

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Band:** 97 (1946)  
**Heft:** 4  
  
**Artikel:** Holz als Ersatzrohstoff im Gaswerksbetrieb  
**Autor:** Jordi, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765386>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

3. *Eine einmal verjüngte Föhrenfläche darf nicht mehr durch Fällung von Althölzern in Mitleidenschaft gezogen werden, da die jungen Föhrenpflanzen außerordentlich empfindlich sind.*
4. *Föhrenjungwuchsflächen bedürfen einer besonders sorgfältigen Pflege. Konkurrenzpflanzen müssen in Schach gehalten, wenn nötig frühzeitig entfernt werden.*

Darum zum Schluß : vergessen wir die Föhren nicht, sie gehören in unsere Wälder hinein, auch wenn ihre Massenproduktion da und dort zu Diskussionen Anlaß gibt und sie einer sorgfältigeren Pflege bedürfen als andere, robustere Holzarten.

### Résumé

Texte d'une conférence placée sous l'épigraphe : « N'oubliez pas le rajeunissement des essences de lumière! »

Après une introduction, l'auteur présente différents exemples de pineraies et de recrû de pin. Son itinéraire mène des Communs d'Ems, dans la vallée du Rhin, jusqu'à Embrach, dans le nord du canton de Zurich. Il ressort de son exposé, qui est abondamment illustré, que le rajeunissement naturel du pin sylvestre et la bonne venue des jeunes arbres ne sont possibles que dans des trouées d'étendue suffisante. Les peuplements examinés sont issus de pins plantés et dont on ignore la provenance. Où la race est belle, il faut la conserver, non pas à l'état pur, mais en mélange avec des feuilles bien en place.

Si l'on veut maintenir efficacement les essences de lumière, il faut avoir une idée nette de l'endroit où l'on veut obtenir le recrû, procéder avec méthode et défendre avec suite les groupes obtenus contre la concurrence des autres essences. Les recrûs de pin sylvestre demandent des soins continus.

Il y a avantage à mélanger le pin sylvestre par grands groupes, par exemple de 100 à 1000 unités.

Les semences du pin ne germent et ne se maintiennent en vie que sur un sol libre de mauvaises herbes et qui, surtout, n'est pas encore feutré (d'après Hefti).

Dès qu'on se décide à rajeunir le pin, il faut se résoudre à desserrer le couvert avec beaucoup de vigueur. Le recrû installé, le vieux peuplement doit disparaître. Ainsi, il faut prendre son parti de pratiquer des trouées de 10 à 30 ares, en prévoir et étudier la distribution.

Les jeunes pins sont extrêmement sensibles aux dommages inhérents à l'abattage et à la vidange des bois. Une pineraie rajeunie ne doit plus être exposée à ces dégâts.

(Trad. E. Bx.)

## Holz als Ersatzrohstoff im Gaswerksbetrieb

Von Dipl.-Ing. F. Jordi, Betriebsingenieur im Gaswerk Zürich

### 1. Erläuterungen zur Kohlendestillation

Im Gaswerk wird der Rohstoff Kohle auf rationellste Art und Weise durch den Prozeß der trockenen Destillation in energie- und stoffwirtschaftlicher Beziehung in für die Landesversorgung wichtige Bestand-

teile zerlegt. Bei der Destillation von 100 kg Steinkohle mit einem untern Heizwert von zirka 7400 Cal/kg werden erzeugt :

100 kg Kohle	$H_u^1 = 7400 \text{ Cal/kg}$	740 000 Cal/100 kg =	100 %
32 Nm <sup>3</sup> Gas	$H_u = 4640 \text{ Cal/Nm}^3$	148 500 Cal/100 kg Kohle	20,07 %
72 kg Koks	$H_u = 7000 \text{ Cal/kg}$	504 000	» 68,1 %
1 kg Benzol	$H_u = 9800$	9 800	» 1,32 %
5 kg Teer	$H_u = 8600$	43 000	» 5,81 %
2,5 kg Ammoniak	—	—	—
		705 300 Cal/100 kg Kohle	95,3 %
		Verlust 34 700	» 4,7 %

Diese Produkte enthalten eine Wärmeenergie von 705 300 Cal, das sind 95,3 % des Kohlenheizwertes. Der thermische Wirkungsgrad der Destillation beträgt somit  $\eta_D = 95,3 \%$ . Der Verlust von 4,7 % des Kohlenheizwertes entsteht durch Gasverluste beim Laden der Destillationskammern, durch Undichtheiten usw.

Der thermische Wirkungsgrad der Anlage ist um den Aufwand für die Unterfeuerung geringer. Für eine moderne Ofenanlage beträgt der Unterfeuerungsaufwand im Mittel 12 kg Koks pro 100 kg Kohle, wodurch der disponible Koksanfall auf 60 kg pro 100 kg Kohle sinkt. Damit ergibt sich der thermische Anlagenwirkungsgrad zu

$$\eta_A = \frac{705300 \cdot 100}{824000} = 85,6 \%$$

Die angeführten Ausbeuten sind keine Festwerte, sie sind weitgehend abhängig von der Qualität der Kohle, vom Ofensystem sowie von der Betriebsart und der Betriebsüberwachung.

Gas, Koks und Ammoniak werden im Gaswerk bis zum Fertigprodukt verarbeitet und direkt an den Konsumenten abgegeben. Das Gas findet in Haushalt, Gewerbe und Industrie Verwendung als Energieträger, der Koks als Brennstoff in Industrie, Gewerbe und für Raumheizung sowie als Rohstoff in der Metallurgie, Karbidfabrikation und zur Herstellung technischer Gase. Das Ammoniak wird im Gaswerk Zürich in Form von konzentriertem Ammoniakwasser der Sodafabrikation zugeführt oder als schwefelsaures Ammonium als begehrter Stickstoffdünger der Landwirtschaft abgegeben. Rohteer und Rohbenzol werden an die chemische und die Sprengstoffindustrie geliefert, welche aus diesen Rohstoffen wichtige Ausgangsmaterialien für zahlreiche Produkte gewinnen. Neben den erwähnten Produkten fällt bei der Gasreinigung noch Schwefel an, welcher in Form von 40 bis 50 % schwefelhaltiger Reinigermasse an die Papierindustrie abgegeben wird.

Zusammenfassend sei im Schema Fig. 1 der Produktionsgang der Steinkohledestillation skizziert.

<sup>1</sup> Vergl. Seite 149 Mitte.

Zur Erläuterung des Rohstoffbedarfes im Gaswerk Zürich ist in Zahlentafel 1 der jährliche Durchsatz an Entgasungsmaterial sowie die abgegebenen Hauptprodukte für die letzten Jahre zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

Jährlicher Rohstoffdurchsatz und  
Produktion im Gaswerk Zürich

Tableau 1.

Consommation de matières premières  
et production annuelles à l'usine à  
gaz de Zurich

Jahr	Rohstoffdurchsatz			Produktion				
	Steinkohle t	Holz t	Diverse Ersatz- stoffe t	Stadtgas m <sup>3</sup>	Verkäuf- licher Koks t	Teer t	Benzol t	Holz- kohle t
1938	169 630	—	—	61 792 000	104 590	6 580	1 082	—
1939	166 400	—	—	62 679 000	104 725	6 203	1 136	—
1940	145 270	—	—	60 676 400	80 763	6 428	768	—
1941	115 445	—	5 216	64 444 700	58 165	5 110	819	—
1942	108 117	6 130	6 775	63 575 900	51 256	5 065	752	1 017
1943	94 935	9 915	8 644	60 468 700	39 027	4 311	984	1 865
1944	89 728	14 611	10 646	63 256 000	36 180	3 626	902	2 633
1945	46 632	21 735	8 380	46 179 400	10 665	1 948	500	3 623

Es ist ersichtlich, daß die um sich greifenden kriegerischen Entwicklungen die Rohstoffbeschaffung immer mehr erschwerten. Wollten die Gaswerke ihre Aufgabe als Energie- und als Rohstofflieferant, insbesondere für die chemische und Sprengstoffindustrie erfüllen, so mußten sie sich nach großen Mengen geeigneter Rohstoffe umsehen. Es wurden zahlreiche Versuche in zum Teil neuerrichteten Versuchsanlagen mit verschiedenen Holzarten, Braunkohlen, Torf, Papier, Lederabfällen usw. durchgeführt. Neben den erzeugbaren Produkten wie Gas und Koks spielen die Beschaffungsmöglichkeit, der Preis, die Aufarbeitung sowie die Verwendbarkeit der vorhandenen Anlagen eine Rolle. Es ist einleuchtend, daß Destillationsmaterialien wie Papier und Leder infolge zu geringer verfügbarer Mengen nicht ins Gewicht fallen. Torf und Braunkohle werden noch bis heute in kleinen Mengen zugesetzt, sind aber des hohen Gehaltes an unbrennbarer Substanz wegen (Wasser + Asche zirka 60 %) sehr unwirtschaftlich. Die Ausbeute an Gas beträgt knapp 20 m<sup>3</sup> pro 100 kg Torf oder Braunkohle, der Unterfeuerungs-aufwand beträgt das Zweieinhalbfache desjenigen der Steinkohle. Nachdem einmal die anfänglichen Schwierigkeiten, die sich bei der Holzdestillation zeigten, behoben waren, werden mit dem Ersatzrohstoff Holz die besten Resultate erzielt. Es werden denn auch große Mengen Holz in allen schweizerischen Gaswerken durchgesetzt. *Die Gaswerke ver-*

**Die Destillation der Steinkohle** Fig. 1. **La distillation de la houille**

Die unterstrichenen Produkte werden im Gaswerk Zürich hergestellt, die Weiterverarbeitung der Rohprodukte erfolgt in andern Industriebetrieben.

Les produits soulignés sont fabriqués à l'usine de Zurich. La transformation des produits bruts est, à part cela, le fait d'autres entreprises industrielles.

Rohstoff	Rohprodukt	Fertigfabrikat	Verwendung	
Steinkohle	<u>Rohgas</u>	<u>Stadtgas</u>	Gewerbe, Haushalt, Industrie	
	<u>Rohkoks</u>	<u>Koks</u>	Brennstoff	Raumheizung, Gewerbe Industrie
			Rohstoff	Metallurgie Kamid, techn. Gase
	<u>Rohteer</u>	Pech	Metall-, Isolierindustrie, Brikettfabrikation	
		Anthrazenöl	Farben, Kautschuk, Ruß	
		Dest. Teer	Straßenbau, Gasmasken	
		Teeröle	Dieselmotoren, Holzkonservierung	
		Naphthalin	Gerb-, Farbstoffe, Ruß	
		Kresol	Desinfektion, Kunstharze, Gerbstoffe	
		Phenol	Kunst-, Farbstoffe, Pharm. Industr.	
	<u>Rohbenzol</u>	Pyridin	Farben, Medizin	
		Solventnaphtha	Lösungs-, Reinigungsmittel	
		Xylol	Chem. Industrie, Parfum, Farben	
		Benzol	Motoren, Farben, Sprengstoffe, Chem. Industrie	
		Toluol	Sprengstoffe, Munition, Pharm. Industrie	
	<u>Gaswasser</u>	<u>Konz. Ammoniakwasser</u>	Sodafabrikation	
		<u>Schwefelsaures Ammonium</u>	Landwirtschaft	
		Salmiakgeist	Malergewerbe, chem., pharm., Textilindustrie	
		Reines Ammoniak	Kältetechnik, Salpetersäureindustr.	
		Chlor-Ammonium	Arzneimittel, Textil-, Metallindustrie	
		Salpetersaures Ammonium	Sprengstoffe	
	<u>Reiniger-masse</u>	Schwefel	Papier-, Kunstseideindustrie, Schwefelsäurefabrikation	
		Cyanide	Cyanverbindungen	

*danken es zum großen Teil dem Holz, daß auch nach den einschneidenden Rationierungsmaßnahmen, insbesondere in der Gasversorgung, die minimalen Zuteilungen noch tragbar waren.*

## 2. Die Holzdestillation

### a) Die Qualität des Gasholzes

Für die Entgasung im Gaswerksbetrieb kommen praktisch alle Holzarten in Frage. Von Interesse ist dabei die äußere Form, die so beschaffen sein soll, daß die mechanische Aufarbeitung zu Gasholz mit einem Minimum an Arbeitsaufwand bewerkstelligt werden kann. Ferner ist von Einfluß die elementare Zusammensetzung, also der Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser und Asche, wodurch der Heizwert gegeben ist. Der Aschengehalt ist stets gering, er bewegt sich im Mittel zwischen 0,5 und 1,5 %. Anders verhält es sich mit dem Wassergehalt. Je nachdem ob das Holz in der kalten oder warmen Jahreszeit geschlagen wurde, ob es dem Gaswerk in grünem oder lufttrockenem Zustand zugeführt wird, schwankt der Wassergehalt je nach Holzart zwischen 20 und 60 %. Als Hauptkriterium für die Eignung als Gasholz dient der Energieinhalt pro Gewichtseinheit, ausgedrückt im untern Heizwert. Der Heizwert eines Brennstoffes ist gleich der Anzahl Wärmeinheiten, die durch die Verbrennung von einem Kilo bzw. von einem Kubikmeter frei werden. Bei Brennstoffen mit Wasserstoffgehalt und Feuchtigkeit unterscheidet man zwischen oberem Heizwert  $H_o$  und unterem Heizwert  $H_u$ . Bei der Bestimmung des oberen Heizwertes im Junkersschen Kalorimeter werden die Verbrennungsprodukte bis auf die Anfangstemperatur von zirka 20° C abgekühlt. Der nutzbare oder untere Heizwert ist um den Wärmeinhalt des Verbrennungs- und Feuchtigkeitswasserdampfes kleiner. Für ein bestimmtes Holz ist der Zusammenhang zwischen Heizwert  $H_u$  und Wassergehalt  $w$  gegeben durch die Beziehung :

$$H_{u_w} = (1 - w) \cdot H_{u_{w=0}} - 600 \cdot w$$

dabei bedeuten  $H_{u_{w=0}}$  : unterer Heizwert für Wassergehalt = 0

$H_{u_w}$  : unterer Heizwert für Wassergehalt =  $w$

Der Wärmeinhalt des Verbrennungs- und Feuchtigkeitswasserdampfes bezogen auf die Ausgangstemperatur von zirka 20° C beträgt 600 Cal. Für Buchenholz zum Beispiel ist der untere Heizwert bezogen auf wasser- und aschenfreie Substanz 4340 Cal/kg. Die Abhängigkeit des Heizwertes vom Wassergehalt ist gegeben durch die gerade Linie A gemäß Figur 2.

Theoretisch ist der Heizwert bei einem Wassergehalt von 87,9 % gleich Null, d. h. die Wärmeenergie, die noch im Holz enthalten ist, reicht gerade aus, um das Wasser zu verdampfen. Das Holz, das zur Verarbeitung gelangt, besitzt durchschnittlich einen Wassergehalt von 25 %, entsprechend einem Heizwert von 3100 Cal/kg.

Die angeführten Betrachtungen beleuchten die Verhältnisse bei Verwendung des Holzes als Brennstoff. Bei der trockenen Destillation, d. h. bei Erhitzung unter Luftabschluß, findet keine Verbrennung statt. Der Wärmeaufwand zur Verdampfung des Wassers im Holz muß somit von außen zugeführt werden und äußert sich in einer Steigerung des Unterfeuerungsaufwandes. Der für die Destillation maßgebende Ausgangsheizwert beträgt somit 3255 Cal/kg (Linie B, Fig. 2).

Gemäß dem Energiesatz kann der Energieinhalt der Destillationsprodukte höchstens gleich dem Energieinhalt des Entgasungsmaterials sein, plus oder minus während des Destillationsprozesses zu- oder abgeführter Wärme.

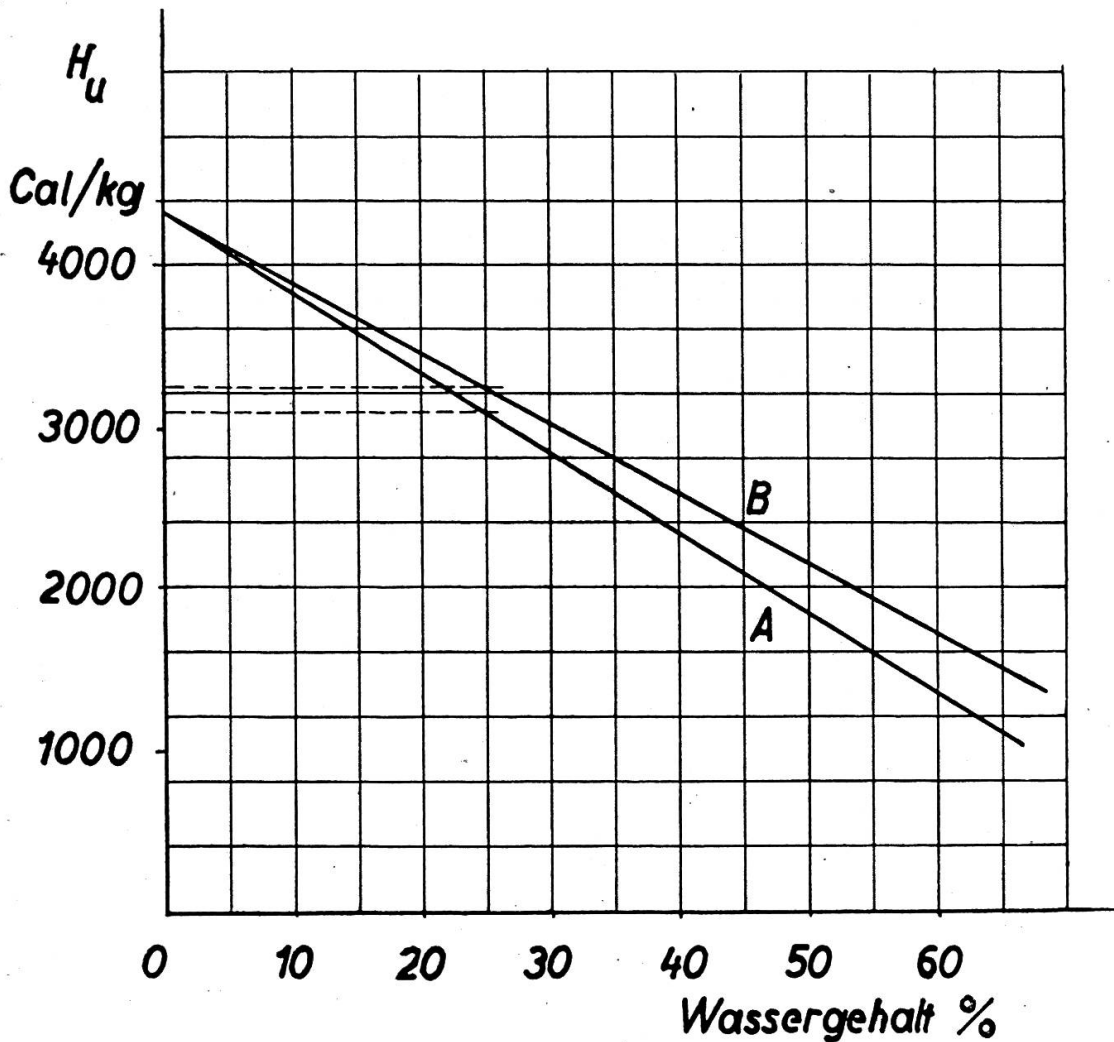


Fig. 2.

Heizwert von Buchenholz in Funktion des Wassergehaltes

A)  $H_{u_w} = (1 - w) \cdot H_{u_{w=0}} - 600 w$

B)  $H_{u_w} = (1 - w) \cdot H_{u_{w=0}}$

Puissance calorifique de bois de hêtre en fonction de sa teneur en eau

$H_u$  = puissance calorifique inférieure

$w$  = teneur en eau

Exakte Versuche haben nun gezeigt, daß Holz, das sich ja aus höchst verwickelten organischen Verbindungen zusammensetzt, unter dem Einfluß von Wärme eine Reihe von Reaktionen auslöst, wobei in einem bestimmten Temperaturbereich, während des Hochheizens, Wärme frei wird. Die freigewordene Wärme ist nicht konstant, sie ist abhängig von der Destillationsmethode, der Destillationsgeschwindigkeit, der Menge und Art der Destillationsprodukte. Für uns ist von Wichtigkeit zu wissen, daß die Wärmeenergie der Destillationsprodukte bei der Holz-entgasung den Heizwert des Holzes nie erreichen kann; die Wärmeenergie ist höchstens gleich dem Holz-Heizwert minus der freigewordenen Wärme.

Über die Elementarzusammensetzung einiger Hölzer und zum Vergleich einiger älterer Brennstoffe gibt Zahlentafel 2 Aufschluß. Zu beachten ist die Übereinstimmung der verschiedenen Holzarten in ihrer elementaren Zusammensetzung. Für die Bewertung des Holzes in energie-wirtschaftlicher Beziehung ist bei Verbrennung der untere Heizwert maßgebend. Legt man die wasser- und aschenfreie Substanz zugrunde, so ist aus Zahlentafel 2 ersichtlich, daß der Heizwert von 1 kg Holz rund die Hälfte desjenigen von 1 kg Kohle ist. Bei Verwendung im Gaswerk ist der Energieinhalt der Destillationsprodukte maßgebend. Bei der Kohlendestillation in einer guten Anlage ergibt sich ein Anlagenwirkungsgrad von 85,6 %, während bei Holzentgasung nur 65,2 % erreicht werden. Der Energiewert von 1 kg Holz beim Entgasungsprozeß ist

Zahlentafel 2.

**Elementare Zusammensetzung  
aschen- und wasserfreier Brennstoffe**

Die Zusammensetzung von Torf und Kohle ist informativ; Elementaranalyse und Heizwert weisen je nach Herkunft starke Schwankungen auf.

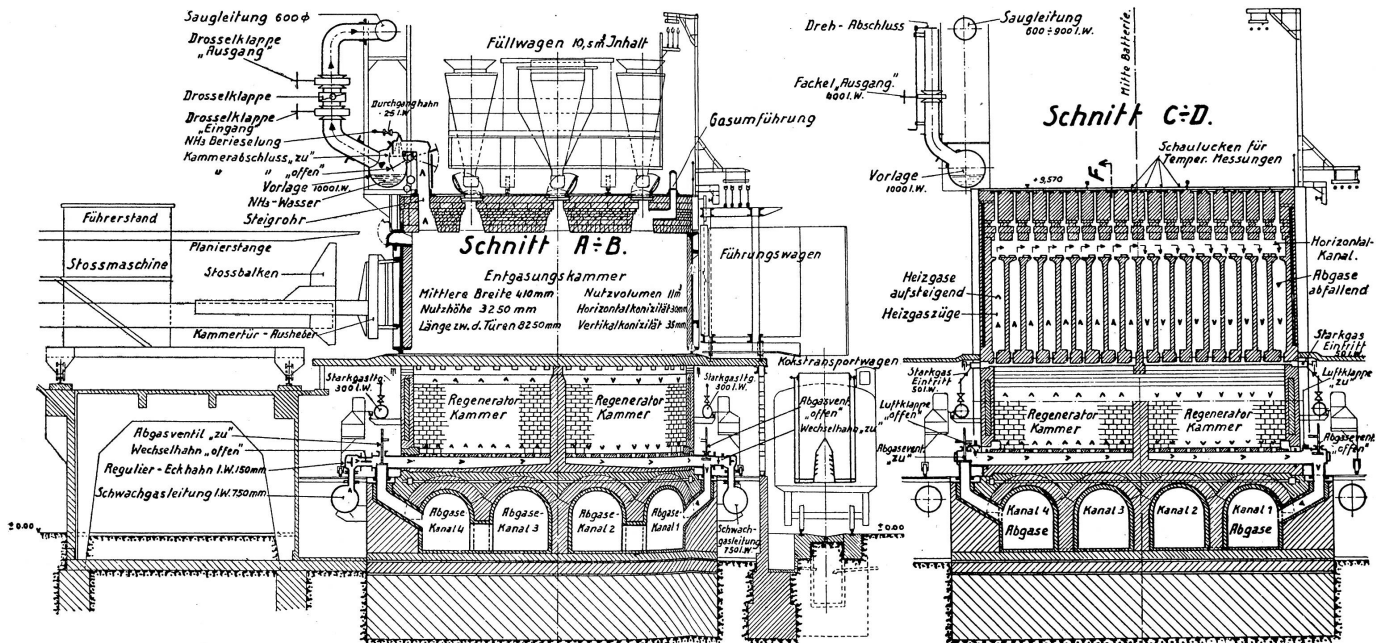
Tableau 2.

**Composition chimique de combustibles libérés d'eau et de cendres**

La composition de la tourbe et du charbon n'a qu'une valeur informative; composition et valeur calorifique varient fortement selon la provenance.

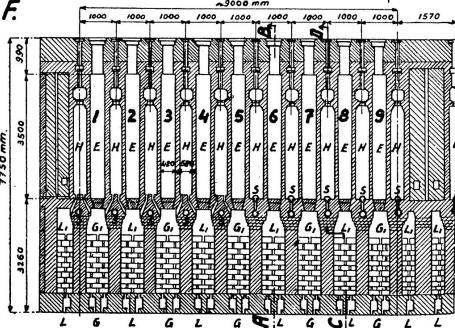
	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauerstoff u. Stickstoff %	Schwefel %	Oberer Heizwert Cal/kg	Unterer Heizwert Cal/kg
Tanne . . . . .	50,5	6,1	43,4	—	4820	4520
Buche . . . . .	49,1	6,0	44,9	—	4660	4340
Birke . . . . .	48,6	6,4	45,0	—	—	—
Esche . . . . .	49,4	6,1	44,5	—	—	—
Eiche . . . . .	49,4	6,1	44,5	—	—	—
Fichte . . . . .	49,6	6,4	44,0	—	—	—
Torf . . . . .	60,0	6,0	34,0	—	—	5700
Braunkohle . . .	70,7	5,5	19,9	3,9	7162	6865
Gaskohle . . . .	87,4	5,1	6,2	1,3	8607	8328
Anthrazit . . . .	96,0	2,0	2,0	—	—	8200





**Schnitt E=F**

**1 Block = 9 Entgasungskammern.**



- E = Entgasungskammer.
- H = Heizkammer.
- G = Gas-Regenerator.
- L = Luft-Regenerator.
- S = Stark-Gas-Eintritt.
- G = Schwachgas-Eintritt oder Abgase-Ausgang.
- L = Luft-Eingang oder Abgase-Ausgang.

Kammerofenanlage

Fig. 3.

Installation; four à chambres horizontales (cornues)

demnach  $\frac{4340 \cdot 0,652}{8328 \cdot 0,856} = 0,397$ , d. h. 39,7 % desjenigen von 1 kg Kohle, oder mit andern Worten, energiemäßig kann im Gaswerksbetrieb 1 kg Kohle durch 2,52 kg Holz ersetzt werden.

Neben der Energie spielen aber noch andere Faktoren eine Rolle. In wirtschaftlicher Beziehung einmal der Aufwand, der infolge der kostspieligen Gasholzaufbereitung sehr groß ist. Daneben ist die Qualität der Entgasungsprodukte, in unserem Fall Holzgas und Holzkohle, von Bedeutung.

### *b) Die Holzaufbereitung*

Das Holz der verschiedensten Arten wird in Form von Stämmen, Spälten, Ästen, Stöcken, altem Bauholz usw. in lufttrockenem und grünem Zustand angeliefert. Nach Möglichkeit wird das grüne Holz aufgestapelt, während das lufttrockene Holz direkt verarbeitet wird. Stammholz wird mit Kettensägen auf einen Meter Länge geschnitten und wie die großen Spälten in horizontalen Spaltmaschinen aufgespalten. Das aufgespaltene Holz, Rundholz von etwa Armdicke, Astholz usw. wird in Veloxkreissägen auf rund 10 cm Länge zersägt. So erhält man schließlich ein Gasholz von maximal 10 · 10 · 10 cm Kantenlänge. Ein anderer Maschinensatz besteht aus Tischfräsen, Bandsägen und Vertikalspaltmaschinen. Das teuerste Holz ist das Stockholz, das zuerst gereinigt werden muß, von Hand aufgespalten und mit Bandsägen auf das endgültige Maß zersägt werden muß. Es ist einleuchtend, daß bei einem Tagesdurchsatz von 60 bis 70 Tonnen Gasholz ein enormer Maschinenpark sowie ein bedeutender Arbeiterbestand notwendig ist. Wir rechnen im Durchschnitt für die Aufarbeitung des Holzes mit Einschluß der Arbeiten auf dem Freilager, an den Transporteinrichtungen und der Maschinenbedienung mit einer Tonne pro Mann und Arbeitstag. Zum Vergleich sei angeführt, daß bei reinem Kohlenbetrieb bei den analogen Arbeiten der Kohlenaufbereitung 30 Tonnen pro Mann und Arbeitstag durchgesetzt werden können.

### *c) Die Holzdestillation im Großkammerofen*

Für die Entgasung des Holzes steht die gleiche Anlage zur Verfügung, wie sie für die Kohlendestillation verwendet wird. Es ist eine Batterie von insgesamt 63 Horizontalkammern mit Regenerativfeuerung für Schwach- oder Starkgas. Das normalerweise verwendete Schwachgas für die Beheizung der Kammern (Retorten) wird in einer zentralen Generatorenanlage aus Koks erzeugt. Schematische Schnitte der Ofenanlage sind in Figur 3 wiedergegeben.

Bei Verwendung von Holz für die Entgasung ist Bedingung, daß die vorhandenen Ofenbedienungsmaschinen verwendet werden können. Das ist möglich, wenn die Holzwürfel keine größeren Kantenlängen als

10 cm aufweisen. Die elementare Zusammensetzung des Ausgangsmaterials ist bekannt (Zahlentafel 2, bezogen auf aschen- und wasserfreie Substanz); einzig der Wassergehalt ist starken Schwankungen unterworfen. Das Ziel bei der Holzentgasung im Gaswerksbetrieb ist nun, aus dem gegebenen Ausgangsmaterial ein Maximum an heizkräftigem Gas, viel Holzkohle, möglichst wenig Teer und gar keine sauren Bestandteile zu erzeugen.

Es ist bekannt, daß bei langsamer Destillation des Holzes bis etwa 400° C, etwa  $\frac{1}{2}$  des Ladegewichtes Wasser und  $\frac{1}{3}$  Holzkohle entstehen, wobei sich der Rest aus einem kohlenäurereichen Gas, Teer, Essigsäure und andern Verbindungen zusammensetzt. Bei Steigerung der Temperatur verschiebt sich die Ausbeute zugunsten der Gasmenge. Ein Teil der Kohlensäure wird dabei beim Durchströmen durch die glühende Holzkohle zu Kohlenoxyd reduziert; ebenso vermindert sich infolge Krackens der labilen Teerverbindungen der Anfall an Teer, und die Essigsäure zersetzt sich unter dem Einfluß der hohen Temperatur. Bei weiterer Steigerung der Entgasungstemperatur scheidet sich Kohlenstoff aus, und der Betrieb wird durch Verstopfen der Gasabgänge gestört. Die besten Resultate an Gasausbeute werden erreicht, wenn die Öfen mit einer so hohen Temperatur betrieben werden, daß noch keine wesentlichen Kohlenstoffausscheidungen stattfinden. Ferner ist der Gasweg so zu beeinflussen, daß das Holzgas möglichst lange unter dem Einfluß hoher Temperatur verweilt, damit der Teer gekrackt und die Essigsäure zerstört wird. Bei unserer Anlage wurden diese Forderungen so erfüllt, daß zwei Entgasungskammern gemäß Figur 3 durch Anbau einer Gasumführung in Serie geschaltet wurden. Das Gas, das in der ersten Kammer entsteht, ist damit gezwungen, durch die Umführung in die zweite Kammer zu strömen und unter dem Einfluß der heißen Kammerwände der zweiten Kammer durch das Steigrohr der zweiten Kammer zu entweichen. Bei der vorliegenden Anlage hat sich eine Temperatur von 1100° C, gemessen in den Heizzügen, als günstigste Temperatur erwiesen. Es hat sich gezeigt, daß die Gasentwicklung bei so hohen Entgasungstemperaturen außerordentlich heftig ist, so daß in den Entgasungsräumen ein beträchtlicher Druckanstieg entsteht, wodurch die Gasverluste durch undichte Kammertürdichtungen und Kammerwände beträchtlich sind. Diese Undichtheitsverluste können wesentlich vermindert werden durch einen geeigneten Ladeplan.

Der Ladeplan nach Figur 4 hat sich schließlich als zweckmäßig erwiesen. Das Kammervolumen wird nicht auf einmal angefüllt, da die entwickelte Gasmenge pro Zeiteinheit zu groß wird. Es werden innerhalb vier Stunden dreimal 1300 kg Holz geladen, wobei das erzeugte Gas durch die Umführung in die Kammer 2 geleitet wird. Nach der halben Ausstehzeit, also nach sechs Stunden, wird die gebildete Holzkohle aus Kammer 2 ausgestoßen, sofort wieder geladen und das Gas

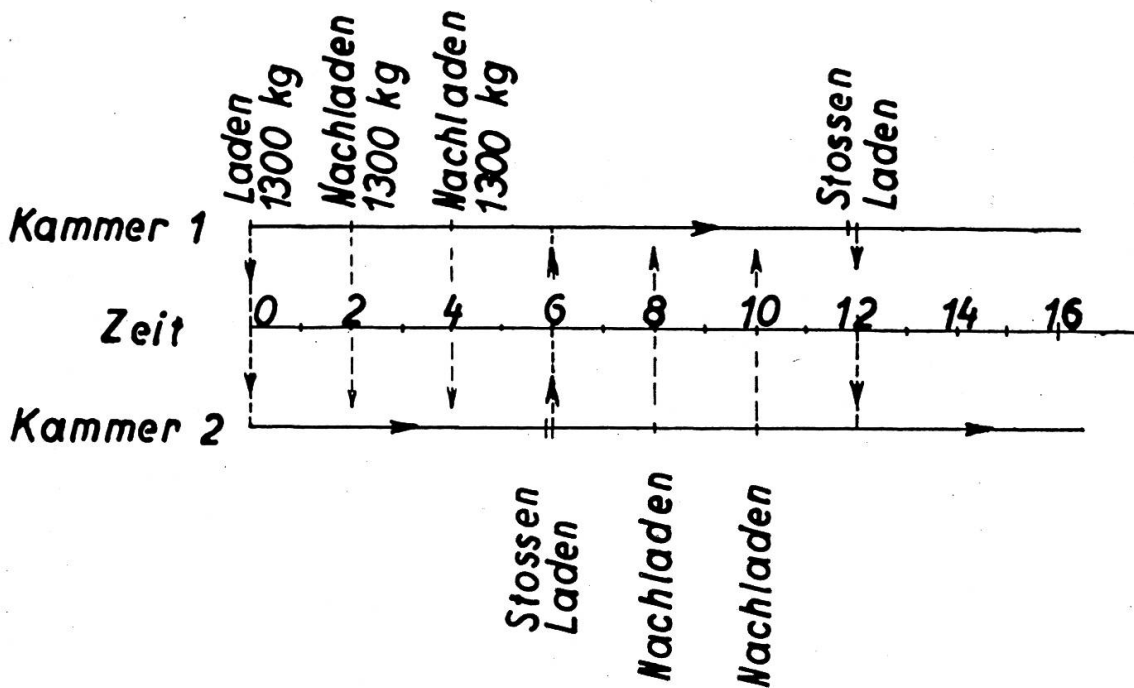


Fig. 4.

Ladeplan eines Kammerpaares

Plan de charge pour deux chambres accouplées

Die Pfeile deuten die Richtung der Gasströmung an.

Les flèches indiquent la direction du courant gazeux.

Explications page 155

der Kammer 2 durch die Kammer 1 nach der Vorlage geleitet. Dieses Spiel wiederholt sich stets im gleichen Zyklus. Aus dem angeführten Ladeplan ergibt sich, daß der Holzdurchsatz pro Kammer und 24 Stunden 7,8 Tonnen beträgt.

Der Druck in der Vorlage wird durch einen sehr empfindlichen Regler konstant gehalten. Der Regler ist so eingestellt, daß in der Vorlage ein mittlerer Druck von + 5 mm Wassersäule herrscht, wodurch sich infolge des Auftriebes auf der Kammersohle ein Druck von + 0,5 mm Wassersäule einstellt.

Das heiße Rohholzgas strömt von der Ofenvorlage in separate Kühler, wo der Großteil der Wasser- und Teerdämpfe niedergeschlagen wird. Nach den Kühlern ist ein Gassauger angeordnet, der das Gas von der Ofenanlage absaugt und durch einen Stationsgasmesser drückt, nach welchem das Holzgas in die Rohgassammelleitung strömt und mit dem Steinkohlengas gemischt wird. Gemeinsam mit dem Steinkohlengas wird das Holzgas durch die üblichen Gasreinigungsapparate in die Gasbehälter geleitet.

Die glühende Holzkohle wird nach dem Ausstoßen aus den Kammern in einer Trockenlöschanlage vorgekühlt, wo sie einen Teil der fühlbaren Wärme zur Dampferzeugung abgibt und anschließend in luft-

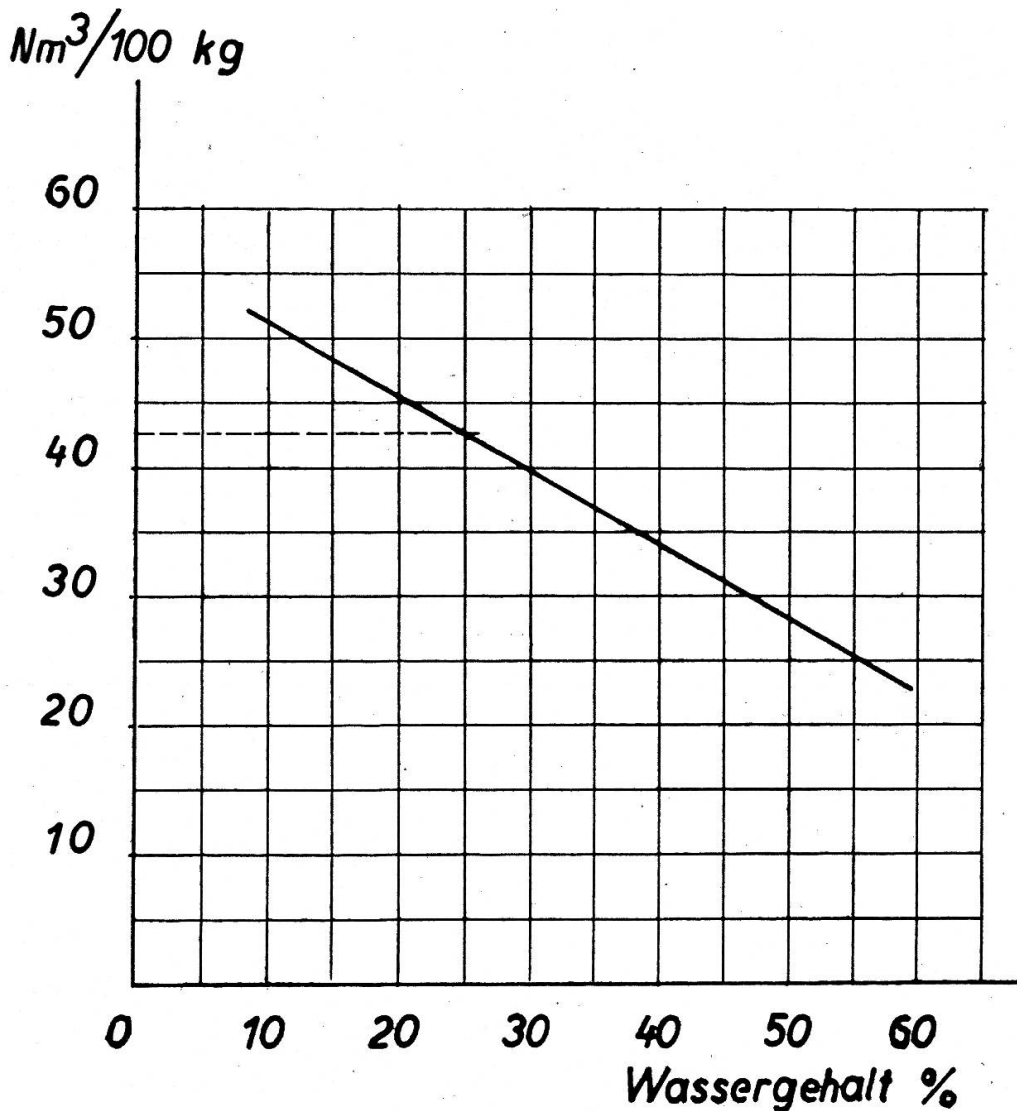


Fig. 5.

**Holzgasausbeute in Funktion des Wassergehaltes des Holzes**

Das Gasvolumen bezieht sich auf den Normalzustand von 0° 760 mm Hg. Die oberen und unteren Heizwerte des Gases sind ungefähr konstant und betragen im Mittel  $H_o = 3900$  und  $H_u = 3600$  Cal/Nm<sup>3</sup>.

**Rapport entre le rendement en gaz et la teneur en eau du bois**

Le volume du gaz correspond aux conditions normales (0° temp., 760 mm. bar.). La puissance calorifique du gaz est à peu près constante, à savoir, en moyenne :  $H_o$  (sup.) = 3900,  $H_u$  (inf.) = 3600 cal./Nm<sup>3</sup>.

dichten Gruben vollständig gelöscht wird. Die gelöschte Holzkohle wird alsdann in einer Sortieranlage in die vom Handel gewünschten Körnungen abesiebt.

*d) Die Ausbeute an Destillationsprodukten*

Die erzeugbare Menge und die Qualität der Destillationsprodukte hängen in hohem Maße ab von der Holzqualität, insbesondere vom Was-

sergehalt, vom Ofensystem, von der Entgasungstemperatur, der Ausstezeit, der Betriebsart und vom Zustand, der Einstellung und der Überwachung der Ofenanlage. In unserm Werk wurden neben vielen Laboratoriumsversuchen eine Reihe von betriebsmäßigen Dauerversuchen durchgeführt, wobei der Holzteer und das saure Gaswasser durch Verursachen von Verstopfungen und Korrosion der Leitungen große Schwierigkeiten boten. Nach einer gewissen Anlaufzeit waren genug Resultate vorhanden, und mit den gemachten Betriebserfahrungen wurde der im vorausgehenden Abschnitt beschriebene Wechselbetrieb eingeführt, der für unsere Anlage die optimalen Ausbeuten ergab. Bei der versuchsmäßig festgestellten günstigsten Entgasungstemperatur von 1100° C werden die Gasausbeuten gemäß Figur 5 erreicht.

Die Gasanalyse ergibt :

Kohlensäure . . . . .	%	17,6
Schwere Kohlenwasserstoffe . .	%	3,2
Sauerstoff . . . . .	%	0,3
Kohlenoxyd . . . . .	%	30,4
Wasserstoff . . . . .	%	32,5
Methan . . . . .	%	14,3
Stickstoff . . . . .	%	1,7
Inerte . . . . .	%	19,6
Oberer Heizwert . . . . .	Cal/Nm <sup>3</sup>	3900
Unterer Heizwert . . . . .	Cal/Nm <sup>3</sup>	3600

Rechnet man mit einer durchschnittlichen Feuchtigkeit des lufttrockenen Holzes von 25 %, so erreichen wir mit unserer Anlage eine mittlere Ausbeute von 42,8 Nm<sup>3</sup> Holzgas pro 100 kg Holz.

Für das gleiche Holz ergibt sich eine Ausbeute an Holzkohle von 18 Prozent. Die Analyse der Holzkohle ergibt :

Wasser . . . . .	%	8,0
Asche . . . . .	%	2,5
Flüchtiges . . . . .	%	6,0
Kohlenstoff . . . . .	%	83,5

Der Teeranfall beträgt rund 0,5 Prozent und gibt zu keinen Störungen Anlaß, das Gaswasser reagiert alkalisch.

Mit den angeführten Ausbeutezahlen ergibt sich ein Destillationswirkungsgrad bei der Holzentgasung von 89 Prozent.

100 kg Holz	H <sub>u</sub> = 3255 Cal/kg	325 500 Cal/100 kg =	100 %
42,8 Nm <sup>3</sup> Gas	H <sub>u</sub> = 3600 Cal/Nm <sup>3</sup>	154 000 Cal/100 kg Holz	47,3 %
18 kg Holzkohle	H <sub>u</sub> = 7300 Cal/kg	131 400	» 40,4 %
0,5 kg Teer	H <sub>u</sub> = 8600 Cal/kg	4 300	» 1,3 %
		289 700 Cal/100 kg Holz	89,0 %
	Verlust	35 800	» 11,0 %

Der Verlust von 11 Prozent setzt sich zusammen aus Gasverlusten infolge Undichtheiten und unvermeidlichen Gasverlusten beim Nachladen, Verlusten an Holzkohle infolge Nachverbrennung beim Ausstoßen und Trockenlöschen sowie durch freiwerdende Wärme während der Entgasung. Der Anlagenwirkungsgrad ergibt sich bei Berücksichtigung des Unterfeuerungsaufwandes von 17 kg Koks pro 100 kg Holz zu :

$$\eta_A = \frac{289700 \cdot 100}{325500 + 17 \cdot 7000} = 65,2 \%$$

Zu beachten ist, daß bei der Entgasung von Holz rund 47 Prozent des Holzheizwertes im Gas und rund 40 Prozent in der Holzkohle enthalten sind, während bei der Kohlendestillation im Gas nur zirka 20 Prozent und im Koks zirka 68 Prozent des Kohlenheizwertes zurückgewonnen werden.

### 3. Zusammenfassung

Das Holz ist ein technisch gut verwertbarer Ersatzrohstoff für den Gaswerksbetrieb. Es hat in hohem Maße mitgeholfen, die einschneidenden Rationierungsmaßnahmen in der Gasversorgung gegen Kriegsende und während der Nachkriegszeit zu lindern. Die Holzgasausbeute ist beträchtlich, durchschnittlich 42,8 Nm<sup>3</sup> pro 100 kg Holz, hängt aber stark von der Holzqualität und den Entgasungsbedingungen ab. Der Anfall an Holzkohle beträgt zirka 18 kg pro 100 kg Holz. Durch geeignete Entgasungsmethoden gelingt es, den Holzteer weitgehend zu kracken und die Essigsäure zu zersetzen. Der thermische Anlagenwirkungsgrad ist infolge größerer Verluste und infolge des größeren Aufwandes an Unterfeuerungsmaterial wesentlich schlechter als derjenige bei Kohlendestillation. Er beträgt bei der Holzdestillation 65,2 % und bei der Kohlendestillation 85,6 %. Bezogen auf wasser- und aschenfreien Rohstoff, ersetzen, wärmetechnisch betrachtet, im Gaswerksbetrieb 2,5 kg Holz 1 kg Steinkohle. Die Gestehungskosten von Holzgas und Holzkohle sind infolge der kostspieligen Gasholzaufbereitung und infolge des schlechten Anlagenwirkungsgrades ein Mehrfaches der Gestehungskosten der Kohlendestillationsprodukte.

### Résumé

Lorsque la houille manque, le bois est un précieux succédané pour la production du gaz de ville. Pendant la seconde moitié de la guerre et depuis, il a permis à nos usines suisses de maintenir leurs livraisons à un niveau réduit, certes, mais cependant appréciable. Cela ressort du tableau 1, page 147, qui indique, pour 1938—1945, le montant et la nature des matières premières disponibles et distillées en vase clos à l'usine à gaz de Schlieren-Zurich, d'une part, et d'autre, ceux des produits (gaz, coke, goudron, benzol, charbon de bois). Notez, entre autres données, du côté des matières premières, celles qui illustrent l'appauvrissement successif en houille et, dès 1942, l'emploi

croissant du bois, principal succédané (21.735 tonnes en 1945, contre 46.632 tonnes de houille et 8380 tonnes d'autres « ersatz »: lignite, tourbe, papier, déchets de cuir).

En temps ordinaire, le mélange gazeux appelé gaz de ville (gaz de cornue: hydrocarbures, hydrogène, oxyde de carbone, acétylène, gaz inertes tels que l'azote et l'acide carbonique) est tiré de la houille, par distillation sèche; les produits secondaires de la fabrication sont d'une grande importance économique: coke, goudron, benzol, eaux de dépuratation chargées de sels ammoniacaux, substances séparées par l'épuration et dont on tire des cyanides et du soufre. La figure 1, page 148, rassemble en un tableau ces produits normaux de nos usines à gaz, bruts, préparés ou transformés, ainsi que leur principal emploi.

La substitution partielle et temporaire du bois à la houille n'est économiquement possible qu'à une condition: c'est que les installations anciennes puissent être utilisées sans de coûteuses transformations. Pour cela, il faut que le bois soit employé sous forme de cubes de 10 cm. de côté au maximum. Cette préparation coûte fort cher en installations (voir p. 154) et en main-d'œuvre. L'apprêt journalier, à Schlieren, de 60 à 70 tonnes de bois demande une journée d'ouvrier par tonne, contre une journée par 30 tonnes lorsqu'il s'agit de la houille! Si l'on veut bien considérer ce lourd handicap et, d'autre part, la qualité inférieure du gaz au bois (19,6 % inertes, acide, carbonique, oxygène et azote, voir page 158) et celle des produits secondaires de la distillation (du charbon de bois et un peu de goudron, voir p. 158), on reconnaît sans autre que le bois ne peut être, pour nos usines à gaz, qu'un matériel de remplacement, mais le meilleur (voir pages 151 et 154).

Les données suivantes permettent de comparer sommairement la valeur de la houille et du bois pour l'industrie du gaz:

Donnée	Dans le texte allemand	Houille	Bois
Puissance calorifique inférieure, cal./kg.	$H_u$	7400	3255 (25% d'eau)
Idem, sous déduction de l'eau et des cendres . . . . .		8328	4340 (hêtre)
Rendement thermique de la distillation, %	$\eta_D$	95,3 (détails page 146)	89,0 (détails page 158)
Rendement thermique de l'installation, % (distillation + chauffage)	$\eta_A$	85,6 (détails page 146)	65,2 (détails page 159)

La différence dans le rendement thermique de la distillation s'explique par le fait que, aux fuites, aux échappements lors de la charge, pour la houille, viennent s'ajouter, pour le bois, des pertes de gaz supplémentaires dues à une charge en plusieurs temps (voir page 159), une certaine combustion du charbon de bois pendant qu'on l'extrait et l'éteint, enfin une libération de chaleur inhérente au procédé. La différence dans le rendement thermique de l'installation est due aux causes ci-dessus énoncées plus une consommation sensiblement supérieure de combustible pour le chauffage, dans le cas du bois.

Ces chiffres permettent d'établir le rapport qu'il y a entre l'énergie dégagée, par la distillation sèche, de 1 kg. de bois et 1 kg. de houille:



$$\frac{4\,340 \times 0,652}{8\,328 \times 0,856} (\text{hêtre}) = 39,7\%$$

A ce point de vue, 1 kg. de houille peut être remplacé par 2,52 kg. de bois.

Si l'on ne tient compte que de la production de gaz, le rendement de la distillation du bois est élevé : on tire de 100 kg. de bois (25 % d'eau) 42,8 Nm<sup>3</sup> (0° C., 760 mm. bar.) de gaz et 18 kg. de charbon de bois (voir page 158), contre 32 Nm<sup>3</sup> et 72 kg. de coke pour 100 kg. de houille (voir page 146).

On peut employer le bois de n'importe quelle essence. L'essentiel est de réduire la teneur en eau, qui varie entre 20 et 60 %. Le bois distillé à Schlieren accuse en moyenne 25 %. Le tableau 2, page 151, indique la composition chimique de différents bois comparée avec celle de la lignite, de la tourbe (succédanés de mauvais rendement économique, parce que très riches en cendres et en eau), de la houille et de l'antracite. Les pour-cents se rapportent à la substance débarrassée des cendres et de l'eau.

La figure 3 présente le four, en coupes schématiques. L'installation comprend une batterie de 63 chambres horizontales (cornues), chauffées soit au gaz pauvre fourni par un générateur central, soit au gaz riche. La température influe, comme on sait, sur la marche et le rendement de la distillation. Il se produit peu de gaz à faible température; une trop grande chaleur, par contre, dégage du carbone et provoque par là l'encrassement, voire l'obturation de la tuyauterie. C'est à 1100° C. que le résultat est le plus favorable, à Schlieren; il est amélioré par l'accouplement de deux chambres (voir figure 4 et les explications des pages 154 à 157). Les chiffres indiqués se rapportent à la distillation à cette température, par des procédés spéciaux qui permettent d'obtenir le « cracking » presque complet du goudron (transformation en hydrocarbures volatils) et la décomposition de l'acide acétique.

(E. Bx.)

<b>MITTEILUNGEN · COMMUNICATIONS</b>
--------------------------------------

## **La question forestière en Grande-Bretagne : Un nouveau plan de reconstitution**

Par *E. Badoux*, Zurich

En temps de paix, d'énormes quantités de bois, correspondant à un volume brut de 25 à 30 millions de m<sup>3</sup>, affluent chaque année dans les ports du Royaume-Uni : bois résineux des grandes ceintures forestières du Canada et de l'Europe, bois durs des Indes, de Birmanie, d'Australie, d'Amérique, d'Extrême-Orient, des jungles tropicales africaines, contre-plaqué de la Finlande et de la Russie, etc. Dans les docks et entrepôts, les stocks sont abondants; on les remplace avec facilité. Le bois abonde littéralement. Aussi le gros public se soucie-t-il médiocrement du fait que la vingtième partie seulement des besoins nationaux puisse être satisfaite par la forêt britannique