

**ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR
WIRTSCHAFTLICHKEIT**

ÖKW-Veröffentlichung

20

**HOLZGAS-
GENERATOREN**

PRÜFUNGSBERICHT



WIEN · VERLAG VON JULIUS SPRINGER · 1937

Original im Stahl Institut

HOLZGAS- GENERATOREN

GESAMTBERICHT DES

AUSSCHUSSES „HOLZ ALS TREIBSTOFF“

ÜBER DIE

I. VERGLEICHSPRÜFUNG FÜR ORTSFESTE
HOLZGASGENERATOREN

HERAUSGEGEBEN VOM
ÖSTERREICHISCHEN KURATORIUM
FÜR WIRTSCHAFTLICHKEIT

WIEN · VERLAG VON JULIUS SPRINGER · 1937

Geleitwort.

Mehr als ein Drittel von Österreichs Gesamtfläche ist mit Wald bedeckt; unser Land steht an vierter Stelle unter den walddreichen Ländern der Erde. Diese Erkenntnis und der Hinblick auf die Tatsache, daß Österreich über sonstige Energie- und Treibstoffe, wie Öl, Kohle usf., in nur unzureichendem Maß verfügt, erklärt es, daß unter den heimischen Treibstoffen dem Holz der Vorzug gegeben wurde. Holz ist darüber hinaus übrigens der einzige Rohstoff, der, vom Menschen einflußbar, stets zuwächst, dessen Vorkommen bei rationeller Bewirtschaftung nie versiegen wird, was wir bei manchem unserer derzeitigen Energiestoffe früher oder später befürchten müssen. Das Österreichische Kuratorium für Wirtschaftlichkeit hat in richtiger Erkenntnis dieser Tatsachen bereits im Jahr 1931 einen eigenen Arbeitsausschuß für Forst- und Holzwirtschaft mit der Aufgabe betraut, alle Mittel und Wege festzustellen, die zur Förderung der österreichischen Holzverwertung dienen könnten.

Aus dem Kreis der zahlreichen Probleme, die hier auftauchten, wählte das Wirtschaftskuratorium zur Durchführung seiner ersten Aufgaben auf diesem Gebiet u. a. die Untersuchung der Verwendungsmöglichkeit von Holz als Treibstoff. In der Landwirtschaft ist die Einführung des motorischen Betriebes abhängig von der Höhe der Betriebskosten. Über Holz verfügt der Landwirt zumeist selbst, der motorische Betrieb mit Holz stellt sich für ihn daher billig, die Verwendung dieses heimischen Treibstoffes ist also grundlegend für die weitere günstige Entwicklung der landwirtschaftlichen Motorisierung. Es war darum besonders dankenswert, daß das Wirtschaftskuratorium in Bearbeitung dieser Probleme schon im Jahr 1934 die I. Internationale Alpenwertungsfahrt mit Ersatzbrennstoffen veranstaltet hat, deren klares Ergebnis: „Holz ist als Treibstoff für Verbrennungsmotoren technisch und wirtschaftlich verwendbar“ im In- und Ausland berechtigtes Aufsehen hervorgerufen hat.

Für die Landwirtschaft haben Stabilmotoren große Bedeutung. Daher legte das Landwirtschaftsministerium besonderen Wert auf die Untersuchung von Generatoren für diese Type von Motoren. Aus diesem Grunde veranstaltete das Kuratorium zur Feststellung der Verwendungsmöglichkeit von Holz für Stabilmotoren eine Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren, deren Ergebnisse nunmehr vorliegen. Diese Arbeiten haben, abgesehen von allen übrigen technisch wertvollen und

neuen Erkenntnissen, zu zwei für unsere österreichischen Verhältnisse sehr wichtigen Feststellungen geführt:

Generatoren können bereits mit Gemischen von Hart- und Weichholz, ja sogar mit Weichholz allein betrieben werden, es ist möglich, Holz auch mit verhältnismäßig hohen Feuchtigkeitsgehalten in Generatoren zu verwenden.

Diese Tatsachen, insbesondere die Verwendungsmöglichkeit von Weichholz, sind vor allem für unser Land, dessen Holzvorkommen über 80% aus Weichholz besteht, von ausschlaggebender Bedeutung.

Aus all dem ersehen wir, daß Holz der österreichische Treibstoff ist, dessen Verwendung nicht bloß vom Standpunkt der Absatzförderung im Inland gefordert werden muß, sondern auch deshalb, weil in Krisenzeiten eine teilweise Eigenversorgung in Treibstoffen dadurch möglich gemacht werden kann. Die Maßnahmen, die Österreich treffen wird, um dem Holz den gebührenden Rang in der österreichischen Treibstoffwirtschaft zu sichern, sind also nicht bloß Maßnahmen, die zugunsten der Land- und Forstwirtschaft getroffen werden müssen, sondern Maßnahmen, die auch vom Standpunkt der Gesamtwirtschaft von besonderer Bedeutung sind.

Zur Zusammenfassung aller bisnun auf dem Gebiete der Holzforschung tätigen Stellen, zur Vereinheitlichung und rationellen Durchführung aller Arbeiten auf diesem Gebiet wurde von mir zu Beginn dieses Jahres der Fachbeirat für Forstwirtschaft im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft gegründet. Es freut mich, bei dieser Gelegenheit mit Dank feststellen zu können, daß das Österreichische Kuratorium für Wirtschaftlichkeit mit viel Verständnis seinen hier zuständigen Arbeitsausschuß „Holz als Treibstoff“ in den Fachbeirat eingegliedert, die 1931 begonnenen Arbeiten mit gleicher Initiative und Arbeitsfreudigkeit pausenlos weitergeführt und die Arbeitsergebnisse mit Erfolg durchzusetzen verstanden hat. Ich möchte diese Gelegenheit benützen, um dem Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit für seine im Interesse der Land- und Forstwirtschaft, aber auch der Gesamtwirtschaft erfolgte beispielgebende Tätigkeit meinen besten Dank zum Ausdruck zu bringen.

Wien, im Juli 1937.



Bundesminister für Land- und
Forstwirtschaft

Vorwort.

Im Jahre 1931 wurde vom Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit der ÖKW-Arbeitsausschuß für Forst- und Holzwirtschaft gegründet, dem die Aufgabe gestellt wurde, alle Mittel und Wege aufzuzeigen, die geeignet wären, die Lage der österreichischen Forstwirtschaft durch Verbilligung der Produktion, Verbesserung der Bringung und Erhöhung des Absatzes günstiger zu gestalten. Aus den vielen Vorschlägen und Forderungen, die sich im Verlauf dieser umfangreichen Arbeiten ergaben und im Jahre 1935 in der ÖKW-Veröffentlichung 18 „Das österreichische Holz“ publiziert wurden, wurde u. a. auch die Forderung der Verwendung von Holz als Treibstoff herausgegriffen und vom Kuratorium in nähere Behandlung gezogen.

Das Kuratorium fand in den ersten Jahren seiner Arbeiten auf diesem Gebiet nur wenig Freunde und Helfer. Die von ihm organisierten Prüfungsfahrten mit Kraftwagen für Holzgasantrieb begegneten erheblichen Widerständen. Die erfolgreichen Versuche des ÖKW, Holz als Treibstoff für mobile Verbrennungskraftmotoren zu verwenden, setzten sich aber schließlich doch durch, die Versuchsergebnisse fanden allenthalben lebhaften Widerhall. Eine Reihe von Großstaaten dekretierte Steuerfreiheit und Subventionierung für die mit heimischen Treibstoffen, vor allem mit Holz angetriebenen Kraftfahrzeuge.

Im besonderen Interesse von Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe lag auch die Prüfung der Frage, inwieweit sich Holzgas für stabile Verbrennungskraftmaschinen eigne. Zur Klärung dieser Fragen wurde am 11. Mai 1936 vom österreichischen Wirtschaftskuratorium gemeinsam mit dem Österreichischen Holzwirtschaftsrat, der Forstwirtschaftlichen Zentralstelle der Schweiz, der Schweizerischen Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe und dem Ausschuß für Technik in der Forstwirtschaft, Berlin die erste Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren ausgeschrieben.

Ermöglicht wurde die Durchführung dieser Arbeiten durch die Bereitstellung namhafter Mittel und Stiftung von Preisen seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,

dem an dieser Stelle für seine Unterstützung Dank gesagt sei. Gefördert wurde die Vergleichsprüfung ferner durch das Bundesministerium für Landesverteidigung, das den ersten Preis, eine goldene Plakette, zur Verfügung stellte, und durch das Bundesministerium für Handel und Verkehr; auch diesen beiden Zentralstellen sei für die dem Wirtschaftskuratorium gebotene Förderung seiner Arbeiten Dank gesagt.

Von Persönlichkeiten, die durch ihre Bemühungen die Durchführung der Arbeiten ermöglicht und gefördert haben, seien hier besonders genannt die Herren: Min.-Rat Dr. Leopold, dessen weitblickender und energischer Unterstützung die bis nun erzielten Erfolge vor allem zuzurechnen sind, Gen.-Major Pflug, dem wir die wirkungsvolle Zusammenarbeit mit dem österreichischen Bundesheer zu verdanken haben und dessen Initiative uns oft in entscheidenden Augenblicken das Hindernis überwinden half, Prof. Dr.-Ing. List, dessen wissenschaftliche Arbeit der Durchführung sämtlicher Prüfungsreihen und der Ausarbeitung der Versuchsergebnisse gewidmet war, die Mitglieder des Prüfungsausschusses, insbesondere dessen Leiter, die Herren Univ.-Prof. Dr. Mark und Hochschulprofessor Dr. Müller, die unseren Arbeiten wertvolle Hilfe boten, und der Generalberichterstatter des Ausschusses, Dr.-Ing. Manlik, der erprobte Mitarbeiter seit 1931 und Schöpfer der neuen Wertungsverfahren für sämtliche bis nun von uns durchgeführten Vergleichsprüfungen und Prüfungsfahrten, ferner die Mitarbeiter von Prof. List, vor allem Dr.-Ing. Sablatnög und Ing. Müller, sowie die Herren Ing. Dollinger, Dr. Gawałowski, Huber, Ing. Kohlmann, Ing. Krenn, Ing. Laubmayer und Ing. Rottenbacher, deren unter oft recht unangenehmen und schwierigen Verhältnissen ausgeübte pflichtgetreue Tätigkeit maßgebend für den Erfolg dieser Arbeiten war.

Mit besonderem Dank sei auch der mitveranstaltenden ausländischen Körperschaften gedacht, die unsere Arbeiten gefördert und unterstützt haben, vor allem der Schweizerischen Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe, ihres Präsidenten Hostettler und des Präsidenten der Technischen Kommission Prof. Dr. Schläpfer sowie ihres Geschäftsführers Dr. Raaflaub, dann der Forstwirtschaftlichen Zentralstelle der Schweiz, Herrn Direktor Winkelmann, des Ausschusses für Technik in der Forstwirtschaft, insbesondere Forstmeister Dr. J. A. v. Monroy; Dank schulden wir ferner einer Reihe von österreichischen Körperschaften und hier vor allem der Präsidentenkonferenz der land- und forstwirtschaft-

lichen Hauptkörperschaften Österreichs, insbesondere dem Präsidenten Landeshauptmann Reither und dem Präsidenten der Landwirtschaftskammer Graz, Staatssekretär a. D. Kraft, der uns auf diesem schwierigen Gebiete die gleiche initiative und nachdrückliche Unterstützung angedeihen ließ, wie er diese uns als Obmann des ÖKW-Ausschusses „Österreichische Treibstoffe“ in stets entgegenkommender Weise geboten hat. Dank sage ich dem Generalsekretär der Präsidentenkonferenz der land- und forstwirtschaftlichen Hauptkörperschaften, Bundeswirtschaftsrat Dr. Stoiber, dessen Unterstützung uns so manche Schwierigkeit überwinden half, ferner dem Vizepräsidenten des österreichischen Holzwirtschaftsrates Dr. Graf Ceschi und nicht zuletzt der Generaldirektion der Österreichischen Bundesforste, vor allem unserem bewährten Ausschußvorsitzenden und unermüdlichen Mitkämpfer auf diesem Gebiet, Hofrat Forstdirektor Ing. Dr. R a y m a n n. Für die Überlassung von Versuchsmotoren danke ich der Wiener Motorenfabrik Warchalowski und der Humboldt-Deutzmotoren-A. G. Köln-Deutz bestens.

Das Wirtschaftskuratorium kann für sich in Anspruch nehmen, daß es nach der Ausarbeitung eines wohlgedachten Aufbauprogramms für die Forst- und Holzwirtschaft auch die Durchführung wichtiger Hauptpunkte dieses Programms gegen viele Schwierigkeiten durchsetzen konnte. Dies trifft insbesondere für den Programmpunkt „Verwendung von Holz als Treibstoff“ zu, dessen Durchführbarkeit noch 1934 erheblichen Zweifeln und Widerständen begegnete. Die große gesamtwirtschaftliche Bedeutung dieser Fragen ist heute nicht nur in Österreich, sondern in einer großen Reihe von anderen Staaten anerkannt. Ich übergebe diesen Bericht der Öffentlichkeit mit dem Wunsch, unsere Arbeiten und Bemühungen auf diesem Gebiet mögen unserer Land- und Forstwirtschaft, unserer Industrie und unserem Gewerbe dienlich sein und zur günstigen Weiterführung des österreichischen Aufstieges beitragen.

Wien, im Juli 1937.



geschäftsführender Vorsitzender des ÖKW.

Verzeichnis der Tafeln.

	Seite
1. Streuung der Gasanalysenwerte	25
2. Vergleich zwischen den aus der Analyse und den mit Kalorimeter bestimmten Gasheizwerten	36
3. Anheizzeit, Ungleichförmigkeit, Betriebsunterbrechung	69
4. Generatordaten	71
5. Höhe des Holzkohlenspiegels	72
6. Verhältniszahlen für die Reaktionszeit der Vergasung	74
7. Verhältniszahlen für die Reaktionszeit der Teerzeretzung ...	78
8. Reinigerdaten	85
9. Bezugsziffern der Generatoren	90
10. Gewicht der Anlagen	90
11. Raumbedarf der Anlagen	90
12. Preis der Anlagen	91
13. Betriebsbereitschaft	91
14. Heizwert	91
15. Staubgehalt	92
16. Säuregehalt	92
17. Teergehalt	92
18. Gastemperatur	93
19. Gaslieferungsgrenze	93
20. Unempfindlichkeit gegen Holzart	93
21. Unempfindlichkeit gegen Stückgröße des Holzes	94
22. Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit des Holzes	94
23. Wirkungsgrad	94
24. Unempfindlichkeit gegen Belastungsschwankungen	95
25. Neigung zur Brückenbildung	95
26. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen	95
27. Austauschbarkeit der Teile	96
28. Reihung der Generatoren	97
29. Vergleich des Gasheizwertes, Teer- und Staubgehaltes des Generators von Danneberg & Quandt während der Vergleichsprüfung und der Dauerprüfung (bei Vollast, Halblast und Viertellast) ..	100
30. Vergleich des Gasheizwertes, Teer- und Staubgehaltes des Hansa-Generators, Type „A“, während der Vergleichsprüfung und der Dauerprüfung (bei Vollast, Halblast und Viertellast)	101

Verzeichnis der Abbildungen.

	Seite
1. Absorptionsgefäße für Teer, Essig und Wasser	26
2. Staubfilter	28
3. Schema der Versuchsanordnung	30/31
4. Kromagenerator KS 12: Buche (8 × 4 × 4 cm, 15% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	33
5. Gasheizwert in Abhängigkeit von: $\sum v(C) = v(CO_2) + v(CO) + v(CH_4) + 2v(C_2H_4)$	34
6. Zusammenhang zwischen Gasheizwert und Generatorwirkungsgrad	39
7. Kromagenerator KS 12; Schnittzeichnung	40/41
8. Kromagenerator KS 12 am Versuchsstand	40/41
9. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	40/41
10. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	40/41
11. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	40/41
12. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	40/41
13. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	43
14. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	43
15. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,1% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	44
16. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,1% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	44
17. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,1% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	45
18. Kromagenerator KS 12: Einfluß der Holzart (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit)	45
19. Kromagenerator K 4; Schnittzeichnung	46
20. Kromagenerator K 4: Generator am Versuchsstand	46/47
21. Versuchsstand während einer Generatorprüfung	46/47
22. Kromagenerator K 4: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,6% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	48/49
23. Kromagenerator K 4: Buche (6 × 4 × 4 cm, 14,6% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen, Unterdruck, Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt, Gaszusammensetzung	48/49

24.	Kromagenerator K 4: Buche (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	48/49
25.	Kromagenerator K 4: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	48/49
20.	Kromagenerator K 4: (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzart	48/49
27.	Kromagenerator K 4: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,2% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen, Unterdruck, Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt. Gaszusammensetzung	48/49
28.	Hansa-Kleingaserzeuger; Schnittzeichnung	48/49
29.	Hansa-Kleingaserzeuger am Versuchsstand	48/49
30.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,4% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	48/49
31.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,4% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	48/49
32.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,4% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	48/49
33.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,4% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	48/49
34.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	50
35.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	50
36.	Hansa-Kleingaserzeuger: Buche (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzart	51
37.	Hansa-Kleingaserzeuger: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,3% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	51
38.	Hansa-Kleingaserzeuger: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,3% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	52
39.	Hansa-Kleingaserzeuger: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,3% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	52
40.	Generator von Danneberg & Quandt (Grunertsystem); Schnittzeichnung	54/55
41.	Generator von Danneberg & Quandt am Versuchsstand	54/55
42.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	54/55
43.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	54/55
44.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	54/55
45.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	54/55
46.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	56
47.	Generator von Danneberg & Quandt: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	56

	Seite
48. Generator von Danneberg & Quandt: Buche und Fichte (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzart	57
49. Generator von Danneberg & Quandt: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,4% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	57
50. Generator von Danneberg & Quandt: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,4% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	58
51. Generator von Danneberg & Quandt: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 14,4% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	58
52. Generator der Leobersdorfer Maschinenfabriks A. G.; Schnittzeichnung	58/59
53. Generator der Leobersdorfer Maschinenfabriks A. G. am Versuchsstand	58/59
54. Leobersdorfer Generator: Buche (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	58/59
55. Leobersdorfer Generator: Buche (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	58/59
56. Leobersdorfer Generator: Buche (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	58/59
57. Leobersdorfer Generator: Buche (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	60
58. Leobersdorfer Generator: Buche (~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	60
59. Leobersdorfer Generator: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	61
60. Leobersdorfer Generator: Buche und Fichte (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzart	61
61. Generator von Semmler & Vedder; Schnittzeichnung	62/63
62. Generator von Semmler & Vedder am Versuchsstand	62/63
63. Generator von Semmler & Vedder: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	62/63
64. Generator von Semmler & Vedder: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	62/63
65. Generator von Semmler & Vedder: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt	62/63
66. Generator von Semmler & Vedder: Buche (6 × 4 × 4 cm, 15,8% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	62/63
67. Generator von Semmler & Vedder: Buche (~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzgröße	64
68. Generator von Semmler & Vedder: Buche (6 × 4 × 4 cm). Einfluß der Holzfeuchtigkeit	64
69. Generator von Semmler & Vedder: Buche und Fichte (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit). Einfluß der Holzart	65
70. Generator von Semmler & Vedder: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 12% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator	65

	Seite
71. Generator von Semmler & Vedder: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 12% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt ..	66
72. Generator von Semmler & Vedder: Fichte (6 × 4 × 4 cm, 12% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung	66
73. Korngröße der Holzkohlenfüllung	75
74. Heizwerte, Teer- und Essigsäuregehalte der untersuchten Generatoren	76
75. Gaszusammensetzung der untersuchten Generatoren	77
76. Verhältnis der Wasserstoff- und Kohlenstoffmoleküle im Gas der untersuchten Generatoren	79
77. Ausführung der Prallbleche	82
78. Reiniger des Hansa-Generators	83
79. Reiniger des Generators von Danneberg & Quandt	83
80. Reiniger des Leobersdorfer Generators	84
81. Generator von Danneberg & Quandt: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 15% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	100/101
82. Generator von Danneberg & Quandt: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 15% Feuchtigkeit). Gasheizwert und Gaszusammensetzung bei Vollast	100/101
83. Generator von Danneberg & Quandt: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 15% Feuchtigkeit). Gasheizwert und Gaszusammensetzung bei Halblast und Viertellast	100/101
84. Hansa-Generator: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Brenndiagramm	100/101
85. Hansa-Generator: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Gasheizwert und Gaszusammensetzung bei Vollast	100/101
86. Hansa-Generator: Dauerprüfung mit Fichte (6 × 4 × 4 cm, 13,8% Feuchtigkeit). Gasheizwert und Gaszusammensetzung bei Halblast und Viertellast	100/101
87. Holzkohlenspiegellage bei Betrieb mit Fichte 6 × 4 × 4 cm.	103
88. Korngrößenverteilung bei Betrieb mit Fichte 6 × 4 × 4 cm.	104

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort von Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft Peter Mandorfer.....	3
Vorwort des geschäftsführenden Vorsitzenden des Wirtschaftskuratoriums Bundeskanzler a. D. Ernst Ritter von Streeruwitz.	5
Die Ausschreibung der I. Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren 1936 (Auszug aus den Beteiligungsbestimmungen).	15
A. Bericht über die Untersuchung. (Von Prof. Dr.-Ing. Hans List, VDI.)	
I. Das Prüfungsverfahren	20
1. Der Untersuchungsumfang der Vergleichsprüfung	20
2. Die für die Untersuchung nötigen Einzelmessungen	23
a) Messungen am Betriebsstoff	23
b) Messungen am Generator (Holzverbrauch, Brenngeschwindigkeit, Temperaturen, Unterdrücke).....	23
c) Messungen am Generatorgas (Bestimmung der Gasmenge, Gasanalyse, Berechnung des Teer-, Essigsäure- und Wassergehaltes, Bestimmung des Staubgehaltes)...	24
3. Die Durchführung der Versuche	29
a) Die Versuchseinrichtung	29
b) Der Versuchsvorgang	30
c) Die Auswertung der Versuchsergebnisse	35
II. Die Prüfungsergebnisse	40
1. Darstellung der Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren	40
Technische Beschreibung der Generatoren, Ergebnisse des Hauptversuchs, Einfluß der Holzgröße, Holzfeuchtigkeit, Holzart, die Holzkohlenfüllung, Manteltemperaturen, Bedienung und Betriebserfahrungen.....	47
2. Gesamtdarstellung einzelner Prüfungsreihen ...	68
a) Anheizzeit.....	68
b) Ungleichförmigkeit des Gasheizwertes bei Lastschwankungen	68
c) Einfluß von Betriebsunterbrechungen	69
d) Motorbetrieb	69
3. Zusammenfassung der technischen Daten und der für die Wertung wichtigsten Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren.....	70
III. Allgemeine Folgerungen aus den Prüfungsergebnissen	70
1. Generator.....	70

	Seite
a) Grundsätzliche Zusammenhänge	70
b) Vergleichsgrößen	73
c) Einfluß von Holzgröße, Holzfeuchtigkeit und Holzart.	80
2. Reiniger	81
3. Zusammenfassung	86

B. Bericht über die Wertung.

(Von Dr.-Ing. Ernst Manlik, VDI.).

I. Das Wertungsverfahren	87
II. Wertung der Einzelprüfungsergebnisse	90
1. Gewicht und Raumbedarf der Anlagen	90
2. Preis der Anlagen	90
3. Betriebsbereitschaft	91
4. Gasqualität	
a) Heizwert	91
b) Staubgehalt	91
c) Säuregehalt	92
d) Teergehalt	92
e) Temperatur	92
5. Liefergrenze	93
6. Unempfindlichkeit	
a) Holzart	93
b) Stückgröße des verwendeten Holzes	93
c) Feuchtigkeit des verwendeten Holzes	94
7. Holzverbrauch	94
8. Gleichmäßigkeit der Gaslieferung	
a) Unempfindlichkeit gegen Belastungsschwankungen ..	95
b) Neigung zur Brückenbildung	95
9. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen ...	95
10. Austauschbarkeit der Teile	96
III. Gesamtwertung und endgültige Reihung	97

C. Anhang.

Bericht über Dauerversuche mit Weichholz an ortsfesten Holzgas-Kleingeneratoren.

(Von Prof. Dr.-Ing. Hans List, VDI.).

1. Umfang der Dauerversuche	98
2. Versuchsergebnisse	100
a) Generator von Danneberg & Quandt (Grunertsystem)..	100
b) Hansa-Generator, Type „A“	101
3. Allgemeine Folgerungen aus den Versuchsergebnissen.....	103

Die Ausschreibung der I. Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren 1936.

Auszug aus den Beteiligungsbestimmungen:

Veranstalter:

Österreichisches Kuratorium für Wirtschaftlichkeit (ÖKW), Wien; Österreichischer Holzwirtschaftsrat, Wien; Forstwirtschaftliche Zentralstelle der Schweiz (Solithurn); Schweizerische Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe (Bern).

Die Veranstalter schreiben mit Unterstützung des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und des Bundesministeriums für Landesverteidigung, mit Förderung des österreichischen Bundesministeriums für Handel und Verkehr, der Generaldirektion der österreichischen Bundesforste, des österreichischen Gewerbebundes und der land- und forstwirtschaftlichen Hauptkörperschaften Österreichs sowie unter unblühlicher Mitarbeit des Ausschusses für Technik in Forstwirtschaft (A. T. F.-Berlin)

eine Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren

Die Vergleichsprüfung wird am 11. Mai 1936 ausgeschrieben und ist für alle ortsfesten Holzgasgeneratoren zugänglich, die den in Art. I dieser Ausschreibung angeführten Bedingungen entsprechen.

Art. I.

Allgemeine Prüfungsbestimmungen.

1. Teilnehmer (Nennende): Die Beteiligung an der Vergleichsprüfung steht allen Firmen offen, die sich mit dem Bau von Holzgasgeneratoren befassen, sowie Einzelpersonen, die nach ihren Konstruktionen ausgeführte ortsfeste Holzgasgeneratoren zur Vergleichsprüfung anmelden. Die Beistellung (Nennung) von ortsfesten Holzgasgeneratoren zur Vergleichsprüfung kann auch durch wirtschaftliche oder wissenschaftliche Organisationen, durch Amtsstellen, durch sonstige Stellen, Unter-

nehmungen oder auch durch Einzelpersonen erfolgen, sofern diese den Bestimmungen des Artikels IV gerecht werden.

2. Holzgasgeneratoren: Zur Vergleichsprüfung zugelassen werden nur Kleingeneratoren für den Betrieb ortsfester Motoren bis zu einer Dauerleistung von 20 PS. Ins Auge gefaßt ist in erster Linie der landwirtschaftliche, ferner der gewerbliche Betrieb unter schwereren Betriebsbedingungen und Wartung durch fachlich nicht geschultes Personal.

Die für die Vergleichsprüfung bestimmten ortsfesten Generatormanlagen haben sämtliche für die Aufstellung und den einwandfreien Betrieb erforderlichen Aggregate (wie Generator, Ventilator, Reiniger, Klappen und Leitungen usw.) zu umfassen. Die zur Vergleichsprüfung zugelassenen Anlagen werden an der Technischen Hochschule in Graz (Lehrkanzel für Verbrennungskraftmaschinen) einer Reihe von Prüfungen unterzogen, deren Hauptrichtlinien in Artikel II gekennzeichnet sind.

Anlagen, die unvollständig oder in einem Zustand einlangen, daß ihre Aufstellung oder Inbetriebsetzung unmöglich oder erwerbswert ist, können von der Beteiligung an der Vergleichsprüfung ausgeschlossen werden. Die Veranstalter behalten sich außerdem das Recht vor, Holzgasgeneratoren ohne Angabe von Gründen von der Beteiligung an der Vergleichsprüfung auszuschließen.

Art. II.

Vergleichsprüfung der Generatoren, Prüfungsausschuß.

1. Prüfungsprogramm: Die Prüfung der einzelnen Generatoren erfolgt auf Grund von wissenschaftlichen, an der Technischen Hochschule in Graz (Institut für Verbrennungskraftmaschinen, Vorstand Prof. Dr. Ing. List) durchgeführten Untersuchungen, die sich vornehmlich auf folgende Haupteigenschaften der Anlagen und ihrer einzelnen Teile beziehen:

1. Gewicht und Raumbedarf der Anlage,
2. Preis der Anlage,
3. Betriebsbereitschaft,
4. Qualität des erzeugten Gases (Heizwert, Reinheit, Säure- und Teergehalt, Temperatur an der Mischdüse); Verhalten beim Motorenbetrieb,
5. Grenzen der Liefermenge gut verwendbaren Gases,
6. Unempfindlichkeit gegen Art, Stückgröße und Feuchtigkeit des verwendeten Holzes,

7. Holzverbrauch,
8. Gleichmäßigkeit der Gaslieferung,
9. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen,
10. Leichte Austauschbarkeit wichtiger Verschleißteile (Material handelsüblich).

Dauerprüfungen überschreiten den Rahmen dieser Vergleichsprüfung; die Veranstalter der Vergleichsprüfung behalten sich das Recht vor, im Einvernehmen mit den Teilnehmern (anwählenden) einzelne Generatoren für solche Prüfungen zurückzubehalten.

3. Prüfungsausschuß: Die Prüfungsergebnisse werden — durch Bezugsnummern gekennzeichnet — einem elfgliedrigen Prüfungsausschuß übergeben, der die abschließende Gesamtbeurteilung der an der Vergleichsprüfung beteiligten Holzgasgeneratoren vornimmt.

Der Prüfungsausschuß besteht aus den Herren:

1. Univ.-Prof. Dr. Hermann Mark (Obmann),
2. Professor Dr. phil. Wolf Johannes Müller (Obmannstellvertreter),
3. Stadtbaurat Ing. Rudolf Diederich,
4. Ministerialrat Dr. Ing. Rudolf Leopold (Stellvertreter: Ministerialrat Ing. Franz Schmid),
5. Professor Dr.-Ing. Hans List (Berichterstatter über die Prüfungsergebnisse),
6. Dr.-Ing. Ernst Manlik,
7. Generalmajor a. D. Ottokar Pflug (Stellvertreter: Oberstleutnant Rudolf Keil),
8. Professor Dr.-Ing. Ludwig Richter,
9. Professor Dr. Paul Schläpfer (oder dessen Stellvertreter),
10. Oberbaurat Ing. Robert Schuster,
11. Professor Dr. techn. u. phil. Hermann Suida.

4. Veröffentlichung der Prüfungsergebnisse: Die Veranstalter der Vergleichsprüfung behalten sich vor, auf Antrag des Prüfungsausschusses Prüfungsatteste auszufertigen; die Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind endgültig und unwiderruflich.

Die gesamten Prüfungsergebnisse werden von den die Vergleichsprüfung veranstaltenden Organisationen der einzelnen Länder in der ihnen geeignet erscheinenden Form veröffentlicht.

Art. IV.

Einreichungen.

1. **Anmeldung:** Die Anmeldung zur Teilnahme an der Vergleichsprüfung ist bis 28. Mai 1936 beim Österreichischen Kuratorium für Wirtschaftlichkeit (Wien I, Stubenring 8—10) in dreifacher Ausfertigung einzureichen. Zur Anmeldung ist das beigefüllte Formular zu verwenden, das vollständig ausgefüllt und mit den vorgeschriebenen Skizzen und Beilagen versehen worden muß. Der Beischluß der vorgeschriebenen Skizzen und Beilagen ist Voraussetzung für die Zulassung zur Vergleichsprüfung; die Teilnehmer (Nennenden) sind ferner verpflichtet, auch weitere Angaben über die von ihnen genannten bzw. bereitgestellten Anlagen im gewünschten Ausmaße zu liefern, wenn Ergänzungen der technischen Beschreibung, der Skizzen oder Beilagen nötig sind.

Ferner haben die Teilnehmer (Nennenden) ihre Angaben für die Zeit von der Absendung bis zur Rückkunft (d. i. spätestens 1. November 1936) gegen alle Schadensfälle auf die Höhe des Verkaufspreises der Gesamtanlage zu versichern und diese Versicherungspolize oder deren amtlich beglaubigte Abschrift gleichzeitig mit der Anmeldung zur Teilnahme an der Vergleichsprüfung spätestens aber bis 10. Juni 1936 zur Kenntnisnahme einzusenden. Der Abschluß dieser Versicherung ist Voraussetzung für die Zulassung zur Vergleichsprüfung.

2. **Absendung der Anlagen zur Vergleichsprüfung.** Die für die Vergleichsprüfung bestimmten und in der Anmeldung beschriebenen ortsfesten Generatoranlagen sind so zum Versand zu bringen, daß sie spätestens am 4. Juni 1936 an der Technischen Hochschule Graz, Brockmanngasse, Lehrkanzel für Verbrennungskraftmaschinen einlangen. In Berücksichtigung besonderer Umstände kann für die zur Vergleichsprüfung bestimmten Anlagen eine außerordentliche Nachfrist bis 20. Juni 1936 gewährt werden. Der Versand sowie der Rücktransport der an der Vergleichsprüfung teilnehmenden Anlagen erfolgt voll auf Rechnung und Gefahr des Teilnehmers (Nennenden); eventuelle Ansprüche der Teilnehmer (Nennenden) aus einem wie immer gearteten Grunde, wie Abnutzung, Beschädigung usw. der Anlagen werden nicht anerkannt.

Österreichisches Preisausschreiben für ortsfeste Holzgas- generatoren.

Auf Grund der gemäß Artikel II der Bestimmungen für die Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren abgeschlossenen Gesamtbewertung der daran beteiligten Holzgasgeneratoren werden von den österreichischen Bundesministerien für Land- und Forstwirtschaft und für Landesverteidigung lokale österreichische Preise, und zwar ein erster, ein zweiter und ein dritter Preis für die auf Grund ihrer technischen Qualitäten nach dem Bewertungsverfahren als beste erwiesenen Generatoren verliehen, und zwar:

für den besten Generator eine goldene Plakette des Bundesministeriums für Landesverteidigung,
für den zweitbesten Generator ein Bundesehrendiplom des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
für den drittartig bewerteten Generator eine belobende Anerkennung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft.

A. Bericht über die Untersuchung.

Von Prof. Dr.-Ing. Hans List, VDI.

I. Das Prüfungsverfahren.

1. Der Untersuchungsumfang der Vergleichsprüfung.

Die Vergleichsprüfung von ortsfesten Holzgasanlagen hatte den Zweck, einerseits ein Bild über den Stand der Entwicklung der Kleingeneratoren zu geben, andererseits festzustellen, welche von den untersuchten Bauarten den Anforderungen, die an einen Kleingenerator gestellt werden, am besten entspricht.

Die Durchführung eines Vergleiches auf diesem Gebiete ist nur dann möglich, wenn die Untersuchungsbedingungen bei allen Generatoren so weit als möglich gleichgehalten und die einzelnen Eigenschaften großemäßig ermittelt werden. Es war daher erforderlich, ein Untersuchungsverfahren festzulegen, durch welches die für die Beurteilung von Generatoren wesentlichsten Verhältnisse erfaßt werden konnten. Dieses Verfahren mußte auf jeden der zu prüfenden Generatoren in völlig gleicher Weise angewendet und dabei darauf geachtet werden, daß auch die Beschaffenheit des verwendeten Brennstoffes bei allen Versuchen so weit als möglich gleichartig war. Grundsätzlich bekannte Maßverfahren mußten dem besonderen Zweck angepaßt, Apparaturen dazu neu entwickelt werden.

Zur Beurteilung einer technischen Anlage ist es notwendig, einerseits ihre spezifischen Eigenschaften zu ermitteln, andererseits festzustellen, in welchem Verhältnis der Aufwand zur Leistung steht.

Die technische Prüfung von Gaserzeugern hat demnach zu umfassen:

1. Die Güte des erzeugten Gases.
2. Die Anforderungen, die an den Brennstoff gestellt werden

müssen, damit die Anlage unter den praktisch vorkommenden Betriebsverhältnissen brauchbar arbeitet.

3. Den Leistungsbereich und den Wirkungsgrad.

Das Generatorgas wird in den meisten Fällen zum Betrieb von Motoren verwendet. Die Leistung eines Motors steigt mit dem Gasheizwert, der demnach eine bestimmte Höhe haben muß, um eine gute Ausnutzung des Motors zu ermöglichen. Durch die Zusammensetzung des Gases ist die Verbrennungsgeschwindigkeit bestimmt, von welcher der Wirkungsgrad der Energieumsetzung im Motor und die Eignung zum Schnellauf abhängt. Damit der Motor nicht verschmutzt, müssen Teer- und Staubgehalt des Gases unter gewissen Grenzen bleiben. Ein größerer Gehalt an Essigsäure ruft Anfressungen an den metallischen Teilen des Motors hervor, ist daher gleichfalls unerwünscht. Eine genaue Untersuchung erfordert daher die Bestimmung der Gaskomponenten, des Heizwertes und des Gehaltes von Teer, Essigsäure und Staub.

Die obere Grenze der Gasleistung bestimmt die höchste Motorleistung, die mit dem Generator erzielt werden kann. Der Bereich der Liefermenge brauchbaren Gases soll sich möglichst weit nach unten erstrecken, damit mit dem Generator auch kleine Motoren einwandfrei betrieben werden können und eine enge Abstufung in den Baugrößen nicht erforderlich wird. Der Wirkungsgrad des Gaserzeugers bestimmt den Holzverbrauch für eine bestimmte Energiemenge im Gas. Er ist infolge der niederen Brennstoffkosten wirtschaftlich von geringerer, wohl aber in technischer Beziehung von besonderer Bedeutung, weil der Gasheizwert vom Wirkungsgrad abhängt und mit einem guten Wirkungsgrad stets auch ein größerer Gasheizwert verbunden ist.

Für die Verwendbarkeit von Kleingaserzeugern, die vorwiegend für landwirtschaftliche und gewerbliche Betriebe in Betracht kommen, ist es wesentlich, daß keine zu hohen Anforderungen an die Holzbeschaffenheit gestellt werden müssen. Der Landwirt soll in der Lage sein, den Generator mit Holz aus eigenen Beständen zu betreiben, ohne dieses allzu weitgehend zerkleinern und trocknen zu müssen. In Österreich fällt Buchenholz, der ideale Generatorbrennstoff, verhältnismäßig weniger an als Weichholz, es ist daher für österreichische Verhältnisse wichtig, daß der Generator auch Weichholz, zumindest aber Gemische mit überwiegendem Weichholzgehalt einwandfrei vergast. Je mehr das Generatorholz zerkleinert werden muß, desto

größer ist der hierfür erforderliche Arbeitsaufwand, außerdem wächst bei der Verwendung von Kreissägen ohne besondere Schutzrichtungen die Gefahr von Unfällen. Arbeitet der Generator nur mit ganz trockenem Holz befriedigend, so muß ein oft beträchtlicher Holzvorrat auf Lager gelegt werden und ist eine über ein weites Zeitmaß gehende Abschätzung des voraussichtlichen Bedarfs an Generatorholz erforderlich. Je weniger empfindlich der Generator demnach in Bezug auf Holzart, Holzgröße und Holzfeuchtigkeit ist, desto geeigneter wird er insbesondere für die Verwendung in kleineren Betrieben sein.

Von Bedeutung ist ferner die Anheizzeit, d. i. die Zeit vom Beständen der Füllung im Generator bis zur Lieferung von brennbarem Gas und die Zeit, die bei Inbetriebnahme nach einer kurzzeitigen Betriebsunterbrechung vergeht, bis der Generator wieder brauchbares Gas liefert.

Neben den Ergebnissen einer technischen Prüfung im angegebenen Umfang mußte für die Beurteilung der einzelnen Bauarten auch Preis, Gewicht und Raumbedarf in Betracht gezogen werden. Kraftanlagen werden in der Landwirtschaft im Vergleich zu Industrie oder Gewerbe verhältnismäßig wenig ausgenutzt. Das Brennstoffersparnis bei Holz- gegenüber Benzin- oder Dieselmotor fällt daher nur dann ins Gewicht, wenn die Mehrkosten für den Holzbetrieb, d. i. der Preis des Generators und des Reinigers, nieder sind, so daß mit einer Abschreibung in kurzer Zeit gerechnet werden kann. Die Gaserzeugungsanlagen müssen leicht transportabel sein, um auch zu entlegenen Höfen im Gebirge ohne große Schwierigkeiten gebracht werden zu können. Geringer Raumbedarf ist wegen der oft beschränkten Platzverhältnisse in Kleinbetrieben erwünscht.

Ohne Wortung von Generatoren setzt die Berücksichtigung und damit Ermittlung aller dieser technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften voraus. Der Natur der technischen Prüfung nach konnte die Lebensdauer und Haltbarkeit der einzelnen Teile des Generators bei der durchwegs kurzzeitigen Prüfung nicht ermittelt werden, immerhin wurden in einigen Fällen auch darüber Beobachtungen gemacht.

Aus dem Vorhergesagten ergeben sich die Hauptpunkte, auf welche sich die Prüfung der Generatoren zu erstrecken hatte:

Gasigenschaften (Zusammensetzung, Heizwert, Staub-, Teer-, Essigsäuregehalt).

Grenzen der Gasliefermengen.

Wirkungsgrad des Generators.

Unempfindlichkeit gegen Art, Stückgröße und Feuchtigkeit des verwendeten Holzes.

Betriebsbereitschaft, Verhalten bei Betriebsunterbrechungen. Gewicht, Raumbedarf und Preis der Anlage.

2. Die für die Untersuchung nötigen Einzelmessungen.

Zur Ermittlung der vorstehend angeführten Eigenschaften war es notwendig, an den Generatoren eine Reihe von Messungen durchzuführen. Die Erprobung der angewendeten Verfahren und die Entwicklung brauchbarer Geräte für einige Messungen erforderte eine Reihe von Vorversuchen. Die Messungen bezogen sich auf die Betriebsstoffe (Holz und Holzkohle), auf den Generator und auf das erzeugte Gas.

a) Messungen am Betriebsstoff.

Die Länge und der Querschnitt des Holzes wurden laufend überprüft. Der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes wurde zuerst durch Trocknung bestimmt, später, als der Holzfeuchtigkeitsmesser von Siemens zur Verfügung stand, wurde dieser benutzt.

Holz bestimmter Feuchtigkeit (22 und 30%) wurde durch Mischung von trockenen und feuchten Holz hergestellt; auf die sorgfältige Durchmischung wurde besonders geachtet.

In die Generatoren wurde gesiebte Kohle von Nußgröße gefüllt. Um deren Verstaubung und Zerkleinerung während des Versuchs festzustellen, wurden die Generatoren nach der Versuchsdurchführung entleert und Holzkohlenmenge und Korngröße mittels einer Siebreihe von 5, 10, 20 mm Maschenweite bestimmt. Zur Verwendung gelangte bei den Hartholzversuchen Buchenholzkohle, bei den Weichholzversuchen Fichtenholzkohle.

b) Messungen am Generator.

Holzverbrauch, Brenngeschwindigkeit.

Der Generator stand während des Versuchs auf einer Waage, der Abbrand konnte dadurch dauernd verfolgt werden. Beim Nachfüllen wurde zuerst vollgefüllt, dann gestochert und nach Nachrutschen der Füllung nochmals vollgefüllt, auf diese Weise konnte die Größe der Hohlraumbildung ermittelt werden. Das eingefüllte Holz wurde gesondert gewogen.

Temperaturen.

Die Gastemperaturen wurden unmittelbar nach dem Austritt aus dem Generator und dem Reiniger mit Quecksilberthermo-

metern gemessen. Die Manteltemperatur des Generators wurde bei mehreren Versuchen an verschiedenen Stellen mittels eines Thermoelements bestimmt. Sie ermöglichte die Beurteilung der Feuergefährlichkeit der Anlage und ließ Schlüsse auf die Strahlungs- und Leitungsverluste des Generators zu.

Unterdrücke.

Mit U-Rohren wurde der Unterdruck am Gasaustritt aus dem Generator, die Druckdifferenz im Reiniger und der Unterdruck nach dem Reiniger gemessen.

c) Messungen am Generatorgas (von Dr. A. Sablatnög).

Bestimmung der Gasmenge.

Das Gas wurde aus dem Generator durch einen Ventilator abgesaugt. Infolge des gleichmäßigen Gasstromes war eine Messung durch geeichte Blenden möglich. Die Anzeige der Gasmenge erfolgte durch eine Siemens-Ringwaagengasuhr. Das zur Berechnung der Gasmenge notwendige spezifische Gewicht ergab sich aus der Gasanalyse, die Zustandsgrößen des Gases an der Blende wurden unmittelbar gemessen. Die Gasmenge wurde auf Normalkubikmeter trockenes Gas umgerechnet.

Gasanalyse.

Die Gasentnahme erfolgte mit gewöhnlichen Gaspipetten über gesättigter Kochsalzlösung. Die Analyse wurde im Analysenapparat durchgeführt, in dem die Kohlensäure durch Kalilauge, die schweren Kohlenwasserstoffe durch rauchende Schwefelsäure und der Sauerstoff durch feuchten Phosphor absorbiert wurden. Wasserstoff, Kohlenoxyd und Methan wurden nach der Bunsenschen Methode, über Platin als Katalysator, mit Luft verbrannt und aus der Kontraktion bei der Verbrennung, dem gebildeten Kohlendioxyd und dem Sauerstoffverbrauch berechnet. Die gleichzeitige Verbrennung von CO , H_2 und CH_4 gab gegenüber der getrennten Bestimmung von CO , H_2 und CH_4 ein wesentliches Ersparnis an Zeit, die mit Rücksicht auf die große Zahl von Analysen notwendig war. Treadwell weist durch Angaben von Analysen für Dowsongas nach, daß der Unterschied in den Ergebnissen beider Verfahren gering ist, da ein zu gering gefundener Methangehalt durch höhere Werte des H_2 - und CO -Gehalts kompensiert wird. Der aus der Analyse berechnete Heizwert wurde z. B. in einem Falle nach dem ausführlichen

Verfahren mit 1352 WE, nach dem abgekürzten Verfahren mit 1348 WE gefunden. Um Fehler möglichst zu verringern, wurde die Verbrennung nicht mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$, sondern mit $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der Gasmenge durchgeführt. Um Anhaltspunkte für die Genauigkeit des Verfahrens zu erhalten, wurden mit Gasproben mehrere Analysen durchgeführt. Die nachstehende Tafel 1 gibt ein Bild über die Streuungsverhältnisse bei zwei Gasproben.

Tafel 1. Streuung der Gasanalysenwerte.

	Probe a			Probe b		
CO ₂ ...%	10,8	10,8	10,7	11,4	11,2	11,1
C _m H _n .. „	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0
O ₂ „	1,0	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7
CO ... „	12,8	12,8	13,1	13,7	13,9	14,1
H ₂ „	11,1	11,4	11,1	7,7	8,4	8,1
CH ₄ ... „	1,0	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9
N ₂ „	62,9	62,8	62,9	65,5	64,9	65,1
H _a .. WE	824	814	817	709	717	715

Berechnung des Teer-, Essigsäure- und Wassergehaltes.

Eine bestimmte Gasmenge wurde abgesaugt und die Menge des darin enthaltenen Teers, der Essigsäure und des Wassers bestimmt.

Die Gasmessung erfolgte dabei mittels geeichter Gasometer von 10 l Inhalt, welche bis 0,125 l genaue Ablesungen gestatteten. Als Sperrflüssigkeit wurde gewöhnliches Wasser verwendet, da das Generatorgas infolge des in der Anlage herrschenden Unterdruckes mit Hilfe einer nach dem Gasometer angeschalteten Wasserstrahlpumpe entnommen wurde. Die Zeit, in der das Gas in die Gasometer gesaugt wurde, betrug durchschnittlich 35 bis 40 Minuten für 7 bis 9 l Gas. Die Teer- und Essigsäureabsorption konnte in demselben Gasstrom, also die Gasmessung für Teer und Essigsäure mittels eines Gasometers durchgeführt werden, während für die Wasserbestimmung ein zweiter Gasstrom benutzt wurde.

Da der Teer und die flüchtigen Säuren, welche kurzweg als Essigsäure bezeichnet und als solche auch berechnet wurden, aus dem gleichen Gasstrom absorbiert wurden, war es notwendig, in den Gasstrom zwei geeignete Absorptionsgefäße hintereinander einzuschalten. Und zwar wurde zuerst der Teer und dann die Essigsäure absorbiert. Das Teerabsorptionsgefäß, Abb. 1, be-

sitzt eine 30 cm lange Absorptionsschicht, die aus feinstkörnigem, mit Salzsäure gewaschenem und geschlemmtem Flußsand besteht. Am unteren Ende dieser Schicht ist noch ein dichtes Filter aus Watte angebracht, welches ein Durchfallen von Sandkörnchen in das darunter befindliche Teerwägekölbchen sicher verhindert.

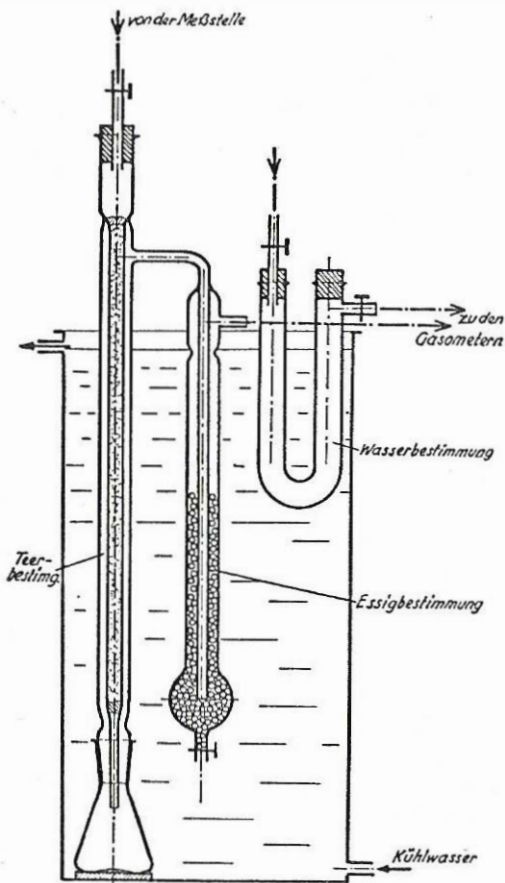


Abb. 1. Absorptionsgefäße für Teer, Essig und Wasser.

Das Essigsäureabsorptionsgefäß, Abb. 1, bestand im wesentlichen aus einer Waschflasche, welche zur Vergrößerung der Oberfläche mit Glaskugeln gefüllt war und als Absorptionsmittel destilliertes Wasser enthielt. Beide Gefäße wurden durch Wasser von außen gekühlt, um das in das Teerabsorptionsgefäß heiß eintretende Gas zu kühlen und eine sichere Absorption herbeizuführen. Längere Schlauchverbindungen wurden vor den Absorptionsgefäßen vermieden, um etwaige dadurch hervorgerufene Fehler auszuschalten.

Die Bestimmung des Teers nach erfolgter Absorption wurde derart durchgeführt, daß der Teer, welcher auch etwas Flugstaub und Feuchtigkeit enthielt, extrahiert und nach Verdampfen des Lösungsmittels bei gelinder Wärme und Luftverdünnung gewogen wurde. Als Extraktionsmittel wurde ein Gemisch von 2 vol. 96%igen Alkohol und 1 vol.

Benzol verwendet. Da Holzteer bekanntlich keine leicht siedenden Bestandteile enthält, können durch das Verdampfen des Lösungsmittels keine Fehler entstehen, wie sie bei gleicher Behandlung von Steinkohlenteer auftreten würden. Daß die Länge

der Absorptionsschicht ausreicht, kann daraus ersehen werden, daß ein Teerbeschlag nur etwa in der oberen Hälfte der Sandschicht wahrgenommen werden konnte.

Der Vorgang bei der Extraktion war folgender: Das Absorptionsgefäß wurde mit einem Rückflußkühler versehen an die Wasserstrahlpumpe angeschlossen und auf eine Heizplatte gestellt. Nach Eingießen von 50 bis 70 cm³ Extraktionsmittel durch den Kühler, floß das Extrakt durch die Sandschicht in das Kölbchen, wo sich nun schon die Hauptteermenge befand. Nach Abschließen der Leitung zur Wasserstrahlpumpe begann das Lösungsmittel im Kölbchen in Kürze zu sieden und die Dämpfe stiegen durch die Sandschicht in den Kühler, wo sie kondensiert wurden und sich als Kondensat oberhalb der Sandschicht in dem erweiterten Raum ansammelten. War etwa zwei Drittel aus dem Kölbchen verdampft, so wurde das Kondensat mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe wieder durch die Sandschicht ins Kölbchen gesaugt. Dieser Vorgang wurde noch zweimal wiederholt, sodaß die letzten Spuren von Teer aus dem Sand entfernt werden konnten. Hierauf wurde das Lösungsmittel verdampft, wobei die Pumpe einen Luftstrom durch Kühler und Sand bis zur Oberfläche des Extrakts saugte und dadurch das Lösungsmittel abtrieb. Sobald nur mehr der Boden des Kölbchens mit Lösungsmittel bedeckt war, wurde das Absorptionsgefäß gehoben, dadurch der Teer vor Überhitzung und eventuellen Verdampfen bewahrt und noch so lange Luft durchgesaugt, bis die letzten Spuren Lösungsmittel entfernt waren. Darauf wurde das Kölbchen, das durch einen Schliff mit der Absorptionsröhre verbunden war, von dieser abgenommen, außen gereinigt und nachdem es abgekühlt war, gewogen. Die Größenordnung der Auswägung an Teer betrug durchschnittlich 5 bis 20 mg Teer.

Die Bestimmung der Säuren (Essigsäure) geschah durch Titration mit $\frac{1}{50}n$ NaOH nach der im analytischen Lehrbuch von Treadwell angegebenen Titrationsmethode von Essigsäure neben Kohlensäure. Als Absorptionsflüssigkeit wurde, wie schon erwähnt, destilliertes Wasser verwendet. Die Wassermenge dafür betrug zirka 100 cm³ und wurde bei allen Versuchsreihen ziemlich konstant gehalten. Die Absorptionsgefäße wurden immer erst knapp vor dem Versuch mit H₂O beschickt, um Alkalifehler, welche durch die immerhin große Oberfläche der Glaskugeln hervorgerufen hätten werden können, möglichst zu verringern. Nach der Absorption wurde das Gefäß in eine 1 l fassende Porzellanschale entleert und zweimal mit je 100 cm³ Wasser ausgespült. Zu diesen 300 cm³ wurden 2 Tropfen einer

2%igen Phenolphthaleinlösung als Indikator zugesetzt, 5 cm³ $\frac{1}{50}n$ NaOH zugegeben und die Mischung gekocht. Bei eintretender Rotfärbung wurde bis zur Entfärbung $\frac{1}{50}n$ HCl zugegeben und die Kohlensäure wieder weggekocht, bis eine neuauftretende Rotfärbung abermaligen HCl-Zusatz notwendig machte. Dies wurde so lange fortgesetzt, bis alle Kohlensäure ausgetrieben war, also durch weiteres Kochen keine Rotfärbung mehr auftrat. Damit war der Endpunkt der Titration erreicht. Der Laugenverbrauch schwankte in den Grenzen von 0 bis 2 cm³. Die Säuren wurden als Essigsäure berechnet, da diese den hauptsächlichsten Bestandteil bildete und die vorhandenen Mengen für eine genauere Unterscheidung und Trennung zu gering waren.

Das Wasser wurde mittels CaCl₂ absorbiert, und zwar wurden zwei U-Rohre verwendet. Das erste, in welches das Gas heiß eintrat, wurde nicht, das zweite mit Wasser gekühlt. Die Gewichtszunahme des zweiten betrug durchschnittlich 2 bis 10% des ersten und zeigte daher, daß die hauptsächlichsten Wassermengen schon im ersten U-Rohr verblieben waren. Da das Gas nicht nur Wasser, sondern auch Teer und Flugstaub enthält, war es notwendig, vor der Wasserabsorption das Gas bestmöglichst zu reinigen. Dies geschah durch ein auf etwa 120° erhitztes, mit Glaswolle als Filter beschicktes Rohr. Durch Heizung des Filters sollte eine vorherige Kondensation des Wassers verhindert werden.

Bestimmung des Staubgehaltes.

Um Gasstauungen oder Saugwirkungen vor dem Staubfilter zu verhindern, welche ein Absetzen bzw. nur das Mitreißen der groben Staubteilchen bewirken, muß die Gasgeschwindigkeit an

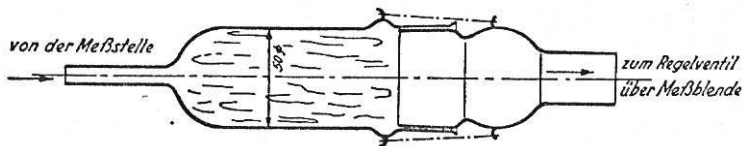


Abb. 2. Staubfilter.

der Entnahmestelle des Nebenstromes durch das Filter gleich der im Hauptstrom sein. Die Gasmengen waren daher größer wie bei den vorigen Messungen und an Stelle der Messung mit den früher beschriebenen Gasometern mußte eine Messung mit Hilfe von Blenden treten. Als Staubfilter wurden Gefäße von der in Abb. 2 wiedergegebenen Form verwendet. Als Filter

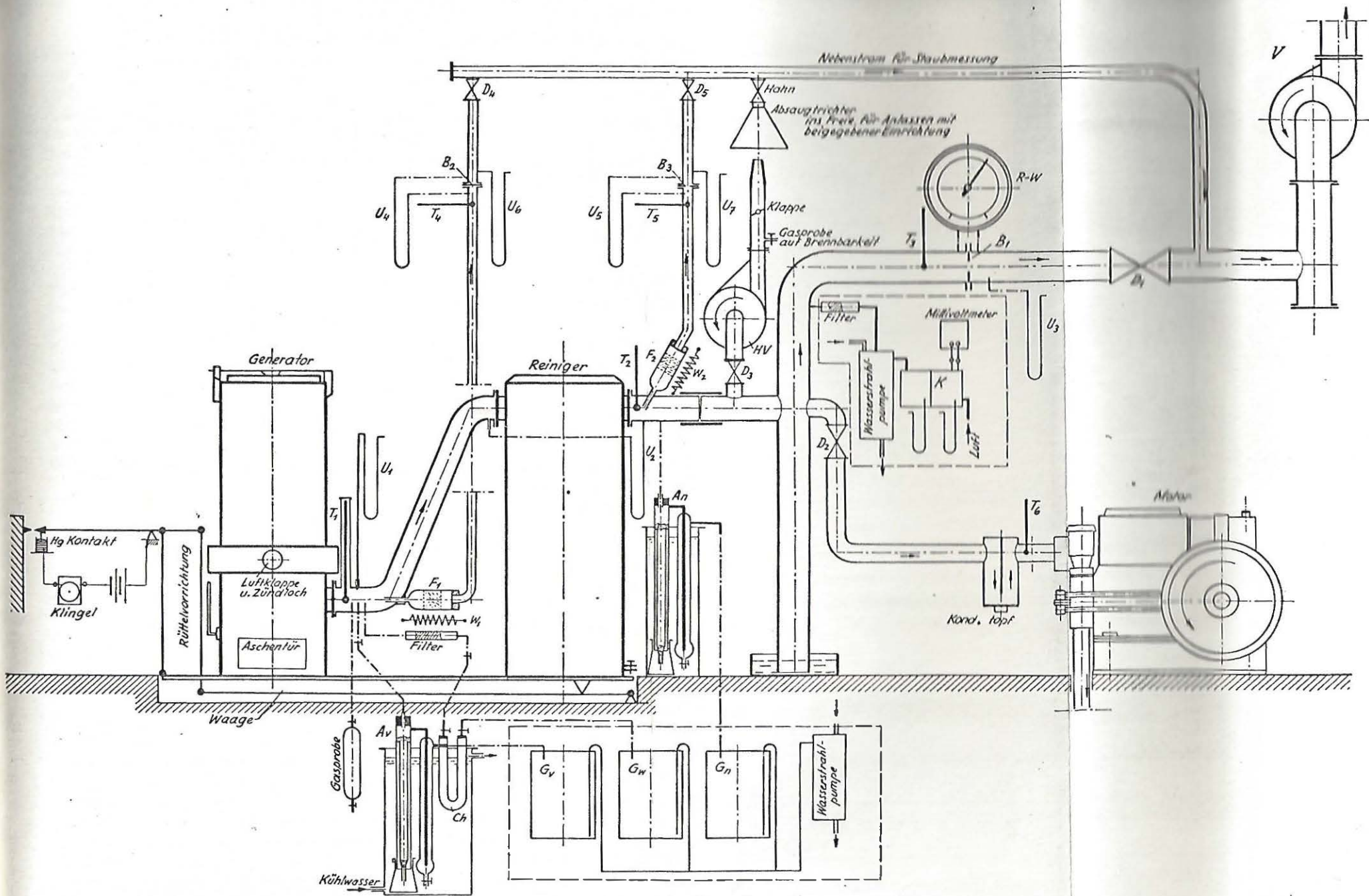


Abb. 3. Schema der Versuchsanordnung.

diente eine 8 bis 10 cm lange zylindrische Schicht von Glaswolle mit einem Durchmesser von 5 cm. Da Staubmessungen vor und nach dem Reiniger ausgeführt wurden und die Gase nach dem Reiniger nicht mehr sehr heiß waren, war es notwendig, das Staubfilter nach dem Reiniger zu erhitzen, um die Abscheidung des Teers und Wassers im Filter auf ein Mindestmaß zu beschränken. Etwas Teer setzte sich aber immer sowohl im Filter vor dem Reiniger, wie auch in dem nach dem Reiniger ab. Auch kondensierte etwas Wasser im Filter. Da es demnach unmöglich war, die Staubmenge sofort nach dem Versuch zu wägen, wurde das Filter zunächst $\frac{1}{2}$ Stunde lang im Trockenschrank auf 200° C erhitzt, um das von der Glaswolle schwer abzutreibende Wasser und den mitkondensierten Teer zum Teil zu verdampfen. Dadurch wurde auch das von der natürlichen Hygroskopizität der Glaswolle gebundene Wasser verdampft. Es konnte also die Staubwägung erst dann ausgeführt werden, wenn das Filter über Nacht durch Stehen an der Luft seinen normalen Feuchtigkeitsgehalt wieder erlangt hatte, da es vor der Staubfiltration mit diesem Feuchtigkeitsgehalt tariert wurde. Nach dieser Zeit ergab sich keine Gewichtszunahme mehr: die Glaswolle war wieder auf ihren gewöhnlichen Feuchtigkeitsgehalt gebracht worden.

3. Die Durchführung der Versuche.

a) Die Versuchseinrichtung.

Abb. 3 zeigt ein Schema der Versuchseinrichtung. Generator und Reiniger standen auf einer Waage. Der Abbrand wurde ähnlich wie beim Junkers-Kalorimeter durch Auflegen von Gewichten gemessen. Eine elektrische Kontakteinrichtung zeigte den Zeitpunkt des Einspielens der Waage an. Das Holzgas wurde durch einen Ventilator V abgesaugt. Ein Drosselventil D_1 ermöglichte die Regelung, eine Blende B_1 mit der Ringwaagen-gasuhr $R-W$ die Messung der Gasmenge. Fallweise konnte der Generator auch mit der mitgegebenen Anlaßeinrichtung HV in Betrieb gesetzt werden. Bei Motorbetrieb wurde das Regelventil D_1 geschlossen und der Generator über das Ventil D_2 mit dem Motor verbunden. Als Motor wurde ein Deutz-Motor, Bauart AM, verwendet, der von den Humboldt-Deutz-Motorenwerken entgegenkommenderweise zur Verfügung gestellt wurde.

Die Temperaturen am Generator und Reiniger wurden mit den Thermometern T_1, T_2, T_3 , die Unterdrücke mit den U-

Rohren U_1, U_2, U_3 gemessen. Die Gasproben wurden am Austritt des Gases aus dem Generator in Pipetten aufgefangen.

Teer- und Essigsäurebestimmung vor und nach dem Reiniger erfolgte durch Durchleiten je eines Gasstromes durch die Absorptionsgefäße A_v, A_n , die Gasmenge wurde dabei mittels des Gasometers G_v, G_n bestimmt. Ein dritter Gasstrom diente für die Wasserbestimmung im Chlorkalziumrohr Ch .

Die Gasströme zur Staubbestimmung gingen durch die Glaswollfilter F_1, F_2 und konnten mittels der Ventile D_4, D_5 reguliert und mittels der Blenden B_2, B_3 gemessen werden. Zur Vermeidung von Kondensation wurden die Filter durch elektrische Heizkörper W_1, W_2 geheizt.

Ein Gaskalorimeter eigener Bauart K sollte eine verzögerungsschwache Aufzeichnung der Schwankungen des Gasheizwertes ermöglichen. Infolge der Verunreinigungen im Gas ergaben sich jedoch Fehler, so daß die Messungen zu wenig sicher waren, um bei der Auswertung benutzt werden zu können.

Diese Versuchseinrichtung ist das Ergebnis einer längeren Entwicklung und hat sich bei der Untersuchung gut bewährt.

b) Der Versuchsvorgang.

Jeder Generator wurde zunächst im Betrieb mit Buchenholz von 6 cm Länge und 13 bis 16% Feuchtigkeitsgehalt untersucht. Er wurde mit nußgroßer, gesiebter Holzkohle und mit Holz von Art und Größe gemäß der jedem Generator beigegebenen Betriebsvorschrift gefüllt. Dann wurde der Ventilator in Betrieb gesetzt und die Füllung mit der Lunte entzündet. Nachdem zweimal annähernd die halbe Holzfüllung verbrannt und das Temperaturgleichgewicht hergestellt war, konnte mit dem ersten Versuch bei voller Belastung begonnen werden.

Die der Vollast entsprechende Gasmenge wurde nach den Angaben des Herstellers bemessen. Nur dann, wenn dabei die Gasaustrittstemperatur 500° wesentlich überschritt, wurde die Gasmenge soweit vermindert, daß diese Temperatur annähernd eingehalten wurde. Zu diesem Vorgang führte die folgende Überlegung: Die Gasmenge bestimmt die thermische Beanspruchung des Generators, diese sollte während der Untersuchung nicht höher sein, als vom Erzeuger als zulässig erachtet wurde. Da für Gasaustrittstemperaturen über 500° die Gasleitungen und die in der Nähe des Austritts liegenden Generatorteile sich so erhitzen, daß neben der Feuergefährlichkeit auch die Haltbarkeit des handelsüblichen Rohrleitungsmaterials wesentlich herab-

gesetzt wird, wurden höhere Temperaturen als nicht zulässig betrachtet.

Während des Versuches wurde ungefähr die bei einer betriebsmäßigen Beschickung aufgegeben Menge verbrannt und angenommen, daß der Generator im Betrieb neu beschickt werden soll, wenn annähernd die Hälfte der Gesamtholzfüllung heruntergebrannt ist. Bei Vollast umfaßte demnach ein Versuch ungefähr den Zeitraum zwischen zwei betriebsmäßigen Beschickungen, daher alle Betriebszustände des Generators zwischen diesen. Mit Rücksicht auf die Periodizität, welche durch die Beschickungen in den Generatorbetrieb gebracht wird, schien diese Abstimmung der Versuchsdauer zur einwandfreien Beurteilung der Betriebseigenschaften notwendig. Nach Beendigung des Vollastversuches erfolgte der Übergang auf die nächste Laststufe. Die Abstufung wurde in Bruchteilen der Vollast, und zwar $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{8}$ durchgeführt. Mit dem neuen Versuch wurde begonnen, sobald das Temperaturgleichgewicht erreicht war. Vor dem Versuch wurde aufgefüllt; bei den kleinen Belastungen erfolgte die Begrenzung der Versuchsdauer mit etwa einer Stunde, da das Abwarten des Abbrandes der Füllung hier allzulange Versuchszeiten ergeben hätte.

Der Verlauf einer Versuchsreihe fand seine Darstellung im Brenndiagramm; Abb. 9 zeigt ein solches für den Generator KS 12 der Fa-Kromag-Hirtenberg. Die zackige, vollausgezogene Linie gibt die Gewichtsschwankungen der Generatorfüllung wieder, man erkennt in ihr die Beschickung und den Abbrand der Füllung. Stärker ausgezogen ist der Verlauf während eines Versuches. Die strichpunktirten Linien in der Beschickungssenk-rechten lassen auf die Größe der Hohlraumbildung schließen. Außerdem enthält das Brenndiagramm die Gasaustrittstemperaturen (vollausgezogene Kurve), die Unterdrücke (strichlierte Kurve) im Generator und die Gasheizwerte (strichpunktirte Linie). Betriebseingriffe, wie Rütteln an den Rüttelvorrichtungen, und die Veränderungen der Gasleitung wurden eingetragen. Aus dem Brenndiagramm ist demnach der gesamte Versuchsverlauf zu entnehmen.

Am Ende der Versuchsreihe wurde der Generator erkalten gelassen, dann entleert und die Holzkohlenfüllung in einer Siebreihe auf Korngrößeverteilung untersucht.

Während jedes einzelnen Versuches wurden drei Gasproben entnommen (Anfang, Mitte, Ende) und je eine Teer-, Essigsäure- und Staubmessung durchgeführt. Die Gasmenge wurde während eines großen Teils der Versuchsdauer entnommen, so

daß Durchschnittswerte erhalten werden konnten. Die Versuchsdauer selbst bestimmte sich durch den Abbrand eines bestimmten Holzgewichts. Ähnliche Versuchsreihen, jedoch unter Weglassung des Versuches mit einem Achtel der Vollastmenge, wurden mit verschiedenen Holzarten, und zwar Gemischen von Buchen- und Fichtenholz mit $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ Gehalt an Fichtenholz und ausschließlich mit Fichtenholz durchgeführt. Ferner wurden die Generatoren auch bei Betrieb mit Buchenholz von 8 bis 11 cm Schnittlänge und mit 22 und 30% Feuchtigkeit in gleicher Weise untersucht. Um die praktisch brauchbaren Betriebsverhältnisse eines Generators zu ermitteln, wurde angenommen, daß das Generatorgas nur dann verwendbar ist, wenn sein Heizwert über 900 WE/Nm³ liegt. Gas mit niedererem Heizwert gibt beim Motorbetrieb bereits sehr großen Leistungsabfall und die Zündgeschwindigkeiten reichen dann nicht mehr aus. Ein Generator wurde für den Betrieb mit Holz von bestimmten Eigenschaften dann als geeignet befunden, wenn er wenigstens im halben Belastungsbereich Gas mit einem Heizwert über 900 WE lieferte. Ausschlaggebend war hierfür die Erwägung, daß der Generator für den einwandfreien Betrieb auch bei Veränderungen der Gasmenge innerhalb weiter Grenzen brauchbares Gas liefern soll. Abb. 4 zeigt ein Brenndiagramm eines Versuchs, der wegen des Versagens des Generators abgebrochen werden mußte. In diesem Falle wurde Holz von 8 cm Länge verwendet, wobei sich starke Hohlraumbildung ergab. Beim Betrieb mit Vollast stieg die Gasaustrittstemperatur hoch über 500°, daher wurde auf Halblast umgeschaltet und als auch dann die Temperatur über 500° anstieg, mußte die Versuchsreihe abgebrochen werden. Selbstverständlich war den hohen Gastemperaturen entsprechend auch der Gasheizwert schlecht.

Die Versuchsreihen wurden nur so weit geführt, als es zur Festlegung der Grenzen der Betriebsbrauchbarkeit erforderlich war. Ein Generator, der mit 8 cm langem Holz versagte, wurde mit 11 cm langem nicht mehr geprüft. Entsprechend er bei 11 cm, so wurde mit 8 cm Holzlänge entweder keine oder nur eine auf zwei Versuche abgekürzte Versuchsreihe durchgeführt.

Die Anheizzeit wurde gemessen vom Beginn des Anheizens bis zum Auftreten von brennbarem Gas. Sie wurde unter zwei Bedingungen ermittelt. Einmal beim Anblasen des Generators mit der mitgegebenen Einrichtung — meist einem elektrisch angetriebenen kleinen Ventilator —, dann — bei gleicher relativer Menge — beim Anblasen mit einer Gasmenge gleich der Hälfte der Vollast. Die im zweiten Fall erhaltenen Zeiten waren durchwegs größer.

Um den Einfluß von Betriebsunterbrechungen zu ermitteln, wurde der Generator nach vorangegangenem Vollastbetrieb für 5, 15, 30 und 60 Minuten stillgelegt und die Zeit vom Wiederbeginn der Gaslieferung bis zum Auftreten von brennbarem Gas gemessen.

Das Verhalten des Generators bei Belastungsschwankungen ist bei ortsfesten Anlagen nicht von so großer Bedeutung wie beim Fahrzeugbetrieb. Es wurde daher nur eine kurze Prüfung angestellt, bei der die Gaslieferung nach Vollast auf ein Viertel herabgesetzt und nach bestimmter Zeit wieder auf Vollast erhöht wurde. Die Gashcizwerte bei Vollast nach halbstündigem Viertellastbetrieb und bei dem darauffolgenden Vollastbetrieb wurden ermittelt. Die Veränderung des Heizwertes ließ die Empfindlichkeit des Generators in bezug auf Belastungsschwankungen erkennen. Um zu sehen, ob die Generatoren im Motorbetrieb bei stoßweisem Ansaugstrom einwandfrei arbeiten, wurde ein Deutz-Motor mit ihnen betrieben. Die Ergebnisse in bezug auf Höchstleistung und Verbrauch waren aber nicht vergleichbar, da die Generatoren verschieden groß, daher durch den Motor zu verschieden belastet waren.

Die Bedienung der Anlagen erfolgte nach den Vorschriften der Hersteller. Die Erfahrungen, die dabei gemacht wurden, wurden aufgezeichnet. Das Untersuchungsverfahren war auf ortsfeste Generatoren, bei denen die Belastung im allgemeinen ziemlich gleichmäßig ist, abgestimmt. Bei Fahrzeuggeneratoren wird eine Vergleichsprüfung vor allem dem Verhalten des Generators bei Belastungsschwankungen besonderes Augenmerk zuwenden müssen. Es wird dies hier ausdrücklich betont, um unzulässige Verallgemeinerungen zu verhindern.

c) Die Auswertung der Versuchsergebnisse.

Während eines Versuchs erfolgte die Entnahme von drei Gasproben. Diese wurden analysiert und daraus der Heizwert nach folgender Formel berechnet:

$$H_{gu} = 3050 v (\text{CO}) + 2570 v (\text{H}_2) + 8510 v (\text{CH}_4) + 13.520 v (\text{C}_2\text{H}_4).$$

Dabei wurden die schweren Kohlenwasserstoffe summarisch als C_2H_4 bewertet. Um die Größenordnung der Fehler zu ermitteln, die dadurch entstehen können, daß der Heizwert aus der Analyse berechnet und nicht unmittelbar gemessen wurde, sind Versuche durchgeführt worden. In einem größeren Gasometer wurden

Gasproben aufgefangen und ihr Heizwert sowohl mittels des Junkers-Kalorimeters bestimmt, als auch aus der Analyse berechnet. Diese Versuche zeitigten folgende Ergebnisse:

Tafel 2. Vergleich zwischen den aus der Analyse und den mit Kalorimeter bestimmten Gasheizwerten.

Probe	1	2	3	4
Analyse: CO ₂	12,0	11,7	11,0	8,5
C _m H _n	0,2	0,0	0,0	0,0
O ₂	3,1	2,0	1,4	3,2
CO.....	15,6	15,0	15,9	16,5
H ₂	17,3	17,4	16,2	15,0
CH ₄	1,5	2,4	3,3	2,7
N ₂	50,2	51,5	52,2	54,1
<i>H_{gu}</i> aus Analyse ..WE/Nm ³	1074,1	1108,9	1182,1	1118,6
<i>H_{gu}</i> mit Junkers Kalorimeter WE/Nm ³	1110,0	1109,0	1163,0	1108,0
Differenz.....WE/Nm ³	— 35,9	— 0,1	+ 19,1	+ 10,6

Diese Versuchsergebnisse ließen den Schluß als berechtigt erscheinen, daß die hier möglichen Fehlwerte sich innerhalb zulässiger Grenzen bewegen.

Der Teer-, Essigsäure- und Wassergehalt wurde auf 1 Nm³ trockenes Gas bezogen. Grenzen dieser Werte, aus denen sich die Brauchbarkeit des Gases beurteilen läßt, sind vorläufig noch nicht genau aufstellbar, da die Erfahrungen über die Zusammenhänge fehlen. Quantitative Messungen der Gasverunreinigungen wurden bei Generatoruntersuchungen bisher nicht gemacht, zumindest nicht in der uns zugänglichen Literatur veröffentlicht. Demzufolge fehlen noch die Beobachtungen, wie sich ein Gas mit einem bestimmten Gehalt an Verunreinigungen im Motor verhält. Die hier gefundenen Werte ermöglichen jedoch einen Vergleich der einzelnen Generatorbauarten in bezug auf die Reinheit des Gases.

Die Berechnung des Generatorwirkungsgrades ist möglich aus dem Holzverbrauch und aus der Zusammensetzung des Gases.

Liefert der Generator eine Gasmenge V_g Nm³ mit dem mittleren Heizwert H_{gu} , so ist

$$V_g \cdot H_{gu} \text{ WE} \quad (1)$$

die nutzbare Energie des Gases. Wird gleichzeitig B kg Brennstoff mit dem Heizwert H_u verbrannt, so ist der Generatorwirkungsgrad

$$\eta_g = \frac{V_g \cdot H_{gu}}{B \cdot H_u} \quad (2)$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß der Wärmehalt des Generators und die Beschaffenheit der Füllung vor dem Einbringen der B kg Holz und nach dem Verbrennen derselben gleich ist. Ist das nicht der Fall, hat sich z. B. während des Versuchs die im Generator befindliche Holzkohlenmenge um B_k kg vermindert, so ist außer der durch Verbrennung des Holzes frei werdenden Wärmemenge $B \cdot H_u$ WE noch eine Wärmemenge erzeugt worden, die sich aus dem Unterschied der Heizwerte von Holzkohle und Holz (H_u für Holzkohle 7270 WE/kg, H_u für Holz von 15% Feuchtigkeit 3600 WE/kg) zu

$$B_k \cdot 3670 \text{ WE}$$

berechnet und die durch Wägung des Generators und des eingebrachten Holzes nicht festgestellt werden kann. Der Fehler, der dadurch und durch Veränderung des Wärmehaltes von Generator und Füllung entstehen kann, ist umso größer, je kleiner die während des Versuchs verbrannte Brennstoffmenge B ist. Der Generatorwirkungsgrad kann daher nur bei längerer Versuchsdauer durch Brennstoffwägung genau ermittelt werden.

Da mit Kurzversuchen das Auslangen gefunden werden mußte, wurde der Generatorwirkungsgrad aus der Gaszusammensetzung berechnet.

In 1 Nm³ Generatorgas ist

$$\frac{12 [v(\text{CO}_2) + v(\text{CO}) + v(\text{CH}_4) + 2v(\text{C}_2\text{H}_4)]}{22,4} = \frac{12 \Sigma v(\text{C})}{22,4} \text{ kg} \quad (3)$$

Kohlenstoff enthalten.

1 kgfeuchtes Holz mit f Bruchteilen Wassergehalt hat $c(1-f)$ kg Kohlenstoff. Daher entspricht 1 Nm³ Gas

$$\frac{12 \Sigma v(\text{C})}{22,4 c(1-f)} \text{ kg Holz.} \quad (4)$$

Es ist für

Buchenholz: $c = 0,49$, $H_u = 4350(1-f) - 600f$ WE/kg.

Fichtenholz: $c = 0,505$, $H_u = 4481(1-f) - 600f$ WE/kg.

Damit wird der Generatorwirkungsgrad für Buchenholz:

$$\eta_g = \frac{22,4 \cdot H_{gu} \cdot c}{12 \cdot \Sigma v(C) \cdot 4350 \left(1 - 0,138 \frac{f}{1-f}\right)} \cdot 100 \text{ oder}$$

$$\eta_g = 0,0210 \cdot \frac{H_u}{\Sigma v(C)} \cdot \frac{1}{1 - 0,138 \frac{f}{1-f}} \% \quad (5)$$

für Fichtenholz:

$$\eta_g = 0,0210 \cdot \frac{H_{ug}}{\Sigma v(C)} \cdot \frac{1}{1 - 0,134 \cdot \frac{f}{1-f}} \% \quad (6)$$

oder für beide Holzarten genügend genau

$$\eta_g = 0,0210 \cdot \frac{H_{ug}}{\Sigma v(C)} \cdot \frac{1}{1 - 0,136 \cdot \frac{f}{1-f}} =$$

$$= 0,0210 \cdot \frac{H_{ug}}{\Sigma v(C)} \cdot \alpha \% \quad (7)$$

Verändert sich das Holzkohlegewicht im Generator, so daß an Stelle des Holzes trockene Holzkohle mit 85% C und einem Heizwert von 7270 WE verbrennt, so ist

$$\eta_g = 0,0218 \cdot \frac{H_{ug}}{\Sigma v(C)} \% \quad (8)$$

Die Veränderung des Wirkungsgrades beträgt demnach nur 4%, wenn an Stelle von trockenem Holz, trockene Holzkohle verbrannt wird. Für Holz mit einem für Generatorbetrieb in Frage kommenden Feuchtigkeitsgehalt wird dieser Unterschied der Wirkungsgrade noch geringer. Da auch bei kurzer Versuchsdauer die Veränderung der Holzkohlenmenge nur einen kleinen Bruchteil der verbrannten Holzmenge betragen kann, ist der Fehler, der dadurch in der Wirkungsgradberechnung entsteht, sehr klein. Auch die Fehler, die sich aus Ungenauigkeiten in der Gasanalyse, aus dem Staub- und Teergehalt des Gases ergeben können, bleiben in engen Grenzen. Für die vorliegende Untersuchung reicht daher die Ermittlung des Wirkungsgrades aus der Gaszusammensetzung völlig aus. Auch wäre eine wesentliche Verlängerung der Versuchsdauer, wie sie eine genaue Wirkungsgradermittlung durch Brennstoffwägung erfordert hätte, bei dieser Untersuchung nicht gerechtfertigt und tragbar gewesen.

Die vorige Gleichung ermöglicht die Bestimmung der grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Generatorwirkungsgrad und Heizwert des Gases.

Trägt man sich aus einer größeren Zahl von Versuchen zusammengehörige Werte von $\Sigma v(C)$ und H_{gu} auf, so findet man nach Abb. 5, daß $\Sigma v(C)$ zwischen 0,25 und 0,35 liegt und der Heizwert mit zunehmendem $\Sigma v(C)$ ansteigt. Die Punkte liegen in dem durch die beiden Geraden begrenzten Flächenstreifen, die Abhängigkeit ist im Mittel durch die strichpunktierte Gerade gegeben.

Aus dem folgenden Diagramm, Abb. 6, mit H_{gu} und η_g als Ko-

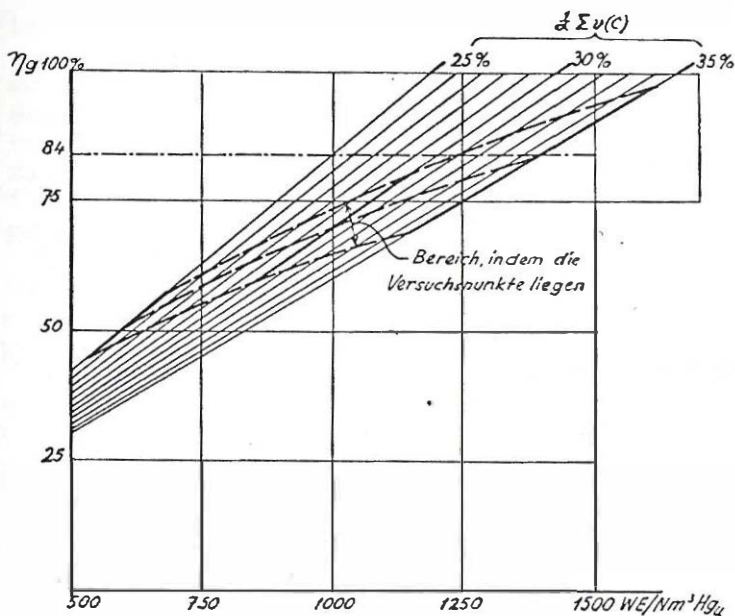


Abb. 6.

Zusammenhang zwischen Gasheizwert und Generatorwirkungsgrad.

ordinaten ergibt sich, daß mit zunehmenden Werten von H_{gu} der Generatorwirkungsgrad ansteigt.

Da der Generatorwirkungsgrad im allgemeinen unter 85% liegt, so liegt beim stationären Betrieb die obere Grenze für den Gasheizwert zwischen 1300 und 1400 WE. Bei wechselndem Betrieb kann er zeitweilig scheinbar höher liegen, da beim Erkalten des Generators Energie sowohl aus dem Brennstoff, wie auch aus dem Wärmehalt des Generators frei werden kann.

II. Die Prüfungsergebnisse.

Für die Verwertung der nachfolgend angeführten Versuchsergebnisse sei im voraus bemerkt, daß Ergebnisse von Generatoruntersuchungen infolge der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten im Brennmaterial, infolge Hohlraumbildung und sonstigen Veränderungen in der Füllung stets innerhalb gewisser Grenzen streuen. Um diese Streuung möglichst klein zu halten, wurde die größte Sorgfalt auf gleichmäßige Versuchsdurchführung und Verwendung von Brennmaterial mit gleichmäßiger Beschaffenheit gelegt.

Die Ergebnisse zeigen wesentliche Verschiedenheiten der einzelnen Generatorbauarten. Die Zusammenhänge zwischen ihnen und der baulichen Gestaltung werden für den Entwurf von Generatoren wertvolle Richtlinien ergeben, insbesondere dann, wenn die geplante Ergänzung der Prüfung durch genaue Untersuchungen der Vorgänge im Innern des Generators durchgeführt worden ist.

Im übrigen wurde grundsätzlich auch mit Rücksicht auf die vorzunehmende Wertung ein Ausgleich zwischen einzelnen Versuchspunkten nicht vorgenommen, sondern die Ergebnisse genau so mitgeteilt, wie sie erhalten wurden.

Die Ergebnisse der Versuche mit normalem Generatorholz, mit Holz von verschiedener Größe und Feuchtigkeit sowie mit Gemischen von Hart- und Weichholz wurden nachfolgend für jeden Generator gesondert dargestellt. Die Anheizzeiten, die Ergebnisse der Untersuchung über den Einfluß von Betriebsunterbrechungen und Belastungsschwankungen sind für alle Generatoren in einem gesonderten Abschnitt zusammengefaßt.

1. Darstellung der Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren.

Generator KS 12 der Kromag, Hirtenberg.

1. Technische Beschreibung (Abb. 7).

Der Generator ist verhältnismäßig hoch gebaut. Der Blechmantel ist im oberen Teil mit einem Schweleinsatz versehen, im unteren Teil mit feuerfesten Steinen ausgekleidet. Die Luftdüsen liegen in der Auskleidung. Die Luft tritt durch zwei Luftklappen in den Generator, von dort in einen ringförmigen Hohlraum zwischen der Auskleidung und dem Blechmantel und von diesem in die Düsen.

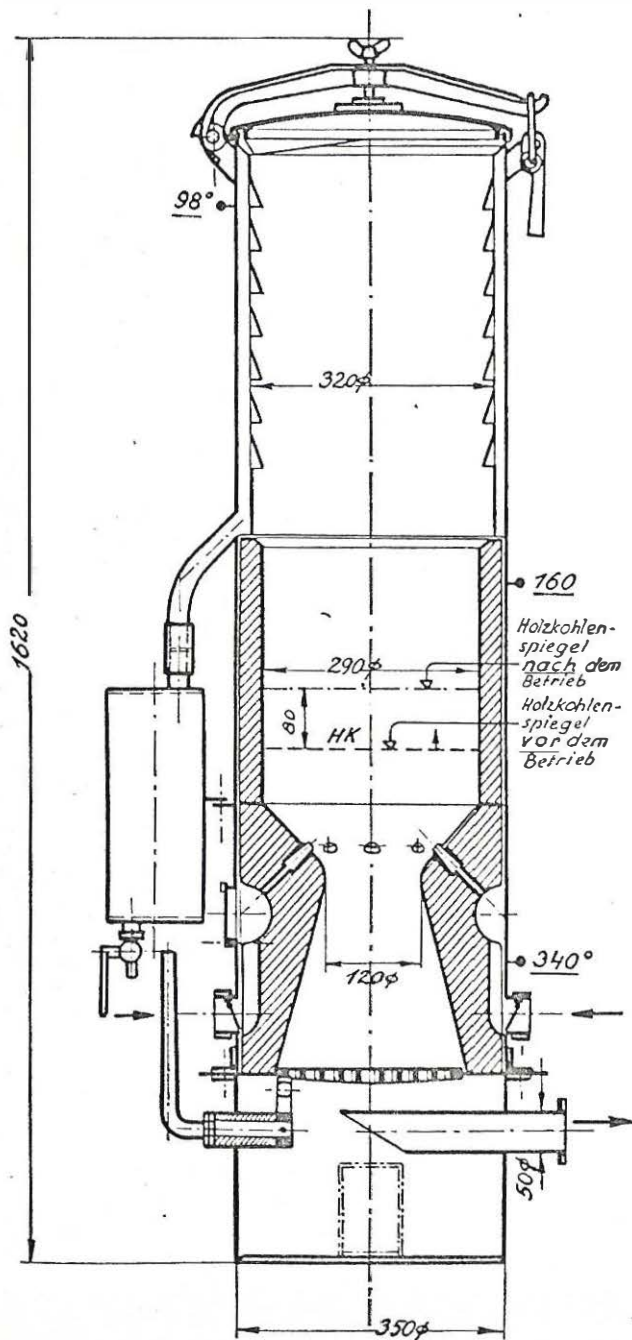


Abb. 7. Kromagenerator KS 12; Schnittzeichnung.

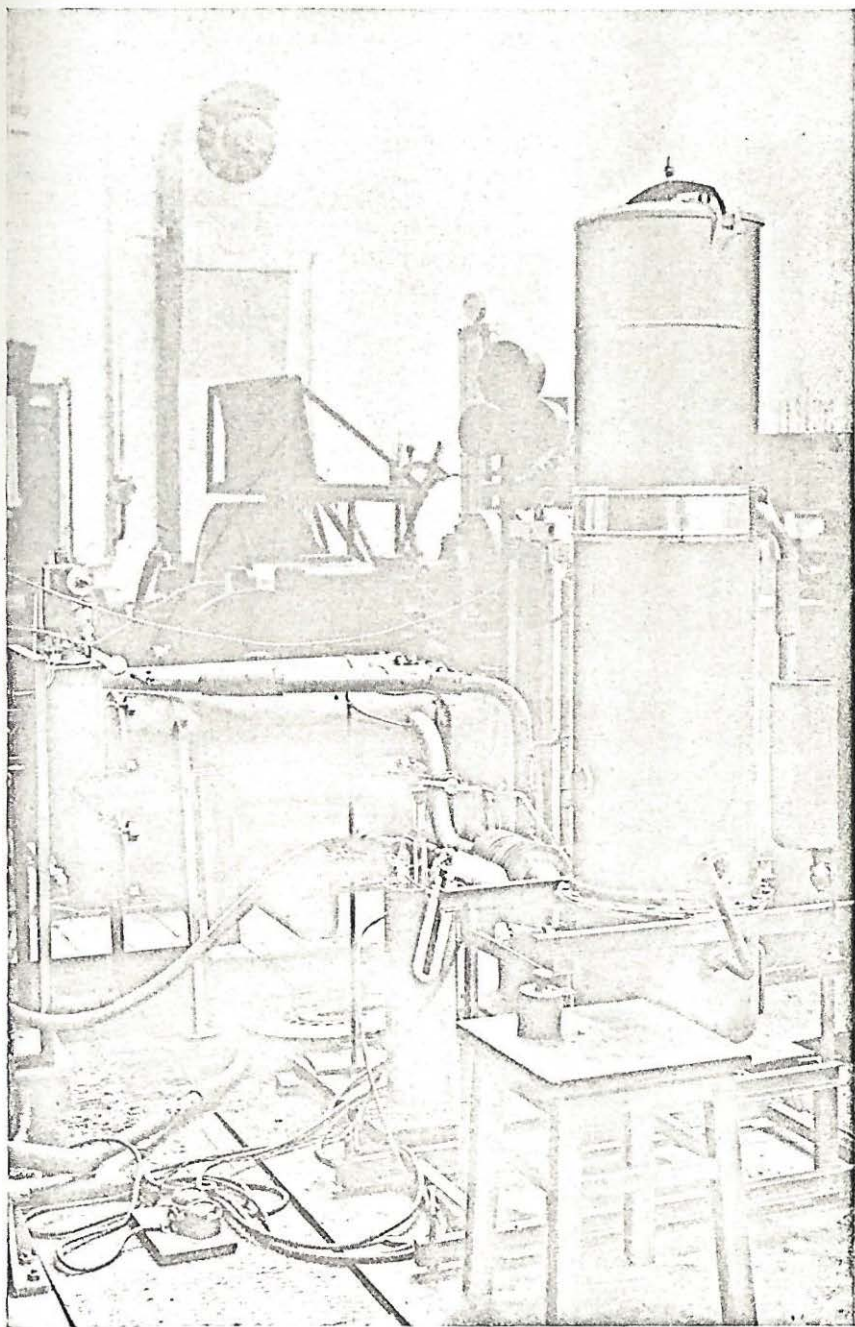


Abb. 8. Kromagenerator KS 12 am Versuchsstand.

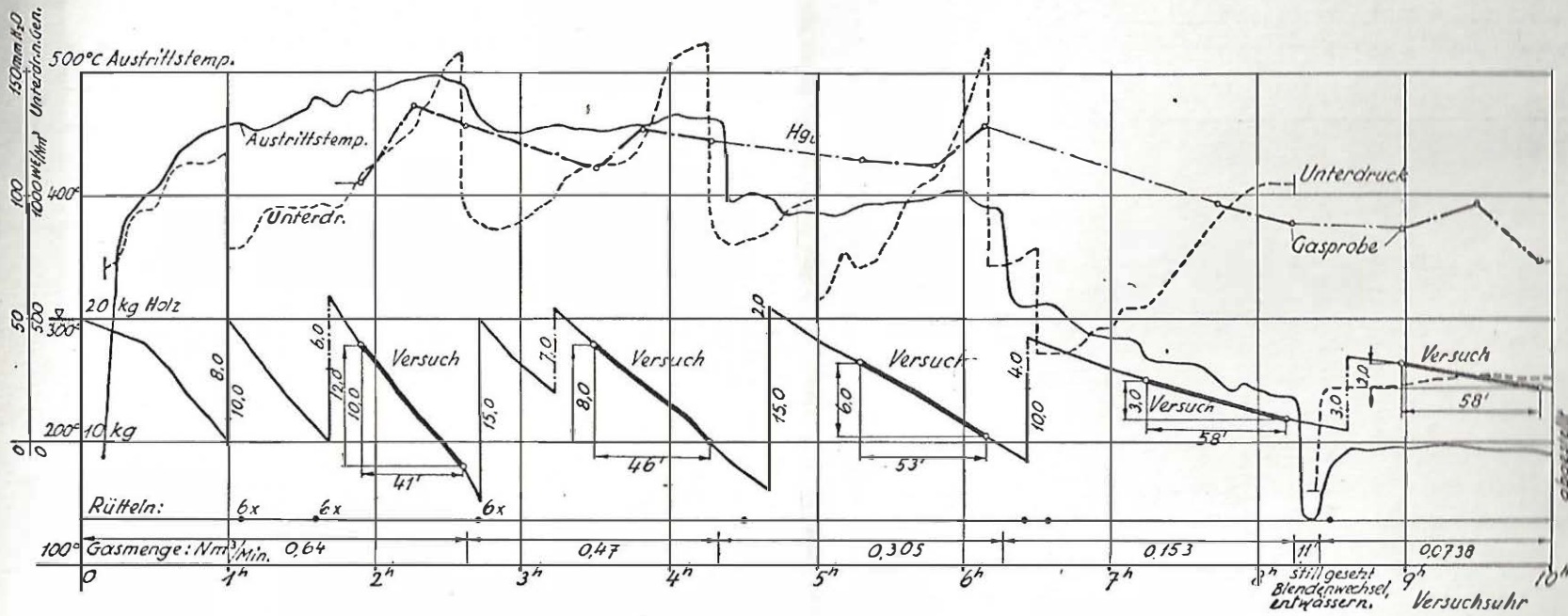


Abb. 9. Kromagenerator KS 12: Buche (6×4×4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Brenndiagramm.

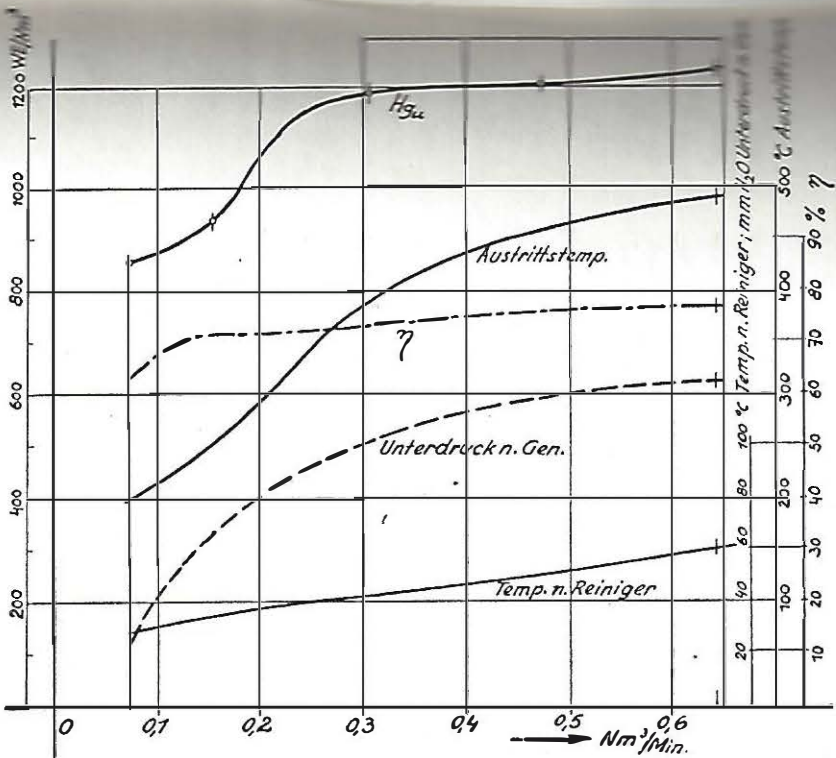


Abb. 10. Kromagenerator KS 12: Buche (6×4×4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator.

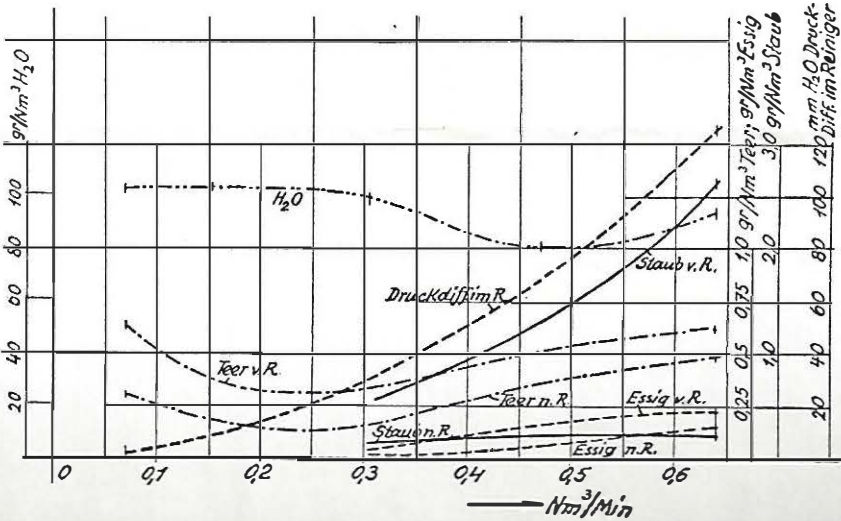


Abb. 11. Kromagenerator KS 12: Buche (6×4×4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure-, Staub- und Wassergehalt.

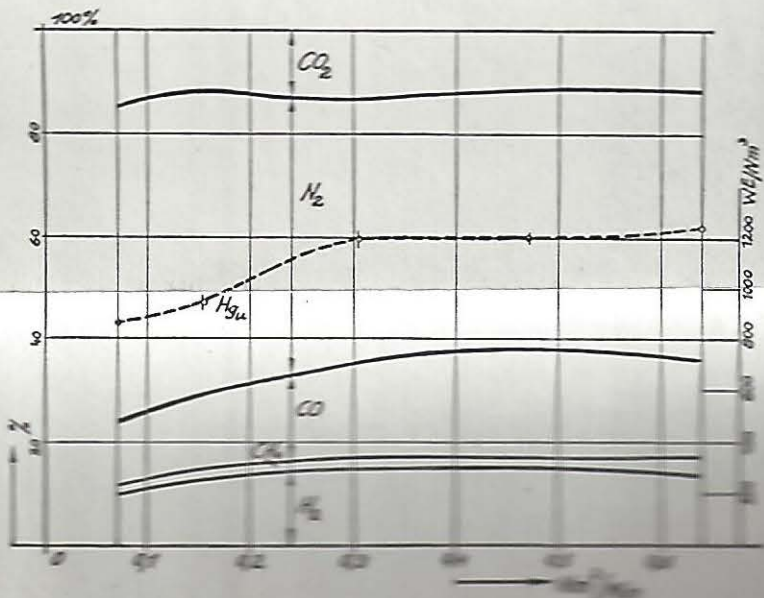


Abb. 12. Kromagenerator KS 12: Buche (6×4×4 cm, 14,9% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung.

Der Schacht ist unten durch einen Rost abgeschlossen, der mittels eines Handgriffes gerüttelt werden kann. Das Gasabzugsrohr mündet in den Raum unter dem Rost.

Das Gas wird in einem Prallblechreiniger mit horizontal liegenden Rohren gereinigt und gekühlt.

Zum Anblasen ist dem Generator ein Handventilator beigegeben, der durch eine Klappe abgeschaltet werden kann.

Abb. 8 zeigt den Generator am Versuchsstand.

2. Prüfungsergebnisse.

a) Hauptversuch mit Buche 6 cm lang, 14,9% Feuchtigkeit.

Abb. 9 zeigt das Brenndiagramm des Hauptversuchs. Die Füllung betrug 20 kg Holz. Nach einem Durchsatz von ungefähr zweimal der halben Füllung war das Temperaturgleichgewicht annähernd erreicht, die Austrittstemperatur genügend konstant geworden und es konnte mit dem ersten Versuch begonnen werden. Während dieses Versuchs (Vollast) wurden 10 kg Holz in 41 Minuten abgebrannt, drei Gasproben entnommen, Teer-, Essig-, Wasser- und Staubgehalt des Gases bestimmt. Nach Beendigung des ersten Versuchs wurde auf die nächste Laststufe umgeschaltet. Das Temperaturgleichgewicht war hier bald erreicht und nach neuerlicher Beschickung des Generators konnte der zweite Versuch mit $\frac{3}{4}$ Last durchgeführt werden. Dabei wurden 8 kg Holz in 46 Minuten verbrannt und wieder die früher genannten Messungen durchgeführt. In ähnlicher Weise wurden die Versuche auch bei den übrigen Laststufen gemacht. Der Generator wurde bei diesen Versuchen vorschriftsmäßig gewartet. Die Bedienungseingriffe (Rütteln) sind aus dem Brenndiagramm entnehmbar. Der in das Brenndiagramm eingetragene Temperaturverlauf beim Gasaustritt ist normal. Der Unterdruck nach dem Generator zeigte jedoch erhebliche Schwankungen, die durch Ungleichmäßigkeiten in der Brennzonen beim Abwärtssinken der Füllung verursacht wurden.

Die Abb. 10, 11 und 12 geben die Ergebnisse der Versuche wieder. Der Heizwert des Gases fällt bei 0,125 m³ Liefermenge unter die 900-WE-Grenze. Der Generator ist daher bis ungefähr ein Fünftel der Vollastmenge verwendbar, hat also einen recht großen Belastungsbereich. Der eigenartige Verlauf der Unterdrucklinie, die bei konstanten Querschnitten und turbulenter Strömung eine nach oben konkave Kurve sein müsste, dürfte seine Ursache in dem Freiblasen der Querschnitte bei den größeren Gasgeschwindigkeiten haben, wodurch der verhältnismäßige

Widerstand des Generators kleiner wird. Das Fortblasen des Staubes bei den größeren Gasgeschwindigkeiten bewirkt ein Ansteigen des Staubgehalts mit der Liefermenge. Im Reiniger wird der Staubgehalt auf einen von der Gasmenge nahezu unabhängigen Wert herabgemindert. Der Gehalt an Essigsäure ist gering, der an Teer auch nicht groß. Die Wirkung des Reinigers auf diese beiden Verunreinigungen des Gases ist nur schwach.

Das Gas weist einen von der Belastung nahezu unabhängigen Methangehalt auf. Der Gehalt an CO verändert sich mit der Belastung stärker als der Wasserstoffgehalt.

Die Hohlraumbildung während der Versuche betrug 0,41 des eingefüllten Brennstoffschüttvolumens.

b) Einfluß der Holzgröße.

Der Holzquerschnitt betrug bei allen Versuchen ungefähr 4×4 cm. Verändert wurde die Holzlänge. Mit Vollast konnte bei 8 cm Holzlänge nicht mehr gefahren werden, da die Hohlraumbildung in der Nähe der Feuerzone ein Verbrennen der Holzkohle bewirkte, wodurch die Reduktion ungenügend und das Gas schlecht wurde. Auch bei Halblast ergab sich, wie Abb. 13 zeigt, ein bedeutender Abfall des Heizwertes. Der Generator ist daher für gröberes Holz unbrauchbar.

Aus Abb. 7 kann man die Ursache des Hängenbleibens der Füllungen unschwer erkennen. Sie liegt in dem vorspringenden Rand der Schamotteauskleidung und im engen Querschnitt des unteren Schachteiles. Dadurch bilden sich Hohlräume in der Feuerzone, wo sie besonders schädlich sind.

c) Einfluß der Holzfeuchtigkeit.

Die Abb. 14 zeigt die Ergebnisse der Versuche mit Buchenholz von 6 cm Länge bei 14,9%, 22% und 30% Feuchtigkeit. Man bemerkt vor allem das Absinken des Gasheizwertes bei zunehmender Feuchtigkeit. Die Austrittstemperaturen und der Teergehalt steigen mit zunehmender Feuchtigkeit an, ebenso der Wasserstoffgehalt. Der Generator arbeitet mit Holz von 30% Feuchtigkeit noch brauchbar. Mit Rücksicht auf den niederen Gasheizwert und den hohen Teergehalt empfiehlt es sich allerdings, im praktischen Betrieb sofeuchtes Holz nicht zu verwenden.

d) Einfluß der Holzart.

Die Ergebnisse einer Versuchsreihe mit einem Gemisch von $\frac{2}{3}$ Buchenholz und $\frac{1}{3}$ Fichtenholz geben die Abb. 15, 16 und 17

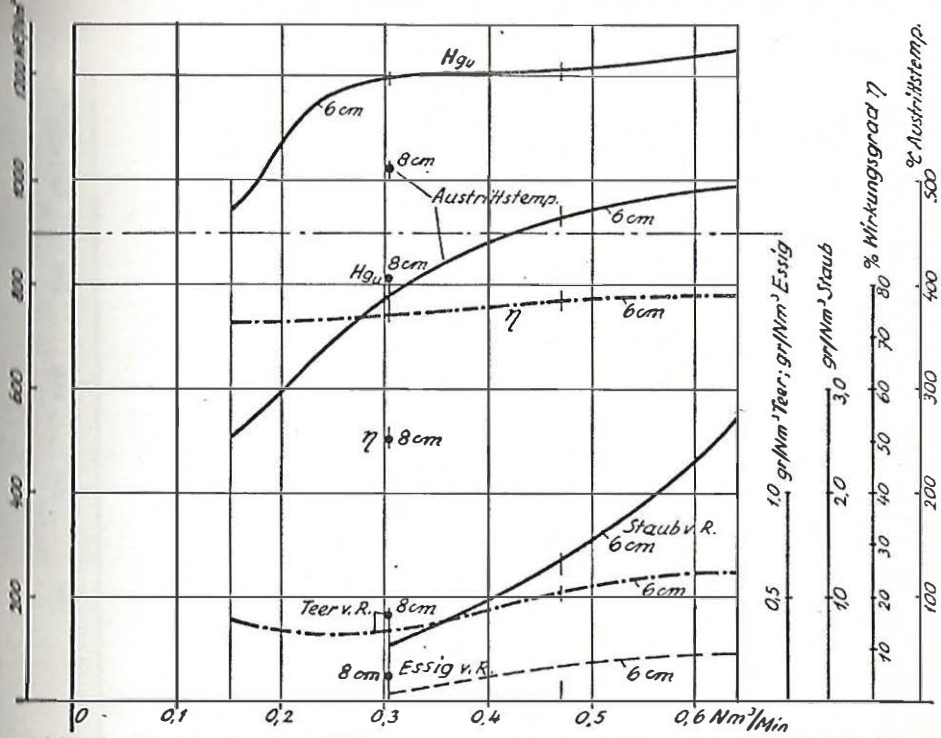
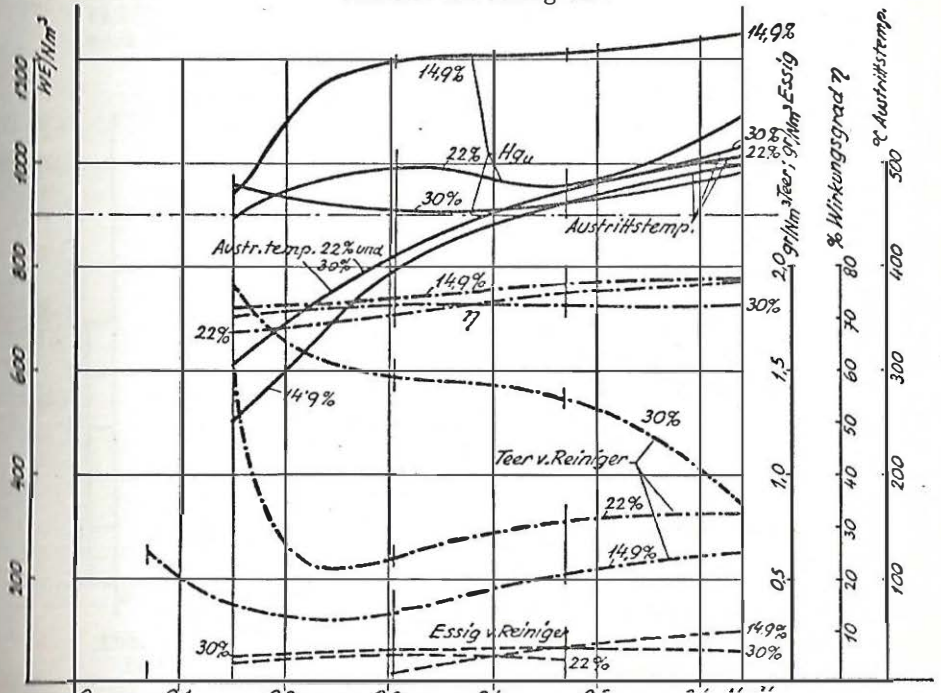


Abb. 13. Kromagenerator KS 12: Buche (6 × 4 × 4 cm, ~ 15% Feuchtigkeit).
Einfluß der Holzgröße.



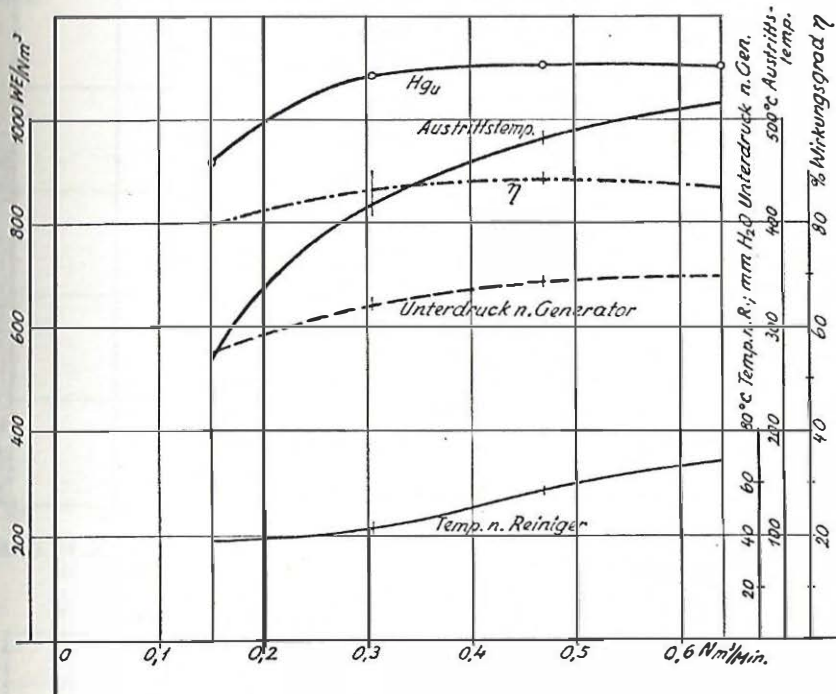


Abb. 15. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte, ($6 \times 4 \times 4$ cm, 14,1% Feuchtigkeit). Gasheizwert, Wirkungsgrad, Gastemperaturen nach Austritt aus Generator und Reiniger, Unterdruck nach Generator.

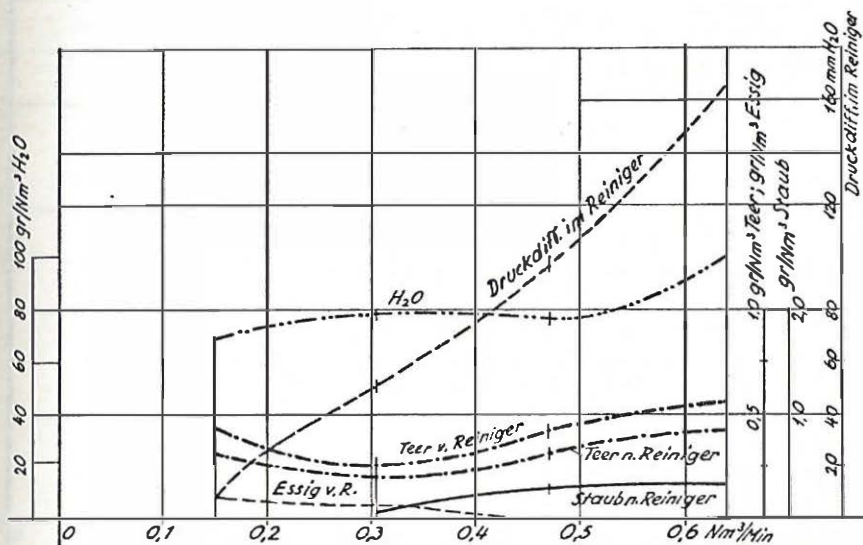


Abb. 16. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte ($6 \times 4 \times 4$ cm, 14,1% Feuchtigkeit). Teer-, Essigsäure, Staub- und Wassergehalt.

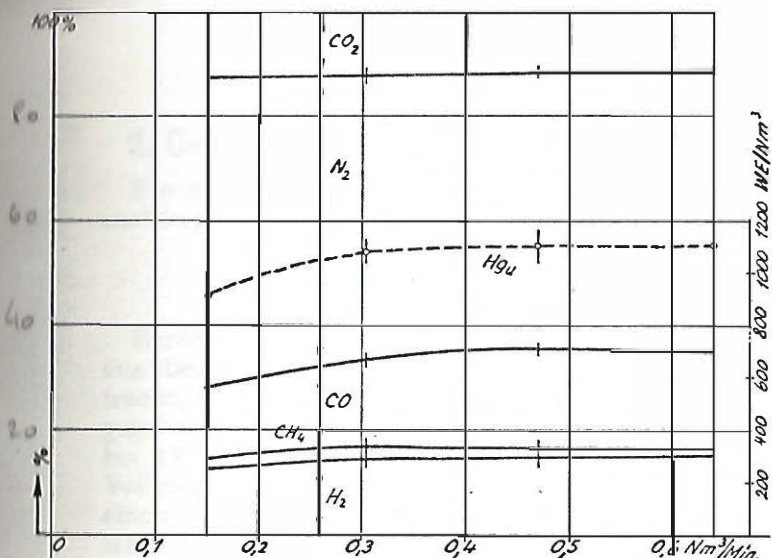


Abb. 17. Kromagenerator KS 12: $\frac{2}{3}$ Buche + $\frac{1}{3}$ Fichte ($6 \times 4 \times 4$ cm, 14,1% Feuchtigkeit). Gaszusammensetzung.

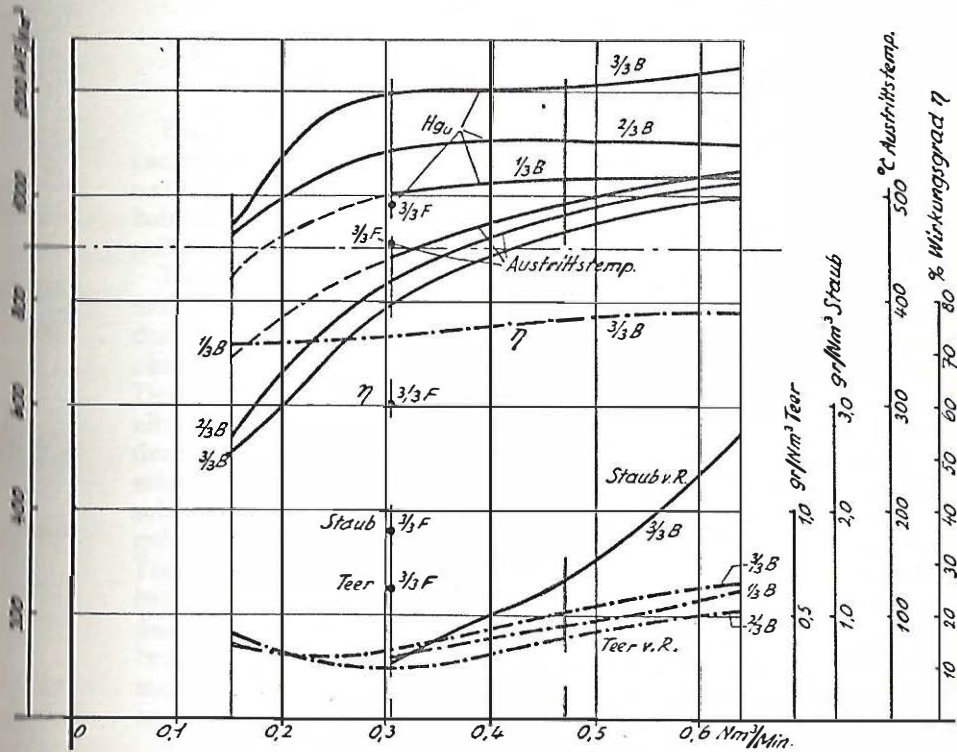


Abb. 18. Kromagenerator KS 12: Einfluß der Holzart ($6 \times 4 \times 4$ cm, ~ 15% Feuchtigkeit).

2. Gesamtdarstellung einzelner Prüfungsreihen.

Die nachfolgende Tafel 3 gibt eine Übersicht über die Versuchsergebnisse dieser Prüfungsreihen.

a) Anheizzeit.

Berücksichtigt man nur die Kleingeneratoren und läßt den aus dieser Reihe fallenden Leobersdorfer Generator außer Betracht, so liegen die Zeiten für das Anheizen mit den beigegebenen Einrichtungen zwischen 8 und 14 Min. und im Mittel bei 12 Min. Ein starker Saugzug von annähernd der halben Vollastgasmenge vergrößert die Anheizzeit. Es gibt demnach einen Saugzug, bei dem sie ihren Kleinstwert erreicht; dieser wäre bei jedem Generator durch Versuch zu ermitteln. Es dürfte dadurch bei manchen Generatoren noch eine Verbesserung der Anheizzeiten erreicht werden können.

b) Ungleichförmigkeit des Gasheizwertes bei Belastungsschwankungen.

Bei Generatoren für Fahrbetrieb wäre auf diese Untersuchung besondere Betonung zu legen. Bei der Prüfung von ortsfesten Generatoren, die im allgemeinen viel gleichmäßiger belastet werden, war es möglich, sich auf eine kurze Versuchsreihe zu beschränken, die in Tafel 1 dargestellt ist.

Der Gasheizwert sinkt nach Übergang von Vollast auf $\frac{1}{4}$ Last, nach einer halben Stunde ganz bedeutend ab. Belastet man den Generator dann wieder voll, so steigt der Heizwert (3. Reihe) ohne jedoch den früheren Vollastwert zunächst zu erreichen. Der Abfall ist wesentlich größer wie bei den Versuchen mit allmählichem Lastübergang. Es wäre wünschenswert, insbesondere bei Fahrzuggeneratoren, das Verhalten bei Belastungsschwankungen durch eingehende Versuche zu untersuchen. Es scheint geraume Zeit zu dauern, bis sich der zu jeder Belastung gehörige Wärmegleichgewichtszustand im Generator einstellt. Die Gasqualität wird sowohl durch die augenblickliche Gaslieferungsmenge, wie durch den augenblicklichen Wärmezustand des Generators beeinflußt und kann gegenüber den Verhältnissen bei Gleichgewicht wesentlich schlechter sein, wenn Liefermenge und Wärmezustand des Generators einander nicht entsprechen.

c) Einfluß von Betriebsunterbrechungen.

Die in Tafel 3 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß die Generatoren selbst nach einer Stunde Stillstand schon nach wenigen Minuten wieder brennbares Gas liefern. Die Unterschiede in den Anblasezeiten sind nicht mehr bedeutend. Bestimmte Zusammenhänge zwischen Bauart und Betriebsbereitschaft lassen sich vorläufig noch nicht feststellen. Am ungünstigsten verhält sich in diesen Belangen der kleine Generator Kromag K 4 infolge der verhältnismäßig großen abkühlenden Oberflächen.

d) Motorbetrieb.

Beim Motorbetrieb wurde bei fast allen Generatoren die gleiche Leistung und annähernd der gleiche Verbrauch erzielt. Ausnahmen machten der Generator Kromag K 4, der für den Motor zu klein und der Leobersdorfer Generator, der für den Motor zu groß war. Die Ergebnisse der motorischen Versuche konnten daher zu einer Wertung der Generatoren nicht benutzt werden. Es sollte

Tafel 3. Anheizzeit, Ungleichförmigkeit, Betriebsunterbrechung.

Generator	Anheizzeit in Minuten		Ungleichförmigkeit			Betriebsunterbrechung				Motorbetrieb $n = 1100$		
	Mit beiegenerer Einrichtung	Mit Ventilator $1/2$ Last	H_{gu} Vollaust WE/Nm ²	H_{gu} nach 30 Min. $1/4$ Last WE/Nm ²	H_{gu} Vollaust WE/Nm ²	Zeit bis Gas brennbar in Minuten				Höchste Leistung PS	Dauerleistung PS	Verbrauch bei Dauerleistung kg/PS · h
						5'	15'	30'	60'			
Kromag KS 12	10	25	1126	691	1082	0	0	0	3	8,2	7,7	0,85
Kromag K 4	14	28	1160	655	1027	0	2	6	8	6,15	5,75	0,886
Hansa, Type „A“	14	20	1106	612	927	0	0	1	4	8,2	7,7	0,82
Danneberg u. Quandt	8	21	1183	836	995	0	0	2	3	8,2	7,7	0,82
Leobersdorfer Maschinenfabriks A.-G.	50	31	1016	905	921	0	0	0	7	6,2	6,0	1,3
Semmler u. Vedder, Type „Anker“	14	22	965	737	970	0	0	3	—	8,1	7,25	0,80

durch den Motorbetrieb nur festgestellt werden, ob sich durch den pulsierenden Ansaugstrom Veränderungen im Betrieb der Generatoren gegenüber gleichmäßigen Ansaugstrom zeigen. Solche Veränderungen konnten bei keinen der untersuchten Generatoren festgestellt werden.

3. Zusammenfassung der technischen Daten und der für die Wertung wichtigsten Prüfungsergebnisse der einzelnen Generatoren.

In der Tafel 4 sind die wichtigsten Abmessungen und Verhältniswerte der untersuchten Generatoren, sowie die für die Wertung wesentlichen Versuchsergebnisse dargestellt.

III. Allgemeine Folgerungen aus den Prüfungsergebnissen.

1. Generator.

a) Grundsätzliche Zusammenhänge.

Der Beschaffenheit der Brennstoffschicht nach kann der Generatorraum in zwei Teile geteilt werden, die durch den Holzkohlenspiegel getrennt sind. Der obere Teil ist mit Holz, der untere Teil mit Holzkohle gefüllt. Selbstverständlich ist die Trennlinie nicht ganz scharf ausgeprägt, immerhin aber beim Entleeren des Generators feststellbar.

Die Einstellung des Holzkohlenspiegels ergibt sich aus den folgenden angeführten Beziehungen. Die untere Entgasungswärme des Holzes ist zwar mit 60 WE positiv, d. h. 1 kg Holz liefert beim Entgasen diese Wärmemenge, infolge des Verdampfens der Feuchtigkeit muß aber bei den praktisch vorkommenden Feuchtigkeitsgehalten stets Wärme aus der Reaktionszone nach dem oberen Teil des Generators geleitet werden. Diese Wärme hat auch die Wärmeverluste zu decken, die allerdings im oberen Teil geringfügig sind, da die von unten längs des Mantels aufsteigende warme Luft ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie der obere Teil des Generators. Die Schichte zwischen der Reaktionszone um die Luftdüsen und dem Holzkohlenspiegel muß die Wärme nach oben leiten. Nimmt man an, daß diese Schicht die Wärmeleitfähigkeit λ , den Querschnitt F und

Tafel 4. Generatordaten.

Anlage			Kromag KS 12	Kromag K 4	Hansa Type „A“	Danneberg & Quandt	Leobersdorf. Maschinen- fabriks A. G.	Summer u. Vedder, Type „Anker“
Schachtdurchmesser in mm			200	315	350/220	315	420	440×340
Schachtquerschnitt cm ²			600	780	960/360	780	1385	1500
GröÙte geförderte Gasmenge V.... Nm ³ /Min (Vollast)			0,04	0,341	0,6	0,71	1,41	0,545
Bei Vollast	Buche	Durchsatz kg/h.....	15	7,5	13	19	36	12
		Durchsatz bezogen auf Schachtquerschnitt kg/m ² .h.....	227	90	362	244	260	80
	Fichte	Durchsatz kg/h.....	—	—	12	15	37	12
		Durchsatz bezogen auf Schachtquerschnitt kg/m ² .h.....	—	—	333	192	267	80
	Querschnitt unmittelbar unter Luftdüsen F... cm ²		113	63,5	346	415	1385	176
	Geschwindigkeit im Querschnitt unter Luftdüsen $\frac{10.000 V}{60 F}$ m/Sek		0,94	0,89	0,29	0,28	0,17	0,52
Verwendbarkeit	Holz- feuchtigkeit	15 ⁰ / ₀	+	+	+	+	+	+
		22 ⁰ / ₀	+	—	+	+	+	+
		30 ⁰ / ₀	+	—	+	+	—	—
	Holz- größe	0 cm.....	+	+	+	+	+	+
		8 cm.....	—	+	+	+	+	+
		11 cm.....	—	+	+	+	+	+
	Holz- mischung	$\frac{2}{3}$ B.	+	+	+	+	+	+
		$\frac{1}{3}$ B.	+	+	+	+	+	+
		$\frac{1}{2}$ B.	+	—	+	+	+	+
		$\frac{2}{3}$ F.	—	—	+	+	—	+
Wirkungsgrad des Generators zwischen $\frac{1}{2}$ Last und $\frac{1}{4}$ Last, Mittel Prozent			75	74	78,6	80	76	74
Hohlraumbildung im Schacht bei 6 cm Holzlänge in Bruch- teilen des Brennstoffschüttvolumens			0,41	0,70	0,33	0,27	0,0303	0,0
Gewicht der Anlage kg			310,9	184,4	198,4	200,0	874,0	229,2
Raumbedarf l×b×h m			2,53 × 1,05 × × 1,66	0,93 × 0,88 × × 1,33	1,4 × 0,5 × × 1,425	2,0 × 0,40 × × 1,5	3,5 × 1,0 × × 2,8	0,80 × 0,66 × × 1,62

die Höhe s hat, und daß der Temperaturunterschied zwischen dem Holzkohlenspiegel und der Reaktionszone Δt beträgt, so ergibt sich die folgende Beziehung:

$$Q + Q_v = F \cdot \Delta t \cdot \frac{\lambda}{s}. \quad (1)$$

Darin ist Q die nach oben geleitete Wärme und Q_v der Verlust durch seitliches Abströmen von Wärme aus dem Schacht zwischen Düsen und Holzkohlenspiegel, der zur Vereinfachung in die Höhe des Holzkohlenspiegels verlegt wurde. Die Temperatur im Holzkohlenspiegel liegt bei zirka 500° . Die Temperatur in der Reaktionszone schwankt etwas mit der Belastung. Ist q die je kg Brennstoff zuzuführende Wärme, B die Brennstoffmenge, die stündlich durchgesetzt wird, so ergibt sich mit

$$Q = B \cdot q \quad (2)$$

die Schichthöhe zwischen Holzkohlenspiegel und dem Düsenquerschnitt aus der Formel

$$s = \frac{\Delta t \cdot \lambda}{q \left(\frac{B}{F} \right) + \left(\frac{Q_v}{F} \right)}, \quad (3)$$

s ist um so größer, je größer Δt , je kleiner die Schachtbelastung und je kleiner der Wärmeverlust durch seitliches Abströmen der Wärme ist.

Zahlenmäßige Ermittlungen lassen sich mit Hilfe dieser Formel nicht machen, da die Unterlagen hierfür noch fehlen. Es soll aber zunächst einmal untersucht werden, ob die Versuchsergebnisse mit der Formel qualitativ im Einklang stehen.

Tafel 5. Höhe des Holzkohlenspiegels.

Generator	s	$\frac{B}{F}$	$\frac{Q_v}{F}$
Kromag KS 12	20 cm	227 kg/m ²	klein
Kromag K 4	10 „	96 „	groß
Hansa, Type „A“	8 „	362 „	mittel
Danneberg u. Quandt	6 „	244 „	groß
Semmler u. Vedder	30 „	80 „	klein

In der Tafel 5 sind Schichthöhe, Querschnittsdurchsatz $\frac{B}{F}$ und eine Schätzung der Größenordnung der Wärmeverluste angegeben. Die Beurteilung der letzteren ermöglichen die Schnittzeichnungen. Der Generator Kromag K 4 hat hohen Wärme-

verlust infolge des Fehlens jeglicher Isolierung und der kleinen Abmessungen. Auch der Generator von Danneberg & Quandt hat wegen fehlender Isolierung größere Wärmeverluste. Mittlere Verluste hat der Hansa-Generator, da hier die Ausmauerung durch Luft außen gekühlt wird. Kleine Verluste hat der Generator Kromag KS 12, da die Ausmauerung außen nur von ruhender Luft berührt wird und der Generator von Semmler & Vedder, bei dem der untere Teil des Schachtes außen von heißem Gas umströmt wird.

Wie nach der Formel zu erwarten war, zeigt der Generator von Semmler & Vedder die höchste Spiegellage, da kleiner Querschnittsdurchsatz und kleine Wärmeverluste zusammen kommen. Der Generator von Danneberg & Quandt hat die tiefste Spiegellage, da ein hoher Querschnittsdurchsatz und große Wärmeverluste zusammenfallen. Die übrigen Generatoren fügen sich in die Reihe ein. Der Leobersdorfer Generator bleibt bei dieser wie bei den folgenden Betrachtungen außer Berücksichtigung, da bei ihm der Holzkohlenspiegel nicht festgestellt werden konnte und er außerdem von der üblichen Bauart der Kleingaserzeuger etwas abweicht. Aus vorstehender Tafel 5 sieht man, daß die Überlegungen im allgemeinen durch die Versuchsergebnisse bewiesen wurden.

b) Vergleichsgrößen. -

In dem mit Holzkohle erfüllten Raum finden zwei Arten von Vorgängen statt, die Vergasung der Holzkohle und die Zersetzung des Teers und der Essigsäure. Durch die Düsen tritt Luft ein und verbrennt die Holzkohle. Das entstehende Kohlendioxyd wird in den weiter unten liegenden Schichten zum Teil zu Kohlenmonoxyd reduziert. Gleichzeitig wird der Wasserdampf, der vom oberen Teil des Generators kommt, zum Teil zersetzt und dadurch weitere Wärme gebunden. Bei gleicher Temperatur hängt, wie Versuche gezeigt haben, der Grad der Umsetzung, die Annäherung an das chemische Gleichgewicht, das gegenüber dem festen Kohlenstoff nicht erreicht wird, von der Reaktionszeit T ab. Diese wird daher eine charakteristische Zahl für den Generator sein.

Setzt man die Versperrung der Querschnitte durch die Holzkohlenfüllung mit μ und bezeichnet mit τ einen Faktor, der die Volumsvergrößerung des Gases infolge der gegenüber dem Normalzustand höheren Temperatur angibt, so ist

$$\frac{ds}{dt} = \frac{V \cdot \tau}{F \cdot \mu} \quad (1)$$

die Gasgeschwindigkeit und daher

$$dt = \frac{F \cdot \mu}{V \cdot \tau} \cdot ds \quad (2)$$

und

$$T = \frac{\mu}{V \cdot \tau} \int F \cdot ds. \quad (3)$$

Nun ist $\int F \cdot ds$ gleich dem Volumen des Vergasungsraumes = R . Es ist daher

$$T = \frac{\mu}{\tau} \cdot \frac{R}{V} = k \cdot \frac{R}{V} \quad (4)$$

oder

$$\frac{T}{k} = \frac{R}{V} \quad (5)$$

eine Ähnlichkeitszahl, die bei gleicher Versperrung durch die Schicht und bei gleichen Temperaturen im Generator die gleiche Güte der Reduktion ergibt.

Eine Untersuchung der Holzkohle nach den Versuchen ergab bei allen Generatoren eine fast vollständige Übereinstimmung in der Größenzusammensetzung der Holzkohlenteilchen. Die Abb. 73 zeigt diese für die einzelnen Generatoren. Man sieht, daß der größte Teil der Holzkohle, die anfänglich auf Nußgröße zerkleinert und gesiebt wurde, Korngrößen von 10 bis 20 mm hat. Es kann daher mit einer gleichen Versperrung bei allen Generatoren gerechnet werden.

Tafel 6. Verhältniszahlen für die Reaktionszeit der Vergasung.

Generator	R	V	$\frac{R}{V}$
Kromag KS 12	8,0 l	10,7 l/sek	0,75
Kromag K 4	5,4 „	5,7 „	0,95
Hansa, Type „ Δ “	13,9 „	10,0 „	1,39
Danneberg u. Quandt	13,2 „	11,8 „	1,12
Semmler u. Vedder	5,0 „	9,1 „	0,55

Ermittelt man nun die Ähnlichkeitszahl $\frac{R}{V}$, so ergeben sich, wie die Tafel 6 zeigt, Werte zwischen 0,55 und 1,39. Dabei ist das Reaktionsvolumen von der Ebene der Luftdüsen bis zum Rost und bei den Generatoren, die keinen solchen haben, bis zur Umkehr des Gasstromes, also dem Ende des Schachtteiles gerechnet, was allerdings einer gewissen Willkür nicht entbehrt. Man sieht, daß das Verhältnis $\frac{R}{V}$ im allgemeinen um 1 liegt. Nur der Generator von Semmler & Vedder

hat einen viel kleineren Wert von 0,55. Betrachtet man die Heizwertkurven in Abb. 74, so sieht man, daß bei diesem Generator ein sehr rascher Abfall des Gasheizwertes bei kleinen Belastungen beobachtet werden kann. Die verminderte Temperatur in der

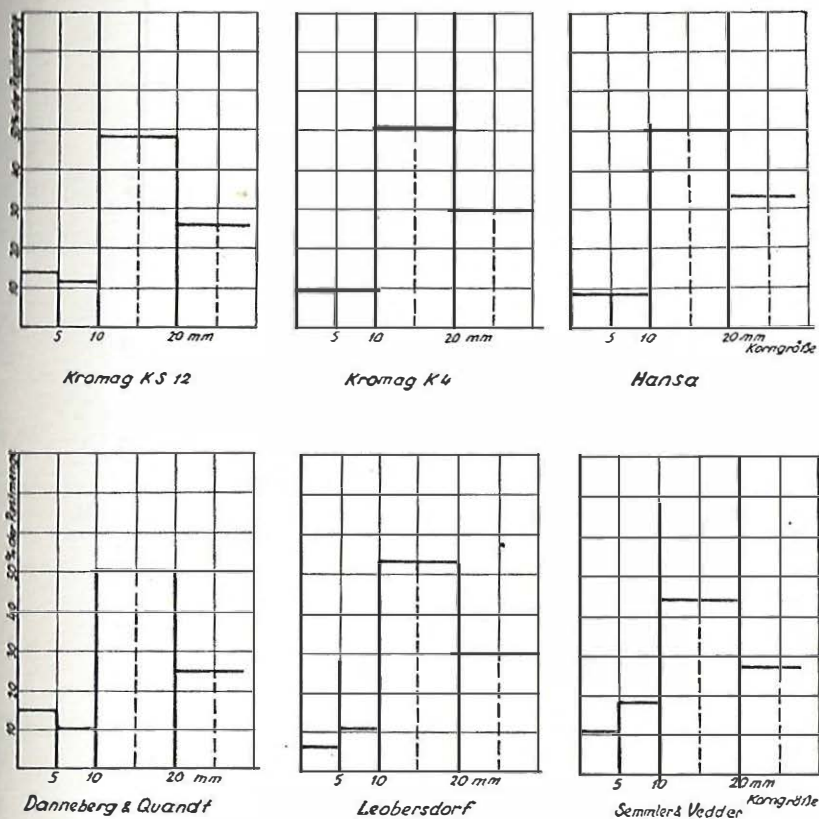


Abb. 73. Korngröße der Holzkohlenfüllung

Reaktionsschicht erfordert zur Erzeugung eines Gases von genügendem Heizwert eine größere Reduktionszeit, als sie der in dieser Beziehung sehr knapp bemessene Generator hat. Beim Generator Kromag KS 12 ist die Reaktionszeit etwas größer, aber unter dem Durchschnitt. Hier scheinen jedoch die günstigen Isolationsverhältnisse durch die kräftige Ausmauerung die Temperaturen in der Reaktionszone auch bei kleinen Belastungen hoch zu halten. Dadurch verläuft die Reduktion rasch und es genügt eine kleine Reduktionszeit.

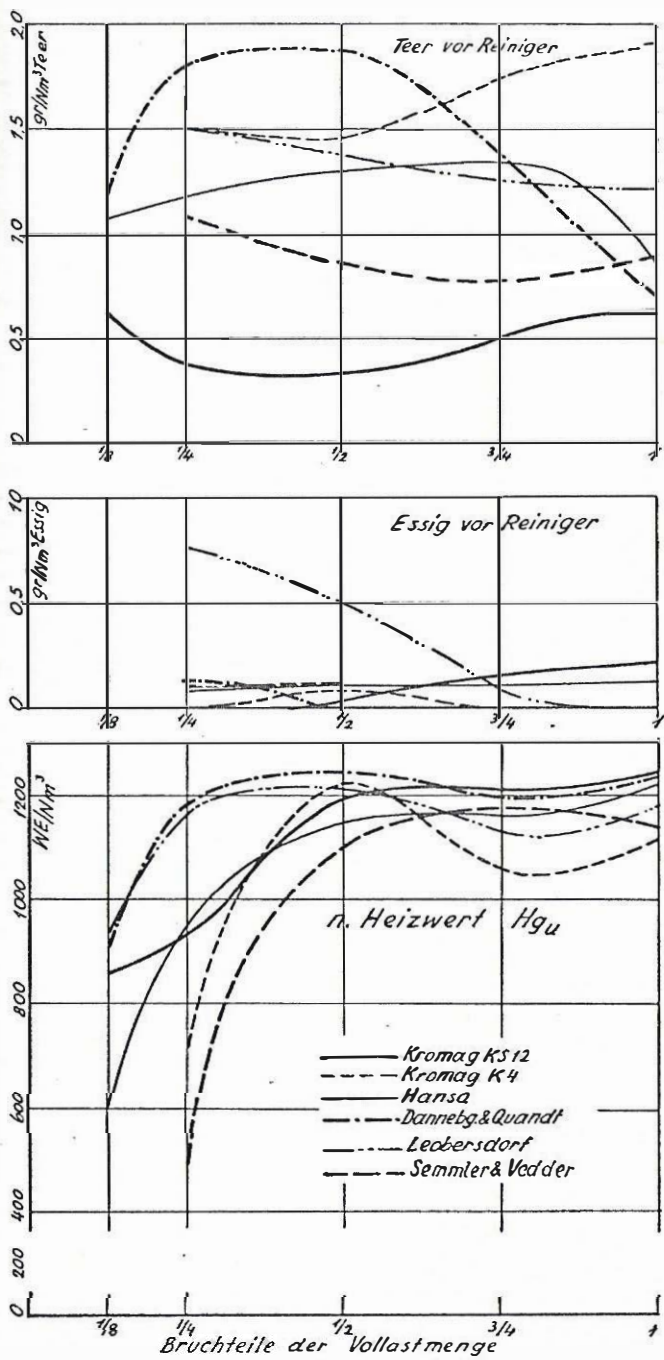


Abb. 74. Heizwerte, Teer- und Essigsäuregehalte der untersuchten Generatoren

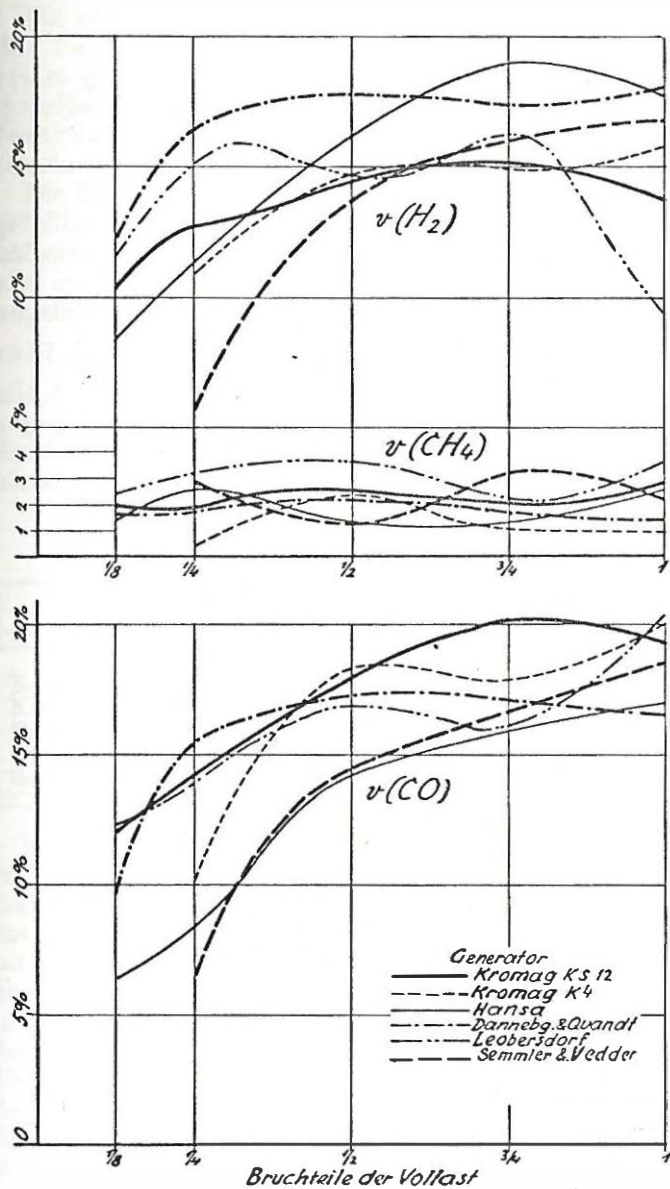


Abb. 75. Gaszusammensetzung der untersuchten Generatoren

Die zweite Gruppe von Vorgängen besteht in der Zersetzung des Teers und der Essigsäure, die im oberen Teil des Generators gebildet werden. Der Gehalt an Essigsäure ist im allgemeinen sehr klein, wir wollen daher nur die Verhältnisse in bezug auf den Teergehalt des Generatorgases beim Hauptversuch (Buche 6 cm, ~ 15% Feuchtigkeit) untersuchen.

Die Zersetzung des Teers erfolgt im gesamten mit Holzkohle gefüllten Raum. Auch hier wird es bei gleichen sonstigen Verhältnissen auf die Reaktionszeit ankommen. Da das Schwelgas und in diesem der Teergehalt zum Gesamtgasvolumen in einem ungefähr konstanten Verhältnis stehen wird, ist die Verhältniszahl $\frac{K}{V}$ für die Reaktionszeit maßgebend. Darin ist mit K der Raum vom Holzkohlenspiegel bis zu der früher angegebenen unteren Grenze (bis zum Rost bzw. bis zur Umkehr des Gasstromes) bezeichnet. In der Tafel 7 sind diese Verhältniszahlen verzeichnet.

Tafel 7. Verhältniszahlen für die Reaktionszeit der Teerzersetzung.

Generator	K	V	$\frac{K}{V}$
Kromag KS 12	19,0 l	10,7 l/sek	1,78
Kromag K 4	8,9 „	5,7 „	1,56
Hansa, Type „A“	16,7 „	10,0 „	1,67
Danneberg u. Quandt	16,0 „	11,8 „	1,35
Semmler u. Vedder.....	41,0 „	9,1 „	4,50

Vergleicht man die durchschnittlichen Teergehalte des Gases in Abb. 74 mit diesen Werten, so findet man eine ähnliche Reihung wie bei den Verhältniszahlen. Den höchsten Teergehalt hat der Generator von Danneberg & Quandt, dann folgt der Generator Kromag K 4, dann der Hansa-Generator. Nur die beiden letzten, d. i. der Generator Kromag KS 12 und der Generator von Semmler & Vedder liegen nicht in der Reihe, wohl deswegen, weil bei diesen das Holzkohlenvolumen überwiegend über der Düse liegt, wo die Temperatur noch nieder ist, die Zersetzung daher nur unvollkommen erfolgen kann. Bei dem Generator Kromag KS 12 dürfte die gute Isolierung der Reaktionszone deren Temperatur heben und die Teerzersetzung beschleunigen. Es dürfte im allgemeinen richtig sein, die Verhältniszahl $\frac{K}{V}$ über 1,75 zu halten.

Gegen eine zu reichliche Bemessung der Räume R und K spricht das Absinken der Temperatur in diesen infolge der bei sonst gleichen Verhältnissen mit der Größe der Räume steigenden Wärmeverluste. Die Räume werden um so größer gemacht werden können, je besser sie von Wärmeverlusten geschützt sind. Je größer sie aber bei gleichbleibender Temperatur sind, desto

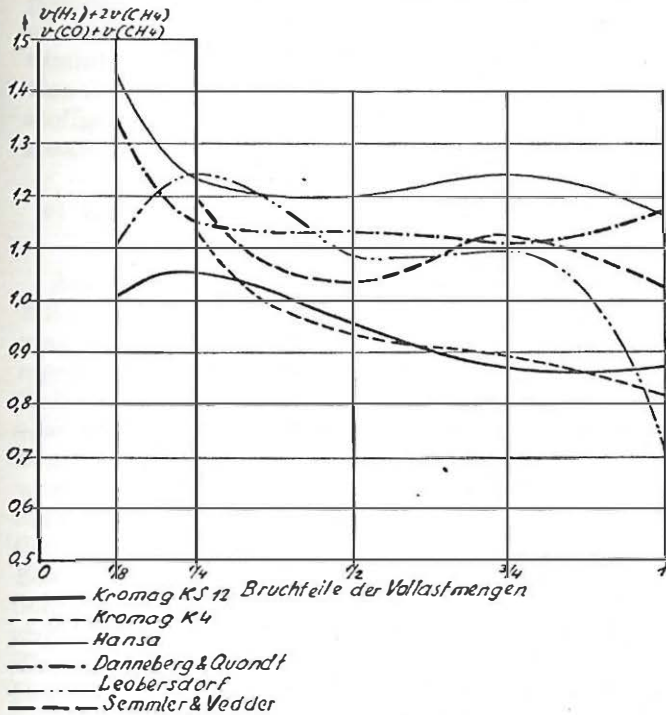


Abb. 76. Verhältnis der Wasserstoff- und Kohlenstoffmoleküle im Gas der untersuchten Generatoren

vollkommener erfolgt die Reduktion des Gases und die Zersetzung der Teer- und Essigsäuredämpfe. Es wird noch näherer Untersuchungen, verbunden mit Temperaturmessungen im Innern des Generators, bedürfen, bevor es möglich sein wird, diese Abhängigkeit zahlenmäßig zu erfassen.

Einen Vergleich der Zusammensetzung des Gases bei den verschiedenen Generatoren während der Hauptversuche mit Buchenholz ermöglicht die Abb. 75. Man sieht, daß der Methan-gehalt des Gases sich mit der Belastung nach keiner bestimmten Gesetzmäßigkeit ändert, sondern im Durchschnitt gleich bleibt.

Der Wasserstoff- und der Kohlenmonoxydgehalt nehmen entsprechend der Verminderung des Heizwertes mit abnehmender Belastung ab. Das Verhältnis der Moleküle von Wasserstoff und Kohlenstoff im brennbaren Teil des Gases ist durch

$$\frac{v(\text{H}_2) + 2v(\text{CH}_4)}{v(\text{CO}) + v(\text{CH}_4)}$$

gegeben und in Abb. 76 dargestellt. Man sieht, daß der verhältnismäßige Wasserstoffgehalt mit abnehmender Belastung zunimmt. Die Verhältniswerte liegen meist zwischen 0,9 und 1,2, Gas von Generatoren mit Schwelmantel weist geringeren Wasserstoffgehalt auf. Sonstige Zusammenhänge zwischen Gaszusammensetzung und Konstruktion haben sich nicht ergeben.

c) Einfluß von Holzgröße, Holzfeuchtigkeit und Holzart.

Aus der Tafel 4 ist zu ersehen, daß nur der Generator Kromag KS 12 Holz von mehr als 6 cm Länge nicht zu verarbeiten vermag. Die Gründe wurden bei der Besprechung der Versuchsergebnisse angeführt. Allgemein kann gesagt werden, daß der Schacht zur Vermeidung von Hohlräumbildung glatt, also ohne Vorsprünge ausgeführt werden soll. Es muß insbesondere eine Hohlräumbildung in der Feuerzone vermieden werden, aber selbst Hohlräume im oberen Teil des Generators sind, wenn sie auch die Gaslieferung nicht wesentlich beeinflussen, doch unangenehm, da sie das lästige Nachstochern beim Beschicken des Generators notwendig machen. Abgesehen von den Belästigungen des Bedienungspersonals durch den ausströmenden Rauch, ist mit dem Öffnen des Deckels und dem Eindringen von Luft in den oberen Teil des Generators eine Heizwertverminderung des Gases verbunden, die um so größer ist, je länger der Deckel offen bleibt. Sie kann auch den Motorbetrieb störend beeinflussen.

Die Versuchsergebnisse mit stark feuchtem Holz ergaben bei allen Generatoren eine Verminderung des Gasheizwertes mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt. Ist dieser schon im Betrieb mit Holz von normaler Feuchtigkeit nieder und daher der Leistungsbereich für genügend heizwertreiches Gas klein, so wird er bei zunehmender Holzfeuchtigkeit noch weiter eingeengt und der Generator bei größeren Feuchtigkeitsgehalten des Holzes unbrauchbar. Der Generator Kromag K 4 und der Generator von Semmler & Vedder ergaben in dieser Beziehung ungünstigere Resultate als die übrigen. Insbesondere Kromag K 4

war wegen seiner relativ großen Wärmeverluste sehr feuchtigkeitsempfindlich und nur mit trockenem Holz zu betreiben.

Die Eignung eines Generators für Weichholzbetrieb hängt wahrscheinlich ausschließlich von der Holzkohlenachbildung ab. Es muß eine genügend große Reduktionsschicht erhalten bleiben. Ein Vergleich der Geschwindigkeiten im Querschnitt unter den Luftdüsen mit der Eignung für Weichholzbetrieb zeigt, daß die Generatoren, die geringe Gasgeschwindigkeiten haben, für Weichholz geeignet sind, während Kromag KS 12 und K 4 mit den zwei- bis dreimal höheren Geschwindigkeiten als bei den für Weichholz geeigneten Generatoren für Weichholzbetrieb unbrauchbar waren. Es kann daraus mit ziemlicher Sicherheit gefolgert werden, daß die Gasgeschwindigkeit im Düsenquerschnitt ein Kriterium für die Eignung zum Weichholzbetrieb darstellt, wenn auch eine eindeutige Erklärung für die Ursache dieses Verhaltens ohne genaue Untersuchungen der Vorgänge im Innern des Generators gegenwärtig noch nicht gegeben werden kann. Vermutlich bewirkt höhere Geschwindigkeit des Gasstromes einen zu starken Zerfall der Weichholzkohle, die viel weniger fest wie die Hartholzkohle ist.

Die vorstehend angegebenen Zusammenhänge werden beim Entwurf von Kleingeneratoren mit Vorteil benutzt werden können.

2. Reiniger.

Der Reiniger einer Sauggasanlage hat die Verunreinigung des Gases auszuschleiden und das Gas zu kühlen.

Bei den untersuchten Generatoren waren drei Bauarten von Reinigern in Verwendung. Stoßreiniger mit Prallblechen und mit Raschigringen und ein Naßreiniger der üblichen Bauart mit überrieselter Koksfüllung.

Allgemein kann gesagt werden, daß keine dieser Bauarten den Teer- und die Essigsäure — wenn letztere vorhanden war — aus dem Gas vollständig oder auch nur zum größten Teil entfernen konnte. Selbst nach dem Naßreiniger blieb ein Teergehalt von zirka $0,8 \text{ g/Nm}^3$ im Gas.

Die Ausscheidung des Staubes hingegen war wesentlich besser. In der Wirkung zeigten Reiniger mit Raschigringen und solche mit Prallblechen keine wesentlichen Unterschiede.

Von den Stoßreinigern mit Prallblechen war der des Generators Kromag K 4 am besten. Die Strömungsgeschwindigkeit im vollen Reinigerquerschnitt ist hier $0,1 \text{ m/sek}$, wesentlich geringer als bei den Reinigern des Generators Kromag

KS 12 und des Generators von Semmler & Vedder, wo sie 0,35 m/sek beträgt. Die Unterschiede in der Wirkung dieser beiden Reiniger dürfte in der verschiedenen Rohrzahl, vielleicht auch in der verschiedenen Ausführung der Prallbleche liegen. Abb. 77 zeigt die Ausführung der Prallbleche bei den drei Reinigern.

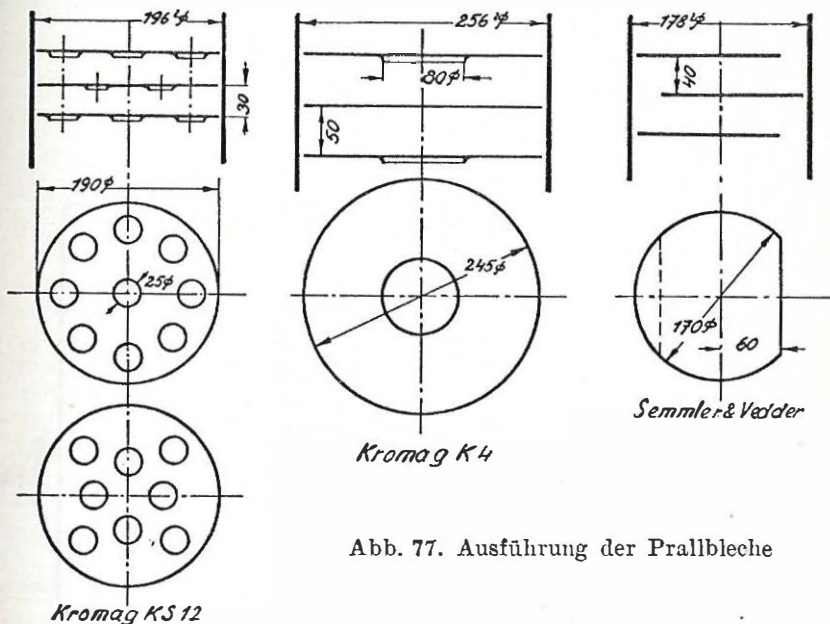


Abb. 77. Ausführung der Prallbleche

Die Stoßreiniger mit Raschigringen zeigen die Abb. 78 und 79. Das Innere des Reinigers des Hansa-Generators war nicht zugänglich, daher konnte nicht festgestellt werden, wodurch das hohe Druckgefälle verursacht wird. Es scheinen stark einengende Querschnitte vorhanden zu sein, durch die sich wesentlich größere Gasgeschwindigkeiten ergeben, wie beim Reiniger des Generators von Danneberg & Quandt. Wahrscheinlich ist die verschiedene Wirkung durch diesen Unterschied der Gasgeschwindigkeiten bedingt.

Am besten reinigte die Naßanlage des Leobersdorfer Generators, Abb. 80, allerdings erfordert sie großen baulichen Aufwand.

Die Kühlwirkung des Reinigers ergibt sich aus dem Unterschied der Gastemperaturen vor und nach dem Reiniger. Berechnet man die Wärmeübergangszahl aus dem arithmetischen Mittel der Gastemperaturen und der Außentemperatur nach der Gleichung

$$V_{st} (J_1 - J_2) = K \cdot F \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_a \right),$$

worin V_{st} das stündliche Gasvolumen, J_1 und J_2 die Wärmeinhalte des Gases beim Ein- und Austritt, F die Reiniger-

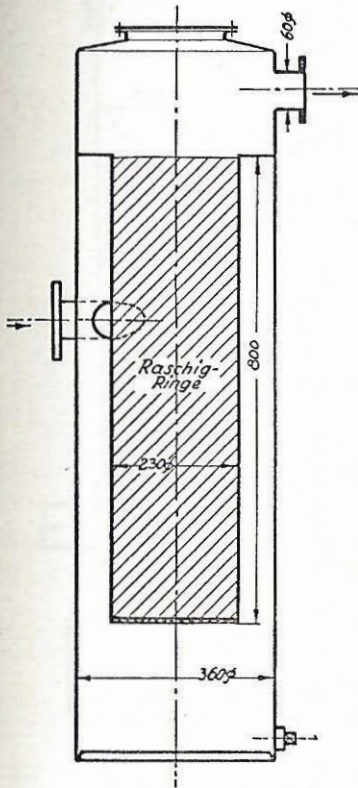


Abb. 78. Reiniger des Hansa-Generators.

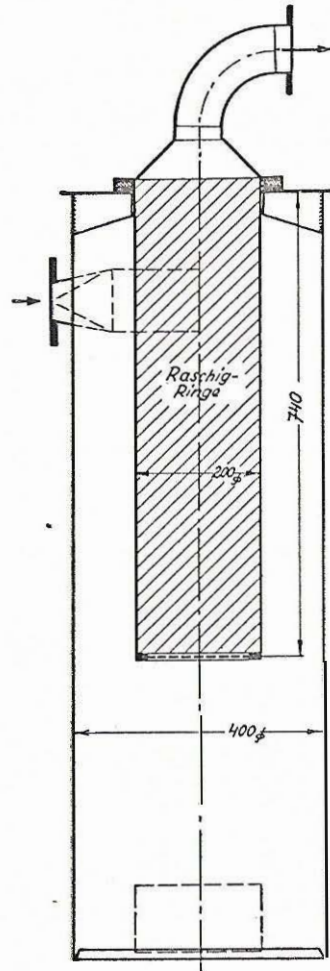


Abb. 79. Reiniger des Generators von Danneberg & Quandt.

oberfläche in m^2 , t_1 und t_2 die Gastemperaturen beim Ein- und Austritt und t_a die Außentemperatur ist, so erhält man

nach Tafel 8 Werte von 6,8 bis 11 WE/m² · h · °C bzw. einen Mittelwert der Wärmeübergangszahl K von 8,5 WE/m² · h · °C bei ruhender Luft. Auf gute Kühlung des Gases durch den

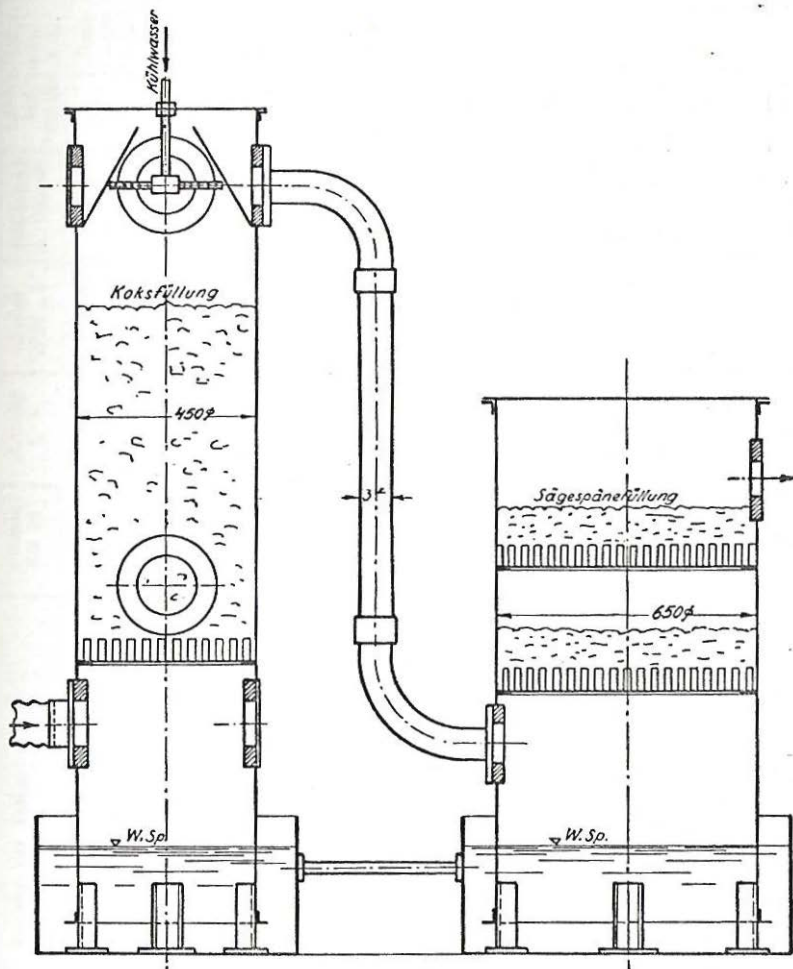


Abb. 80. Reiniger des Leobersdorfer Generators.

Reiniger ist besonderes Gewicht zu legen. Die Reiniger des Hansa- und des Generators von Danneberg & Quandt sind in dieser Hinsicht ungenügend durchgebildet, da sie Gasaustrittstemperaturen von 163° und 137° ergeben, wodurch beim Motor-

Tafel 8. Reinigerdaten.

Reiniger der Anlage	Kromag KS 12	Kromag K 4	Hansa Type „A“	Danneberg u. Quandt	Leobersdorfer Maschinen- fabriks A. G.		Semmler u. Vedder
	Stoßreiniger Prallbleche	Stoßreiniger Prallbleche	Stoßreiniger Raschig- ringe	Stoßreiniger Raschig- ringe	Koks naß	Holz- wolle trocken	Stoßreiniger Prallbleche
Durchmesser in mm	198	265	350	400	450	650	180
Anzahl der Rohre	6	2	1	1	1	1	4
Länge der Rohre in mm	990	1275	1300	1220	1220	1100	1000
Anzahl der Prallbleche in einem Rohr	15	12	—	—	—	—	26
Größe der mit Raschigringen erfüllten Raumes Geschwindigkeit im unverengten Querschnitt in m/sek	—	—	230 × 800	200 × 740	—	—	—
Teer vor Reiniger in g/Nm ³	0,35	0,10	—	—	—	—	0,35
Teer nach „ „ g/Nm ³	0,62	1,9	0,86	0,7	1,2	—	0,88
Teer nach „ „ g/Nm ³	0,48	0,4	0,51	0,33	—	0,86	0,80
Essig vor „ „ g/Nm ³	0,21	0,0	0,11	0,0	—	0,0	0,0
Essig nach „ „ g/Nm ³	0,15	0,0	0,078	0,0	—	0,0	0,246
Staub vor „ „ g/Nm ³	2,64	1,008	1,872	1,73	—	0,793	2,285
Staub nach „ „ g/Nm ³	0,19	0,15	0,43	0,21	—	0,093	0,43
Gesamtoberfläche in m ²	4,06	2,34	1,62	1,79	—	—	2,37
Größte Gasmenge Vollast V in Nm ³ /Min...	0,64	0,341	0,6	0,71	—	1,41	0,545
Druckdifferenz mm H ₂ O, Druckabfall im Reiniger	127	14	152	41	—	17	78
Temperatur vor Reiniger t ₁ °C	496	388	432	443	—	420	515
Temperatur nach Reiniger t ₂ °C	62	57	163	137	—	18	91
$\frac{t_1 + t_2}{2} = t_g$ °C	279	223	299	290	—	219	303
Außentemperatur (Raumtemperatur) t _a °C	30	23	24	26	—	22	23
t _g — t _a	249	200	275	264	—	197	280
$\sqrt[3]{V_{st}(J_1 - J_2)}$	WE	WE	WE	WE	—	—	WE
Wärmeübergangszahl K = WE/m ² · h · °C	7,6	6,8	8,8	11,0	—	—	8,3

betrieb ein stärkerer Leistungsabfall verursacht werden kann; dieser ergab sich bei den Versuchen infolge der längeren Leitungen zwischen Reiniger und Motor allerdings nicht.

Die gute Kühlwirkung des Naßreinigers, die allerdings nicht nur mit größeren baulichen, sondern auch mit größeren Betriebsaufwand erkauft ist, bedeutet einen besonderen Vorzug dieser Bauart.

Durch den Vergleich der Reinigerbauarten mit ihrer Wirkung können unschwer Gesichtspunkte für deren Entwurf gewonnen werden.

3. Zusammenfassung.

Es wurde die Durchführung von eingehenden Versuchen mit sechs ortsfesten Kleingaserzeugern beschrieben und die Ergebnisse dieser Versuche mitgeteilt. Aus diesen wurden Zusammenhänge zwischen Bauart und Betriebseigenschaften ermittelt und damit Richtlinien für den Bau von Kleingaserzeugern gewonnen. Im Anschluß daran wurde auch der Versuch unternommen, die Ursache dieser Zusammenhänge zu erklären. Es ist nun eine vordringliche Aufgabe der Forschung durch Untersuchungen der Vorgänge im Innern des Generators weitere Beweise für diese Erklärungen zu schaffen, dadurch die angegebenen Richtlinien zu untermauern und sie zu erweitern. Dabei wird es von besonderer Bedeutung sein, in diese Untersuchungen auch das dynamische Verhalten von Generatoren einzubeziehen, dieses zunächst festzustellen und dann zu erklären.

Der Kleingenerator ist in seinem jetzigen Entwicklungsstand zwar praktisch brauchbar, es haften ihm aber noch manche Mängel an, die durch Anwendung der Erkenntnisse, die aus diesen Untersuchungen gewonnen wurden, beseitigt werden könnten.

B. Bericht über die Wertung.

Von Dr.-Ing. Ernst Manlik, VDI.

I. Das Wertungsverfahren.

Gemäß Ausschreibung der Vergleichsprüfung für ortsfeste Holzgasgeneratoren waren der Gesamtbeurteilung der Generatoren die nach dem ebenfalls in der Ausschreibung bereits festgelegten Prüfungsprogramm gewonnenen Untersuchungsergebnisse zugrunde zu legen. Es handelte sich daher um insgesamt 19 verschiedene Gesichtspunkte der Beurteilung, die sich teils auf Eigenschaften der Generatoranlagen selbst, teils auf Eigenschaften des erzeugten Holzgases bezogen, und die sich nach der Reihenfolge der Ausschreibung in folgender Weise darstellten:

- Gewicht der Anlage,
- Raumbedarf der Anlage,
- Preis der Anlage,
- Betriebsbereitschaft der Anlage,
- Heizwert des erzeugten Gases,
- Staubgehalt des erzeugten Gases,
- Säuregehalt des erzeugten Gases,
- Teergehalt des erzeugten Gases,
- Temperatur des erzeugten Gases,
- Verhalten beim Motorenbetrieb,
- Liefergrenze gut verwendbaren Gases,
- Unempfindlichkeit gegen Art des verwendeten Holzes,
- Unempfindlichkeit gegen Stückgröße des verwendeten Holzes,
- Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit des verwendeten Holzes,
- Holzverbrauch (Wirkungsgrad der Anlage),
- Gleichmäßigkeit der Gaslieferung bei Belastungsschwankungen,
- Neigung zur Brückenbildung,
- Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen,
- Austauschbarkeit der Teile.

Ohne nun vorerst auf irgendeine Wertabstufung der verschiedenen Eigenschaften untereinander einzugehen, mußten im Sinne einer Vergleichsprüfung die sechs Generatoren an Hand der Versuchsergebnisse nach jedem der einzelnen 19 Gesichtspunkte verglichen werden.

Dies war in einfacher Weise so durchführbar, daß in jeder einzelnen Prüfungsgruppe dem den Bestwert aufweisenden Generator die Punktezahl 1, dem Generator mit dem schlechtesten Ergebnis die Punktezahl 6 zugeteilt wurde, während Generatoren mit mittleren Ergebnissen die diesen entsprechenden Punktezahlen zwischen 1 und 6 erhielten. Bei der größten Anzahl der einzelnen Prüfungen war es möglich, die Zwischenwerte in linearer Proportionalität zu bestimmen, so daß diesfalls, je nachdem der kleinste oder der größte Wert der Versuchsergebnisse den Bestwert darstellte, die Beziehung

$$W = 1 + 5 \cdot \frac{n_b - n_{\min}}{n_{\max} - n_{\min}}$$

oder

$$W = 1 + 5 \cdot \frac{n_{\max} - n_b}{n_{\max} - n_{\min}}$$

für die Ermittlung der zugehörigen Punktezahl galt.

Hierin bedeutet:

W = Wertungsanteil,

n_b = Versuchsergebnis des betreffenden Generators,

n_{\max} = Höchstwert der Versuchsergebnisse der gleichen Reihe,

n_{\min} = Mindestwert der Versuchsergebnisse der gleichen Reihe.

Bei jenen Einzelprüfungen, deren Natur einen proportionalen Vergleich der Prüfung nicht zuließ, wurde eine einfache Reihung mit Punktezahlen 1 bis 6 vorgenommen, wobei im Falle von Gleichwertigkeit zweier oder mehrerer Prüfungsergebnisse das arithmetische Mittel der zu vergebenden Reihungsziffern zugeteilt wurde.

Fällt es auf die angegebene Weise somit leicht, die verschiedenen Generatoren bezüglich ihres Verhaltens bei jeder einzelnen der vorgenommenen Untersuchungen vergleichsweise objektiv zu klassifizieren, so scheint dagegen die Gewinnung eines Gesamtbildes fürs Erste dadurch wesentlich erschwert, daß es sich um 19 verschiedene Einzelprüfungen handelt, deren relativer Wert zueinander in keiner festen Beziehung steht, deren Einfluß auf das gesamte Ergebnis vielmehr je nach dem Gesichtspunkt des

Beurteilenden, nach der Eigenheit des Betriebes, wie auch nach vielen anderen Faktoren schwankt, kurz wie jeder Wertungsversuch verschiedenartiger Eigenschaften subjektiven Charakter tragen muß.

Es war daher für die Bildung der Gesamtbeurteilung von besonderer Bedeutung, hinsichtlich des Einflusses der einzelnen Untersuchungsergebnisse die Abstufung in großen Zügen und unbeschwert von etwa ins Kleinliche gehenden Sonderbetrachtungen so zu treffen, daß sie mit den allgemeinen praktischen Belangen des Generatorbetriebes und hier wieder in allererster Linie mit den in Österreich zu stellenden Forderungen im Einklang stand.

Nach den spezifischen Verhältnissen des österreichischen Waldbestandes kam der relativ größte Einfluß zweifellos der Unempfindlichkeit des Generators gegen Weichholzvornutzung zu, weshalb auch die nach den diesbezüglichen Prüfungsergebnissen gebildete Reihung mit dem Faktor 3 vervielfältigt in die Summe der einzelnen Punktezahlen einbezogen wurde.

Höherer Einfluß auf die Gesamtwertung wurde des Weiteren mit dem Faktor 2 dem Heizwert des Gases als der wichtigsten Gaseigenschaft, ferner der Unempfindlichkeit des Generators gegen Stückgröße und Feuchtigkeit des Brennstoffes zuerkannt.

Auf der anderen Seite war eine Verminderung des Einflusses der Wertung der Gasqualitäten hinsichtlich Staub-, Säure- und Teergehalt angezeigt. Wohl sind diese Kriterien für Generatoren im allgemeinen von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit, doch hätte im Falle der vorliegenden Prüfung eine gleiche Behandlung mit anderen Eigenschaften eine Überhöhung ihres Wertes bedeutet, da das ziemlich gleichartige Verhalten der geprüften Generatoren in diesen Belangen keine etwa wesentlich zu nennenden Unterschiedlichkeiten zutage förderte. Diesem Umstand wurde durch die Einführung des Faktors $1/3$ für diese Prüfung Rechnung getragen.

Völlig aus der Wertung ausgeschaltet wurden schließlich die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich Motorenbetrieb, da diesbezüglich eine geeignete Vergleichsbasis nicht gegeben erschien.

Zur Gewinnung eines Einblicks in die durchgeführte Gesamtbeurteilung sei im Nachfolgenden eine Aufstellung sämtlicher Einzelwerte gegeben, wobei die aus den Versuchsberichten hervorgehenden Untersuchungsergebnisse der Übersichtlichkeit halber in der für die Beurteilung maßgebenden Form nochmals

angeführt seien. Die Zugehörigkeit der Bezugswerte der einzelnen Anlagen war folgende:

Tafel 9. Bezugswerte der Generatoren

Bezugswert	Firma
I.	Kromag, Hirtenberg, KS 12
II.	Kromag, Hirtenberg, K 4
III.	Hansa Generatoren A. G., Berlin
IV.	Danneberg u. Quandt, Berlin
V.	Leobersdorfer Maschinenfabriks-A. G.
VI.	Semmler u. Vedder, Berlin

II. Wertung der Einzelprüfungsergebnisse.

1.

a) Gewicht der Anlagen.

Beurteilungsgrundlage: Gewicht der Anlage bezogen auf die bei Vollast gelieferte Gasmenge.

Reihung: Proportional.

Tafel 10. Gewicht der Anlagen.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
G in kg	310,9	184,4	198,4	200	874	229,2
G/Nm ³	486	614,7	330,6	282	620	382
Reihungspunkte	4,02	5,93	1,72	1,00	6,00	2,48

b) Raumbedarf der Anlagen.

Beurteilungsgrundlage: Produkt der drei Hauptabmessungen der Anlage bezogen auf die bei Vollast gelieferte Gasmenge.

Reihung: Proportional.

Tafel 11. Raumbedarf der Anlagen.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
l . b . h	4,4	1,09	1	1,38	9,8	1,25
V/Nm ³	6,88	3,64	1,67	1,95	6,95	2,08
Reihungspunkte	5,93	2,87	1,00	1,26	6,00	1,39

2. Preis der Anlagen.

Beurteilungsgrundlage: Preis der Anlage loco Wien in ö. S bezogen auf die bei Vollast gelieferte Gasmenge.

Reihung: Proportional.

Tafel 12. Preis der Anlagen.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Preis in ö. S.	1380	725	1400	1241	3200	1927
Preis/Nm ³	2156	2417	2333	1748	2270	3212
Reihungspunkte	2,39	3,28	3,00	1,00	2,78	6,00

3. Betriebsbereitschaft.

Beurteilungsgrundlage: Anheizzeit des mit trockenem Buchenholz, normaler Größe, gefüllten Generators unter Verwendung der seitens der Lieferfirma beigegebenen Einrichtung.

Reihung: Proportional.

Tafel 13. Betriebsbereitschaft.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Anheizzeit in Min.	10	14	14	8	50	14
Reihungspunkte	1,24	1,71	1,71	1,00	6,00	1,71

4. Gasqualität.

a) Heizwert.

Beurteilungsgrundlage: Mittelwert der Heizwerte des bei trockenem Buchenholz, normaler Größe, erzielten Gases im Bereiche von $\frac{1}{3}$ Last bis Vollast.

Reihung: Proportional.

Wertungsfaktor: 2.

Tafel 14. Heizwert.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
<i>Hm</i>	1200	1150	1140	1220	1170	1110
Reihungspunkte	1,91	4,18	4,64	1,00	3,27	6,00
Wertungspunkte	3,82	8,36	9,28	2,00	6,54	12,00

b) Staubgehalt.

Beurteilungsgrundlage: Staubgehalt in g/Nm³ des mit trockenem Buchenholz, normaler Größe, erzeugten Gases, und zwar Mittelwert der bei Vollast und Halblast nach dem Reiniger gemessenen Mengen.

Reihung: Proportional.

Wertungsfaktor: $\frac{1}{3}$.

Tafel 15. Staubgehalt.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Mittelwert des Staubgehaltes in g/Nm ³	0,175	0,075	0,275	0,20	0,05	0,45
Reihungspunkte	2,56	1,31	3,81	2,87	1,00	0,00
Wertungspunkte	0,85	0,44	1,27	0,96	0,33	2,00

c) Säuregehalt.

Beurteilungsgrundlage: Säuregehalt in g/Nm³ des mit trockenem Buchenholz, normaler Größe, erzeugten Gases, und zwar Mittelwert der bei Vollast und Halblast nach dem Reiniger gemessenen Mengen.

Reihung: Proportional.

Wertungsfaktor: $\frac{1}{3}$.

Tafel 16. Säuregehalt.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Mittelwert des Säuregehaltes in g/Nm ³	0,09	0,00	0,075	0,00	0,10	0,00
Reihungspunkte	5,50	1,00	4,75	1,00	6,00	1,00
Wertungspunkte	1,83	0,33	1,58	0,33	2,00	0,33

d) Teergehalt.

Beurteilungsgrundlage: Teergehalt in g/Nm³ des mit trockenem Buchenholz, normaler Größe, erzeugten Gases, und zwar Mittelwert der bei Vollast und Halblast nach dem Reiniger gemessenen Mengen.

Reihung: Proportional.

Wertungsfaktor: $\frac{1}{3}$.

Tafel 17. Teergehalt.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Mittelwert des Teergehaltes in g/Nm ³	0,325	0,60	0,80	0,59	0,85	0,80
Reihungspunkte	1,00	3,55	5,44	3,47	6,00	5,44
Wertungspunkte	0,33	1,18	1,81	1,16	2,00	1,81

e) Temperatur.

Beurteilungsgrundlage: Temperatur des Gases bei Vollastbetrieb nach dem Reiniger.

Reihung: Proportional.

Tafel 18. Gastemperatur.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Temperatur in Grad C ..	62	57	163	137	18	91
Reihungspunkte	2,52	2,34	6,00	5,10	1,00	3,48

5. Liefergrenze.

Beurteilungsgrundlage: Generatorbelastung in % der Vollast, bei welcher der Heizwert des Gases noch 900 WE/Nm³ beträgt.
Reihung: Proportional.

Tafel 19. Gasliefergrenze.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Belastung bei 900 WE/Nm ³ in %	23	30	28	12	12	35
Reihungspunkte	3,39	4,91	4,48	1,00	1,00	6,00

6. Unempfindlichkeit.

Unempfindlichkeit des Generators gegen:

a) Holzart.

Beurteilungsgrundlage: Höchster Gehalt der Generatorfüllung an Fichtenholz, bei welchem noch befriedigender Betrieb gewährleistet erscheint. Bei gleichen Mischungen ist die Erreichung der niedrigsten Teillast maßgebend.

Reihung: Einfach.

Wertungsfaktor: 3.

Tafel 20. Unempfindlichkeit gegen Holzart.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
$\frac{3}{3}$ Fichte	—	—			—	
$\frac{2}{3}$ Fichte		—				
$\frac{1}{3}$ Fichte						
Reihungspunkte	5,00	6,00	2,50	2,50	4,00	1,00
Wertungspunkte	15,00	18,00	7,50	7,50	12,00	3,00

| = befriedigender Betrieb.

b) Stückgröße des verwendeten Holzes.

Beurteilungsgrundlage: Befriedigender Betrieb bei möglichst großer Korngröße des verwendeten Buchenholzes innerhalb der drei versuchten Stückgrößen.

Reihung: Einfach.
Wertungsfaktor: 2.

Tafel 21. Unempfindlichkeit gegen Stückgröße des Holzes.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Stücklänge 11 cm.....	—					
Stücklänge 8 cm.....	—					
Stücklänge 6 cm.....						
Reihungspunkte	6,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Wertungspunkte	12,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

| = befriedigender Betrieb.

c) Feuchtigkeit des verwendeten Holzes.

Beurteilungsgrundlage: Befriedigender Betrieb bei möglichst hohem Feuchtigkeitsgehalt des verwendeten Buchenholzes innerhalb der drei versuchten Abstufungen.

Reihung: Einfach.
Wertungsfaktor: 2.

Tafel 22. Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit des Holzes.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Feuchtigkeitsgehalt 30% .		—			—	—
Feuchtigkeitsgehalt 22% .		—				
Feuchtigkeitsgehalt 15% .						
Reihungspunkte	2,00	6,00	2,00	2,00	4,50	4,50
Wertungspunkte	4,00	12,00	4,00	4,00	9,00	9,00

| = befriedigender Betrieb.

7. Holzverbrauch.

Beurteilungsgrundlage: Wirkungsgrad des Generators als Mittelwert im Bereich zwischen Vollast und Halblast bei Betrieb mit Buchenholz normaler Größe und Feuchtigkeit.

Reihung: Proportional.

Tafel 23. Wirkungsgrad.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Wirkungsgrad in %	75	74	78,6	80	76	74
Reihungspunkte	5,17	6,00	2,17	1,00	4,33	6,00

8. Gleichmäßigkeit der Gaslieferung.

a) Unempfindlichkeit gegen Belastungsschwankungen.

Beurteilungsgrundlage: Mittelwert der Heizwerte der unter Verwendung von Buchenholz normaler Größe und Feuchtigkeit gewonnenen drei Versuchsmessungen bei Vollast, darauffolgender $\frac{1}{4}$ Last und daran anschließender Vollast.

Reihung: Proportional.

Tafel 24. Unempfindlichkeit gegen Belastungsschwankungen.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Mittelwert der drei Heizwerte.....	966	947	882	1005	947	891
Reihungspunkte	2,58	3,36	6,00	1,00	3,36	5,63

b) Neigung zur Brückenbildung.

Beurteilungsgrundlage: Verhältnis des gebildeten Hohlraumes zum verbrannten Holz bei Verwendung von Buchenholz normaler Größe und normaler Feuchtigkeit.

Reihung: Proportional.

Tafel 25. Neigung zur Brückenbildung.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
$\frac{\Sigma \text{Hohlraum}}{\Sigma \text{verbr. Holz}}$	0,41	0,70	0,33	0,27	0,0393	0,00
Reihungspunkte	3,93	6,00	3,36	2,93	1,28	1,00

9. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen.

Beurteilungsgrundlage: Geringste Dauer des erforderlichen Ventilierens nach verschieden langen Betriebsunterbrechungen.

Reihung: Einfach.

Tafel 26. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen.

Betriebsunterbrechung	Ventilierungsdauer in Minuten						
	Generator	I	II	III	IV	V	VI
5 Minuten	—	—	—	—	—	—	—
15 Minuten	—	2	—	—	—	—	—
30 Minuten	—	6	1	2	—	3	—
60 Minuten	3	8	4	3	7	6	—
Reihungspunkte	1,00	6,00	3,50	3,50	2,00	5,00	—

10. Austauschbarkeit der Teile.

Beurteilungsgrundlage: Leichte Austauschbarkeit des Generatorherdes nach Maßgabe der konstruktiven Ausbildung.

Reihung: Einfach.

Tafel 27. Austauschbarkeit der Teile.

Generator	I	II	III	IV	V	VI
Herdmaterial	Scha- motte	Metall	Scha- motte	Metall	Scha- motte	Scha- motte
Reihungspunkte ...	4,50	2,00	4,50	1,00	4,50	4,50

III. Gesamtwertung und endgültige Reihung.

Die Gesamtbeurteilung und endgültige Reihung der sechs untersuchten Generatoren wurde gemäß der oben geschilderten Einzelbeurteilungen demnach wie folgt vorgenommen:

Tafel 28. Reihung der Generatoren.

Prüfungsart	Wertungspunkte der einzelnen Generatoren					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Gewicht u. Raumbedarf:						
a) Gewicht	4,02	5,93	1,72	1,00	6,00	2,48
b) Raumbedarf	5,93	2,87	1,00	1,26	6,00	1,39
2. Preis	2,39	3,28	3,00	1,00	2,78	6,00
3. Betriebsbereitschaft	1,24	1,71	1,71	1,00	6,00	1,71
4. Gasqualität:						
a) Heizwert	3,82	8,36	9,28	2,00	6,54	12,00
b) Staubgehalt	0,85	0,44	1,27	0,96	0,33	2,00
c) Säuregehalt	1,83	0,33	1,58	0,33	2,00	0,33
d) Teergehalt	0,33	1,18	1,81	1,16	2,00	1,81
e) Temperatur	2,52	2,34	6,00	5,10	1,00	3,48
5. Liefergrenze	3,39	4,91	4,48	1,00	1,00	6,00
6. Unempfindlichkeit:						
a) Holzart	15,00	18,00	7,50	7,50	12,00	3,00
b) Stückgröße	12,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
c) Feuchtigkeit	4,00	12,00	4,00	4,00	9,00	9,00
7. Holzverbrauch (Wirkungsgrad)	5,17	6,00	2,17	1,00	4,33	6,00
8. Gleichmäßigkeit d. Gaslieferung:						
a) Belast.-Schwankung .	2,58	3,36	6,00	1,00	3,36	5,63
b) Brückenbildung	3,93	6,00	3,36	2,93	1,28	1,00
9. Unempfindlichkeit gegen Betriebsunterbrechungen	1,00	6,00	3,50	3,50	2,00	5,00
10. Austauschbarkeit der Teile	4,50	2,00	4,50	1,00	4,50	4,50
Σ ...	74,50	90,71	68,88	41,74	76,12	77,33
Reihung der Generatoren ...	3	6	2	1	4	5

Als Träger der in der Ausschreibung nominierten drei Preise gingen somit die

Generatoren Nr. IV, III und I

hervor.