

Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit
Dienststelle Österreich
RKW-Veröffentlichung Nr. 131

**Untersuchungen
von Fahrzeuggeneratoren
bei Weich- und Hartholzbetrieb**

Von

Prof. Dr.-Ing. Hans List

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1940

Untersuchungen von Fahrzeuggeneratoren bei Weich- und Hartholzbetrieb

Untersuchungsbericht

erstattet von

Prof. Dr.-Ing. Hans List VDI.

der Technischen Hochschule in Graz

Herausgegeben vom
Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit
Dienststelle Österreich

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1940

ISBN 978-3-7091-5198-3 ISBN 978-3-7091-5346-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-7091-5346-8

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Vorwort.

Im Jahre 1931 wurden vom Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit (OKW), dem Vorgänger der Dienststelle Österreich des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit, Untersuchungen zur Verbilligung der Produktion, Verbesserung der Bringung und Erhöhung des Absatzes der ostmärkischen Forstwirtschaft aufgenommen. Aus den vielen Vorschlägen und Forderungen, die sich im Verlaufe dieser Arbeiten ergaben, wurden vom OKW die Möglichkeiten der Verwendung von Holz als Treibstoff einer näheren Untersuchung unterzogen. In diesem Zusammenhang wurde vom OKW im Jahre 1934 die erste Alpenwertungsfahrt für Kraftwagen mit Ersatztreibstoffen, unter denen Holz und Holzkohle an vorderster Stelle standen, veranstaltet, in einer zweiten Alpenwertungsfahrt für Ersatztreibstoffe im Jahre 1936 war das OKW als Mitveranstalter tätig. Nach diesen erstmaligen und Aufsehen erregenden Untersuchungen über die Verwendungsmöglichkeiten von Holz als Treibstoff wurde zur Klärung der Frage, inwieweit sich Holzgas auch für ortsfeste Kraftmaschinen eigne, die erste Vergleichsprüfung für solche Holzgasgeneratoren am 11. Mai 1936 ausgeschrieben und deren Untersuchungsergebnis im Jahre 1937 veröffentlicht. Als Ergänzung zu den Laboratoriumsuntersuchungen für ortsfeste Holzgasgeneratoren sowie zu den Alpenwertungsfahrten mit Ersatztreibstoffen, wurden im Jahre 1937 Laboratoriumsuntersuchungen über die Verwendung von Holzgas in Fahrzeuggeneratoren eingeleitet. Insbesondere sollte hier die Möglichkeit untersucht werden, inwieweit die Weichholzvergasung im Fahrbetrieb verwendbar ist.

Das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW), das das Österreichische Kuratorium für Wirtschaftlichkeit im April 1938 in seinen Arbeitsbereich als RKW-Dienststelle Österreich übernommen hat, hat es sich angelegen sein lassen, die vom OKW eingeleiteten besonderen Arbeiten, insbesondere die Arbeiten auf dem Gebiete der Ersatztreibstoffe weiterzu-

führen. Im Einvernehmen mit dem Reichswirtschaftsministerium wurden diese Arbeiten von der nunmehrigen RKW-Dienststelle Österreich in Wien unter Leitung von Geschäftsführer Dipl. Ing. Dr. Bandat mit Nachdruck fortgesetzt und die Mittel hierzu zur Verfügung gestellt.

Die vorliegende Veröffentlichung gibt Bericht über ein Teilgebiet dieser Arbeiten. Ich danke bei dieser Gelegenheit allen Behörden, Dienststellen und Persönlichkeiten, die den Arbeiten der RKW-Dienststelle Österreich Förderung und Unterstützung gewährt haben, insbesondere dem Reichswirtschaftsministerium, dem Reichskommissar für die Wiedervereinigung Österreichs mit dem Deutschen Reich und der Industrie- und Handelskammer in Wien, ferner Feldmarschalleutnant a.D. Ottokar Pflug, der diesen Arbeiten des RKW stets besondere Mitarbeit und Hilfe angedeihen ließ, Prof. Dr.-Ing. List, dessen wissenschaftliche Arbeit der Durchführung der Versuchsreihen und Ausarbeitung der Versuchsergebnisse gewidmet war, und Direktor Dr.-Ing. Manlik, dem bewährten Sachbearbeiter auf diesem Gebiete seit 1931 und langjährigen Generalberichterstatte für Treibstoffwirtschaft.

Die Treibstoffwirtschaft ist ein bedeutsamer Zweig der Volkswirtschaft, insbesondere in Kriegszeiten; deutscher Geist und deutsche Tüchtigkeit haben in den letzten sechs Jahren Hervorragendes geleistet, um dem deutschen Volke die lebenswichtigen Güter aus den Vorräten seines Lebensraumes, der mit Naturschätzen und Rohstoffen nicht allzu reich bedacht ist, sicherstellen zu können.

Ich übergebe in diesem Berichte das Ergebnis einer langjährigen Gemeinschaftsarbeit der Öffentlichkeit mit dem Wunsche, daß diese neuen Arbeitsergebnisse einen Beitrag für die Lösung der wichtigen Frage des Einsatzes heimischer Treibstoffe liefern möge.

Dipl. Ing. Georg Seebauer

Leiter des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit
(RKW).

Berlin, 21. Dezember 1939.

Verzeichnis der Abbildungen.

	Seite
1. Generator A	16
2. Generator B	17
3. Reinigeranlage I. Ausführung.....	18
4. Reinigeranlage II. Ausführung	18
5. Generator A; Ventilatorversuch mit Buchenholz (Gaszusammensetzung, Gasheizwert, Generatorwirkungsgrad) ... zw. S. 22 u.	23
6. Generator A; Ventilatorversuch mit Fichtenholz (Gaszusammensetzung, Gasheizwert, Generatorwirkungsgrad) ... zw. S. 22 u.	23
7. Generator A; Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Buchenholz (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen).	23
8. Generator A; Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Fichtenholz (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen) ...	24
9. Generator A; Korngrößen und Menge der Holzkohle im Generator	25
10. Generator B; Ventilatorversuch mit Buchenholz (Gaszusammensetzung, Gasheizwert, Generatorwirkungsgrad) ... zw. S. 28 u.	29
11. Generator B; Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Buchenholz (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen).....	28
12. Generator B; Ventilatorversuch mit Fichtenholz (Gaszusammensetzung, Gasheizwert, Generatorwirkungsgrad) ... zw. S. 28 u.	29
13. Generator B; Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Fichtenholz (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen).	30
14. Generator A; Wechsellastversuch (Ventilator) mit Buchenholz (Feuchtigkeit 19,6%) (Belastung, Austrittstemperatur, Heizwert) zw. S. 30 u.	31
15. Generator A; Wechsellastversuch (Ventilator) mit Fichtenholz (Feuchtigkeit 13,4%) (Belastung, Austrittstemperatur, Heizwert) zw. S. 30 u.	31
16. Generator B; Wechsellastversuch (Ventilator) mit Buchenholz (Feuchtigkeit 20,6%) (Belastung, Austrittstemperatur, Heizwert) zw. S. 30 u.	31
17. Generator B; Wechsellastversuch (Ventilator) mit Fichtenholz (Feuchtigkeit 16,4%) (Belastung, Austrittstemperatur, Heizwert) zw. S. 30 u.	31

	Seite
18. Reduktion des CO_2 beim Durchtritt von Luft durch ein auf 700° erhitztes, mit Holzkohle gefülltes Rohr	32
19. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: p_e in Abhängigkeit von der Drehzahl.....	37
20. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: Brennstoffverbrauch auf trockenes Holz umgerechnet ..	38
21. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: Leistungsverlauf, Gaszustand und Brenndiagramm bei Verwendung von Buchenholz (Feuchtigkeit 10,8 %) zw. S. 38 u.	39
22. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: Leistungsverlauf, Gaszustand und Brenndiagramm bei Verwendung von $\frac{2}{3}$ Buchenholz und $\frac{1}{3}$ Fichtenholz (Feuchtigkeit 19,7%)	39
23. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: Leistungsverlauf, Gaszustand und Brenndiagramm bei Verwendung von $\frac{1}{3}$ Buchenholz und $\frac{2}{3}$ Fichtenholz (Feuchtigkeit 12,2%)	39
24. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV: Leistungsverlauf, Gaszustand und Brenndiagramm bei Verwendung von Fichtenholz (Feuchtigkeit 16,5%) zw. S. 38 u.	39
25. Generator B mit Reiniger nach Abb. 3 und Saurer-Motor CTDV: Leistung, Temperatur nach Generator, Gemischtemperatur bei Wechsellastversuch und Verwendung von Buchenholz (Feuchtigkeit 17,02%)	39
26. Generator B mit Reiniger nach Abb. 3 und Saurer-Motor CTDV: Leistung, Temperatur nach Generator, Gemischtemperatur bei Wechsellastversuch und Verwendung von Fichtenholz (Feuchtigkeit 8,2%)	93
27. Verbrennungsschaubild für Holzgas: Umsetzungsgrad und Luftüberschuß in Abhängigkeit von $v_r(\text{CO}_2)$ und $v_r(\text{O}_2)$	41
28. Umsetzungsgrad in Abhängigkeit vom Luftüberschuß.....	42
29. Generator B mit Reiniger (nach Abb. 4): Heizwert des Gases und Gehalt an Verunreinigungen beim Motorversuch nach Abb. 19 und 20.....	43

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort von Dipl. Ing. Seebauer, Leiter des RKW, Berlin	3
I. Einleitung	9
II. Versuchsanordnung	13
III. Gasgeneratoren	15
IV. Versuchsdurchführung	20
1. Versuche mit Ventilator-Absaugung	20
a) Versuche mit gleichmäßiger Belastung	20
Generator A:	
α) Versuch mit Hartholz	21
β) Versuch mit Weichholz	22
Generator B:	
α) Versuch mit Hartholz	27
β) Versuch mit Weichholz	29
b) Versuche mit wechselnder Belastung	31
2. Motorversuche	35
Versuchsergebnisse:	
a) Leistung und Brennstoffverbrauch	36
b) Der günstigste Luftüberschuß und der Umsetzungsgrad ..	39
c) Die Verunreinigungen im Gas	42
α) Teergehalt	42
β) Säuregehalt	42
γ) Staubgehalt	43
V. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen	48
1. Generator	48
2. Reiniger	50
3. Motor	51
Liste der ÖKW- und RKW-Veröffentlichungen über Untersuchungen des Motorantriebes mit Ersatztreibstoffen	53

I. Einleitung.

Die Vergleichsprüfung kleiner ortsfester Holzgaserzeuger, die vom Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit 1937 veranstaltet und an der Technischen Hochschule Graz durchgeführt wurde, hat die technischen Erkenntnisse über den Sauggasbetrieb erweitert. Es schien daher zweckmäßig, die Laboratoriumsuntersuchungen auch auf das bedeutungsvolle Gebiet des Holzgasantriebes von Kraftfahrzeugen auszu-dehnen.

Die bisherigen Erfahrungen haben ergeben, daß der Holzgasantrieb nach seinem jetzigen technischen Stand nicht für alle Betriebsverhältnisse geeignet erscheint, und daß eine weitere technische Entwicklung sein Anwendungsgebiet zu verbreitern in der Lage wäre. Zur Förderung dieser Entwicklung sollten die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen beitragen. Im besonderen war die Aufgabe gestellt, die Möglichkeiten und Voraussetzungen der Weichholzvergasung in Fahrzeuggeneratoren zu ermitteln.

Bei der Durchführung von Untersuchungen an Fahrzeugkraftanlagen sind grundsätzlich zwei Wege begehbar: Die erforderlichen Messungen können

- a) entweder im Fahrzeug oder
- b) an einem ortsfesten Prüfstand vorgenommen werden.

Messungen im Fahrzeug erfolgen unter den wirklichen Betriebsverhältnissen, die für die Beurteilung mehrerer Eigenschaften der Kraftanlage wesentlich sind. Untersuchungen an ortsfesten Prüfständen ermöglichen im allgemeinen genauere und umfassendere Messungen. Die Untersuchung während der Fahrt wäre zweifellos dann vorzuziehen, wenn die Möglichkeit der meßtechnischen Erfassung der verschiedenen Vorgänge in der Kraftanlage im erforderlichen Umfang bestünde. Der Einsatz von besonderen Meßwagen wird gerade für die Beurteilung von Fahrzeugauggasanlagen in Zukunft von Bedeutung sein. In einem solchen, besonders für diese Zwecke gebauten

Wagen könnte die Leistungsabgabe des Motors, Schubkraft der Räder, Geschwindigkeit, Steigung und Beschleunigung durch geeignete Instrumente gemessen werden. Durch Geräte, die gegen Erschütterungen unempfindlich oder entsprechend angebracht sind, könnten Temperaturen und Unterdrücke an den verschiedenen Stellen der Kraftanlage, ferner die Gaszusammensetzung und der Gehalt an Verunreinigungen während der Fahrt bestimmt werden. Diese Instrumente wären am besten in einem besonderen Meßraum unterzubringen, der sich im Aufbau des Wagens befinden könnte und gesondert abzufedern wäre.

Ein solcher Wagen stand nicht zur Verfügung. Von der Durchführung behelfsmäßiger, notgedrungen unvollständiger Messungen an gewöhnlichen Kraftwagen während der Fahrt waren die notwendigen Aufschlüsse nicht zu erwarten; übrigens lagen Versuchsergebnisse von der vom Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit (OKW) im Jahre 1934 durchgeführten internationalen Alpenwertungsfahrt vor. Es wurden daher die Versuche an Fahrzeuganlagen ausschließlich laboratoriumsmäßig, d. h. am Prüfstand, durchgeführt.

Bei solchen Prüfstandsversuchen ist es notwendig, die für den Betrieb der Anlage wesentlichen Verhältnisse dem Fahrbetrieb möglichst anzugleichen.

Die wichtigsten Einflüsse des Fahrbetriebes auf die Generatoranlage sind die Erschütterungen des Generators und die Kühlung des Reinigers durch den Fahrtwind. Die Erschütterungen unterstützen einerseits das Abwärtssinken des Brennstoffes und wirken dadurch der Hohlraumbildung in der Reduktionszone entgegen, andererseits wird durch sie aber auch die Holzkohle zertrümmert, was im allgemeinen nachteilig ist. Zur Herstellung wirklichkeitsähnlicher Verhältnisse war demnach eine Rütteleinrichtung für den Generator vorzusehen. Art und Stärke der Erschütterungen konnten nur willkürlich festgelegt werden. Ausführliche Messungen über die auf der Straße auftretenden vertikalen Beschleunigungen könnten hier Anhaltspunkte geben.

Die Herstellung von Kühlverhältnissen im Reinigen, wie sie während der Fahrt bestehen, würde am besten durch Belüftung der Reiniger mit Außenluft erreicht werden. Dies war bei den vorliegenden Versuchen nicht möglich, die Reiniger wurden daher durch Berieselung gekühlt und getrachtet, annähernd Gasaustrittstemperaturen zu erreichen, wie sie mittleren Fahrtverhältnissen entsprechen.

Es ist als nahezu sicher anzusehen, daß die Eignung eines Generators zur Vergasung von Weichholz nahezu ausschließlich von der Holzkohlebildung im Herd abhängt. Durch die Reduktion und durch mechanische Fortbewegung von Staub und feineren Teilchen wird der Holzkohlenschicht des Generators dauernd Substanz entzogen, die ersetzt werden muß. Infolge des stärkeren Zerfalls der Weichholzkohle sind die Verluste bei der Weichholzvergasung stärker als bei Hartholz und es kann daher bei größeren Gasgeschwindigkeiten vorkommen, daß die Nachbildung der Holzkohle zum Ersatz der Verluste nicht genügt. Mit der Verkleinerung der Reduktionsschicht wird aber auch die Reduktion schlechter und dadurch steigt die Temperatur mangels genügender Wärmebildung so hoch, daß der Betrieb des Generators unmöglich wird.

Da es bei geringen Unterschieden zwischen Verbrauch und Nachbildung der Holzkohle und verhältnismäßig großem Inhalt des Holzkohlenbetts möglich wäre, daß sich die ungenügende Nachbildung erst nach längerer Betriebsdauer zeigt, waren längere Versuchszeiten notwendig. Der zeitliche Verlauf der einzelnen Größen, der während längerer Versuchszeiten gewonnen wird, gibt allgemeine Aufschlüsse über das Verhalten des Generators und des gasgetriebenen Motors während längerer Betriebszeiten. Es ergab sich dabei, daß fast alle Größen bedeutenden Schwankungen unterworfen sind. Zusammensetzung und physikalischer Zustand des Gases ändern sich dauernd, es kann daher nicht mit einer bestimmten, gleichbleibenden Höchstleistung des Motors gerechnet werden. Ein wirklichkeitsgetreues Abbild der Verhältnisse wurde durch Schaubilder erhalten, in denen die Bereiche abgegrenzt sind, innerhalb welcher die wichtigsten Größen liegen können. Die Schwankungen der einzelnen Meßwerte beruhen auf der dauernden Veränderung der Zustände im Generator. Sie werden im allgemeinen um so größer sein, je größer das einzelne Holzteilchen im Verhältnis zum Generatorinhalt ist und in je größeren Zeitabschnitten dieser beschickt wird, je stärker demnach die Veränderungen von Menge und Beschaffenheit des Generatorinhaltes sind. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Neigung zur Hohlräumbildung im Holzkohlenbett.

Bei Fahrzeuggeneratoren ist man zur Einschränkung des Gewichtes und der Größe gezwungen, hohe Gasleistungen aus kleinen Arbeitsräumen im Generator zu erzielen, daher sind gerade hier die Verhältnisse infolge der knappen Bemessung der Reduktionsräume recht labil und selbst kleinere Ver-

änderungen im Holzkohlenbett in der Gasbeschaffenheit fühlbar. Auf diesen Umstand ist bisher in der Literatur nicht genügend hingewiesen worden.

Um die Betriebseigenschaften bei Vergasung verschiedener Holzarten vergleichen zu können, wurden die Versuche außer mit Weichholz (Fichte), auch mit Hartholz (Buche) und mit Gemischen aus beiden Holzarten durchgeführt.

Im nachfolgenden ist aus dem umfangreichen Versuchsmaterial nur das Wesentlichste soweit herausgenommen, als es zum Beleg gezogener Schlüsse oder zur Darstellung bestimmten grundsätzlichen Betriebsverhaltens erforderlich ist. Die dargestellten allgemeinen Ergebnisse wurden selbstverständlich mit dem gesamten Versuchsmaterial in Einklang gebracht.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, einerseits dem Osterreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit, bzw. dem Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, das dessen Arbeiten übernommen hat und weiterführt, für die Organisation und die Bereitstellung der Mittel zu danken, andererseits aber auch meinen Dank meinen Mitarbeitern auszusprechen. Es waren dies die Herren Ingenieure Dr. Christoph, Danzer, Franzl, Pirch, Dr. Ruess, Schescherko und Schwarz, welche die mehrmonatlichen, körperlich oft sehr anstrengenden Untersuchungen, trotz immer wieder auftauchender, in der Natur der Sache liegender Schwierigkeiten gut zu Ende geführt haben.

Graz, März 1938.

Prof. Dr.-Ing. Hans List.

II. Versuchsanordnung.

Die Fahrzeuggeneratoren wurden während des Versuches gerüttelt, um eine Brückenbildung möglichst zu verhindern und die mechanische Beanspruchung der Holzkohlenschicht beim Fahrbetrieb nachzuahmen. Die Rüttleinrichtung bestand aus einer Welle mit zwei Exzentern. An den beiden Exzenterbügeln war der Generator mit Ketten aufgehängt. Die Schwingungsweite der Erschütterungen betrug 10 mm, die Schwingungszahl 240/min.

Die Bestimmung des Brennstoffverbrauches erfolgte durch eine Meßdose, die nach Abschalten der Rüttleinrichtung von unten her durch einen hydraulisch betätigten Kolben an eine am Generator befestigte Stütze gedrückt wurde. Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, erfolgte die Bestimmung des Abbrandes durch Gewichtsauflage auf den Generator, wodurch die Flüssigkeitssäule stets in die gleiche Stellung gebracht wurde. Der Abbrand wurde, wie bei früheren Untersuchungen, in einem Brenndiagramm aufgezeichnet.

Der Teergehalt des Generatorgases wurde in gleicher Weise wie bei der ersten im Jahre 1937 durchgeführten Vergleichsprüfung bestimmt. Um die gesamten sauren Bestandteile — auch die im Teer enthaltenen — zu erfassen, wurde das Teerabsorptionsgerät und die Säureabsorptionsflasche nicht wie bei der genannten Vergleichsprüfung ortsfester Holzgaserzeuger hintereinander, sondern nebeneinander geschaltet und von zwei Gasströmen durchflossen. Die Messung der Gasmenge sowie die Staubbestimmung erfolgte wie bei dieser Vergleichsprüfung. Zur Bestimmung der Heizwertschwankungen bei Belastungsänderungen wurde ein im Institut angefertigtes Kalorimeter verwendet. Dessen Arbeit beruht darauf, daß die Abgastemperaturen ähnlicher Gase (wenn gleiche Gas Mengen mit gleichen Luftmengen verbrannt werden) annähernd proportional dem Heizwert des überprüften Gases sind. Im Kalorimeter wurde eine Flamme durch einen Luft- und einen Gasstrom gespeist, von denen jeder durch einen Regler gleichgehalten wurde.

Die Temperatur der Abgase dieser Flamme wurde durch ein trägheitsarmes Thermoelement gemessen. Das Instrument genügte in der verwendeten Form zwar nur beschränkten Genauigkeitsansprüchen, es gelang aber damit den grundsätzlichen Verlauf und die ungefähre Größe der Heizwertschwankungen bei Belastungswechsel zu erfassen. Die sonstigen Heizwertangaben beruhen auf der Berechnung des Heizwertes aus der Gasanalyse.

III. Gasgeneratoren.

Die Untersuchungen wurden an zwei Generatoren verschiedener Herkunft und Type durchgeführt. Abb. 1 zeigt den Generator A im Schnitt. Die Luft tritt am oberen Ende des Generatorunterteils ein, strömt in einem Doppelmantel nach abwärts und gelangt durch drei Rohre zur brausenartigen Mitteldüse. Das Gas bewegt sich im Gegenstrom zur Luft und wärmt diese vor. Der Generatoroberteil hat einen Schwelmantel, von dem das Kondensat in einen Schwelwasserbehälter gelangt. Die nach oben gerichteten Luftlöcher der Mitteldüse sollen der oberhalb der Düse befindlichen Brennstoffschicht Gasströme zuführen und ihr dadurch die für die Aufbereitung des Brennstoffes, insbesondere dessen Verkohlung, notwendige Wärme übermitteln.

Am unteren Ende des Herdes befindet sich ein Rost mit einer Rütteleinrichtung, durch welche der feine Kohlenstaub, der die Querschnitte verlegt — sofern er nicht durch stärkere Gasströme mitgerissen wird — entfernt werden kann.

Der Reiniger besteht aus 6 röhrenförmigen Prallblechreinigern der üblichen Form. In der Nähe des Mischorgans befand sich ein mit Holzwolle gefüllter Topf.

Der Generator B Abb. 2 hat einen Herd mit 6 Randdüsen und einen doppelkegeligen, eingeschnürten Mantel. Die Luft wird durch gasbepülte Rohre vor dem Eintritt in die Düsen mäßig vorgewärmt. Das Gas strömt an der Außenseite des Herdes nach oben. Der Gasabzug befindet sich am oberen Ende des Generatorunterteiles. Ein Rüttelsieb ermöglicht die Abscheidung der feinen Holzkohle. Das Schwelwasser gelangt aus dem Schwelmantel in einen seitlich angebrachten Topf.

Dieser Generator wurde in Verbindung mit mehreren Reinigern untersucht. Die Ventilatorversuche wurden durchweg mit dem Prallblechreiniger (Abb. 3) durchgeführt. Der hohe Staubgehalt des Gases wirkte jedoch bei diesem Reiniger im Motorbetrieb so störend, daß die Motorversuche damit nicht vorgenommen werden konnten. Eine für Hartholzbetrieb

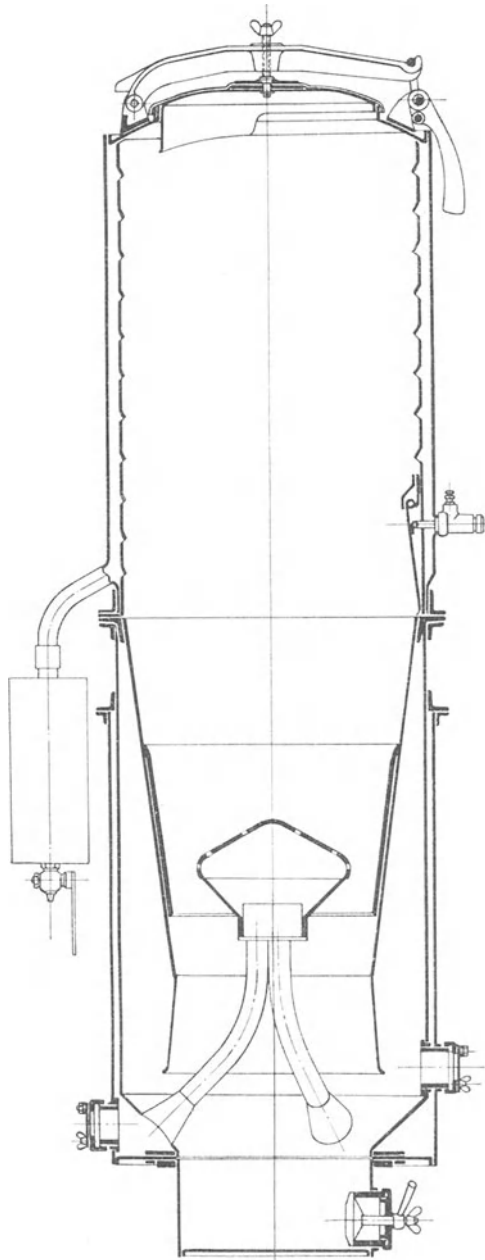


Abb. 1. Generator A.

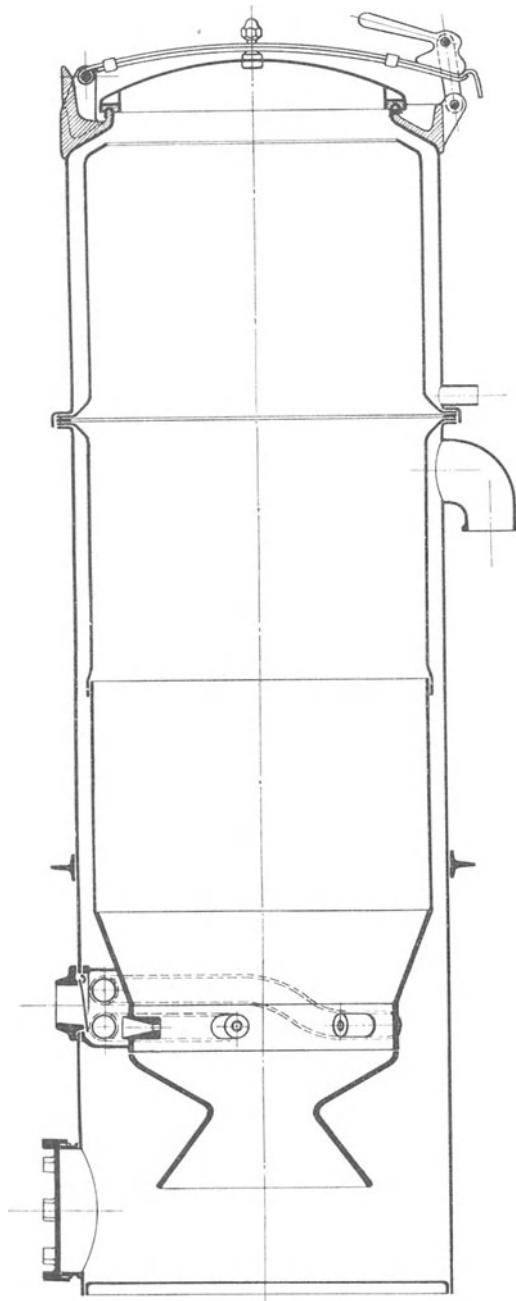


Abb. 2. Generator B.

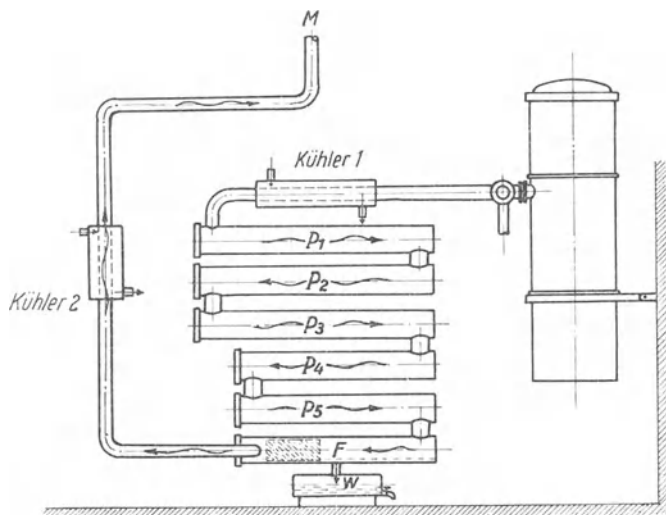


Abb. 3. Reinigeranlage, I. Ausführung.

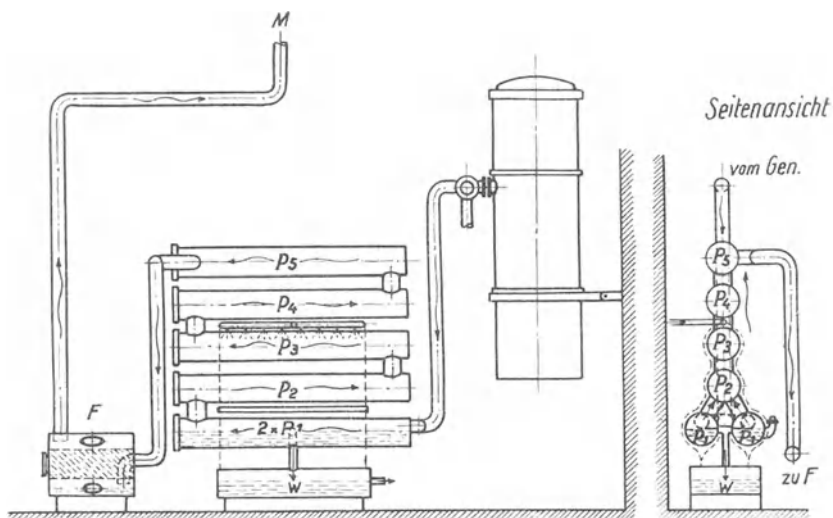


Abb. 4. Reinigeranlage, II. Ausführung.

brauchbare Reinigung wurde dadurch erreicht, daß in den untersten Reiniger mit Öl getränkte Holzwolle eingebracht wurde.

Wesentlich bessere Ergebnisse wurden mit einem in Abb. 4 dargestellten Reiniger erzielt. Hier tritt das Gas zunächst in die beiden unteren, teilweise mit Wasser gefüllten Rohre, sättigt sich dort mit Wasserdampf und gelangt dann in die darüberliegenden Prallblechreiniger. Diese wurden außen berrieselt. Durch die Kühlung kondensiert ein Teil des Wasserdampfes in den Rohren, wobei der Staub gebunden und durch das nach unten abfließende Wasser in den unteren Behälter geschwemmt wird. Hinter den Prallblechreinigern befindet sich ein mit Raschigringen gefüllter Feinreiniger (F). Die Reinigung des Gases bei dieser Ausführung war bei den im Institut herrschenden Kühlungsverhältnissen auch bei Weichholzbetrieb ausreichend.

IV. Versuchsdurchführung.

Durch die Untersuchungen sollten vor allem die Voraussetzungen für einwandfreie Weichholzvergasung erforscht werden. Daneben sollten auch allgemeine Generator-eigenschaften, insbesondere bei wechselnder Belastung, ermittelt werden.

Die Unterschiede zwischen Hart- und Weichholzvergasung wurden dadurch festgestellt, daß gleiche Versuchsreihen mit Hartholz und Weichholz durchgeführt wurden.

Wie in früheren Fällen erwies es sich als zweckmäßig, bei einem Teil der Untersuchungen das Gas durch einen Ventilator abzusaugen, daneben wurden jedoch auch ausführliche Versuche an der gesamten Kraftanlage, Generator in Verbindung mit dem Motor, vorgenommen.

1. Versuche mit Ventilatorabsaugung.

a) Versuche bei gleichmäßiger Belastung.

Um die Gleichmäßigkeit der Gasbeschaffenheit und das Verhalten des Generators bei länger dauernder, gleicher Belastung zu prüfen, wurde die Untersuchung jedes Generators mit Versuchsreihen begonnen, bei denen dieser durch längere Zeit mit der gleichen Gasmenge belastet war. Er wurde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen je 8 Stunden mit der Vollastgasmenge betrieben, dann folgte ein achtstündiger Versuch mit der Hälfte, darauf ein achtstündiger Versuch mit einem Viertel dieser Vollastgasmenge.

Durch den ersten, insgesamt 16stündigen Vollastversuch sollte der Nachweis genügender Holzkohlennachbildung bei Weichholzbetrieb erbracht werden. Aber auch bei Hartholzbetrieb, bei dem die Holzkohlennachbildung im allgemeinen keine Schwierigkeiten bereitet, ergaben sich durch die lange Versuchsdauer bemerkenswerte Aufschlüsse über das Verhalten des Generators bei längerem Betrieb. Die für die Beurteilung des Generators wichtigsten Größen sind: Heizwert und

Zusammensetzung des Gases. Diese wurden durch eine Reihe von Gasanalysen festgestellt und sind nachfolgend in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Aus beiden läßt sich nach früherem der Generatorwirkungsgrad ermitteln, der gleichfalls in dieses Zeitdiagramm eingetragen wurde.

Gleichzeitig wurde, wie schon früher erwähnt, auch eine andere Art der Darstellung benützt, bei welcher von jeder gemessenen Größe der Mittelwert und die beiden Grenzen, innerhalb welcher diese sich bei längerer Versuchsdauer veränderten, in ein Grenzdiagramm eingetragen wurde. Das war natürlich nur bei solchen Größen möglich, von welchen eine größere Anzahl Einzelmessungen vorlagen. Die Angaben über den Teer-, Säure- und Staubgehalt sind Mittelwerte innerhalb kurzer Zeiträume. Wegen der geringen Zahl der Messungen, die bei jedem Versuch möglich war, konnten hier Bereiche nicht ermittelt werden.

Generator A.

a) Versuch mit Hartholz.

Abb. 5 (zwischen Seite 22 und 23) zeigt die Ergebnisse eines Vollast-, des Halb- und des Viertellastversuches.

Heizwert H_u und Generatorwirkungsgrad η_g liegen bei Vollast und bei Halblast recht hoch. Sieht man von den Anlaufwerten ab, so verändert sich der Heizwert zwischen 1065 und 1430 WE/Nm³.

Der Ungleichförmigkeitsgrad des Heizwertes beträgt demnach

$$\delta_H = \frac{1430 - 1065}{1290} = \frac{265}{1290} = 20,5\%.$$

Der Heizwert schwankt also beträchtlich und wenn sich diese Veränderungen auch nicht in voller Größe auf den Gemischheizwert und damit auf die Motorhöchstleistung auswirken, so sind die Schwankungen der letzteren doch, wie später gezeigt werden wird, recht bedeutend.

Die Heizwertveränderung ist bedingt durch die dauernd wechselnde Gaszusammensetzung. Scheinbar regellos verändert sich der Gehalt an brennbaren Bestandteilen und an CO₂. Die Gasbildung ist eben kein gleichmäßiger Vorgang, sondern wird beeinflusst durch die ständig wechselnden Verhältnisse im Innern des Generators. Sie ist das Ergebnis von Verdampfung und Wasserdampferlegung, Entgasung und Vergasung des Holzes, von Oxydation und darauffolgender Reduktion des

CO₂ zu CO. Jeder dieser Vorgänge ist dauernd wechselnden Einflüssen unterworfen, ihr Verhältnis in steter Änderung. Die periodische Beschickung bedingt vor allem Ungleichmäßigkeiten in der Wasserdampfbildung im oberen Teil des Generators. In der Reaktionszone wirkt sich die ungleichmäßige Fortbewegung, Bildung und Füllung kleiner Hohlräume auf die Gleichmäßigkeit der Gasbildung ungünstig aus. Aus den Versuchen ist zu ersehen, daß ein Zusammenhang zwischen dem Gasheizwert, dem Gehalt an brennbaren Bestandteilen und dem CO₂-Gehalt des Gases nicht besteht. Die Bestimmung des CO₂-Gehaltes im Gas allein gibt demnach keine brauchbaren Aufschlüsse über die Gasbeschaffenheit.

Aus der Abb. 7, in welcher die Grenzen der wichtigsten Größen dargestellt sind, erkennt man, daß nicht nur der Heizwert, sondern auch der Unterdruck, die Temperatur nach dem Reiniger und die Austrittstemperatur zum Teil sehr großen Schwankungen unterliegen. Am kleinsten ist der Ungleichförmigkeitsgrad bei der Temperatur am Generatoraustritt. Doch auch hier sind die Schwankungen so groß, daß z. B. eine auch nur näherungsweise Bestimmung der Gasmenge aus der Austrittstemperatur unmöglich ist. Auf diese Ungleichmäßigkeiten im Betrieb von Generatoren mit verhältnismäßig kleinen Brennstoff- und Reaktionsräumen, muß besonders hingewiesen werden.

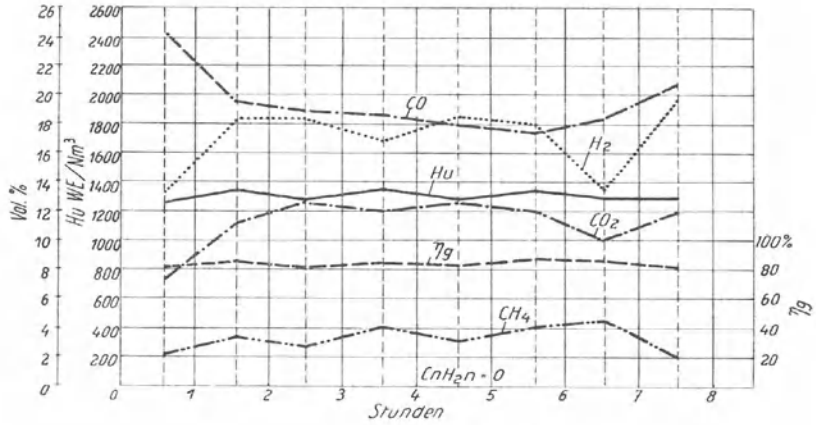
Die Teer-, Essigsäure- und Staubgehalte haben ungefähr die gleiche Größenordnung, wie sie bei der Prüfung von ortsfesten Kleingeneratoren gefunden wurden. Wieder fällt auf, daß der Reiniger den Teer- und Säuregehalt im allgemeinen nicht sehr bedeutend vermindert. Der Staubgehalt von 350 mg/Nm³ nach dem Reiniger ist im Motor merkbar.

β) Versuch mit Weichholz.

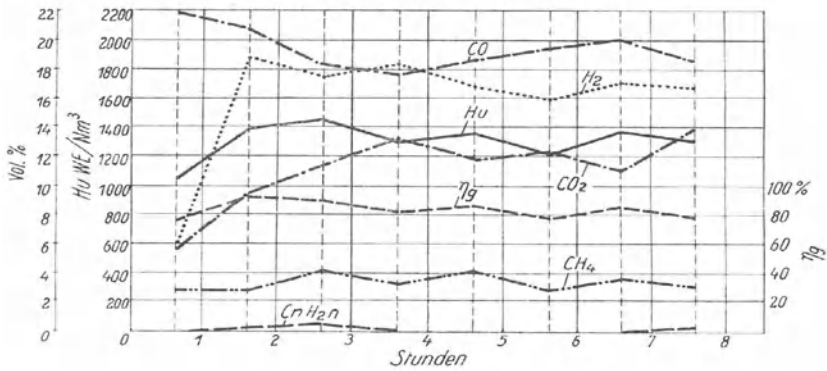
Die Ergebnisse des Weichholzbetriebes sind nach Abb. 6 (zwischen Seite 22 und 23) wesentlich ungünstiger als die des Hartholzbetriebes. Die Heizwerte liegen niedriger, der Wirkungsgrad ist kleiner. Nach den vorliegenden Messungen beträgt der Ungleichförmigkeitsgrad des Heizwertes δ_H 23%. Er ist demnach etwas größer als bei Hartholzbetrieb. Die übrigen Größen verhalten sich im wesentlichen ähnlich wie bei Hartholzbetrieb.

Die Austrittstemperatur erreicht nach Abb. 8 schon bei 0,6 Nm³/min Gasleistung 500°, so daß die Belastung des Generators nur bis 0,72 Nm³ gesteigert werden konnte, um die ther-

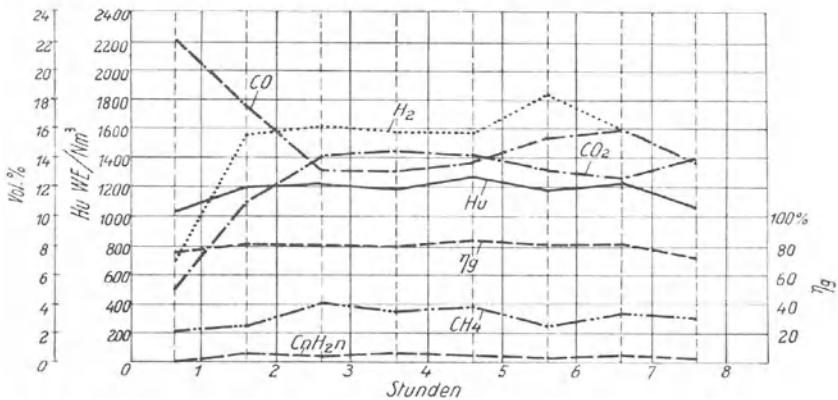
Vollast 1,2 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 17,6 %



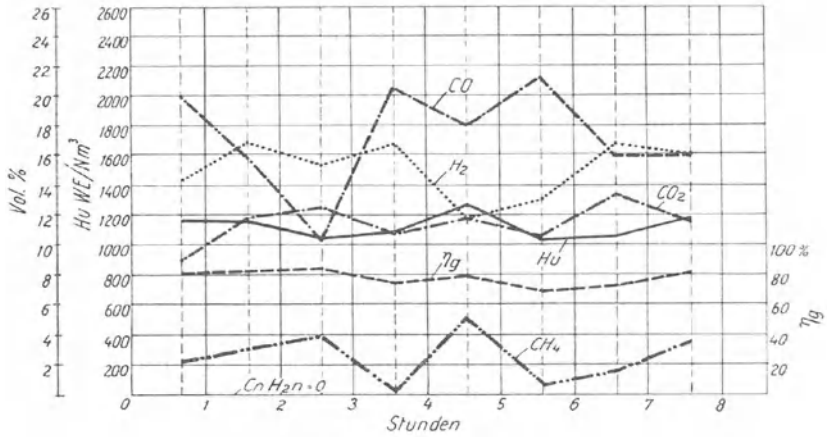
Halblast 0,66 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 19,3 %



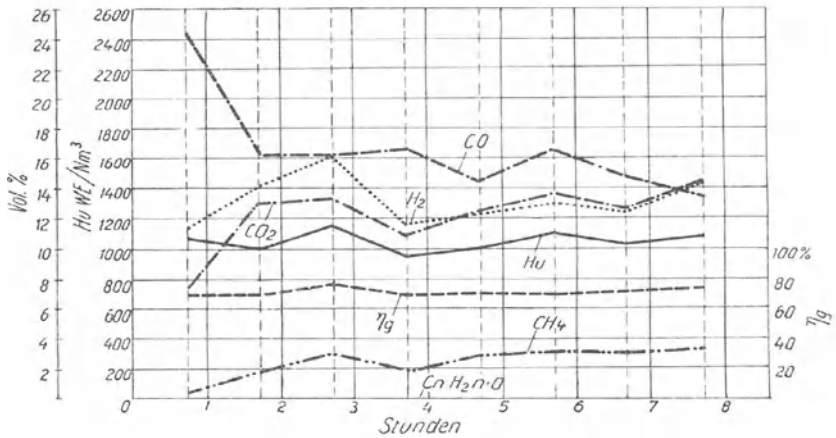
Viertellast 0,34 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 18,9 %



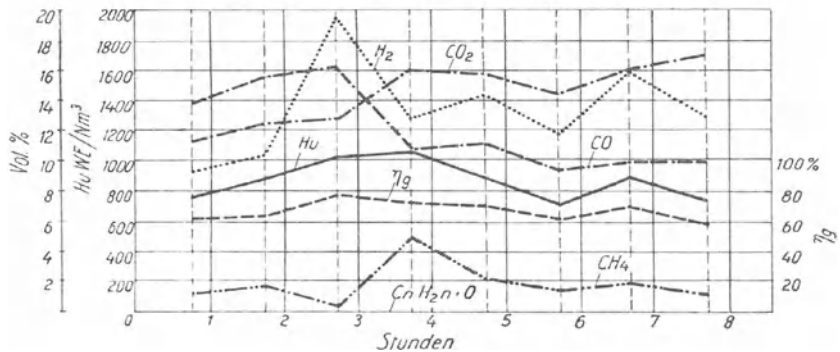
Vollast 0.72 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 13.4%



Halblast 0.39 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 13.5%



Viertellast 0.20 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 13.3%



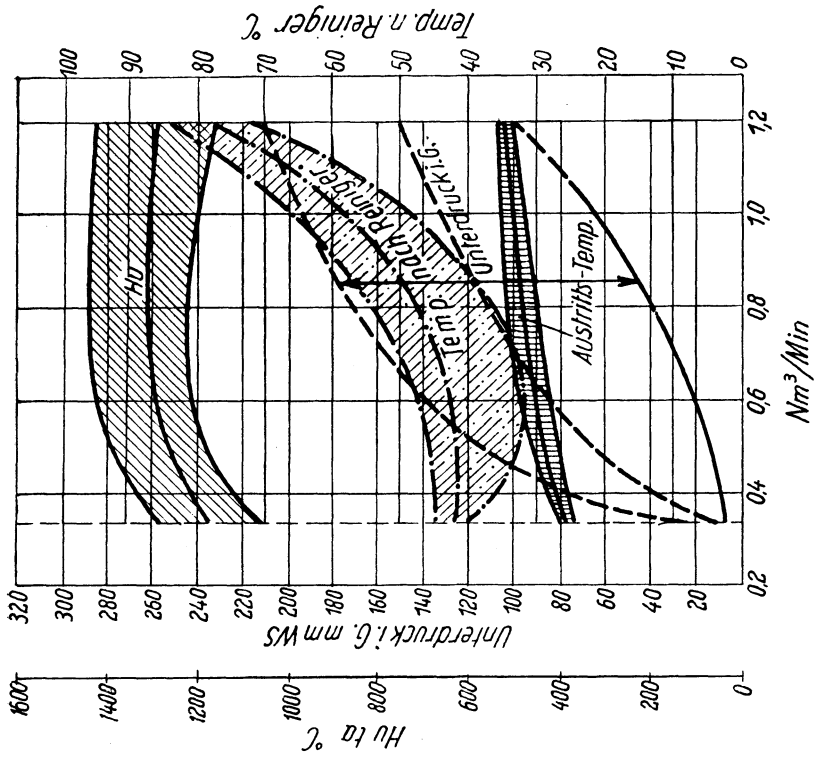
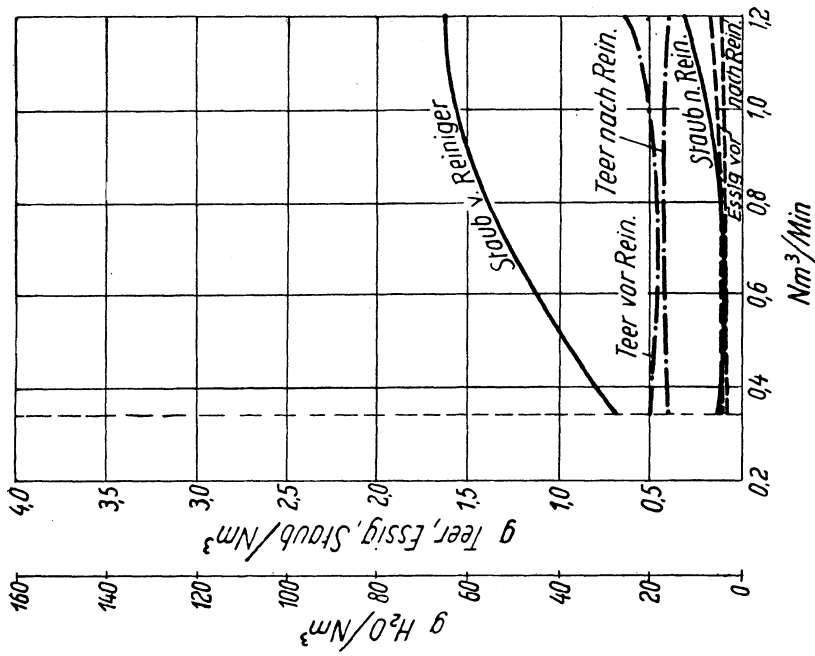


Abb. 7. Generator A: Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Buchenholz. (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen.)

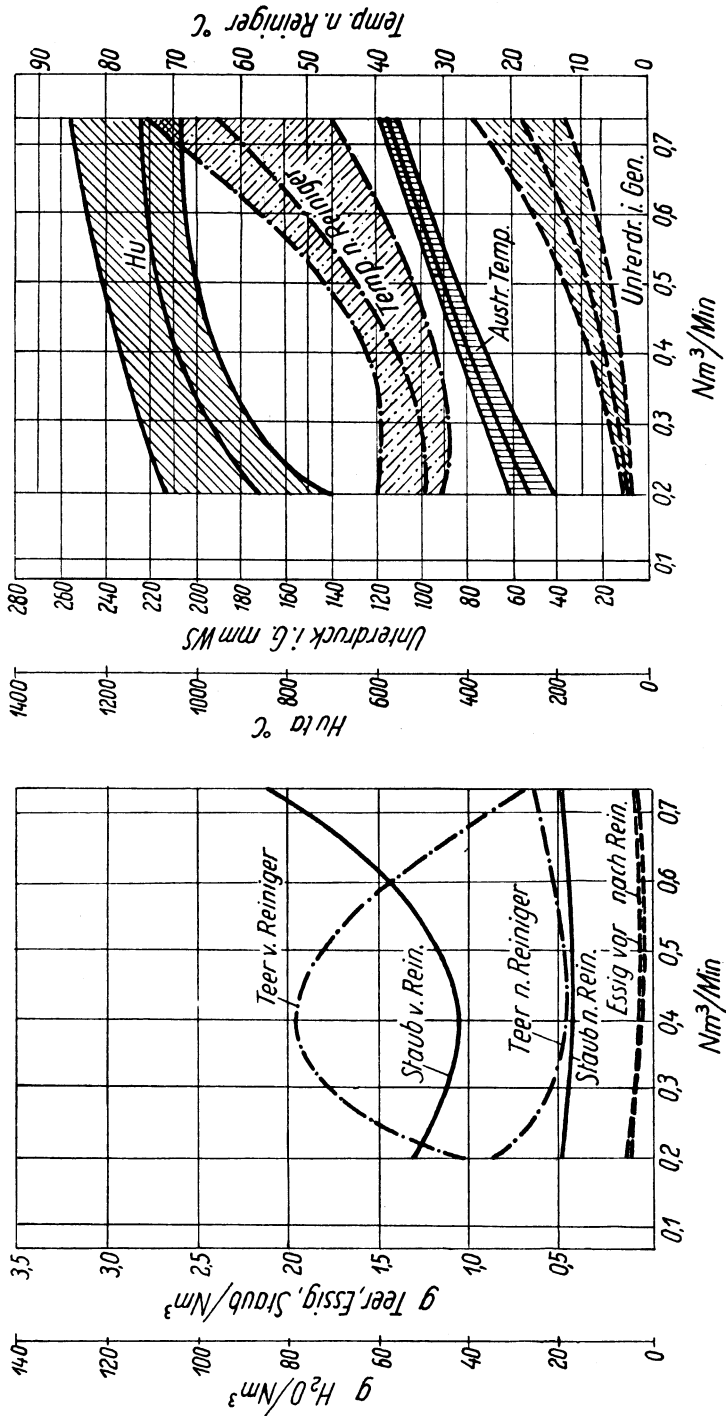


Abb. 8. Generator A: Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Fichtenholz.
 (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reinger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen.)

mischen Beanspruchungen der Generatorteile nicht unzulässig zu erhöhen.

Die Ursache der hohen Austrittstemperaturen liegt in einer ungenügenden Bindung der in der Oxydationszone entstehenden Wärme durch Reduktion des CO_2 und durch Zerlegung des Wasserdampfes. Daher sind auch Heizwert und Wirkungsgrad verhältnismäßig niedrig. Es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die mangelhafte Reduktion durch eine mengen- und eigenschaftsmäßig ungenügende Holzkohlenschicht verursacht wird.

Vergleicht man Menge und Korngröße der Holzkohle bei Hart- und Weichholzbetrieb, Abb. 9, so findet man, daß bei Weichholzbetrieb weniger Holzkohle das Bett erfüllt, und daß diese mehr Staub enthält. Staub wird aber aus der Reaktionszone rasch herausgeblasen und wird entweder vom Gas aus dem Generator geführt oder sammelt sich im unteren Teil, dort, wo der Gastrom seine Richtung ändert. Dieser Holzkohlenverlust in der Reduktionsschicht dürfte die Bildung von Hohlräumen verursachen und die Berührungsfläche zwischen Holzkohle und Gas dadurch herabsetzen. Wohl tritt voraussichtlich ein teilweiser Ausgleich dadurch ein, daß durch die Erhöhung der Temperatur im Herd infolge der schlechten Wärmebindung auch die Holzkohlennachbildung verstärkt wird, bis bei einer bestimmten höher gelegenen Temperatur Gleichgewicht zwischen Holzkohlennach-

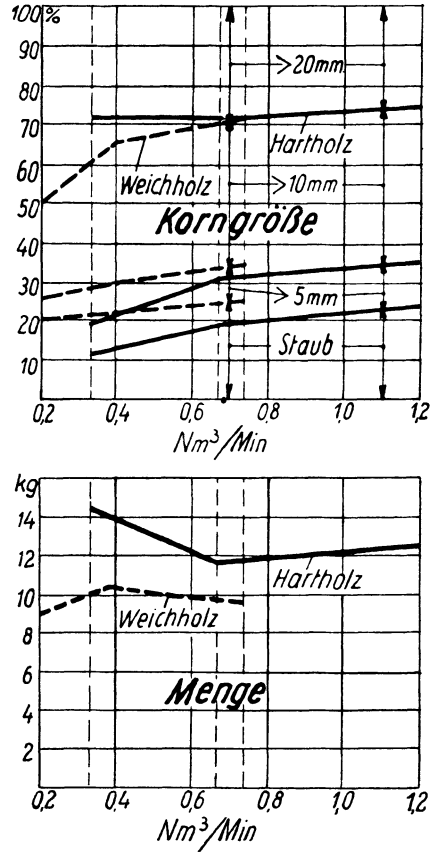


Abb. 9. Generator A; Korngrößen und Menge der Holzkohle im Generator.

bildung und Verlust besteht. Doch je höher die Temperatur aus diesem Grunde bleiben muß, desto höher ist die thermische Beanspruchung des Herdmaterials, desto niedriger sind Wirkungsgrad und dadurch auch der Heizwert. Wesentlich für die Korngröße und damit für die Staubbildung der Holzkohle scheinen die Verhältnisse um die Lufteintrittsdüsen zu sein. Es wurde schon bei der ersten Vergleichsprüfung 1937 gefunden, daß Generatoren, die hohe Gasgeschwindigkeit (im Querschnitt in der Höhe der Luftdüsen) aufweisen, ungeeignet für Weichholzbetrieb sind. Als Verhältniszahl wurde

$$v = \frac{10.000 V}{60 F} \text{ m/sek}$$

eingeführt, worin $V \text{ Nm}^3$ die minutliche Gasmenge, $F \text{ cm}^2$ den Schachtquerschnitt unmittelbar unter den Luftdüsen bedeutet. Es hat sich dabei gezeigt, daß Generatoren, die auch Weichholz vergasen können, Werte von v kleiner als $0,3 \text{ m/sek}$ aufwiesen. Bei Generatoren mit $v = 0,9 \text{ m/sek}$ war ein Betrieb mit Weichholz unmöglich. Die Grenze für die Weichholzzeugung liegt zwischen diesen Werten.

Für den untersuchten Generator A ist $F = 465 \text{ cm}^2$. Damit ergibt sich für eine Gasleistung von $V = 0,73 \text{ Nm}^3/\text{min}$ ein v von $0,26 \text{ m/sek}$, während einer Gasleistung von $V = 1,2 \text{ Nm}^3/\text{min}$ ein v von $0,43 \text{ m/sek}$ entspricht. Der erstgenannte Wert stellt die für den untersuchten Generator versuchsmäßig ermittelte Grenze der Gasleistung für den Weichholzbetrieb dar, beim zweiten war ein solcher nicht mehr möglich. Es kann daher angenommen werden, daß für Weichholzbetrieb $v < 0,3 \text{ m/sek}$ sein soll.

Der Einfluß von v kann in folgender Weise erklärt werden: Die Luftströme, die in das heiße Kohlenbett eindringen, haben die Wirkung von Stichflammen, welche ähnlich der Flamme eines Schneidbrenners die Kohle zerteilen. Die Kohle wird durch eine solche Stichflamme um so mehr zerkleinert, es wird um so mehr Staub entwickelt, je weniger fest sie ist. Ist nun der Querschnitt in der Höhe der Luftdüsen eng, so wird ein großer Teil der Kohle unter der Wirkung dieser aus den Düsen tretenden Stichflammen stehen, die um so tiefer in das Bett eindringen, je größer die Luftaustrittsgeschwindigkeit aus den Düsen wird, je größer also die Gasleistung des Generators ist. Mit zunehmender Gasgeschwindigkeit wird aber auch der anfallende Staub in immer stärkerem Maße aus der Reduktionszone entfernt und dadurch der Reduktionsschicht immer mehr Substanz entzogen.

Mit zunehmender Gasleistung wird die Reduktion daher schlechter, die Gase immer heißer und dadurch wird die Gasleistung praktisch begrenzt. Selbstverständlich werden in diesem Zusammenhang auch die Lage, Größe und Zahl der Luftdüsen von Bedeutung sein.

Weichholzkohle ist mechanisch weniger widerstandsfähig als Hartholzkohle. Bei Verhältnissen, welche die Zerteilung der Kohle begünstigen, also engem Bett (großes v) wird ihr Zerfall so stark sein, daß der Kohlenverlust durch Verstaubung nur bei höheren Herdtemperaturen durch nachgebildete Kohle ersetzt werden kann. Hartholzkohle ist fester, verträgt daher auch hohe Gasgeschwindigkeiten im Bett. Eine bestimmte zerteilende Wirkung der Düsen ist beim Generator A erforderlich, da zu grobstückige Kohle nicht durch die verhältnismäßig engen Ringflächen des Bettes treten könnte. Bei ungenügender Zerteilung würden sich im Bett unterhalb des Luftdüsenkörpers Hohlräume bilden, die Reduktion wäre dann schlecht. Mit Rücksicht darauf wurde die zerteilende Wirkung der Luftdüsen durch Aufteilung des Lufteintrittes auf viele kleine Düsenöffnungen erhöht.

Der untersuchte Generator A ist nach den Versuchsergebnissen für reinen Weichholzbetrieb nicht geeignet. Die Gasleistung wäre bei Weichholzbetrieb nur halb so groß wie bei Hartholzbetrieb, sofern die gleiche thermische Beanspruchung des Generators zugelassen wird. Außerdem ergibt sich eine weitere Leistungsverminderung durch den geringeren Gasheizwert. Bei Hartholzbetrieb arbeitet der Generator jedoch sehr gut. Der Gasheizwert liegt mit durchschnittlich 1300 WE/Nm^3 recht hoch, die Heizwertkurve verläuft flach. Durch die Zusammenballung der Feuerzone, also gerade durch den Umstand, der ihn für Weichholzbetrieb nicht geeignet macht, ist die Teerzersetzung gut und der Generator voraussichtlich auch gegen größere Holzfeuchtigkeit nicht sehr empfindlich.

Generator B.

a) Versuch mit Hartholz.

Abb. 10 (zwischen Seite 28 und 29) und 11 (S. 28) zeigen die Ergebnisse eines Vollastversuches und der Teillastversuche. Die Heizwertschwankungen bei Vollast sind recht groß. Der Ungleichförmigkeitsgrad des Heizwertes erreicht 35% und übertrifft den des Generators A wesentlich. Bei den untersuchten Teillasten ergaben sich wesentlich gleichmäßigere

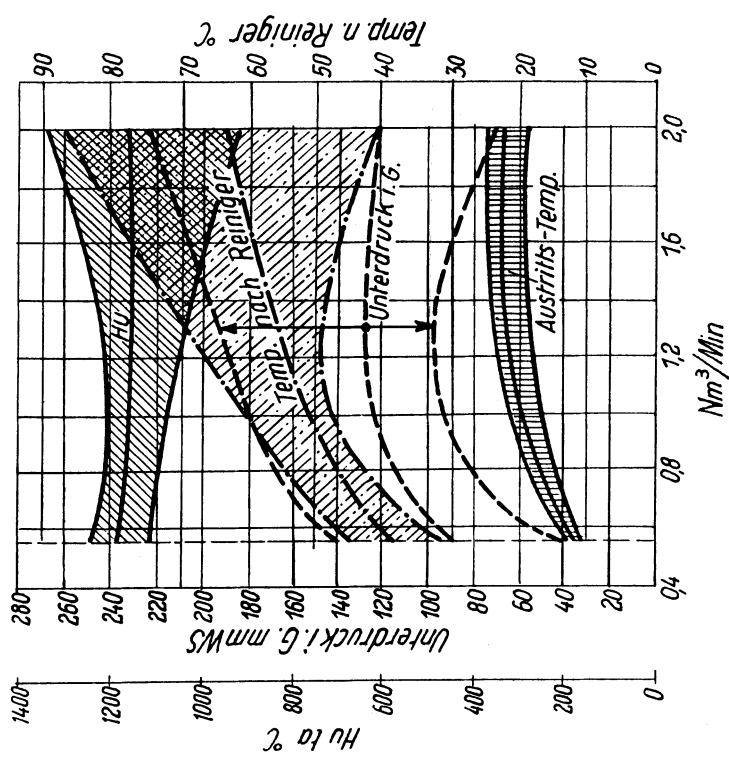
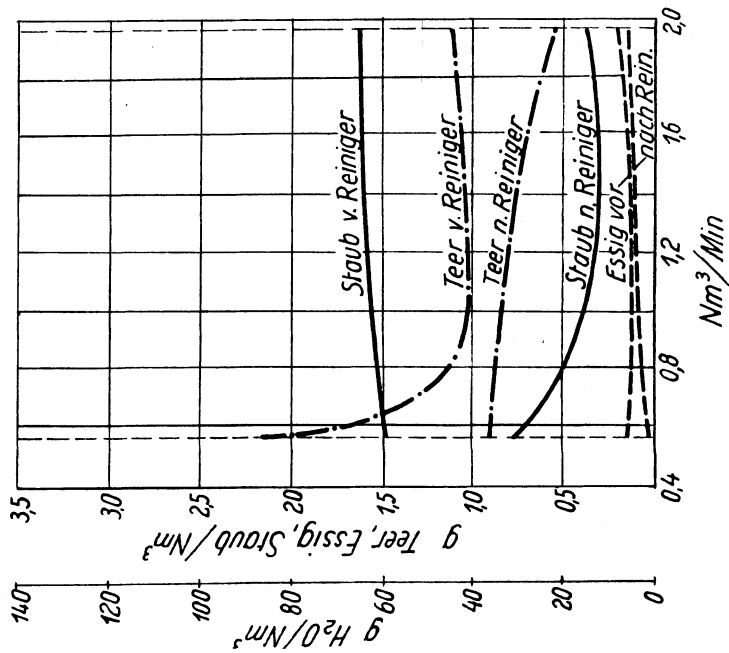
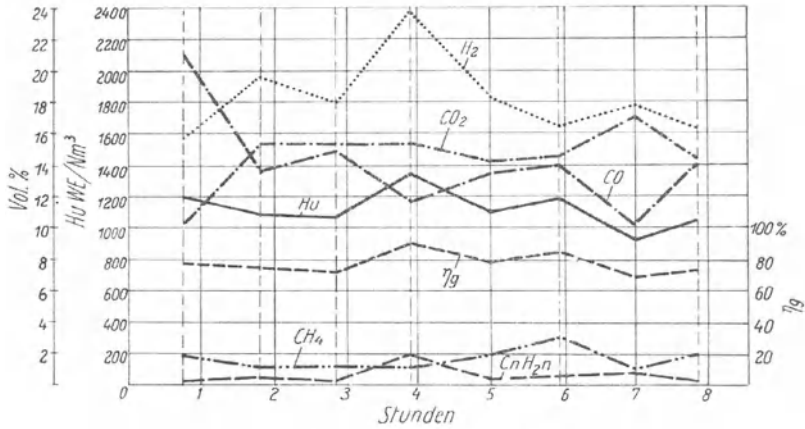
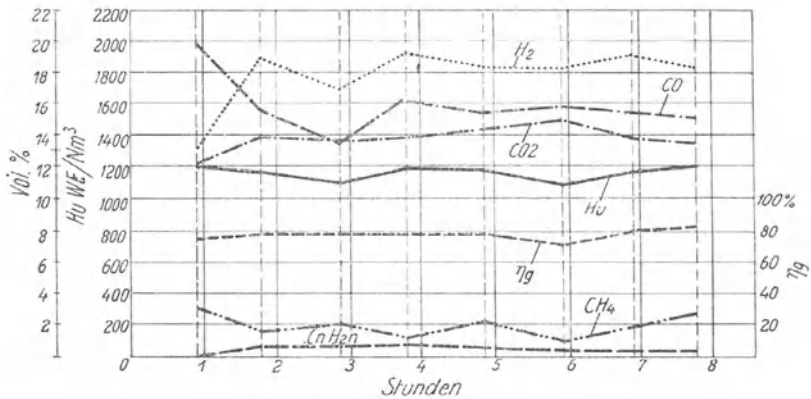


Abb. 11. Generator B: Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Buchenholz. (Heizwert, Unterdruck, Temperaturen nach Reiniger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen.)

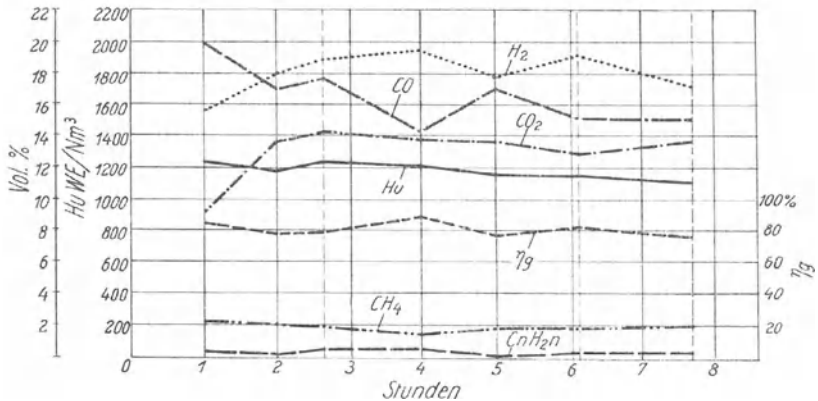
Vollast 2'00 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 17.2%



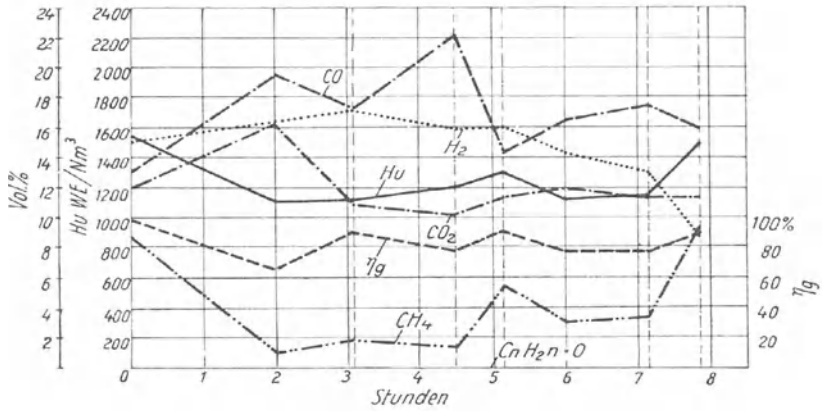
Halblast 1'01 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 20%



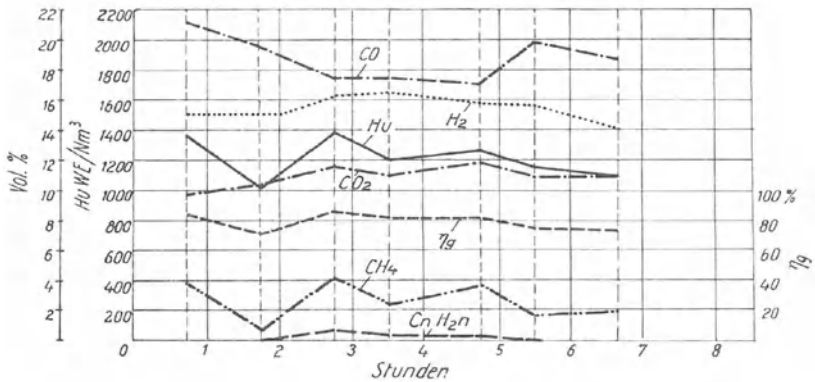
Viertellast 0'55 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 21.3%



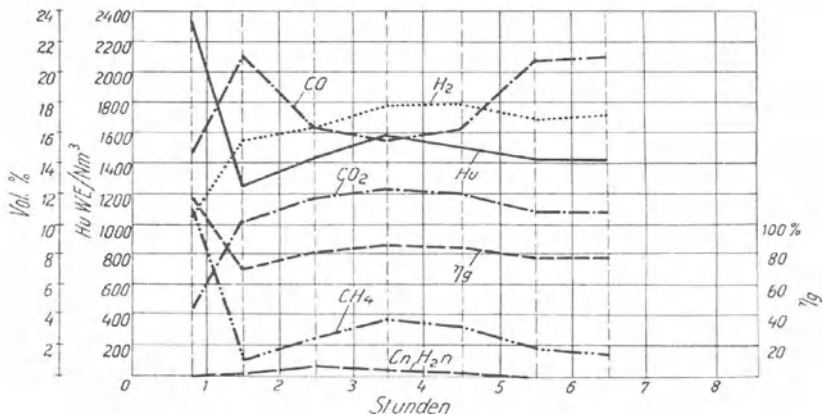
Vollast 193 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 17.7%



Halblast 108 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 20%



Viertellast 0.58 Nm³/Min
Holzfeuchtigkeit 12.2%



Heizwerte. Auch der Generatorwirkungsgrad ist durchschnittlich etwas niedriger als beim Generator A. Dies dürfte auf die verhältnismäßig größere Wärmeabstrahlung nach außen zurückzuführen sein.

Der luftdurchströmte äußere Mantel schützt den Generator A vor stärkeren Wärmeverlusten, Gas- und Luftströme bewegen sich dort im Gegenstrom und das Gas gibt seine Wärme zum Teil an die Vergasungsluft ab, wodurch ein Teil der fühlbaren Wärme des Gases nicht verloren geht. Hingegen strömt beim Generator B das Gas am äußeren Mantel empor, erhitzt diesen stärker und kann die Wärme nur in geringerem Maße an die Vergasungsluft abgeben. Der größte Teil wird nach außen abgeleitet und erhöht die „Ofenwirkung“ des Generators. Ein Teil erwärmt oben gelegene kühlere Brennstoffschichten.

Die nicht sehr starke Luftvorwärmung bedingt verhältnismäßig niedrigere Herdtemperaturen, daher eine etwas geringere Teerverkrackung, die sich in einem etwas größeren Teergehalt im Generatorgas zeigt. Außerdem dürfte die Feuchtigkeitsempfindlichkeit des Generators B größer sein als die des Generators A. Der Heizwert des Gases beträgt infolge des geringeren Generatorwirkungsgrades im Mittel 1160 WE/Nm^3 , er liegt also niedriger als beim Generator A. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Holzfeuchtigkeit beim Generator A im Durchschnitt $18,6\%$, beim Generator B etwas höher, im Durchschnitt $19,8\%$ war.

Die Austrittstemperaturen des Gases sind niedriger als beim Generator A, was auf die niedrigeren Herdtemperaturen zurückzuführen sein wird.

β) Versuch mit Weichholz.

Abb. 12 (zwischen Seite 28 und 29) und 13 (S. 30) zeigen die bei Weichholzbetrieb gemessenen Werte. Die Holzfeuchtigkeit war hier im Durchschnitt $13,7\%$, also wesentlich niedriger als bei Hartholzbetrieb. Damit erklären sich auch die etwas besseren Ergebnisse. Der Heizwert liegt über einen weiten Bereich um 1230 WE ., der Wirkungsgrad gleichfalls etwas höher als bei den Versuchen mit Hartholz. Bei gleicher Feuchtigkeit wäre, wie die Motorversuche zeigen, die Reihung entgegengesetzt. Der Ungleichförmigkeitsgrad des Gasheizwertes ist bei Weichholz nahezu gleich groß wie beim Hartholzversuch. Die Austrittstemperaturen liegen höher als beim Hartholz, bleiben aber innerhalb zulässiger Grenzen.

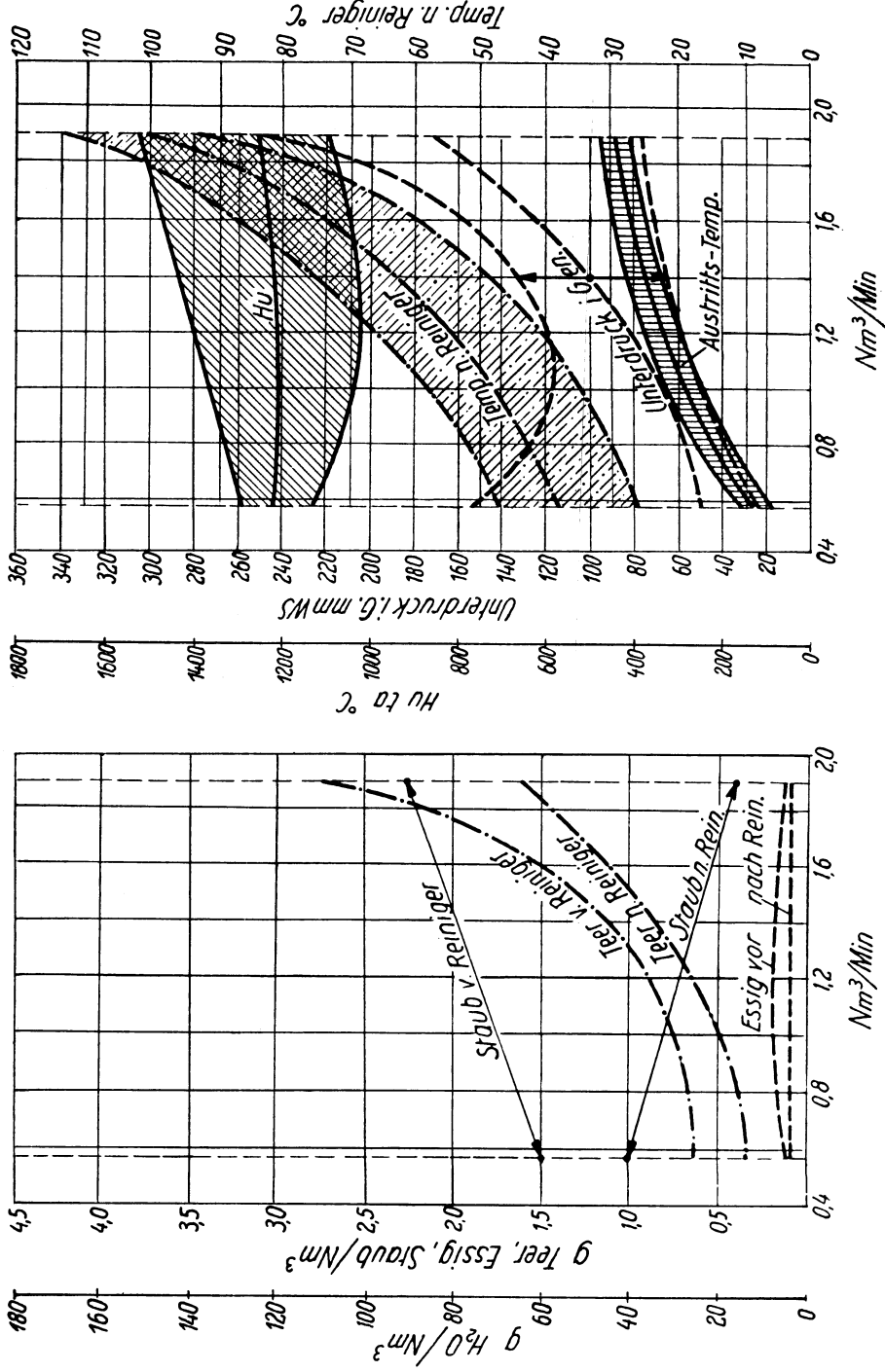


Abb. 13. Generator B: Grenz- und Mittelwerte beim Ventilatorversuch mit Fichtenholz. (Heizwert, Unterdruk, Temperaturen nach Reinger und Generator, Gehalt des Gases an Verunreinigungen.)

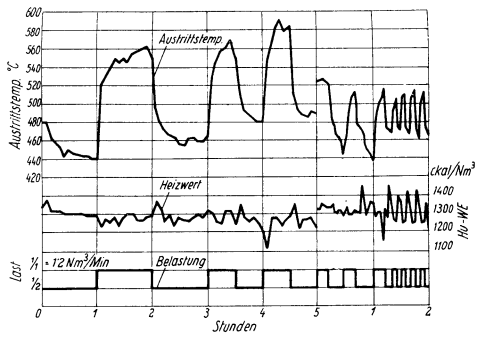


Abb. 14. Generator A; Wechsellastversuch mit Buchenholz. (Feuchtigkeit 19,6%.)

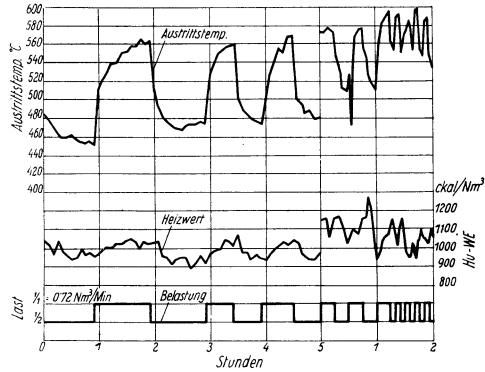


Abb. 15. Generator A; Wechsellastversuch mit Fichtenholz. (Feuchtigkeit 13,4%.)

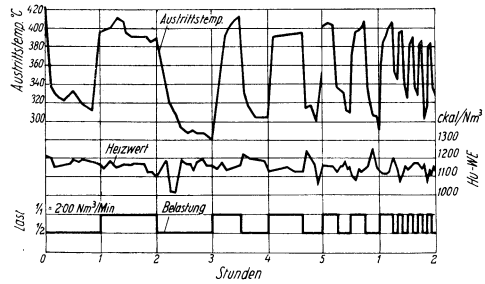


Abb. 16. Generator B; Wechsellastversuch mit Buchenholz. (Feuchtigkeit 20,6%.)

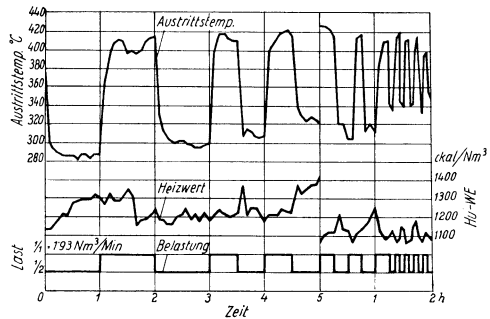


Abb. 17. Generator B; Wechsellastversuch mit Fichtenholz. (Feuchtigkeit 16,4%.)

Gemäß den Versuchsergebnissen ist demnach der Generator für Weichholzbetrieb geeignet. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, wenn auch nicht wahrscheinlich, daß sich die Verhältnisse dann etwas ändern, wenn beim Fahrbetrieb wesentlich stärkere Erschütterungen als auf der Rütteleinrichtung auftreten und dadurch die Holzkohle stärker verstaubt.

Der Querschnitt unmittelbar unter den Luftdüsen beträgt 1400 cm^2 . Damit ergibt sich für die Höchstgasmenge eine Verhältniszahl $v = 0,24 \text{ m/sek}$. Der Wert liegt unter der für die Weichholzeignung wahrscheinlich kritischen Geschwindigkeit von $0,3 \text{ m/sek}$. Der Lufteintritt erfolgt durch 6 Düsen, die am Umfang des Herdes angebracht sind. Die zerteilende Wirkung auf die Holzkohle wird demnach auch wegen der kleinen Zahl von Düsenöffnungen wesentlich geringer sein als beim Kromagenerator. Die Querschnitte im Herd sind beim Generator B erheblich größer als beim Generator A. Es ist daher zur Vermeidung von Hohlräumen in der Reduktionsschicht nicht erforderlich, die Kohle in der Brennzone stark zu zerteilen, daher wird auch bei Hartholzbetrieb mit wenigen Düsenöffnungen von verhältnismäßig großem Querschnitt das Auslangen gefunden.

b) Versuche mit wechselnder Belastung.

Für den Fahrzeugbetrieb ist das Verhalten des Generators bei wechselnder Belastung von Bedeutung. Es wurden daher Versuche durchgeführt, bei welchen vor allem der Einfluß von Belastungsänderungen auf den Gasheizwert bestimmt werden sollte.

Die Belastung des Generators wurde durch rasches Einstellen des Drosselventils zwischen Halb- und Vollast in Zeitabschnitten von 1^{h} , $1/2^{\text{h}}$, $1/4^{\text{h}}$ und $5'$ verändert. Die Abb. 14, 15, 16 und 17 (zwischen Seite 30 und 31) zeigen das wesentlichste Ergebnis dieser Versuche, die bei jedem der beiden Generatoren bei Hart- und Weichholzbetrieb durchgeführt wurden. Von jeder Versuchsreihe sind nur einige Belastungswechsel herausgegriffen. Die Austrittstemperatur des Gases und des Heizwertes sind dargestellt. Letzterer wurde durch das eingangs beschriebene Kalorimeter gemessen, welches die ungefähre Größe der Heizwertveränderungen angibt. Die Versuche haben ergeben, daß der Ungleichförmigkeitsgrad des Heizwertes durch die wechselnde Belastung gegenüber dem bei gleichbleibender Belastung nicht vergrößert wird. Aus plötzlichen Belastungsänderungen innerhalb der untersuchten Größen werden

daher im Betrieb keine größeren Schwierigkeiten entstehen, als sie sich durch den Ungleichförmigkeitsgrad des Heizwertes bei gleichbleibender Belastung ergeben können.

Aus den Heizwertkurven läßt sich ziemlich deutlich ersehen, daß der Heizwert bei einer Belastungsverminderung zunächst etwas ansteigt, bei einer Belastungserhöhung zunächst etwas abfällt.

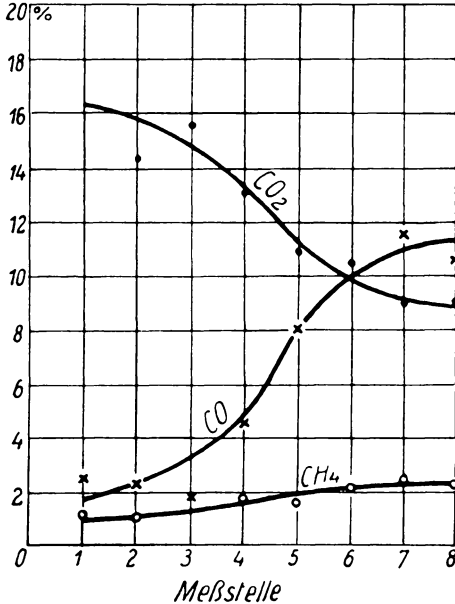


Abb. 18. Reduktion des CO₂ beim Durchtritt von Luft durch ein auf 700° erhitztes, mit Holzkohle gefülltes Rohr.

Da sich über dieses grundsätzliche Verhalten die durch andere Verhältnisse bedingten Heizwertschwankungen lagern, ist es nicht bei jedem Belastungswechsel erkennbar, im allgemeinen aber vorhanden. Die Größe der Heizwertschwankungen und ihr Verlauf ist bei Hart- und bei Weichholz im allgemeinen gleich.

Die Erklärung für dieses Verhalten ergibt sich aus den thermisch-chemischen Vorgängen. Um die Überlegung einfacher zu machen, soll der Wasserdampf zunächst außer Betracht bleiben, z. B. ein Holzkohlengenerator vorausgesetzt werden.

Wie ja bekannt, wird unmittelbar nach Eintritt der Luft in den Generator Holzkohle unter Wärmeentwicklung zu CO₂ verbrannt. Die heißen Gase strömen nun durch die Kohlschicht und dabei wird nach der Gleichung



weiterer Kohlenstoff unter Wärmebindung von ihnen aufgenommen. Ihre fühlbare Wärme wird dabei zum Teil in chemische Energie verwandelt. Dieser Vorgang dauert so lange, als die Temperatur entsprechend hoch ist und die Berührung mit der Holzkohlenschicht dauert. Abb. 18 zeigt die Ergebnisse eines Versuches, bei dem aus einem mit Kohle beschickten,

auf 700° erhitzten Rohr, in das Luft geleitet wurde, in gleichmäßigen Zeitabschnitten Gasproben entnommen wurden. Die Verbrennung zu CO_2 tritt fast augenblicklich ein, die Reduktion des CO_2 zu CO erfolgt erst allmählich. Die vom Gas der Kohlschicht zugeführte fühlbare Wärme muß in einem thermischen Gleichgewichtszustand, bei dem sich die Temperatur der Kohlschicht nicht ändert, gleich der Summe aus der durch die Reduktion gebundenen Wärme und aus den Wärmeverlusten nach außen sein.

Die Reduktion hängt ab von der Berührungszeit von Gas und Kohle, von der Berührungsfläche und von der Temperatur, sie wird durch Anwachsen dieser Größen begünstigt. Bei einer Vergrößerung des Gasdurchganges wird die Berührungszeit kleiner. Die Temperatur der Kohlschicht und damit auch die des austretenden Gases wird dann solange ansteigen, bis die Reduktion, trotz der kleineren Berührungszeit, so vollständig erfolgt, daß die oben angegebene Bedingung für Gleichgewicht wieder besteht. Kleinere Belastungen entsprechen größeren Berührungszeiten, daher muß die Temperatur in der Reduktionsschicht niedriger sein als bei hoher Belastung, um eine zu vollständige Reduktion zu vermeiden, durch die mehr Wärme gebunden würde, als bei Erhaltung des thermischen Gleichgewichtszustandes möglich ist.

Es entspricht demnach jeder Gaslieferung eine bestimmte Herdtemperatur für den Gleichgewichtszustand. Wird die Belastung plötzlich vermindert, so hat der Herd eine für die neue Belastung zunächst zu hohe Temperatur. Infolge der größeren Reduktionszeit wird mehr Wärme chemisch gebunden, als dem Gleichgewicht entspricht, der Heizwert des Gases steigt unmittelbar nach der Belastungsänderung. Es wird nun mehr Wärme aus der Schicht entnommen, als ihr zugeführt wird. Dadurch sinkt ihre Temperatur, wodurch wieder die Wärmebindung so lange herabgesetzt wird, bis die Wärmeentwicklung gleich der Summe aus Wärmebindung und Wärmeabfuhr wird und damit der Gleichgewichtszustand erreicht ist, welcher der neuen Belastung entspricht. Der entgegengesetzte Vorgang tritt bei einer plötzlichen Belastungssteigerung ein. Hier fällt der Heizwert zunächst, da die niedrigere Herdtemperatur bei der verringerten Berührungszeit für die entsprechende Reduktion nicht genügt.

Wenn nicht nur reine Luft, sondern ein Gemisch von Wasserdampf und Luft zugeführt wird, so ändert sich der grundsätzliche Verlauf der Vorgänge nicht. Wieder ist die Verbindung

des Luftsauerstoffes mit der Kohle zu CO_2 der wärmeentwickelnde Vorgang. Die Wärmebindung in der Reduktionsschicht erfolgt jedoch dann außer durch die Reduktion eines Teiles des CO_2 , auch noch durch die Zerlegung des Wasserdampfes an der glühenden Kohle nach der Gleichung



Beide Vorgänge erfolgen nicht unabhängig voneinander, sondern so, daß sich bei höherer Temperatur das Wassergasgleichgewicht mit der Konstanten

$$K = \frac{v(\text{CO}) \cdot v(\text{H}_2\text{O})}{v(\text{CO}_2) \cdot v(\text{H}_2)}$$

einstellt. Die Herdtemperatur für Gleichgewicht hängt bei gegebener Gasleistung auch von der verhältnismäßig zuströmenden Wasserdampfmenge ab. Hiezu kommt noch der Einfluß des Schwelgases, das aus den höherliegenden Brennstoffschichten kommend, in die Reduktionsschicht eintritt, dort chemische Veränderungen erfährt und deren Gleichgewichtstemperatur beeinflusst.

Die Schwankungen der Austrittstemperatur und des Gasheizwertes bei konstanter Gasleistung lassen sich nun leicht erklären. Jede Veränderung an der reagierenden Kohlenoberfläche, Veränderung der Korngröße, Bildung von Hohlräumen, verändert die Gleichgewichtstemperatur des Herdes. Außerdem ist sie bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen auch von der Wasserdampf- und Schwelgasentwicklung abhängig. Durch das unregelmäßige Nachrücken der Brennstoffschicht, durch die Bildung und Auffüllung von Hohlräumen, verändern sich die reagierenden Oberflächen, durch die unregelmäßige Verdampfung und Entgasung im Brennstoffbehälter, der in direkter Verbindung mit der Reaktionszone steht, verändert sich die Wasserdampf- und Schwelgasbeimischung; daher verändert sich die Gleichgewichtstemperatur der Reduktionszone dauernd. Ist die tatsächliche Temperatur niedriger als die Gleichgewichtstemperatur, so wird weniger Wärme chemisch gebunden, der Heizwert sinkt, die Gastemperatur steigt, die Schicht erwärmt sich, bis wieder Gleichgewicht erreicht ist. Da die Veränderungen der Gleichgewichtstemperatur aber im allgemeinen bei den untersuchten Kleingeneratoren viel rascher erfolgen, als der Einspielzeit des jeweiligen Gleichgewichtszustandes entspricht, schwankt der Gasheizwert dauernd, wie dies an den Versuchsergebnissen deutlich zu erkennen ist.

2. Motorversuche.

Für die Versuche wurde von der Österr. Saurerwerke A.-G. ein für Holzgasbetrieb eingerichteter CTDV-Motor mit 8 l Hubvolumen und einer Höchstdrehzahl von 2000 U/min zur Verfügung gestellt. Der Motor hatte ein Verdichtungsverhältnis von 11,2 und den bekannten Doppelwirbel-Verbrennungsraum der Saurer-Dieselmotoren, der nur durch Ausdrehen der Kolben vergrößert wurde. Die Schirme der Einlaßventile wurden entfernt, da dadurch eine wesentliche Verbesserung der Leistung erwartet werden konnte und auch erreicht wurde.

Der Motor hatte Umlaufkühlung mit Frischwasserzusatz. Das Kurbelgehäuse wurde — um den Fahrtwind zu ersetzen — durch Berieselung gekühlt.

Zur Leistungsmessung diente eine Junkers-Wasserwirbelbremse, mit welcher der Motor über das Getriebe gekuppelt war. Bei den Versuchen war stets der direkte Gang eingeschaltet.

Der Gaszustand, Temperatur und Unterdruck wurden unmittelbar vor dem Motor gemessen. Zur Untersuchung der Vollständigkeit der Verbrennung wurden Frisch- und Abgasproben gleichzeitig entnommen und analysiert.

Die Versuche wurden zunächst mit dem in Abb. 3 dargestellten Reiniger mit ölbenetzter Holzwolle durchgeführt. Da die hiemit bewirkte Gasreinigung bei Weichholzbetrieb ungenügend war, wurden mit einem Reiniger nach Abb. 4 die Versuchsreihen mit Hart- und Weichholz wiederholt und durch Versuche mit Gemischen von $\frac{2}{3}$ Hart- und $\frac{1}{3}$ Weichholz sowie $\frac{1}{3}$ Hart- und $\frac{2}{3}$ Weichholz ergänzt.

Bei jeder dieser Versuchsreihen wurde zunächst das p_e in Abhängigkeit von der Drehzahl für den ungedrosselten Motor ermittelt und dabei Gasproben vor und nach dem Motor entnommen und der physikalische Gaszustand vor dem Motor bestimmt.

Bei der Versuchsreihe zur Ermittlung des Brennstoffverbrauches wurde das Vollastdrehmoment so gewählt, daß sich eine Drehzahl von ungefähr 1800 U/min einstellte. Während des Versuches wurde das Drehmoment an der Bremse konstant gehalten. Infolge der wechselnden Gasbeschaffenheit ergaben sich dann Drehzahl- und damit Leistungsveränderungen, die aufgezeichnet wurden und ein Bild der zeitlichen Leistungsschwankungen der Sauggaskraftanlagen geben. Die Drossel blieb bei diesem Versuch ganz geöffnet, Luftzufuhr

und Zündzeitpunkt wurden so eingestellt, daß sich jeweils die größte Leistung ergab. Die Dauer einer Verbrauchsmessung betrug 2 Stunden. Dadurch wurde nicht nur eine genaue Verbrauchsbestimmung, sondern auch ein guter Einblick in die zeitlichen Veränderungen der Motorleistung ermöglicht.

Bei den weiteren Laststufen wurde bei einem Drehmoment von $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{2}$ des Vollastdrehmomentes die Drehzahl durch Drosselung auf 1800 U/min gehalten.

Bei den Versuchen mit Wechsellast wurde ein bestimmtes Belastungsprogramm durchfahren. Um eine zweifache Veränderung zu vermeiden, wurde dabei die Drehzahl bei den Teillastmomenten auf 1800 U/min, bei Vollastdrehmoment auf dem größtmöglichen Wert gehalten. Dieser Versuch gibt Vergleichswerte für den Durchschnittsverbrauch bei wechselnder Belastung und ermöglicht eine Beurteilung des Verhaltens von Motor und Generator bei Belastungsschwankungen, wie sie im Fahrbetrieb auftreten. Selbstverständlich gelten die Verbrauchszahlen nur für die zugrunde gelegte Belastungsfolge. Sie sind bei den verschiedenen Betriebsarten vergleichbar, da die Belastungsfolge immer gleichgehalten wurde.

Versuchsergebnisse.

a) Leistung und Brennstoffverbrauch.

Nachstehende Abb. 19 zeigt die p_e -Werte in Abhängigkeit von der Drehzahl bei voll geöffneten Drossel. Die Punkte der letzten Versuchsreihen mit dem Reiniger nach Abb. 4 sind durch Kurven verbunden, die früher mit dem Reiniger (nach Abb. 3) bei Hart- und Weichholzbetrieb erhaltenen Versuchspunkte sind gesondert eingetragen. Vor allem fällt auf, daß die Werte erheblich streuen. Die Werte der ersten Versuche liegen durchschnittlich etwas niedriger. Das kann seine Ursache in der etwas größeren Feuchtigkeit des Holzes bei den früheren Versuchen haben, außerdem dürfte die schlechte Gasreinigung einen etwas schlechteren mechanischen Wirkungsgrad des Motors hervorgerufen haben.

Die Versuche zeigen deutlich, daß bei Weichholzbetrieb mit geringerer Leistung als bei Hartholzbetrieb gerechnet werden muß. Der Abfall beträgt im Durchschnitt 15% der Hartholzleistung. Die Leistung bei Betrieb mit Hart- und Weichholzgemischen liegt zwischen den mit den ungemischten Holzsorten erzielten Leistungen. Die entgegengesetzte Reihung der p_e -Werte für die Holzgemische ($\frac{1}{3}$ Buche + $\frac{2}{3}$ Fichte höher

als $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte) dürfte auf die verschiedene Feuchtigkeit des Holzes zurückzuführen sein.

Bei der Bestimmung dieser Kurven wurde nicht eine augenblickliche Spitzenleistung zugrunde gelegt, sondern die Leistung ermittelt, die der Motor durch 5 bis 10 Minuten im Durch-

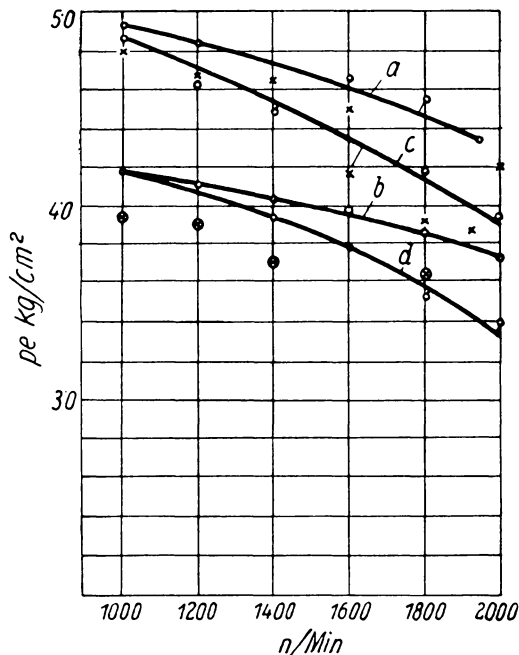


Abb. 19. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV; p_e in Abhängigkeit von der Drehzahl. — a = Buche, b = $\frac{2}{3}$ Buche und $\frac{1}{3}$ Fichte, c = $\frac{1}{3}$ Buche und $\frac{2}{3}$ Fichte, d = Fichte. — Frühere Versuche mit Reiniger nach Abb. 3 ... \times Buche, \otimes Fichte.

schnitt halten konnte. Die Spitzenleistung lag zeitweise wesentlich höher.

Die Brennstoffverbrauchskurven Abb. 20 (S. 38) wurden unter den früher angegebenen Bedingungen ermittelt. Die Verbräuche bei Vollast lagen zwischen 0,68 und 0,88 kg/PS_h. Der starke Anstieg der Kurven bei den Teillasten ist auf die thermo-dynamisch ungünstige Auswirkung der Drosselung zurückzuführen. Der spezifische Verbrauch von Weichholz ist im allgemeinen etwas höher als der von Hartholz. Bei den aus der Reihe fallenden Gemischverbräuchen dürfte sich wieder die verschiedene Feuchtigkeit ausgewirkt haben.

Die nebenstehenden Abb. 21, 22, 23 und 24 zeigen die zeitliche Abhängigkeit der Motorleistung und des Gaszustandes vor dem Motor bei Vollast und gleichbleibendem Drehmoment. Die Veränderungen des chemischen und physikalischen Gaszustandes bewirken dauernde Leistungsschwankungen. Während und unmittelbar nach der Füllung

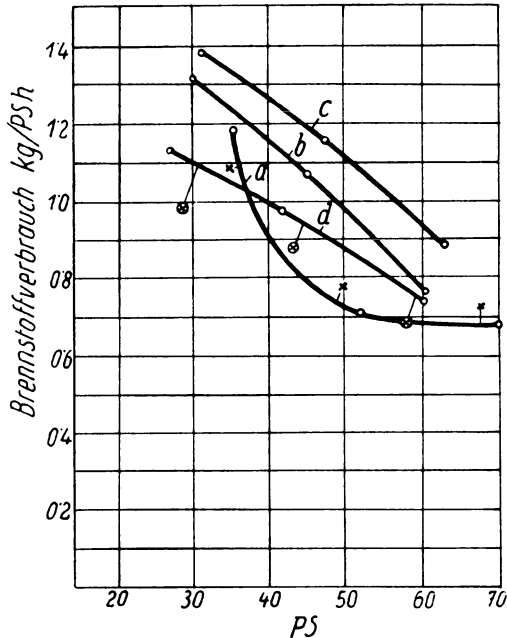


Abb. 20. Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV; Brennstoffverbrauch auf trockenes Holz umgerechnet. — *a* = Buche, *b* = $\frac{2}{3}$ Buche und $\frac{1}{3}$ Fichte, *c* = $\frac{1}{3}$ Buche und $\frac{2}{3}$ Fichte, *d* = Fichte. Frühere Versuche mit Reiniger nach Abb. 3 ... × Buche, ⊕ Fichte.

des Generators fiel die Motorleistung fast immer sehr stark ab, sehr oft blieb der Motor, wenn die Belastung nicht sofort weggenommen wurde, stehen. Hart- und Weichholzbetrieb zeigen, abgesehen von den Durchschnittswerten der Leistung, keine grundlegenden Unterschiede. Die Leistungsschwankungen sind relativ sehr große. Im Fahrbetrieb wirken sie sich infolge der günstigen, stark ansteigenden Drehmomentkennlinie nicht im gleichen Maße aus.

Generator B mit Reiniger nach Abb. 4 und Saurer-Motor CTDV;
Leistungsverlauf, Gaszustand und Brenndiagramm bei:

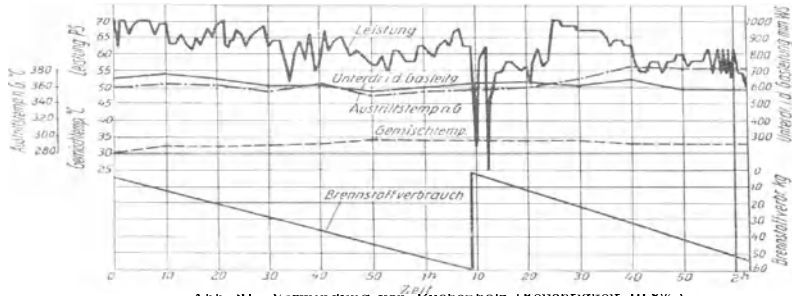


Abb. 21. Verwendung von Buchenholz (Feuchtigkeit 10,8%).

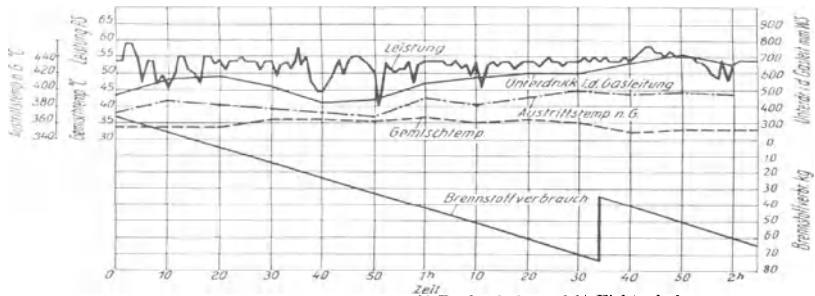


Abb. 22. Verwendung von $\frac{2}{3}$ Buchenholz und $\frac{1}{3}$ Fichtenholz
(Feuchtigkeit 19,7%).

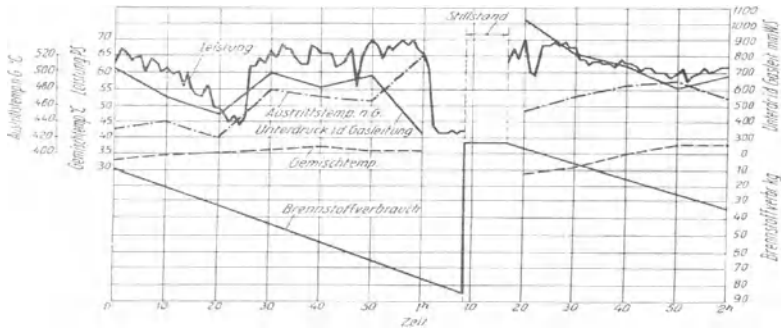


Abb. 23. Verwendung von $\frac{1}{3}$ Buchenholz und $\frac{2}{3}$ Fichtenholz
(Feuchtigkeit 12,2%).

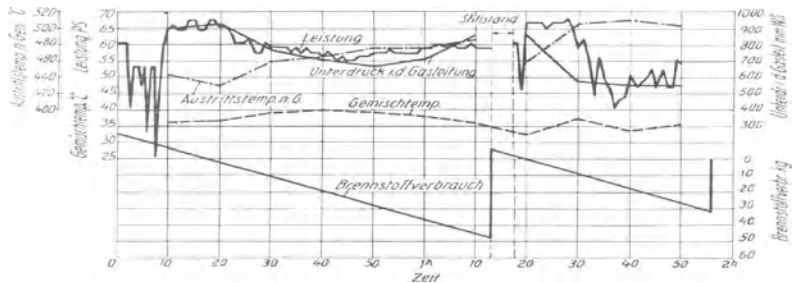


Abb. 24. Verwendung von Fichtenholz (Feuchtigkeit 16,5%).

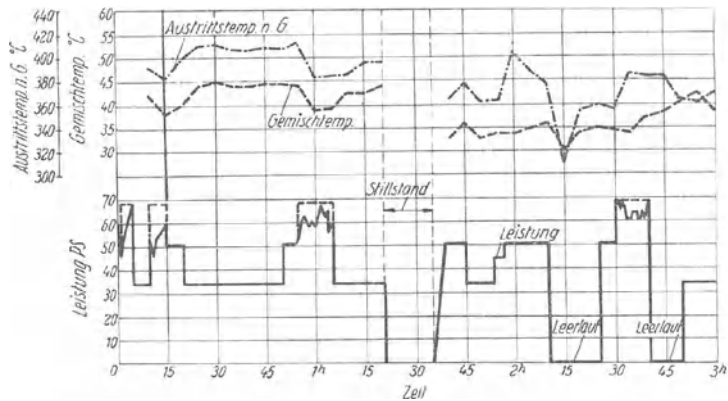


Abb. 25. Generator B mit Reiniger nach Abb. 3 und Saurer-Motor CTDV: Leistung, Temperatur nach Generator, Gemischtemperatur bei Wechsel- lastversuch und Verwendung von Buchenholz (Feuchtigkeit 17,02%).

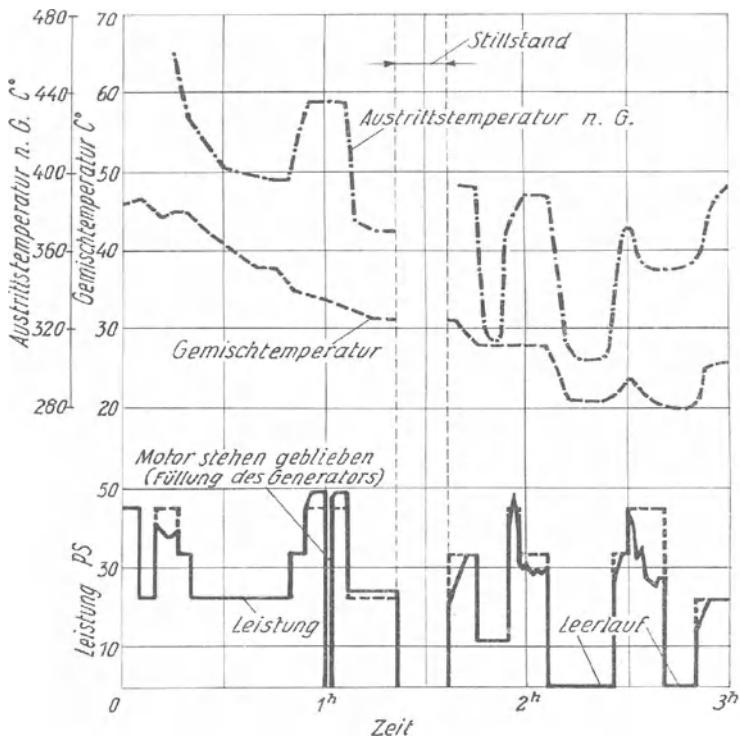


Abb. 26. Generator B mit Reiniger nach Abb. 3 und Saurer-Motor CTDV: Leistung, Temperatur nach Generator, Gemischtemperatur bei Wechsel- lastversuch und Verwendung von Fichtenholz (Feuchtigkeit 8,2%).

Zu besonderer Vorsicht zwingen die starken Leistungsschwankungen bei der Bemessung stationärer Anlagen. Die Motoren sind hier reichlich zu bemessen, damit die zur Verfügung stehende Dauerleistung ausreicht.

Die Generatöraustritts- und die Gemischtemperaturen verändern sich nur wenig. Auch die nicht von der Drehzahl bedingten Schwankungen des Gasunterdruckes vor dem Mischorgan sind relativ klein. Daher sind die Leistungsverminderungen vor allem auf die starken Veränderungen des Gasheizwertes zurückzuführen. Das Mischungsverhältnis wurde dauernd auf den günstigsten Wert eingestellt. Es wirkten sich demnach nur die Veränderungen des Gemischheizwertes aus, und zwar durch Veränderung der zugeführten Energie und durch Veränderung der Umsetzungsgeschwindigkeit, welche den Gütegrad des Arbeitsprozesses beeinflusst.

Bei den Wechsellastversuchen wurden die in vorstehenden Abb. 25 und 26 dargestellten Leistungsfolgen bei konstanter Drehzahl von 1800 durchfahren. Bei dem der Vollast entsprechenden Drehmoment konnte die Drehzahl von 1800 vielfach nicht erreicht werden. Die wirkliche Leistung blieb daher hinter der Sollleistung (strichlierte Linie) zurück.

Austritts- und Gemischtemperatur zeigen keine wesentlichen Veränderungen.

Bei Hartholz betrug die durchschnittliche Leistung 36,4 PS, der Brennstoffverbrauch 1,2 kg/PSh, während sich aus der Verbrauchslinie in Abb. 20 (S. 38) ein Verbrauch von 1,1 kg/PSh für diese gleichbleibende Belastung ergibt. Bei einem Gemisch von $\frac{2}{3}$ Hartholz und $\frac{1}{3}$ Weichholz betrug die Durchschnittsbelastung 32,5 PS, der Wechsellastverbrauch 1,14 kg/PSh, der Verbrauch bei gleichbleibender Belastung 1,28 kg/PSh. Die verschiedenartige Abweichung dürfte durch die unregelmäßigen Veränderungen der Anlage verursacht sein. Man sieht jedenfalls, daß der Verbrauch bei Wechsellast, unter Voraussetzung verhältnismäßig kurzen Leerlaufes nicht allzuweit von dem Verbrauch bei gleichbleibender Durchschnittsbelastung abweicht.

b) Der günstigste Luftüberschuß und der Umsetzungsgrad.

Aus der Frisch- und Abgasanalyse läßt sich der Luftüberschuß und der Umsetzungsgrad bestimmen. Unter Umsetzungsgrad wird das Verhältnis von entwickelter Wärme zur zugeführten chemischen Energie verstanden:

Die Volumsanteile des Frischgases seien:

$$v_b(\text{CO}_2), v_b(\text{CO}), v_b(\text{H}_2), v_b(\text{CH}_4), v_b(\text{N}_2).$$

Die Volumsanteile des Abgases sind:

$$v(\text{CO}_2), v(\text{O}_2), v(\text{CO}), v(\text{H}_2), v(\text{CH}_4), v(\text{N}_2).$$

1 Nm³ Abgas entsteht aus $V = \frac{v(\text{CO}) + v(\text{CO}_2) + v(\text{CH}_4)}{v_b(\text{CO}) + v_b(\text{CO}_2) + v_b(\text{CH}_4)} \text{ Nm}^3$ Brenngas.

Damit ergibt sich nun nach Christoph die Luftüberschußzahl $\lambda =$

$$= \frac{v(\text{CO}_2) + \frac{v(\text{CO})}{2} + \text{O}_2 - v(\text{CH}_4) - \left(\frac{v(\text{H}_2)}{2} + \frac{v_b(\text{H}_2)}{2} - v_b(\text{CH}_4) \right) V}{V \left(\frac{v_b(\text{CO})}{2} + \frac{v_b(\text{H}_2)}{2} + 2 v_b(\text{CH}_4) \right)}.$$

Der Umsetzungsgrad ist

$$\eta_u = 1 - \frac{3050 v(\text{CO}) + 2570 v(\text{H}_2) + 8510 v(\text{CH}_4)}{v \cdot H_u},$$

worin H_u der Heizwert des Frischgases ist.

Christoph hat gezeigt, daß ein Verbrennungsschaubild, Abb. 27, das für ein Holzgas mittlerer Zusammensetzung errechnet wurde, für alle Brenngase ähnlicher Zusammensetzung brauchbar gemacht werden kann, wenn der $v(\text{CO}_2)$ -Gehalt des Abgases im Verhältnis der $v(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ -Gehalte verändert wird; $v(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ ist der größtmögliche Kohlensäuregehalt der Abgase. Er tritt auf, wenn mit einem Luftüberschuß $\lambda = 1$, vollkommen verbrannt wird.

Der gemessene Sauerstoffgehalt ist durch Abzug des halben Methangehaltes umzurechnen. Mit den so umgerechneten Werten $v_r(\text{CO}_2)$, $v_r(\text{O}_2)$ läßt sich im Schaubild λ und η_u unmittelbar abgreifen.

Man erhält:

$$v(\text{CO}_2)_{\text{max}} = \frac{v(\text{CO}_2) + v(\text{CO}) + v(\text{CH}_4)}{1 + 1,88 v(\text{CO}) + 0,88 v(\text{H}_2) + 2,76 v(\text{CH}_4) - 4,76 v(\text{O}_2)}.$$

Das Diagramm, Abb. 26, ist für ein $v(\text{CO}_2) = 19,75$ errechnet.

Man erhält demnach:

$$v_r(\text{CO}_2) = v(\text{CO}_2) \cdot \frac{19,75}{v(\text{CO}_2)_{\text{max}}}$$

$$v_r(\text{O}_2) = v \cdot (\text{O}_2) - \frac{v(\text{CH}_4)}{2}.$$

In erster Annäherung kann auch $v(\text{CO}_2)_{\text{max}} \approx 19,75$ gesetzt und für den Methangehalt ein mittlerer Wert angenommen werden.

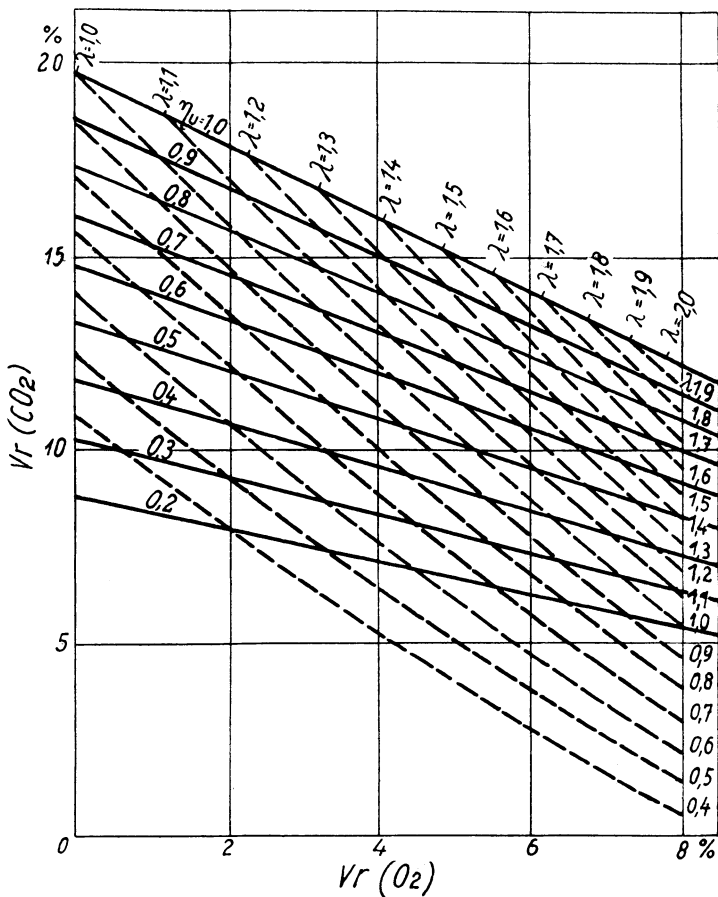


Abb. 27. Verbrennungsschaubild für Holzgas: Umsetzungsgrad und Luftüberschuß in Abhängigkeit vom $v_r(\text{CO}_2)$ und $v_r(\text{O}_2)$.

Mit Hilfe des Diagramms, Abb. 27, wurden nun die Versuche ausgewertet. In Abb. 28 (S. 42) ist η_u in Abhängigkeit von λ dargestellt. Der Mittelwert λ liegt um 1,0. Die mit \otimes bezeichneten Punkte sind bei der Drehzahl $n=1000$, die übrigen bei $n=1800$ erhalten worden. Man sieht, daß der Umsetzungsgrad durch

die Drehzahl nicht beeinflusst wird. Bei $\lambda = 1,0$ kann mit einem $\eta_u = 0,93$ im Durchschnitt gerechnet werden, 7% der Wärme gehen chemisch gebunden verloren. Es wäre aufschlußreich, diese Kurven für verschiedene Mischorgane zu

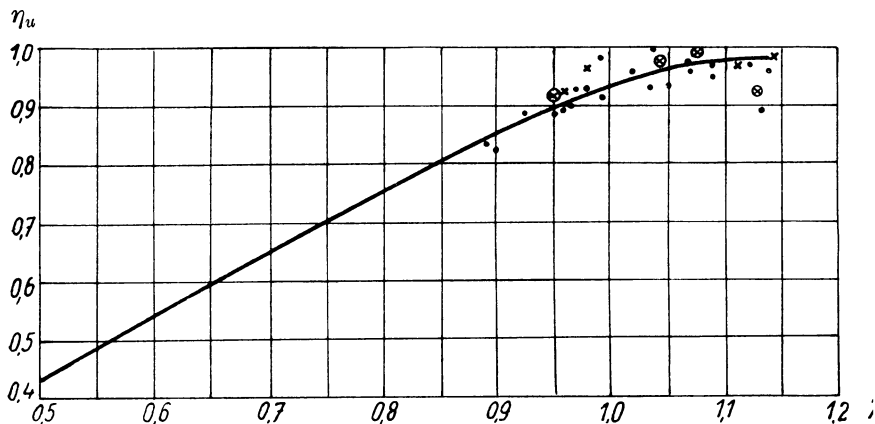


Abb. 28. Umsetzungsgrad in Abhängigkeit vom Luftüberschuß.

bestimmen, um zu sehen, ob und wie weit die Mischung die Vollkommenheit der Verbrennung beeinflusst.

c) Die Verunreinigungen im Gas.

Der Gehalt des Gases an Verunreinigungen wurde bei den Motorversuchen nur nach dem Reiniger bestimmt.

α) Teergehalt. Durch die Verwendung ölgetränkter Holz- wolle als Feinfilter (Punkte \times und \otimes in Abb. 29) wurde der Teergehalt wesentlich herabgesetzt, wie sich aus dem Ver- gleich mit den Ventilatorversuchen ohne Feinfilter ergibt. Eine weitere, allerdings nicht erhebliche Verminderung des Teer- gehaltes wurde durch den Umbau des Reinigers in die Aus- führung Abb. 4 erzielt. Die Teergehalte liegen bei dieser Aus- führung des Reinigers zwischen 0,2 und 0,4 g/Nm³; Teergehalte dieser Größe sind noch erträglich. Im allgemeinen zeigt das aus Weichholz erzeugte Gas etwas geringere Teergehalte. Ob dies darauf zurückzuführen ist, daß ursprünglich weniger Teer im Gas enthalten ist, oder darauf, daß die Weichholzkohle die Teerdämpfe besser absorbiert, kann nicht entschieden werden.

β) Säuregehalt. Der Säuregehalt liegt zwischen 0,1 und 0,2 g/Nm³ und war bei beiden Reinigern annähernd gleich.

Die Wirkung des Säuregehaltes ist an den gasbespülten Teilen nachzuweisen. An den Ventilen waren Anrostungen zu bemer-

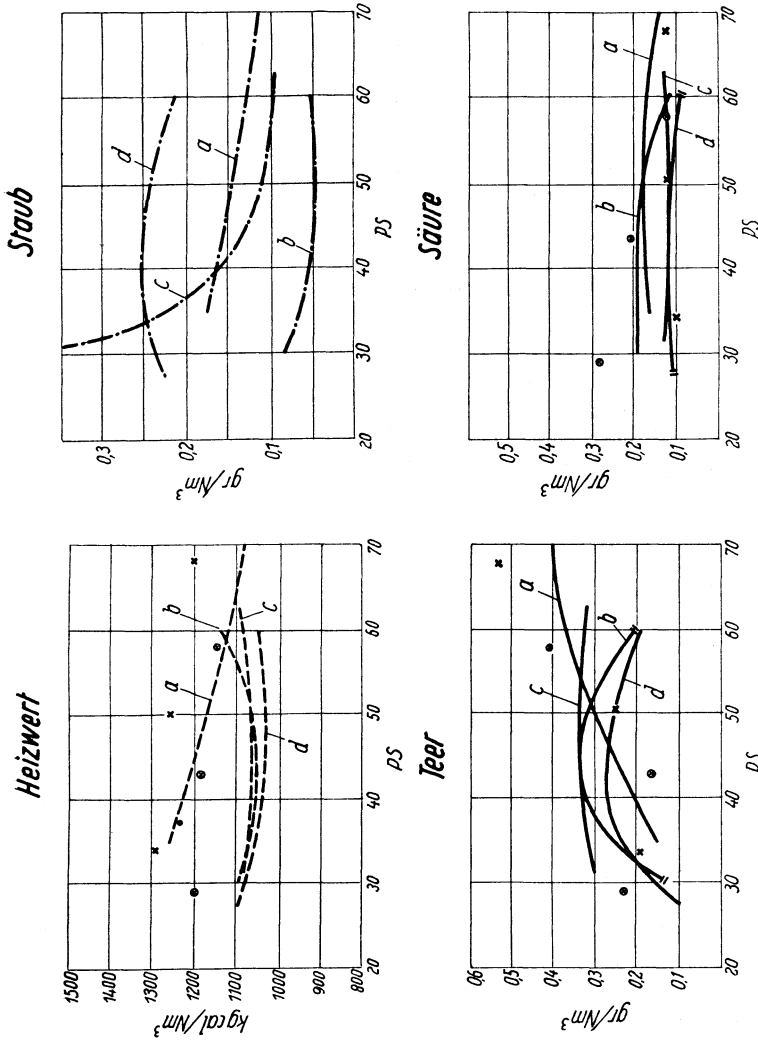


Abb. 29. Generator B mit Reiniger (nach Abb. 4): Heizwert des Gases und Gehalt an Verunreinigungen beim Motorversuch nach Abb. 19. *a* = Buche, *b* = $\frac{2}{3}$ Buche und $\frac{1}{3}$ Fichte, *c* = $\frac{1}{3}$ Buche und $\frac{2}{3}$ Fichte, *d* = Fichte. Frühere Versuche mit Reiniger nach Abb. 3. × Buche, ⊕ Fichte.

ken, auch die Aluminiumteile des Mischorgans zeigten Korrosionen.

γ) Staubgehalt. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Entfernung des Flugstaubes aus dem Gas. In einem unmittelbar

nach dem Generator eingeschalteten Zyklonreiniger wurden die groben Staubteile wirksam ausgeschieden. Der Staubbehälter des Zyklons enthielt stets erhebliche Mengen Grobstaub. Der Rest des groben Staubes blieb im Prallblechreiniger. Der feine Staub konnte durch unbenetzte Holzwolle nur unvollkommen zurückgehalten werden. Diese blieb bei den in der Anlage des Laboratoriums herrschenden Kühlungsverhältnissen im allgemeinen trocken, da das Gas nicht unter den Taupunkt abgekühlt wurde. Die Reinigung war demzufolge insbesondere bei Weichholz-, aber auch bei Hartholzbetrieb zunächst ungenügend. Die Benetzung der Holzwolle mit Öl brachte eine Verbesserung, die für Hartholz genügte, für Weichholz aber noch immer völlig unzureichend war. Die Ausscheidungen am Saugrohr betragen innerhalb gleich langer Versuchszeiten mit der ölbenetzten Holzwolle 4 g bei Hartholz-, 250 g bei Weichholzbetrieb. Bei Hartholzbetrieb war ihre Menge nicht betriebsstörend, bei Weichholzbetrieb war (bei Verwendung eines Reinigers nach Abb. 3) jeder längere Betrieb ausgeschlossen, das Schmieröl war in kurzer Zeit so mit Ruß angereichert, daß es ausgewechselt werden mußte.

Nach Umbau des Reinigers in die in Abb. 4 dargestellte Form wurden die Verhältnisse wesentlich besser. Es wurden wesentlich geringere Staubgehalte (Abb. 29) im Gas gemessen; der Staubgehalt bei Weichholz war noch immer hoch, jedoch erträglich, so daß die Anlage in dieser Form auch für Weichholzbetrieb betriebsbrauchbar ist.

Der Verlauf der Kurven läßt keine bestimmte Regel erkennen, auch hier ist wie immer bei Messungen am Generator mit erheblichen Streuungen zu rechnen.

Es soll nun kurz auf die Verhältnisse bei der Entstaubung des Gases eingegangen und auf Grund der Beobachtungen an der Anlage Erklärungen für das scheinbar unregelmäßige Verhalten bei der Entstaubung gegeben werden.

Bei den in der Anlage herrschenden nicht sehr großen Gasgeschwindigkeiten können durch die Ausschleuderwirkung bei Richtungsänderungen (Zyklon- und Prallblechreiniger) nur verhältnismäßig grobe Staubteilchen aus dem Gasstrom entfernt werden. Auch unbenetzte Holzwolle und trockenes, anderes Füllmaterial von Feinreinigern vermögen feine Staubteile nur in beschränktem Ausmaß zurückzuhalten, da nur kleine Mengen des an das Material geschleuderten Staubes gebunden werden können.

Eine rein mechanische Entfernung ohne Benetzung ist nur durch Filter möglich. Tuchfilter sind bei trockenem Holzkohlengas mit gutem Erfolg zu verwenden, sie versagen aber bei Holzgas, das stets erhebliche Mengen Feuchtigkeit enthält.

Das geeignetste Mittel zur Entfernung des Feinstaubes aus dem Holzgas ist die Benetzung mit Flüssigkeiten. Finkbeiner hat gute Ergebnisse mit ölfüllten Naßreinigern erzielt. In mancher Beziehung einfacher erscheint es, das im Gas enthaltene Wasser zur Reinigung heranzuziehen, was möglich ist, wenn das Gas unter den Taupunkt abgekühlt wird. Die feine Verteilung des kondensierenden Wassers im Gas bewirkt — genügende Mengen vorausgesetzt — eine gleichmäßige Benetzung des Staubes. Die feinsten Teilchen kleben zusammen und bilden Schlammklumpen, die auf die übliche Art durch Richtungsänderung ausgeschieden werden können. Um genügend Wasser im Gas zu erhalten, wurde dieses beim untersuchten Reiniger bei höheren Temperaturen mit Wasser gesättigt. Es ist nun wesentlich, daß der Taupunkt des Gases dort erreicht wird, wo der ausgeschiedene Feinschlamm aufgenommen werden kann und keine Betriebsstörungen herbeiführt. Der Taupunkt muß demnach innerhalb des Reinigers, zumindest vor dem Feinreiniger, erreicht werden. Die dabei ausgeschiedene Wassermenge soll genügend groß sein, um den Staub binden zu können.

Daraus ergibt sich die besondere Bedeutung der Kühlungsverhältnisse und des Wasserdampfgehaltes im Gas. Durch eine scheinbar geringfügige Veränderung in der Kühlung oder im Wasserdampfgehalt des Gases kann die Reinigung wesentlich geändert werden, kann die Ausscheidung, die bisher im Reiniger erfolgte, dort unterbleiben und im Mischorgan des Motors eintreten. Dort wird das Gas mit kalter Luft gemischt, daher plötzlich abgeschreckt. Wenn der Taupunkt vorher nicht erreicht wurde oder sich nur geringe Wasserdampfmenge ausgeschieden haben, so bilden sich durch die zusätzliche Abkühlung und Wasserausscheidung im Mischer sehr oft erhebliche Feinschlammengen, die sich dort und in den Saugleitungen ablagern. Dadurch werden die Querschnitte verengt und damit Liefergrad und Leistung herabgesetzt.

Der mit dem Gas in den Motorzylinder eintretende Staub verbrennt dort zum Teil und setzt sich zum Teil an den Wänden ab. Damit gelangt er in das Schmieröl. Bei ungenügender Gasreinigung finden sich stets erhebliche Mengen von Staub

im Schmieröl. Dieses muß daher öfters gewechselt werden, außerdem erhöht sich die Abnutzung der Gleitflächen des Motors.

Von den schädlichen Auswirkungen des Staubes sind am Motor nur die Ablagerungen im Saugrohr bei den Versuchen unmittelbar und rasch festzustellen. Die Schmierölverdickung tritt erst, wenn nicht sehr bedeutende Staubmengen im Gas enthalten sind, nach längerer Betriebsdauer ein, sie war daher bei der durchschnittlichen zweitägigen Versuchsdauer mit den einzelnen Betriebsarten meist nicht nachzuweisen.

Bei ganz ungenügender Reinigung, wie z. B. bei Weichholzbetrieb mit unbenetzter, aber auch mit ölbenetzter Holzwolle, war der Staub im Schmieröl schon nach kurzer Zeit feststellbar und der Ölwechsel mußte bereits nach wenigen Betriebsstunden vorgenommen werden.

Zwischen den Ablagerungen im Saugrohr und dem Staubgehalt des Gases vor dem Motor bestehen keine eindeutigen Zusammenhänge. Manchmal blieb das Saugrohr bei etwas größerem Staubgehalt völlig rein, so z. B. konnte bei einem Weichholzversuch mit durchschnittlich $0,23 \text{ g/Nm}^3$ Staub im Gas kein bei der Wägung feststellbarer Rückstand im Saugrohr nachgewiesen werden. Das Saugrohr war trocken. Die Ausscheidung eines Teiles des Staubes war im Rohrstück zwischen der Meßstelle für den Staub unmittelbar nach dem Reiniger und dem Mischorgan erfolgt, der Rest des Staubes, der wohl wegen Mangel an Feuchtigkeit nicht gebunden werden konnte, scheint durch das Saugrohr ohne Rückstandbildung in den Motor gelangt zu sein. Bei anderen Versuchen, bei denen der Taupunkt unmittelbar vor oder im Mischer erreicht wurde, gaben ähnliche, manchmal sogar geringere Staubgehalte, Rückstände von Schlamm von 60 bis 120 g während gleicher Versuchszeiten.

Der Reiniger nach Abb. 4 gab infolge der zusätzlichen Wasserverdampfung im unteren Rohr und der kräftigen darauf folgenden Kühlung durch Berieselung recht gute Ergebnisse, die Staubgehalte sind im Durchschnitt wesentlich kleiner als bei den im allgemeinen verwendeten gewöhnlichen Prallblechreinigern. Bei diesen wurden im allgemeinen Staubmengen von 0,5 bis $1,0 \text{ g/Nm}^3$ festgestellt, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Verhältnisse bei den Versuchen im Laboratorium beim Entfall der Kühlung durch den Fahrtwind ungünstiger als im Wagen sind.

Eine sehr brauchbare, bei Holzkohlengasbetrieb allgemein verwendete Reinigerart sind Naßreiniger, bei denen das Gas

durch Wasser geleitet wird oder durch kräftig benetzte Füllschichten strömt. Damit wurde auch bei der stark staubenden Vergasung von Weichholzkohle eine ausreichende Gasreinigung erzielt und Staubgehalte von 80 bis 100 mg/Nm³ erreicht, die im Motorenbetrieb praktisch unschädlich sind.

Zusammenfassend ist der Zusammenhang zwischen Reinigung und Kühlung besonders hervorzuheben. Die Ausscheidung des feinen Staubes erfolgt im allgemeinen nach Unterschreiten des Taupunktes, es soll dabei genügend Wasser kondensieren, um ihn restlos zu binden. Nachher sollen Vorkehrungen zur Ausscheidung des gebildeten Schlammes getroffen sein. Es ist dabei vor allem zu achten, daß der Taupunkt innerhalb des Reinigers erreicht wird, um dadurch Ablagerungen im Saugrohr und im Motor zu vermeiden.

V. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen.

Im nachfolgenden sollen aus den Ergebnissen der Untersuchungen Richtlinien für die Weiterentwicklung von fahrbaren Holzgas-Kraftanlagen gezogen werden. Ein Teil der Erkenntnisse gilt allgemein für den Sauggasbetrieb von Fahrzeugen, daher auch dann, wenn andere Brennstoffe als Holz vergast werden.

1. Generator.

Das Streben nach besserer Hubraumausnutzung des Motors, nach Steigerung des effektiven Mitteldruckes, macht eine Erhöhung des Gemisch- und damit des Gasheizwertes erwünscht. Wie sich theoretisch leicht nachweisen läßt, ist sie ganz allgemein mit einer Erhöhung des Generatorwirkungsgrades verbunden. Je kleiner der Wärmeverlust im Generator wird, desto größer ist der Gasheizwert. Mittel zur Verkleinerung der Wärmeverluste sind: zweckmäßige Ausbildung des Reduktionsraumes, Verringerung der Wärmeleitverluste nach außen durch gute Isolation des Reduktionsraumes, Ausnutzung der fühlbaren Wärme des Generatorgases zur Vorwärmung von Brennstoff und Luft.

Je kleiner die Reduktionszeit und die Berührungsoberfläche zwischen Gas und Kohle ist, desto höher ist die Temperatur, mit der die Reduktion erfolgt. Bei gleichbleibender Korngröße der Kohle wird der Einfluß von Hohlräumen mit einer Verkleinerung des Reduktionsraumes wachsen, die Ungleichförmigkeit des Heizwertes größer werden.

a) Bei Generatoren mit kleinen, heißen Reduktionsräumen wird man daher eine gute Zerteilung der Holzkohle anstreben und zur Vermeidung allzu hoher Wärmeverluste durch die fühlbare Wärme des Gases für einen guten Wärmeaustausch sorgen müssen. Der Teer wird in solchen Generatoren zum größten Teil in der Reduktionszone zersetzt, der Teergehalt des Gases ist verhältnismäßig klein.

b) Bei Generatoren mit großen Reduktionsräumen stellen sich niedrigere Temperaturen ein. Die Empfindlichkeit gegen Störungen durch Hohlrumbildung wird hier im allgemeinen kleiner sein, man kann größere Korngrößen der Kohle zulassen. Die Teerzersetzung ist jedoch im allgemeinen schlechter, daher weist das Gas größeren Teergehalt auf.

Für Weichholzbetrieb kommen zunächst nur größere Reduktionsräume in Betracht. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß es bei entsprechender Luftzuführung, durch die eine starke Verstaubung der Kohle vermieden wird, gelingt, auch mit kleinen, heißen Reduktionsräumen Weichholz zu vergasen.

Eingehende Untersuchungen der Vorgänge im Arbeitsraum des Generators könnten Richtlinien für die zweckmäßigste Ausbildung derselben geben.

Je gleichmäßiger die Holzkohlenschicht im Reduktionsraum ist, je gleichmäßiger die Verdampfung und Entgasung in den höher gelegenen Brennstoffschichten vor sich geht, desto geringer wird der Ungleichförmigkeitsgrad des Gasheizwertes sein. Eine gleichmäßige Füllung des Reduktionsraumes unter Vermeidung von Hohlrumbildungen setzt eine Bauart voraus, die ein hemmungsfreies Abwärtssinken des Brennstoffes ermöglicht. Mechanische Fördereinrichtungen würden eine gleichmäßige Füllung des Reduktionsraumes gewährleisten; ob ihr Erfolg den wirtschaftlichen Aufwand rechtfertigt, ist im einzelnen Fall zu untersuchen und wird auch wesentlich von den vorliegenden baulichen Lösungen abhängen.

Gleichmäßige Zufuhr von Schwelgas und Wasserdampf in die Reduktionszone würde voraussetzen, daß stets gleiche Brennstoffmengen von der Entgasung und Trocknung erfaßt werden. Dazu müßte der Brennstoffraum des Generators stets gleichmäßig gefüllt erhalten werden oder so groß sein, daß die Veränderungen, die durch die periodische Beschickung entstehen, nur Brennstoffschichten im oberen Teil des Behälters betreffen, die noch nicht an der Trocknung und Entgasung teilnahmen.

Mit großer Sicherheit würde eine gleichmäßige Trocknung und Vergasung durch Trennung von Brennstoffvorrats- und Arbeitsraum und Verlegung dieser Vorgänge in den letzteren zu erreichen sein. Der Arbeitsraum könnte durch eine mechanische Einrichtung stets vollkommen gefüllt erhalten werden, die an den einzelnen Vorgängen beteiligten Brennstoffmengen wären dann immer gleich groß.

Der Arbeitsraum könnte im Zuge weiterer Entwicklungen voraussichtlich um so kleiner gehalten werden, je feinkörniger der Brennstoff ist, je größer die Reduktionsoberflächen sind, je rascher sich demnach die einzelnen Vorgänge abspielen. Je kleiner der Arbeitsraum ist, um so elastischer ist der Generator, um so rascher paßt er sich veränderten Betriebsbedingungen an. Technisch erscheint demnach der Staubgenerator als das erstrebenswerte Ziel. Bei Holz dürfte es aus wirtschaftlichen Gründen kaum zweckmäßig sein, mit der Zerteilung des Brennstoffes so weit zu gehen, bei Holzkohle würde jedoch diese Lösung sicher auch wirtschaftliche Bedeutung haben.

Bei Holzgasgeneratoren wird man zunächst danach trachten müssen, durch weitere Entwicklung von Luftzufuhr, Reduktionsraum und Verbesserung des Wirkungsgrades bei annähernd gleichbleibendem baulichem Aufwand ein vollkommeneres Arbeiten des Generators zu erreichen.

Eine wesentliche Verringerung des Teer- und des Säuregehaltes des Generatorgases unter 0,4 bzw. 0,2 g/Nm³ ist auch bei einer Erhöhung der Temperatur im Herd innerhalb tragbarer Grenzen nicht zu erwarten. Wie Sablatnög durch Versuche an einem mit Holzkohle gefüllten und erhitzten Röhrchen, durch das Teerdämpfe geleitet wurden, gezeigt hat, bleibt selbst bei Temperaturen über 1000° noch Teer im Gas zurück. Die Verminderung des Teergehaltes unter die obigen Werte muß im Reiniger erfolgen.

Es steht fest, daß sich bei der Weichholzvergasung keine grundsätzlichen Schwierigkeiten ergeben, wenn der Querschnitt in Düsenhöhe entsprechend bemessen wird. Die geringe Reduktionsfähigkeit der Weichholzkohlenschicht, auf die sich aus den höheren Temperaturen im Herd und damit beim Austritt aus dem Generator schließen läßt, könnte voraussichtlich durch Vergrößerung der Reduktionsschicht, entsprechende Ausbildung des Lufteintrittes und durch Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste ausgeglichen werden. Die Motorleistung würde dann wahrscheinlich annähernd gleich groß wie bei Hartholzbetrieb werden. Um ein Nachfüllen des Generators in zu kurzen Zeitabständen vermeiden zu können, wären die Brennstoffbehälter bei Weichholzgeneratoren größer auszuführen.

2. Reiniger.

Der Weichholzbetrieb stellt besonders hohe Anforderungen an die Gasreinigung. Die anfallende Weichholzkohle ist im all-

gemeinen feinkörniger und leichter als die Hartholzkohle, wird daher in viel größerem Maße fortgeblasen als diese. Für die Entfernung des feinen Staubes wird die Naßreinigung entweder durch Wasserdampfkondensation oder durch Durchleiten des Gasstromes durch Wasser im erhöhten Maße in Betracht zu ziehen sein. Die Erforschung der Kondensationsreinigung würde es ermöglichen, ihre Wirkung mit größerer Sicherheit zu beherrschen. Durch die Naßreinigung scheint auch ein erheblicher Teil des Teeres auszufallen, auch hier könnte eine planmäßige Erforschung der Verhältnisse, vor allem des Einflusses von verschiedenen Füllmassen im Feinreiniger, voraussichtlich wesentliche Verbesserungen bringen.

Mit einem kleinen Gehalt des Gases an sauren Bestandteilen wird man sich abfinden müssen. Bei der Wahl der Baustoffe, vor allem der Einlaßventile, der Saugrohre und Mischorgane, wird darauf Rücksicht zu nehmen sein. Holzgasmotoren sollten vor längeren Betriebsstillständen belüftet werden, um Korrosionen zu verhindern.

3. Motor.

Untersuchungen am Motor wurden im Rahmen der beschriebenen Versuche nur in beschränktem Maße durchgeführt. Der Motor war bei den Versuchen im wesentlichen eine Prüfeinrichtung für die motorische Eignung des Generatorgases. Immerhin wurden im Verlaufe der mehrmonatlichen Untersuchungen eine Reihe von Erfahrungen mit dem Motor gemacht, aus denen Folgerungen gezogen werden können.

Unter Berücksichtigung des verringerten Gemischheizwertes könnte beim Holzgasmotor ein p_e von 5,2 bis 5,4 kg/cm², bei einem Verdichtungsverhältnis von 1:9 erreicht werden. In Wirklichkeit ist es im allgemeinen nicht möglich, bei Drehzahlen von 1800 bis 2000 U/min Mitteldrücke von 4,1 bis 4,5 kg/cm² zu überschreiten. Das hat seine Ursache vor allem in der geringen Brenngeschwindigkeit des Holzgases. Die Geschwindigkeit der Durchzündung der Ladung hängt wesentlich von der Brennraumform ab. Diese ist daher von ganz besonderem Einfluß für die Leistung der Maschine. Die Unterschiede in den Leistungen verschiedener Brennräume sind wesentlich größer als bei Benzinbetrieb. Durch ungeeignete Brennräume kann bei Holzgasbetrieb die Leistung auf Bruchteile des im günstigsten Fall erreichbaren Wertes herabgesetzt werden. Es kann hier auf diese Fragen nicht näher eingegangen werden. Kurz zusammengefaßt sei fest-

gestellt, daß geballte Brennraumformen, wie sie bei hängenden Ventilen erreicht werden, mit möglichst in der Mitte liegenden Zündkerzen Voraussetzung für die Eignung eines Motors zum Gasbetrieb sind. Notwendig ist ferner ein energiereicher Zündfunke.

Gasmotoren sind infolge der (durch die Widerstände im Generator und Reiniger hervorgerufenen) an sich niederen Drücke des angesaugten Gemisches sehr empfindlich gegenüber weiteren Herabsetzungen des Ansaugdruckes und damit der Ladungsmenge durch Drosselungen und ungünstige Schwingungen im Ansaugsystem. Möglichst große Querschnitte sind vorzusehen, bei Mehrzylindermotoren sind die sich gegenseitig störenden Einflüsse der einzelnen Zylinder zu beachten und möglichst zu beseitigen.

Von der Güte und Gleichmäßigkeit der Mischung hängt der Verbrennungswirkungsgrad und Verbrennungsgeschwindigkeit ab. Die einzelnen Mischorgane sind hier keinesfalls gleichwertig, sondern ergeben wesentliche Leistungsunterschiede.

Bei der sonstigen konstruktiven Durchbildung des Motors ist vor allem das Schmiersystem zu beachten. Bei Holzgasmotoren muß stets mit Ölverdünnung durch Beimischung von Holzkohlenstaub und Aschenteilchen gerechnet werden. Die Schmierölleitungen sind so auszubilden, daß tote Räume, in denen sich Rückstände bilden können, möglichst vermieden werden. Es kann vorkommen, daß größere Teile solcher Rückstände auf einmal abbröckeln und Verstopfungen der Ölleitungen und damit Heißgehen der Lager verursachen. Reichliche, möglichst gleichmäßige Querschnitte der Ölleitungen sind neben häufigem Ölwechsel Voraussetzung für störungsfreie Schmierung. Die Schmierölfilter sind wesentlich größer als beim Betrieb mit flüssigen Brennstoffen zu bemessen und in kürzeren Zeitabständen zu reinigen. Es ist unbedingt notwendig, diese Filter so anzuordnen, daß sie leicht zugänglich sind und sich leicht reinigen lassen.

Bei der Auswahl des Materials, insbesondere für Einlaßventile ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß das Gas stets saure Bestandteile enthält. Auch eine leichte Ansäuerung des Schmieröles ist im Laufe des Betriebes unvermeidlich. Besonders säureempfindliche Materialien sollen daher vor allem auch in den Lagern nicht zur Anwendung kommen.

Liste der ÖKW- und RKW- Veröffentlichungen über Untersuchungen des Motorantriebes mit Ersatztreibstoffen.

ÖKW-Veröffentlichung Nr. 15.

„Ersatztreibstoffe im Motorbetrieb.“ Vortrag gehalten in der IX. Vollversammlung des Österreichischen Kuratoriums für Wirtschaftlichkeit von Professor Dr. Ing. Paul Schläpfer, Vizedirektor der Materialprüfungsanstalt der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Inhalt: 1. Einleitung. 2. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Verwendung der Ersatztreibstoffe. 3. Die motortechnische Lösung des Problems. (A. Die Verwendung von Äthylalkohol. B. Die Verwendung von Holzkohle und Holz. C. Versuchsergebnisse. D. Praktische Erfahrungen.) 4. Wirtschaftliche Überlegungen. A. Alkohol. B. Holz. 24 Normseiten (Önorm-Format A 4) mit 5 Tabellen und 22 Abbildungen.

Verlag Julius Springer, Wien 1936. Preis RM 2.—.

ÖKW-Veröffentlichung Nr. 16.

„I. Internationale Alpenwertungsfahrt mit Ersatzbrennstoffen.“ Gesamtbericht des Österreichischen Kuratoriums für Wirtschaftlichkeit.

Inhalt: Organisation. (Förderer und Veranstalter, Leitung der Gesamtkaktion, Internationale Fahrtleitung, Internationales Organisationskomitee, technische Kommissäre, Sportkommissäre, sonstige Organe der Fahrtleitung.)

A. Einleitung. (Die Vorarbeiten, die Ausschreibung, Treibstoff- und Konkurrenzfahrzeuge, das Wertungsverfahren.)

B. Die Durchführung der internationalen Wertungsfahrt. (Die nationalen Zufahrten, die internationale Rundfahrt, die nationalen Rückfahrten.)

C. Die Ergebnisse der Wertung:

I. Die Einzelwertungen. (Startfähigkeit, Fahrfähigkeit, Beschleunigungsvermögen, Geschmeidigkeit, Betriebsunterbrechungen, Mittlere Geschwindigkeit, Treibstoffverbrauch, Steigfähigkeit, Zuverlässigkeit, Wartung.)

II. Gesamtwertung.

III. Tabellen.

107 Normseiten (Format Önorm A 5) mit 24 Diagrammen, 15 Tabellen und 61 Abbildungen, darunter 1 zweifarbige Übersichtskarte über die internationale Fahrtstrecke.

Verlag Julius Springer, Wien 1935. Preis RM 10.—.

ÖKW-Veröffentlichung Nr. 18.

„Das österreichische Holz.“ Gesamtbericht des ÖKW-Ausschusses „Forst- und Holzwirtschaft“.

Inhalt:

- A. Allgemeiner Teil (Organisation, Einleitung).
- B. Grundlagen zu den Vorschlägen für die Förderung der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft.
 - I. Holzerzeugung: Umtriebszeit, Bestandesbegründung, Bodenverbesserungs-, Düngungs- und Streufragen, Bestandeserziehung, Erhöhung der Holzmassenerzeugung.
 - II. Holzernte: Arbeitsorganisation und Überprüfung, Auswahl, Benützung und Instandhaltung der Werkzeuge, Hilfsmaschinen.
 - III. Holzbringung: Ries- und Drahtseilförderanlagen, Schienenhängebahnen, Straßen und Wege, Waldbahnen, Bringung am Wasser, Einrichtung der Holzbringung, Aufschließung von Klein- und Mittelwaldbesitzen.
 - IV. Holzverwertung: Holz für Hausbrand und Industriefeuerungen, Holz als Treibstoff für Explosionsmotoren (Holzgas, Holz zur Gewinnung von flüssigen Treibstoffen), Holzverkohlung, Holzkohle und Holzkohlenpreßlinge, Verwendung von Holz im Hoch- und Tiefbau, Holzschutz und Holzveredlung.
 - V. Holzschutz.
 - VI. Holzforschung.
- C. Vorschläge des ÖKW-Ausschusses für Forst- und Holzwirtschaft: Allgemeine Vorschläge. Besondere Vorschläge zur Holzerzeugung, -ernte, -bringung, -verwertung, Holzpropaganda und Holzforschung.
- D. Anmerkungen (Literaturnachweis).
180 Normseiten (Format Önorm A 5) mit 15 Tafeln (Tabellen) und 79 Abbildungen.
Verlag Julius Springer, Wien 1935. Preis RM 9.—.

ÖKW-Veröffentlichung Nr. 20.

„Holzgasgeneratoren.“ Gesamtbericht des Ausschusses „Holz als Treibstoff“ über die I. Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren.

Inhalt:

Die Ausschreibung der I. Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren 1936.

- A. Bericht über die Untersuchung. (Von Prof. Dr.-Ing. Hans List, VDI.)
 - I. Das Prüfungsverfahren:
 1. Der Untersuchungsumfang der Vergleichsprüfung.

2. Die für die Untersuchung nötigen Einzelmessungen (Messungen am Betriebsstoff, am Generator und Generatorgas).
3. Die Durchführung der Versuche (Versuchseinrichtung, Versuchsvorgang und Auswertung der Versuchsergebnisse).

II. Prüfungsergebnisse:

1. Darstellung der Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren (Technische Beschreibung der Generatoren, Ergebnisse des Hauptversuchs, Einfluß der Holzgröße, Holzfeuchtigkeit, Holzart, die Holzkohlenfüllung, Manteltemperaturen, Bedienung und Betriebserfahrungen).
2. Gesamtdarstellung einzelner Prüfungsreihen (Anheizzeit, Ungleichförmigkeit des Gasheizwertes bei Belastungsschwankungen, Einfluß von Betriebsunterbrechungen, Motorbetrieb).
3. Zusammenfassung der technischen Daten und der für die Wertung wichtigsten Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren.

III. Allgemeine Folgerungen aus den Prüfungsergebnissen:

1. Generator (Grundsätzliche Zusammenhänge, Vergleichsgrößen und Einfluß von Holzgröße, Holzfeuchtigkeit, Holzart).
2. Reiniger.
3. Zusammenfassung.

B. Bericht über die Wertung. (Von Dr.-Ing. Ernst Manlik, VDI.)

I. Das Wertungsverfahren.

II. Wertung der Einzelprüfungsergebnisse (Gewicht, Raumbedarf und Preis der Anlagen, Betriebsbereitschaft, Gasqualität, Liefergrenze, Unempfindlichkeit, Holzverbrauch, Gleichmäßigkeit der Gaslieferung, Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen, Austauschbarkeit der Teile).

III. Gesamtwertung und endgültige Reihung.

C. Anhang. Bericht über Dauerversuche mit Weichholz an ortsfesten Holzgaskleingeneratoren. (Von Prof. Dr.-Ing. Hans List, VDI.)

1. Umfang der Dauerversuche.
2. Versuchsergebnisse.
3. Allgemeine Folgerungen aus den Versuchsergebnissen.

105 (115) Normseiten (Format Önorm A 5) mit 30 Tafeln und 88 Abbildungen (Diagrammen, Schnittzeichnungen, Lichtbildern).

Verlag Julius Springer, Wien 1937. Preis RM 5.—.

RKW-Veröffentlichung Nr. 131.

„Untersuchungen von Fahrzeuggeneratoren bei Weich- und Hartholzbetrieb.“ Untersuchungsbericht erstattet von Prof. Dr.-Ing. Hans List d. Techn. Hochschule in Graz.

Inhalt:

- I. Einleitung.
- II. Versuchsanordnung.
- III. Gasgeneratoren.
- IV. Versuchsdurchführung.
 1. Versuche mit Ventilator-Absaugung.
 - a) Versuche mit gleichmäßiger Belastung. (Versuche mit Hartholz und Weichholz.)
 - b) Versuche mit wechselnder Belastung.
 2. Motorversuche.
 - a) Leistung und Brennstoffverbrauch.
 - b) Der günstigste Luftüberschuß und der Umsetzungsgrad.
 - c) Die Verunreinigungen im Gas. (Teer-, Säure- und Staubgehalt.)
- V. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen.
 1. Generator.
 2. Reiniger.
 3. Motor.

Liste der ÖKW- und RKW-Veröffentlichungen über Untersuchungen des Motorantriebes mit Ersatztreibstoffen.

56 Normseiten (Format DIN A 5) mit 29 Abbildungen (Schnittzeichnungen und Diagrammen).

Verlag Julius Springer, Wien 1940. Preis RM 4.50.