9,8 mm

F	4,10	cm ²
l		cm
hm		"
pl	6,10	at

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUOWISCHAFFEN A. RH.
STRECKSTOFF ABTEILUNG

11761

Nr. Dat. Zeit Zyl. Brennst. Leist. 10 kW Einbl. Druck 65 atm

Bemerkungen:

Ind. Nr. Kolben Feder kg

1 kg 9,0 mm

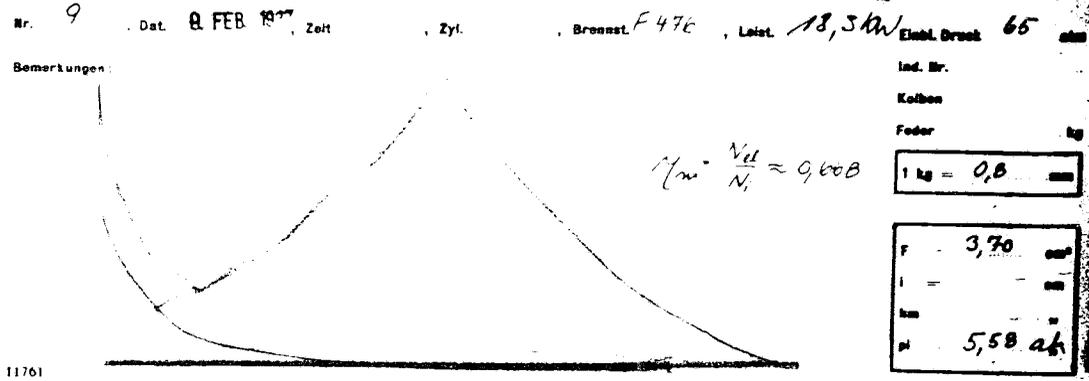
F	3,35	cm ²
l		cm
hm		"
pl	5,05	at

Nitrierter Pott-Extrakt

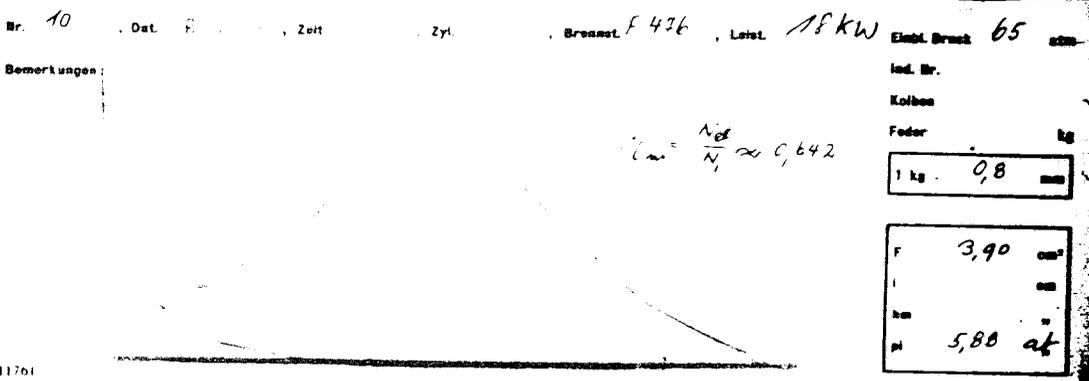
Probe F 476

28696

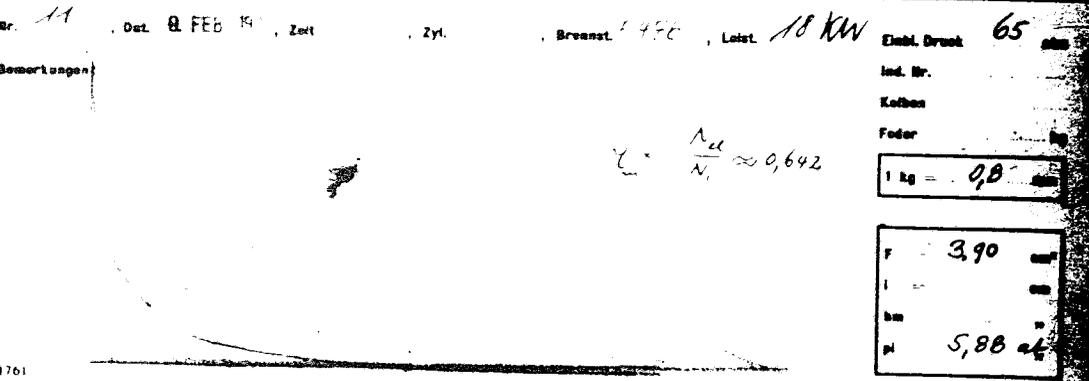
I. G. FARBENINDUSTRIE ANTIENGESELLSCHAFT
LEWISBRÜCKEN A. M.
STRECKSTOFF-ABTEILUNG
Verfahrenspatent-Nr. 44. 1. 1.



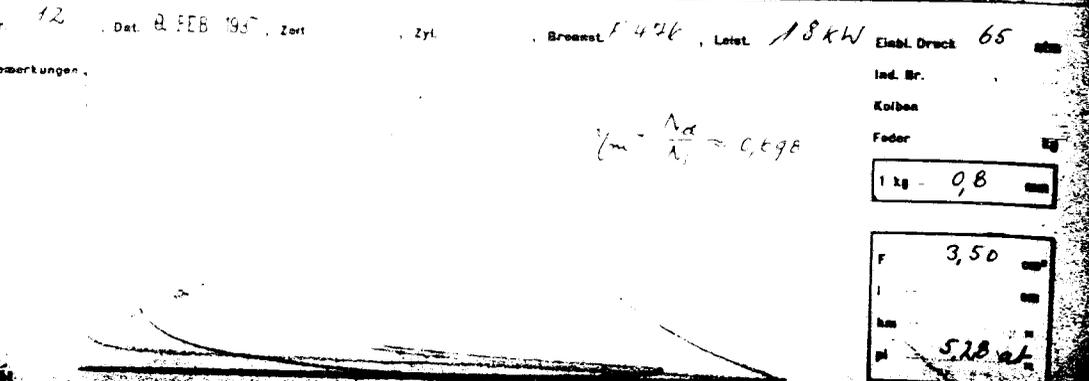
I. G. FARBENINDUSTRIE ANTIENGESELLSCHAFT
LEWISBRÜCKEN A. M.
STRECKSTOFF-ABTEILUNG
Verfahrenspatent-Nr. 44. 1. 1.



I. G. FARBENINDUSTRIE ANTIENGESELLSCHAFT
LEWISBRÜCKEN A. M.
STRECKSTOFF-ABTEILUNG
Verfahrenspatent-Nr. 44. 1. 1.



I. G. FARBENINDUSTRIE ANTIENGESELLSCHAFT
LEWISBRÜCKEN A. M.
STRECKSTOFF-ABTEILUNG
Verfahrenspatent-Nr. 44. 1. 1.



Nitrierter Pott-Extrakt

Probe P 476

Diagramm

28637

I. G. FARBEINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUWIGSHAFEN A. RH.
FARBENFABRIK
STREITSTR. 11761

Nr. 13 , Dat. 4 FEB 1937 Zeit , Zyl. , Brennst. F 476 , Leist. 18KW

Bemerkungen:

Einbl. Druck 65 atm

Ind. Nr.

Kolben

Feder

1 kg 0,8 mm

F 3,70 cm²
I cm
hm
pl 5,57 at

11761

I. G. FARBEINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUWIGSHAFEN A. RH.
FARBENFABRIK
STREITSTR. 11761

Nr. 14 , Dat. 7 FEB 1937 Zeit , Zyl. , Brennst. F 476 , Leist. 15,1KW

Bemerkungen:

$$\eta_{\text{m}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_i} \approx 0,672$$

Einbl. Druck 65 atm

Ind. Nr.

Kolben

Feder

1 kg = 0,8 mm

F 3,10 cm²
I cm
hm
pl 4,67 at

11761

I. G. FARBEINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUWIGSHAFEN A. RH.
FARBENFABRIK
STREITSTR. 11761

Nr. 15 , Dat. 11 FEB 1937 Zeit , Zyl. , Brennst. F 476 , Leist. 17,7KW

Bemerkungen:

$$\eta_{\text{m}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_i} \approx 0,663$$

Einbl. Druck 65 atm

Ind. Nr.

Kolben

Feder

1 kg 0,8 mm

F 3,80 cm²
I cm
hm
pl 5,73 at

11761

I. G. FARBEINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUWIGSHAFEN A. RH.
FARBENFABRIK
STREITSTR. 11761

Nr. 16 , Dat. 4 FEB 1937 Zeit , Zyl. , Brennst. F 476 , Leist. 17,6 KW

Bemerkungen:

$$\eta_{\text{m}} = \frac{N_{\text{el}}}{N_i} \approx 0,644$$

Einbl. Druck 65 atm

Ind. Nr.

Kolben

Feder

1 kg 0,8 mm

F 3,90 cm²
I cm
hm
pl 5,8 at

11761

Braunkohle
Zeche Frechen

Diagramm

28699

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSCHEIDT A. M.
TECHN. VERSTÄUß. 4.

I. L. 4.

Nr. 1, Dat. , Zeit , E

Treibst. Br. k., Leist. 8,2 kW, Einst. Druck 65
Einst. v. a. T.

Bemerkungen:

$$\frac{12}{N_1} = 0,406$$

1 kg = 0,8

F = 2,90
I =
Prel 4,34

2530-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSCHEIDT A. M.
TECHN. VERSTÄUß. 4.

I. L. 4.

Nr. 2, Dat. , Zeit , E

Treibst. Br. k., Leist. 8,5 kW, Einst. Druck 65
Einst. v. a. T.

Bemerkungen:

$$\frac{12}{N_1} = 0,406$$

1 kg = 0,8

F = 3,00
I =
Prel 4,49

2530-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSCHEIDT A. M.
TECHN. VERSTÄUß. 4.

I. L. 4.

Nr. 3, Dat. 7. FEB 1937, Zeit , E

Treibst. Br. k., Leist. 8,5 kW, Einst. Druck 65
Einst. v. a. T.

Bemerkungen:

$$\frac{12}{N_1} = 0,454$$

1 kg = 0,8

F = 2,90
I =
Prel 4,09

2530-10M-380

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
LUDWIGSCHEIDT A. M.
TECHN. VERSTÄUß. 4.

I. L. 4.

Nr. 4, Dat. , Zeit , E

Treibst. Br. k., Leist. 12,3 kW, Einst. Druck 65
Einst. v. a. T.

Bemerkungen:

$$\frac{12}{N_1} = 0,406$$

1 kg = 0,8

F = 3,10
I =
Prel 4,67

2530-10M-380