**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 99 (1948)

**Heft:** 7

**Artikel:** Von der Holzentgasung

**Autor:** Hofmann, E.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-766395

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 17.08.2025

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

# Von der Holzentgasung[1]

*Ein Rückblick*

Von Dir. *E. Hofmann*, St. Gallen

Die Holzgasgewinnung hat während der Zeit des Kohlenmangels eine große Bedeutung erlangt. Wenn deren Resultate indessen richtig beurteilt und eingeschätzt werden wollen, so müssen sie am Maßstab der Resultate des normalen Verfahrens der Stadtgasgewinnung gemessen werden. Es wird deshalb zuerst ein summarischer Überblick über die Gewinnung von normalem Stadtgas geboten.

## A. Die Kohlenentgasung

Die technisch und wirtschaftlich vorteilhafte Anwendung von brennbaren Gasen als Brennstoff, vom Standpunkt zentraler Versorgung aus gesehen, ist an bestimmte Bedingungen geknüpft. Die Gase, die der Gasversorgung dienen, müssen in großen Mengen und zu einem Preise herstellbar sein, daß sie mit Erfolg mit andern Energieträgern in Konkurrenz treten können. Sie müssen bestimmten Ansprüchen hinsichtlich der Speicherung, der Fortleitung und der Verbrennung genügen. In bezug auf die Speicherung und die Fortleitung sollen sie möglichst geringe

*Tabelle 1*

**Elementaranalyse und disponibler Wasserstoff asche- und wasserfreier, fester Brennstoffe der Inkohlungsreihe**

| Geologische Formation | Brennstoffe | C Gew. % | H Gew. % | O Gew. % | $\frac{H - O/8}{C}$ % | $C_6H_xO_y$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alluvium | Zellulose . . . | 44,4 | 6,1 | 49,5 | — | $C_6H_{10}O_5$ |
| | Holz . . . . . | 50 | 6 | 44 | 1 | $C_6H_{8,6}O_{4,0}$ |
| | Torf . . . . . | 60 | 6 | 34 | 2,5 | $C_6H_{7,2}O_{2,6}$ |
| Miozän | Braunkohle . . | 65 | 6 | 29 | 3,6 | $C_6H_{6,7}O_{2,0}$ |
| Kreide | Wälderkohle . . | 70 | 6 | 24 | 4,5 | $C_6H_{6,2}O_{1,6}$ |
| Karbon | Flammkohle . . | 75 | 6 | 19 | 4,8 | $C_6H_{5,7}O_{1,1}$ |
| | Gasflammkohle . | 80 | 6 | 14 | 5,3 | $C_6H_{5,4}O_{0,8}$ |
| | Gaskohle . . . | 85 | 5 | 10 | 4,4 | $C_6H_{4,2}O_{0,53}$ |
| | Kokskohle . . | 90 | 4 | 6 | 3,6 | $C_6H_{3,2}O_{0,30}$ |
| | Magerkohle . . | 94 | 3 | 3 | 2,8 | $C_6H_{2,3}O_{0,14}$ |
| Devon, Silur | Anthrazit . . . | 97 | 2 | 1,5 | 1,9 | $C_6H_{1,5}O_{0,07}$ |
| Cambrium | Graphit . . . . | 100 | — | — | — | — |

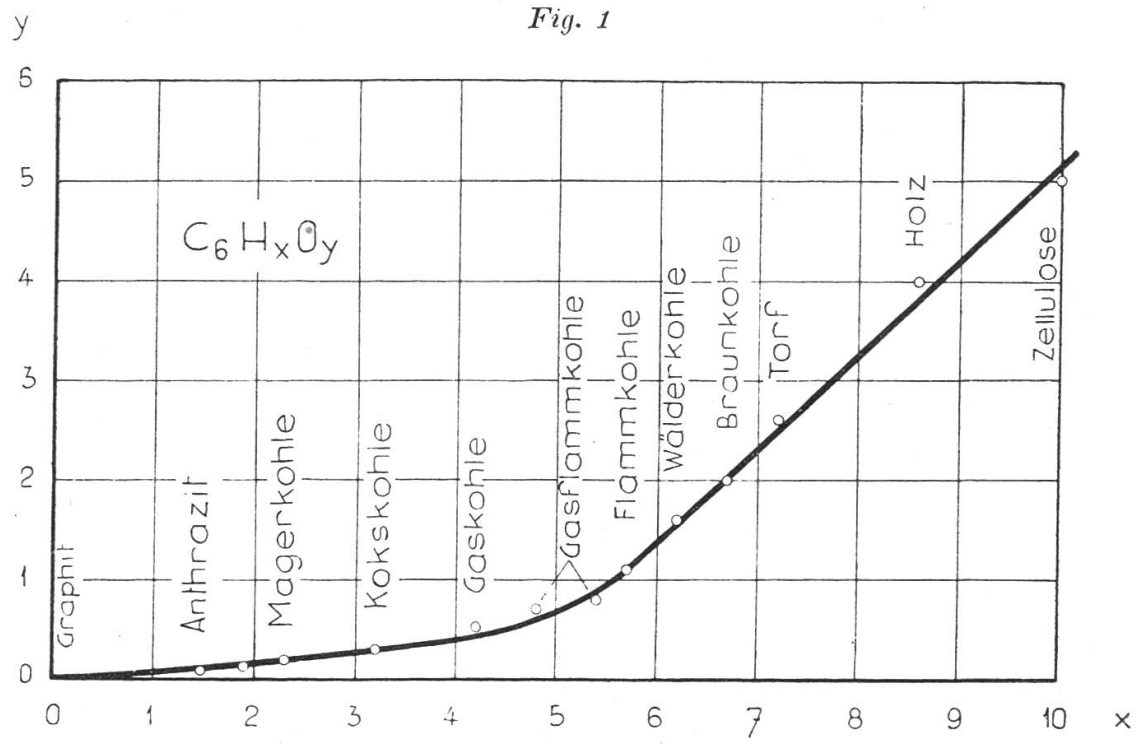
[1] Dieser Artikel ist durch Professor Dr. H. Knuchel angeregt worden, als er, veranlaßt durch das Oberforstamt des Kantons St. Gallen, in Begleitung von Prof. B. Bagdasarjanz und Dr. H. Tromp, anfangs Dezember 1947 mit Studenten der Forstabteilung der ETH das Gaswerk der Stadt St. Gallen besichtigte und vom Verfasser einige Ausführungen über die Holzentgasung entgegennahm.

Korrosionen verursachen und leicht sein, ein kleines spezifisches Gewicht haben und hinsichtlich der Verbrennung gute Verbrennungseigenschaften aufweisen. Die Erfahrung lehrt, daß die Entgasung, die sog. trockene Destillation, d. h. die Erhitzung auf etwa 1000° C unter Luftabschluß, von gewissen organischen Stoffen die aufgestellten Bedingungen am besten erfüllt. (Man bezeichnet den Prozeß der Gasgewinnung aus hocherhitzten organischen Stoffen, wenn er unter Luftabschluß erfolgt, als Entgasung und bei teilweiser Luftzufuhr [Primärluft] oder Dampfzufuhr, als Vergasung.) Obwohl alle organischen Stoffe entgasbar sind, kommen als Rohstoffe für den Stadtgasgewinnungsprozeß praktisch nur Brennstoffe in Frage. Dieselben bestehen alle aus Kohlenstoff, Wasserstoff und mehr oder weniger Sauerstoff (siehe Tabelle 1). Die meisten Brennstoffe enthalten außerdem Stickstoff und Schwefel und die festen Brennstoffe noch mineralische Bestandteile, die als Asche bezeichnet werden, und Wasser.

Nach dem Gehalt an Kohlenstoff geordnet, ergibt sich die in der Tabelle dargestellte Folge fester Brennstoffe der Inkohlungsreihe. Stellt man sie (nach Dir. Dr. H. Deringer: Gaswerke, Kokereien I; Vorlesung) in der Molekularform $C_6H_xO_y$ dar, so zeigt beispielsweise nachstehende Figur 1 die unter ihnen bestehenden Zusammenhänge.

Es eignen sich aber selbstredend nicht alle Brennstoffe gleichermaßen für die Entgasung. Bei der Entgasung erhält man feste Rück-

*Fig. 1*

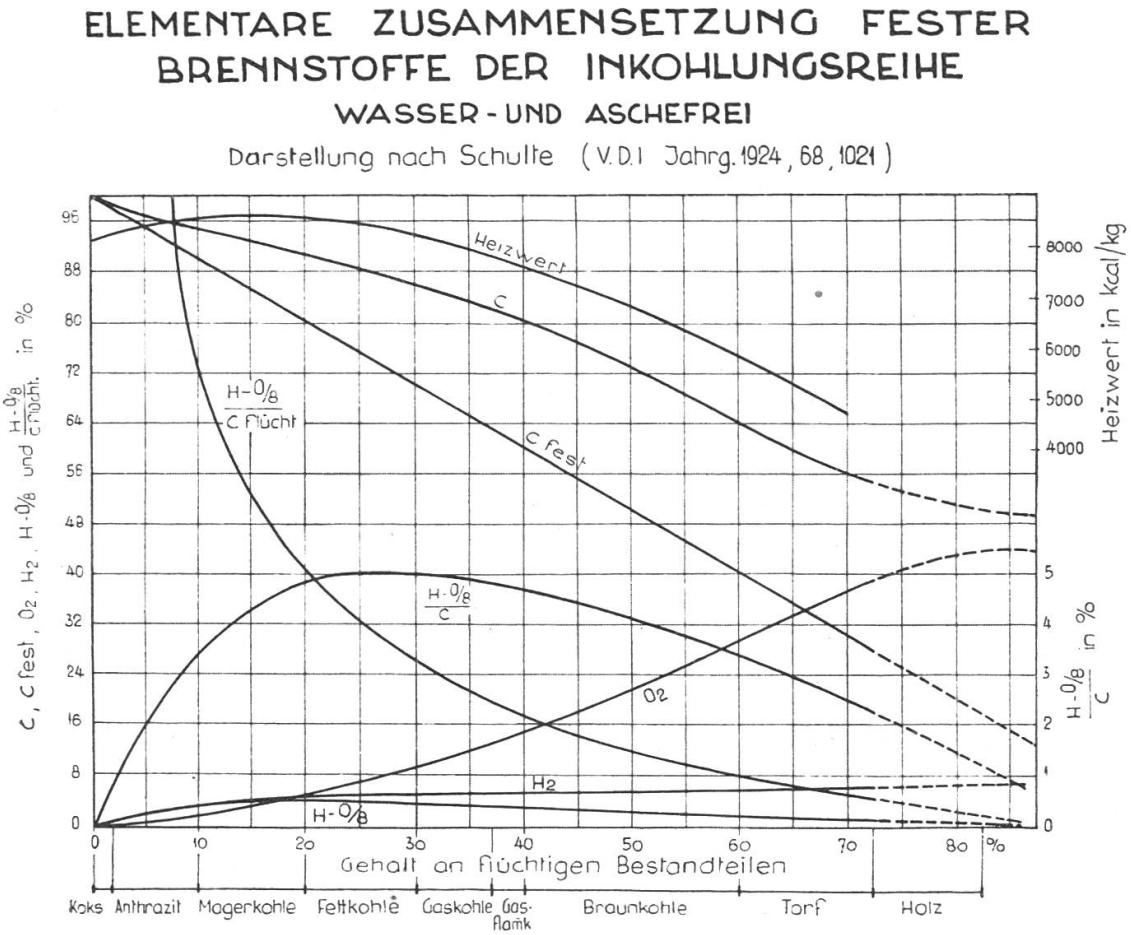



Feste Brennstoffe der Inkohlungsreihe in molekularer Darstellung

stände wie Koks, Grude, Holzkohle, je nach dem Brennstoff, der entgast wird, und flüchtige Produkte, die teils gasförmig, teils flüssig sind. Es entstehen brennbare Gase und Dämpfe sowie Teer und Gaswasser. Es kommen nun für den normalen Gasgewinnungsbetrieb nur jene Brennstoffe zur Anwendung, bei denen die Wertsumme der gewinnbaren Entgasungsprodukte, die als Kuppelprodukte zu bezeichnen sind, ein Maximum ist. Diese Bedingung erfüllt einzig junge Steinkohle, wie Gaskohle und Kokskohle.

Der Hauptanteil des Heizwertes des Steinkohlengases wird durch Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgase gebildet. Diese Gase treten bei der Entgasung derjenigen Brennstoffe in größter Menge auf, welche den größten Anteil an disponiblem Wasserstoff H — 0/8 je Kohlenstoffgehalt besitzen. Dies trifft für junge Steinkohlen zu (siehe Tabelle 1 und Figur 2). Der disponible Wasserstoffgehalt, der für die Bildung von Kohlenwasserstoffgasen oder Wasserstoffgas zur Verfügung steht, beträgt bei jungen Steinkohlen das Maximum von zirka 5%. Die Kurve $\frac{H - 0/8}{C}$ der nachstehenden Figur 2 läßt die bei den verschiedenen Brennstoffen bestehenden Verhältnisse klar erkennen.

*Fig. 2*



Hinsichtlich des Koksbildungsvermögens zeigen alte und sehr junge Kohlen das gleiche Verhalten. Beide ergeben nur einen sandigen bis höchstens gesinterten Koks. Junge Steinkohle dagegen gibt einen festen und stückigen Koks. Es ist also die junge Steinkohle, welche zugleich die günstigsten Eigenschaften sowohl für die Gasgewinnung als auch für die Koksbildung aufweist. Sie erfüllt daher allein die Bedingungen, welche die Erzielung einer optimalen Wertsumme der Produkte ermöglichen. Vor dem Kriege hat eine Mischung von etwa ⅓ Ruhr-, ⅓ Saar- und ⅓ englischer Kohle für unsere schweizerischen Verhältnisse die technisch und wirtschaftlich günstigsten Resultate ergeben.

Der durchschnittliche Heizwert des aus dieser Kohlenmischung gewonnenen reinen Kohlengases beträgt 5330 kcal/Nm³ (0° C, 760 Torr). Das Gas, das an die Konsumenten abgegeben wird, das sog. Stadtgas, wird indessen mit einem niedrigeren Heizwert verabfolgt. In den Nachbarländern betrug der obere Gasheizwert vor dem Kriege zirka 4200 kcal/Nm³. In der Schweiz wurde aus wirtschaftlichen Gründen ein Gas mit einem oberen Heizwert von 5000 kcal/Nm³ abgegeben. Die Regulierung des Stadtgasheizwertes erfolgt dadurch, daß man dem reinen Kohlengas ein Gas von geringerem Heizwert zusetzt, und zwar im allgemeinen sog. Wassergas ($CO + H_2$) vom obern Heizwert von zirka 2700 kcal/Nm³. Man erhält dieses Gas, indem man Dampf durch glühenden Kohlenstoff (Koks) hindurchleitet: $C + H_2O = CO + H_2 - 1267$ kcal/2Nm³. Die Produktion dieses Wassergases erfolgt zum Teil in den Kohlenentgasungsräumen, d. h. den Kammern, bzw. Retorten, oder in besondern Wassergasgeneratoren.

Entsprechend der chemischen Zusammensetzung der für die Entgasung in Frage kommenden Brennstoffe und dem Zusatz von Wassergas ist das entstehende Gas nicht ein Einzelgas, sondern ein Gasgemisch und setzt sich nach Mengen und heizwertmäßiger Bedeutung geordnet aus folgenden Gaskomponenten zusammen:

| | |
|---|---|
| Heizwertträger des Mischgases: | Wasserstoff, Methan, schwere Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxyd; |
| heizwertlose, inerte Gase: | Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff. |

Bei einem obern Gasheizwert von 5000 kcal/Nm³ konnte ein Mischgas von folgender Zusammensetzung gewonnen werden:

| | | |
|---|---|---|
| Heizgase | $H_2$ | 56,0 % |
| | $CH_4$ | 25,0 % |
| | $CO$ | 6,0 % |
| | $C_nH_m$ | 2,0 % |
| Inerte Gase | $N_2$ | 8,5 % |
| | $CO_2$ | 2,0 % |
| | $O_2$ | 0,5 % |
| | | 100,0 % |

Das spezifische Gewicht dieses Gases ist, bezogen auf Luft, gleich 0,42. Dieses Mischgas erfüllt nach seiner physikalischen und chemischen Behandlung zum Zwecke der Reinigung und der Gewinnung von Teer, Ammoniak und Schwefel die hinsichtlich Speicherung, Transport und Verbrennung zu stellenden Eigenschaftsansprüche in vorteilhafter Weise. Durch sekundäre, spezielle Anlagen kann aus dem Gas noch Rohbenzol gewonnen werden, und zwar rechnet man mit maximal 10,7 kg je Tonne Steinkohle.

Die in der Kohle enthaltene Wärmemenge wird zum größten Teil in den Entgasungsprodukten wieder gewonnen. Der thermische Wirkungsgrad des Entgasungprozesses ist ein hoher. Die Kohle ist für die Gaswerke nicht ein Brennstoff, sondern ein Rohstoff. Im Hinblick auf den hohen thermischen Wirkungsgrad und auf die bedeutende stoffwirtschaftliche Ausbeute sollte deshalb in der Schweiz, welche die Kohle importieren muß, die entgasbare Kohle, namentlich bei Importschwierigkeiten, nicht verbrannt, sondern nur dem stofflichen und thermischen Umwandlungsprozeß unterzogen werden.

Der thermische Wirkungsgrad der Entgasung der Steinkohle berechnet sich wie folgt:

**1. Grundlagen**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gasausbeute . . . . . | 32,5 | $Nm^3$/100 kg | Rohstoff |
| Koksausbeute . . . . . | 73 | kg/100 kg | » |
| Teerausbeute . . . . . | 5 | kg/100 kg | » |
| Koksverbrauch für die Unterfeuerung (Heizung der Öfen) . . . . . | 13,5 | kg/100 kg | » |
| Heizwert des Rohstoffes . . . . . | 8000 | kcal/kg | |
| Heizwert des Gases . . . . . | 5330 | kcal/$Nm^3$ | |
| Heizwert des Kokses . . . . . | 7000 | kcal/kg | |
| Heizwert des Teeres . . . . . | 9000 | kcal/kg | |

**2. Wärmebilanz**

| | | | |
|---|---|---|---|
| In 100 kg Rohstoff (Kohle) enthaltene Wärmemenge . . . | | | 800 000 kcal |
| *a) Wärmeertrag* | | | |
| Wärmeinhalt der Produkte: | | | |
| Im Gas . . . . . | 173 300 kcal | | |
| Im Koks . . . . . | 511 000 » | | |
| Im Teer . . . . . | 45 000 » | | |
| Abwärme: | | | |
| Zurückgewonnen aus Abgasen . . . . . | 14 600 » | | |
| Zurückgewonnen durch trockene Kokslöschung . . . . . | 17 000 » | | |
| Gesamter Brutto-Wärmeertrag . . . . | | 760 900 kcal | |
| *b) Wärmeaufwand* | | | |
| Für die Heizung der Öfen . . . . . | | 94 500 » | |
| Disponible Wärmemenge . . . . . | | | 666 400 kcal |

Der thermische Wirkungsgrad der Steinkohlenentgasung beträgt somit zirka 84 %.

Die prozentuale Aufteilung der Wärmebilanz ergibt:

*a) Wärmeertrag*

Wärmeinhalt der Produkte:

| | | |
|---|---|---|
| Im Gas . . . . . | 22 % | |
| Im disponiblen Koks . . . | 52 % | |
| Im Teer . . . . . | 6 % | |
| Aus Abwärme . . . . . | 4 % | |
| Totaler disponibler Wärmeertrag . . . . . | | 84 % |

*b) Wärmeaufwand*

| | | |
|---|---|---|
| Für die Beheizung der Öfen . | 12 % | |
| Für Verluste . . . . . | 4 % | |
| Total Wärmeaufwand . . . . . | | 16 % |
| Im Rohstoff enthaltene Wärmemenge . . . . . | | 100 % |

Wohl benötigt die Kohle zur Entgasung während mindestens zwölf Stunden eine Temperatur von zirka 1000° C, aber ein Teil dieser aufgewendeten Wärme wird als sogenannte Abwärme wieder gewonnen. Durch Ausnützung der Wärme des im glühenden Zustand anfallenden Kokses sowie derjenigen der Abgase kann Dampf produziert und bei der Abkühlung des Gases und der Kondensate warmes Wasser gewonnen werden.

Die Stoffbilanz der Kohlenentgasung ergibt:

| | |
|---|---|
| Gas . . . . | 17 Gew.%, spez. Gew. = 0,40 (Luft = 1) |
| Koks . . . | 73 Gew.% |
| Teer . . . | 5 Gew.% |
| Gaswasser . | 5 Gew.% |
| Rohstoff . . | 100 Gew.% |

Nach diesem generellen Überblick über die normale Stadtgasgewinnung folgt nun die Darstellung der Holzentgasung in verfahrensmäßiger und wirtschaftlicher Hinsicht.

## B. Die Holzentgasung

Nachdem mangels genügender Kohlenzufuhr die Kohlenentgasung eingeschränkt werden mußte und auch die Gasheizwertsenkung, d. h. die vermehrte Zumischung von Wassergas ein nicht mehr zureichendes Mittel für genügende Gasproduktion war, mußte zur Entgasung von Ersatz-Entgasungsmaterialien geschritten werden. Als solche kamen in Frage und wurden angewendet: Holz, Torf, Lignite, Braunkohlen, dann auch Tannenäste, Tannzapfen, Papier, Lederabfälle. Der Vorrang unter all diesen Ersatzmaterialien kam dem Holz zu, und es wurde dasselbe bald der Hauptersatzrohstoff.

*Tabelle 2*

**Chemische Zusammensetzung, Heizwert und Verbrennungswärme der brennbaren Substanz von Holz und Holzkohle (wasser- und aschefrei)**

| Holzart | Gehalt an: | | | | Verbrennungswärme | Heizwert | Disponibler Wasserstoff bezogen auf den Kohlenstoffgehalt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kohlenstoff | Wasserstoff | Sauerstoff und Stickstoff | flüchtigen Bestandteilen | | | |
| | % | % | % | % | kcal/kg | kcal/kg | $\frac{H - \frac{O+N}{8}}{C}$ |
| Buchenklötzchen | 49,1 | 6,2 | 44,7 | 87,5 | 4672 | 4339 | 0,012 |
| Buchendurchforstungsholz | 48,4 | 6,2 | 45,4 | 89,1 | 4711 | 4380 | 0,011 |
| Altes Eichenholz | 49,5 | 6,0 | 44,5 | 82,4 | 4679 | 4356 | 0,010 |
| Tannenholz | 49,6 | 6,2 | 44,2 | 87,0 | 4830 | 4496 | 0,014 |
| Altes Lärchenabbruchholz | 52,1 | 6,4 | 41,5 | 89,1 | 5118 | 4774 | 0,023 |
| Gemischholz | 49,9 | 6,1 | 44,0 | 87,3 | 4708 | 4382 | 0,012 |
| Bois torréfié nach Prof. Dupont | 55,9 | 6,4 | 37,7 | 85,4 | 5398 | 5058 | 0,029 |
| Unvollständig entgaste Tannenholzkohle | 82,9 | 4,0 | 13,1 | 23,6 | 7413 | 7629 | 0,026 |
| Gut entgaste Tannenholzkohle | 93,6 | 1,8 | 4,6 | 6,7 | 7916 | 8015 | 0,014 |
| Gut entgaste Buchenholzkohle | 93,4 | 1,9 | 4,5 | 7,2 | 8026 | 8138 | 0,016 |

(Abschrift aus Bericht Nr. 3 der Schweizerischen Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe über «Theoretische und praktische Untersuchungen über den Betrieb von Motorfahrzeugen mit Holzgas», Seite 22, Tabelle 3.)

Die Holzentgasung, zum primären Zweck der Gasgewinnung, erfolgt analog der Kohlenentgasung durch Erhitzung des Holzes unter Luftabschluß in Kammern oder Retorten auf die hohe Temperatur von etwa 900 bis 1000° C. Wie bei der Kohlenentgasung, ergeben sich auch bei diesem Prozeß gasförmige, feste und flüssige Produkte. Man erhält Holzgas, Holzkohle und Holzteer. Währenddem der Prozeß der Kohlenentgasung im allgemeinen an sich weder Wärme absorbiert noch solche erzeugt, verläuft die Holzentgasung von einer Temperatur von zirka 275° C an exotherm, nimmt dann aber bei höherer Temperatur endothermen Charakter an.

Man kennt bei der Holzentgasung drei verschiedene Verfahren, nämlich die normale Entgasung, die totale Entgasung und die Entgasung mit Glühbetrieb.

## I. Die normale Holzentgasung

Bei der normalen Holzentgasung wird das Holz einer Entgasungszeit, d. h. einer sogenannten Ausstehzeit, je nach Ladegewicht, von drei bis acht Stunden unterworfen. Unter Ladegewicht versteht man das Gewicht des Entgasungsmaterials, mit dem der Entgasungsraum, seien es Retorten oder Kammern, für eine Entgasungsperiode beladen wird. Man erhält dann Holzgas mit höchstmöglichem Heizwert und Holzkohle in höchstmöglicher Menge. Gleichzeitig fällt bei der Abkühlung des Gases durch Kondensation Holzteer und Holzgaswasser an.

### *1. Holzgas*

Die Elementaranalyse der wasserfreien Holzsubstanz zeitigt bei ganz verschiedenen Holzarten, wie Eichen, Buchen, Tannen, Lärchen, nur geringe Unterschiede (Tabelle 2). Es könnte deshalb erwartet werden, daß die Gasausbeute verschiedener Holzarten ebenfalls geringe Unterschiede aufweisen würde. Die durch die Geipert-Analysen, d. h. bei der Entgasung von Holz in einem Quarzrohr bei 1100° C im Laboratorium gewonnenen Resultate stimmen in der Tat, wie Tabelle 3 zeigt, auch bei verschiedenen untersuchten Holzarten gut überein.

Für die Gaswerke sehr wertvolle Resultate wurden in der Versuchsanlage im Gaswerk Horgen gewonnen, wo unter Leitung von Dipl.-Ing. H. Zollikofer, Direktor des Technischen Inspektorates schweizerischer Gaswerke, unter Bedingungen Probeentgasungen durchgeführt wurden, welche mit denjenigen des praktischen Betriebes identisch sind. Bei der praktischen Holzentgasung im Gaswerkbetrieb zeigen sich hinsichtlich der Gasausbeute verschiedener Holzarten und gegenüber den Geipert-Resultaten indessen große Unterschiede. Es sind mannigfaltige Einflüsse, die im praktischen Betrieb eine Rolle spielen. Zu nennen sind in erster Linie die Holzart, der Wassergehalt des Holzes, dessen Gesundheits-

zustand, der Harzgehalt, die Holz-Stückgröße, dann die Form und Größe des Entgasungsraumes, das Ladegewicht, die Ofentemperatur, die Entgasungsdauer, das Entgasungsverfahren. Unter den Holzarten geben diejenigen mit höherem Harzgehalt, wie Föhrenholz, die besseren Gaswärme-Ausbeutezahlen. Allgemein ist festzustellen, daß Nadelhölzer eine bessere Gasausbeute geben als Laubhölzer. Bei hohem Feuchtigkeitsgehalt ergibt sich relativ viel Gas, aber mit einem niedrigeren Gasheizwert, bei geringerem Feuchtigkeitsgehalt ist das Verhältnis umgekehrt. Bei hohem Feuchtigkeitsgrad hat man sich vorzustellen, daß während der Entgasung die im Innern eines Holzstückes vorhandene Feuchtigkeit, wenn sie beim Austritt aus demselben durch die bereits verkohlten äußern Teile hindurchstreichen muß, z. T. der chemischen Reaktion $C + H_2O = CO + H_2 - 1267$ kcal/2Nm³ unterworfen wird und so sich eine Wassergasbildung vollzieht, die die Holzgasausbeute erhöht, aber den Holzgasheizwert vermindert. Weil die Resultate der Holzentgasung vielen Einflüssen unterworfen sind, hält es schwer, bezüglich der Gasausbeute allgemeingültige Zahlenangaben zu machen. Orientierungshalber sei nachstehend in Tabelle 4 an Hand verschiedener Ergebnisse ein Überblick darüber gegeben, in welchen Größenverhältnissen sich die Resultate je nach Holzart bewegen. Erfahrungen mit der Holzentgasung und mit der Holzkohlenverwendung sind in Artikeln von Dir. H. Zollikofer,

*Tabelle 3*

**Geipert-Analysen von trockenen Hölzern**

| Holzart und Feuchtigkeitsgehalt | Buchenäste | Buchenklötzchen | Tanne | Lärchenabbruchholz |
|---|---|---|---|---|
| | 4,0 % | 4,5 % | 4,6 % | 6,6 % |
| Gaszusammensetzung: | | | | |
| $CO_2$ Vol. % | 14,0 | 14,5 | 10,9 | 11,5 |
| $C_nH_m$ Vol. % | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 8,6 |
| CO Vol. % | 41,2 | 40,7 | 43,6 | 41,4 |
| $H_2$ Vol. % | 20,3 | 21,3 | 22,9 | 23,3 |
| $CH_4$ Vol. % | 17,0 | 16,0 | 15,1 | 15,2 |
| Heizwert kcal/Nm³ * | 4650 | 4780 | 4640 | 4900 |
| Gasausbeute Nm³/kg | 0,523 | 0,536 | 0,557 | 0,525 |
| Gas-Heizwertzahl kcal/kg (Gasausbeute × Gasheizwert) | 2430 | 2560 | 2580 | 2570 |
| Holzkohle Gew. % | 15 | 15 | 16 | 16 |

* Nm³ = Kubikmeter bei 0° C 760 mm Hg trocken

Abschrift aus Bericht Nr. 3 der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe über « Theoretische und praktische Untersuchungen über den Betrieb von Motorfahrzeugen mit Holzgas », Seite 23, Tabelle 4.

Dir. Dr. H. Deringer, J. Wyser, G. F. Widmer, Dr. G. Bodmer, P. Hauri u. a. in den letzten Jahrgängen des Monatsbulletins des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern niedergelegt. Über die Holzentgasung während des ersten Weltkrieges hat namentlich Prof. Dr. E. Ott geschrieben. Unsere Ausführungen stützen sich z. T. auf diese verschiedenen Mitteilungen.

*Tabelle 4*

**Gasausbeute und Gasheizwert verschiedener Holzarten**

| Holzart | Feuchtigkeitsgehalt (lufttrocken) | Gasausbeute Nm3/100 kg Holz | Oberer Gasheizwert kcal/Nm3 | Gasheizwertzahl kcal/kg Holz |
|---|---|---|---|---|
| Buchenholz . . . . . | 20 % | ca. 35 | 3900 | 1350 |
| Tannenholz . . . . . | 20 % | ca. 50 | 3150 | 1575 |
| Rottannenholz . . . . . | 20 % | ca. 45 | 3550 | 1600 |
| Föhrenholz . . . . . | 20 % | ca. 46 | 4000 | 1850 |

Ähnlich wie Buchenholz verhalten sich Eichen-, Birken-, Linden- und Tessiner Laubholz im lufttrockenen Zustand. Bei der Bewertung dieser Zahlen muß man sich aber vergegenwärtigen, daß die Holzbelieferung der Gaswerke nicht nach dem allgemeinen schweizerischen Holzbestand von zirka 25 bis 30 % Laub- und zirka 70 bis 75 % Nadelholz erfolgen konnte. Für das Gaswerk St. Gallen z. B. bestand die Laubholzlieferung zudem zu mehr als einem Drittel aus Erlenholz.

Unter der Gasheizwertzahl versteht man das Produkt aus Gasausbeute je kg Holz und dem obern Gasheizwert je $Nm^3$. Sie ist ein Vergleichsmittel hinsichtlich der Gaswärmeproduktion für gleichartige Ausgangsmaterialien, läßt sich aber nicht mit derjenigen der Kohlenentgasung vergleichen, weil für die Herstellung eines Mischgases von höherem Heizwert als demjenigen des Holzgases dem Heizwert der heizwertreichsten Gaskomponente des Mischgases eine größere Bedeutung zukommt als der heizwertärmeren.

Das spezifische Gewicht, bezogen auf Luft = 1, dieses aus normaler Entgasung gewonnenen Holzgases beträgt zirka 0,65 bis 0,85. Da das spezifische Gewicht des reinen Steinkohlengases nur 0,4, dasjenige des normalen Mischgases von 5000 kcal/$Nm^3$ dagegen 0,42 beträgt, ist das Holzgas ein relativ schweres Gas. Dieses hohe spezifische Gewicht ist bezüglich Gastransportes und gleichmäßiger Gasdruckhaltung im Versorgungsnetz von großem Nachteil.

Im Gaswerk Zürich wurde bei der Entgasung von beispielsweise 65 % Hartlaubholz, 30 % Weichlaubholz und 5 % Nadelholz bei einer Holzfeuchtigkeit von 20,7 %, einer Ofentemperatur von 1040° C und 6 Stunden Ausstehzeit folgende Gaszusammensetzung festgestellt:

| | | |
|---|---|---|
| Heizgase | $H_2$ | 24,9 % |
| | $CH_4$ | 16,5 % |
| | $CO$ | 26,3 % |
| | $C_nH_m$ | 2,8 % |
| Inerte Gase | $N_2$ | 2,1 % |
| | $CO_2$ | 26,8 % |
| | $O_2$ | 0,6 % |
| | | 100,0 % |

Die Gasausbeute betrug, umgerechnet auf Holz mit 20 % Feuchtigkeit, 29 $Nm^3$/100 kg, der obere Heizwert 4010 kcal/$Nm^3$, die Holzkohlenausbeute 20 kg/100 kg Holz.

Die Gaszusammensetzung wechselt selbstredend ebenfalls bedeutend, je nach den bereits aufgezählten, verschiedenen möglichen Einflüssen auf den Entgasungsprozeß. Einen ganz besonders starken Einfluß hat die Entgasungstemperatur. Entsprechend der relativ geringen Menge an disponiblem Wasserstoff, die in dem sauerstoffreichen Holz, wie Tabellen 1 und 2 und Figur 2 zeigen, zur Verfügung steht, ist das Holzgas relativ arm an Kohlenwasserstoffgasen und der Heizwert daher niedrig.

Der hohe Kohlensäuregehalt, der bis auf 35 % steigen kann, ist in erster Linie unerwünscht als inerte und speziell schwere Gaskomponente, dann auch von Nachteil für die Gasspeicherung, indem er, wenn das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht gestört wird, die Eisen- und Kalkaggressivität des Bassinwassers der Gasbehälter und damit Korrosionserscheinungen verursacht. Es sind deshalb in großen Gaswerken z. T. besondere Anlagen zur Entfernung der Kohlensäure, entweder durch Auswaschen derselben mit Wasser unter hohem Druck oder durch chemische Bindung an Pottasche, erstellt worden. Der Kohlenoxydgehalt, der bis auf über 40 % steigen kann, ist unerwünscht wegen der Giftigkeit dieses Gases.

Bei Tannenholz konnte durch Stückelung eine Erhöhung der Gaswärmeausbeute erzielt werden.

Durch besondere Anlagen kann, wie aus dem Steinkohlengas, so auch aus dem Holzgas, Rohbenzol gewonnen werden. Das mittelst Aktivkohle zurückgehaltene Holzgas-Rohbenzol besteht im wesentlichen aus leichtflüchtigen Produkten, ungesättigten Verbindungen, die leicht verharzen. Die Ausbeute beträgt, bezogen auf Holz mit 20 % Feuchtigkeit, maximal 1 Gewichtsprozent, oder bezogen auf Gas, 30 g/$Nm^3$.

## 2. *Holzkohle*

Die Abkühlung der glühend anfallenden Holzkohle war zum Teil in bestehenden Koks-Trockenlöschanlagen (System Sulzer) durchführbar wenn der Dampfdruck reduziert wurde. Meistens mußten aber besondere

Vorkehrungen getroffen werden. Je nach Werkgröße wurden kleinere oder größere Behälter oder betonierte Gruben, deren Deckel mit Wassertassen luftdicht abschließbar waren, bereitgestellt und verwendet, in denen die Holzkohle zwei bis drei Stunden lang belassen wurde. Die Löschung mit Wasser oder Dampf verbietet sich wegen der großen Wasseraufnahmefähigkeit der Holzkohle. Wasser kann mittelst Streudüsen nur in dem Maße zugesetzt werden, als es überschüssige Wärme durch Wassergas- und Dampfbildung bindet.

Die Ausbeute an Holzkohle beträgt bei der normalen Entgasung bei lufttrockenem Holz zirka 15 %, bei wasserfreiem zirka 20 % des Holzgewichtes. Wegen der Schwierigkeit der Probenahme ist die Bestimmung des Wassergehaltes im Holz nicht genau durchführbar. Alle Ausbeuteangaben, die sich auf das Gewicht des Holzes beziehen, sind daher im Hinblick auf den wechselnden Wassergehalt des Holzes mit entsprechendem Vorbehalt entgegenzunehmen. Die Stückgröße der Holzkohle ist in erster Linie abhängig von der Holzart. Laubholz, besonders Buchenholz, gibt kleinstückige Holzkohle, Nadelholz dagegen großstückige. Beim Buchenholz mit seinem dichten Holzgefüge übt das entstehende Gas, weil es nicht ungehindert austreten kann, offenbar eine Sprengwirkung aus, so daß die sukzessiv entstehende Holzkohle laufend vom noch nicht entgasten Holz abspringt. Beim Tannenholz kann das Gas jedenfalls leichter durch die achsialen Kanäle des lockeren Holzgefüges entweichen, übt also hier keine Sprengwirkung aus, und die Holzkohle fällt deshalb großstückiger an.

Die Holzkohle hat als Ersatztreibstoff für den Motorwagenbetrieb große Bedeutung erlangt. Dabei sind deren Menge an flüchtigen Bestandteilen, die Reaktionsfähigkeit und die Zündtemperatur von Bedeutung. Währenddem die flüchtigen Bestandteile bei Importholzkohle zufolge der relativ niedrigen Vermeilerungstemperatur zirka 15 bis 35 % ausmachen, betragen sie bei Gaswerksholzkohle nur 9 bis 12 %. Da die Gaswerke Holz in erster Linie zur Herstellung von Gas destillieren, wird das Holz einer bedeutend höheren Entgasungstemperatur als im Meilerbetrieb ausgesetzt. Das Holz wird intensiver entgast, und die zurückbleibende Holzkohle der Gaswerke enthält deshalb weniger flüchtige Bestandteile. Die Zündtemperatur beträgt bei Meilerholzkohle 250° C und weniger, bei Gasholzkohle 240 bis 320° C. Obschon die Zündtemperatur bei guter Motorenholzkohle zwischen 240 und 260° C liegen soll, ist ein etwas höherer Zündpunkt für die motorische Verwendungsmöglichkeit ohne Belang. Der höhere Zündpunkt verursacht höchstens eine unwesentlich erhöhte Startzeit von etwa 2 bis 4 Minuten. Die Qualität ist hinsichtlich motorischer Ansprüche stark von der Holzart abhängig. Nadelholzkohlen geben schlechte bis unbrauchbare Resultate, sie eignen sich nur in Zumischung zu Laubholzkohlen. Rottannen- und Föhrenholzkohle sind für Motorgeneratoren nur bedingt brauchbar. Dagegen ist die Gaswerks-

Buchenholzkohle der importierten Meilerholzkohle sogar überlegen. Gute Resultate werden ebenfalls aus Tessiner Laubholzkohle und Lindenholzkohle erhalten. Die für motorische Zwecke am besten geeignete Holzkohle wurde aus 50 % Buchen- und 50 % Birkenholz gewonnen. Auf Grund der vielseitigen Erfahrungen konnte daher bei Laubholz die Entgasungstemperatur ohne Rücksicht auf die Holzkohle, wie es dem Betriebsbedürfnis entsprach, einzig nach der günstigsten Gasausbeute gerichtet werden.

### *3. Holzteer*

Die in flüssiger Form anfallenden flüchtigen Produkte der Holzentgasung sind der Holzteer und das Holzgaswasser. Die Menge des Holzteeres beträgt etwa 2 bis 4 kg je 100 kg Holz, diejenige des Holzgaswassers, je nach Wassergehalt des Holzes, 30 bis 55 % des rohen Brennstoffgewichtes. Der Holzteer besteht zu ungefähr einem Drittel bis zur Hälfte aus Wasser, ist von weichpechartiger Konsistenz, zäh, klebrig, nicht temperaturbeständig, chemisch labil, hat stark ungesättigten Charakter und neigt zur Verharzung. Entsprechend dem hohen Sauerstoffgehalt des Holzes besteht er vorwiegend aus sauerstoffhaltigen Verbindungen. Das Gaswasser enthält Mono-Karbonsäuren wie Ameisen-, Essig-, Propion-, Buttersäure, ferner Methanol, Phenole und gelösten Holzteer. Der Essigsäuregehalt des Holzgases beträgt 50 bis 100 g/Nm$^3$ und mehr. Bei 15prozentigem Feuchtigkeitsgehalt des Holzes wurden im Holzgaswasser an Karbonsäuren (als Essigsäure) 90 g im Liter festgestellt.

Wenn das Holzgas gemeinsam mit dem Steinkohlengas in der Gassammelleitung zu den Kühlern und Wäschern weitergeleitet wird, so gelangen bei der Gaskühlung die kondensierbaren Bestandteile in den Steinkohlenteer. Bei der Verarbeitung, der Destillation des Teeres, stellten sich nun nach Inbetriebnahme der Holzentgasung starke Korrosionen an Rohrleitungen und Apparaten, besonders an Destillationsblasen ein. Von noch größerem Unheil war, daß die Destillationsprodukte Verunreinigungen aufwiesen, die die Weiterverarbeitung nicht nur mit einem geringeren Wirkungsgrad durchführen ließen, sondern zum Teil direkt verunmöglichten. Am meisten Schwierigkeiten bereitete die Verarbeitung des Mittelschweröles, welches bei der Teerdestillation bei 170 bis 270° C unter Vakuum ausgeschieden wird. Es war bald klar, daß diese Störungen von den Karbonsäuren und den Methoxylgruppen in der Fraktion der Phenole als Hauptverunreinigungen verursacht wurden. Nach längerer Zeit wurde festgestellt, daß noch andere organische Säuren, wie die mehrwertigen Phenole und deren Äther, störende Stoffe darstellten. Es war praktisch unmöglich, die Feinprodukte Phenol, Xylenol, Kresol in handelsüblicher Reinheit herzustellen. Die Teerverunreinigungen waren so komplizierter Natur, und, mit Rücksicht auf die große Zahl verunreinigender Stoffe von Gruppen von zwanzig oder mehr verschiedener

Körper, so komplexer Art, daß es unmöglich war, sie auf physikalischem oder chemischem Wege zu trennen. Obschon es sich nur um geringe den Teer verunreinigende Mengen handelte, mußten doch sofort Maßnahmen getroffen werden, um diese Stoffe schon in den Gaswerken zu beseitigen oder in solche umzuwandeln, welche nicht mehr schädigend wirken.

Die aufgeführten Bestandteile der Karbonsäure sind, besonders wenn Ammoniak zugegen ist, gut wasserlöslich. Methoxylverbindungen sind dagegen wenig oder gar nicht wasserlöslich, und Säuren, welche über 165° C sieden, können in Wasser überhaupt nicht gelöst werden. Durch intensive Waschung des Holzgases mit möglichst kaltem Wasser konnte es somit gelingen, die meisten störenden Stoffe, entsprechend ihrer Löslichkeit, bzw. ihrem Sättigungsdruck, zu entfernen. Dabei mußte der in den Vorlagen anfallende Holzteer auf alle Fälle separat aufgefangen werden. Die Gaswerke hatten also spezielle Holzgas-Waschanlagen bereitzustellen und in Betrieb zu nehmen, und es mußten besondere Gas- und Kondensableitungen gebaut werden. Die daraus erwachsenen Kosten waren beträchtlich. Die teerverarbeitende Industrie erwirkte überdies eine kriegswirtschaftliche Verfügung, wonach der Gehalt des Rohteers an organischen Säuren, bezogen auf 1 kg Rohphenol, nicht mehr als 0,05 Gewichtsprozent oder 500 mg und derjenige an Äthern von Polyoxybenzolen (Methoxylgruppen), ebenfalls bezogen auf 1 kg Rohphenol, nicht mehr als 0,035 Gewichtsprozent oder 350 mg betragen durfte. Bezüglich der Hitzebeständigkeit dieser beiden Indikatorstoffe ist festzustellen, daß die Methoxylverbindungen gegen Hitzeeinwirkungen eine bedeutend höhere Stabilität aufweisen als die Essigsäure. Die im Zeitpunkt des Erlasses dieser Verfügung bekannte Methode für die Teeruntersuchung zwecks Feststellung der Einhaltung der maximal zulässigen Grenzen der verunreinigenden Stoffmengen war indessen unbefriedigend. Es wurde an der EMPA festgestellt, daß selbst bei einem Teer mit relativ niedrigem Säuregehalt Schwankungen in der Bestimmung der Karbonsäure bis zu mehreren tausend mg, bezogen auf 1 kg Rohphenol, möglich waren. Bei ein und demselben Teer konnte bei einer Säurebestimmung ein säurefreies, eher alkalisch reagierendes Destillat erhalten werden und bei einer Parallelbestimmung dazu ein solches mit mehr als 1000 mg Säuregehalt.

Der Wasserverbrauch für die Holzgaskühlung und -waschung betrug je Tonne Holz 20 bis 30 $m^3$. Die Kühlwirkung ergab das Resultat, daß, wenn bei einer Holzgastemperatur von 25° C der Teergehalt noch 6 bis 7 g je $m^3$ betrug, die Verminderung der Temperatur auf etwa 15° C den Holzteergehalt auf 1 bis 1,5 g je $m^3$ reduzierte. Bei der Konstruktion der Holzgaswascher war wesentlich, daß auf eine genügende Berührungszeit zwischen Gas und Wasser Bedacht genommen wurde. Die Prüfung des Gaswaschwassers auf den *p*H-Wert erwies sich in der Folge als zuver-

lässiges Mittel zur approximativen, aber praktisch befriedigenden Feststellung der genügenden oder ungenügenden Wirkung der Holzgaswaschung. Da sich das Waschwasser stark mit Essigsäure anreichert, wirkt es an sich korrosiv. Sofern es die Verhältnisse der Kanalisation erlaubten, konnte die Essigsäure durch Zugabe von Ammoniakwasser gebunden und damit die Korrosion verhindert werden.

Es kann die Frage gestellt werden, ob es nicht möglich gewesen wäre, die Essigsäure bei der Holzentgasung industriell zu gewinnen und zu verwerten. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Essigsäurebildung stark von der Entgasungstemperatur abhängig ist. Sie beträgt bei 500° C 9 % des Holzgewichtes. Bei Ofentemperaturen, wie sie für die Holzgasgewinnung erforderlich sind, beträgt die Essigsäurebildung bei 950° C 2,5 %, bei 1050° C 1,8 % und bei 1150° C nur 1,0 % des Holzgewichtes. Die Erstellung von Essigsäuregewinnungsanlagen hätte sich somit wegen der geringen Ausbeute nicht gelohnt, dann auch, weil die Holzentgasung nur eine vorübergehende Maßnahme darstellte. Entsprechende Anlagen hätten in kürzester Zeit abgeschrieben werden müssen. Und letztlich wäre auch noch die Absatzmöglichkeit in Frage gestanden.

## II. Die totale Holzentgasung

Je stärker sich der Kohlenmangel auswirkte, desto mehr mußte sich die Entgasung auch der Ersatzmaterialien auf maximal mögliche Gasproduktion einstellen. Im Verein mit niedrigem Mischgasheizwert ließ sich diese Tendenz gerade bei der Holzentgasung gut verwirklichen. Es ist bei der Beschreibung der Steinkohlenentgasung erwähnt worden, daß, wenn man Dampf durch glühenden Kohlenstoff leitet, Wassergas gewonnen wird. Da Holzkohle im wesentlichen aus reinem Kohlenstoff besteht und ausgezeichnete Reaktionseigenschaften besitzt, eignet sie sich vorzüglich zur Wassergasproduktion. Von dieser weitern Möglichkeit der Gasgewinnung wurde eine Zeitlang, soweit es die Verpflichtungen zu Holzkohlenlieferungen erlaubten, ausgiebig Gebrauch gemacht. Nach der normalen Holzentgasung wurde durch die zurückgebliebene glühende Holzkohle Dampf geschickt, bis die Holzkohle fast restlos aufgezehrt war. Zurück blieb dann noch die mengenmäßig nicht ins Gewicht fallende, etwa 3 % der Holzkohle betragende Holzasche. Das Holz wurde also total, integral entgast. Es zeigten sich bei diesem Verfahren aber bald wesentliche Nachteile.

Holzasche besteht zur Hauptsache als Kaliumkarbonat und schmilzt schon bei 850° C. Sie bildet in der Folge mit dem Silikamaterial (zirka 94 bis 96 % $SiO_2$), mit dem die Entgasungsräume ausgekleidet sind, eine leichtflüssige, glasartige Schmelze. Es handelt sich also dabei nicht um eine mechanische Ab- oder Anlagerung der Asche, welche verhältnismäßig leicht hätte wieder entfernt werden können, sondern um eine

chemische Verbindung mit dem Kammer-, bzw. Retortenmaterial, welche zu Lichtweitenverengerungen führte und ohne Beschädigung der Entgasungswände kaum entfernt werden konnte.

### *1. Holzgas*

Durch die sekundäre Wassergasbildung wurde eine hohe, je nach Holzart, bei lufttrockenem Holz etwa 110 bis 125 $Nm^3$/100 kg Holz betragende Gasausbeute gewonnen. Zur normalen Holzgasausbeute trat die aus der Holzkohle in Form von Wassergas noch zu gewinnende Gasmenge hinzu. (Zur Erzeugung von 100 $Nm^3$ Wassergas sind theoretisch 26,8 kg Kohlenstoff erforderlich, zuzüglich Brennstoff zur Deckung der für diesen chemischen Prozeß und für Verluste benötigten Wärmemenge.) Entsprechend dem niedrigen Heizwert des Wassergases senkte sich der Heizwert des so gewonnenen Holzgases auf 3100 bis 2900 kcal/$Nm^3$.

### *2. Holzkohle*

Da die Holzkohle restlos zur sekundären Erzeugung von Wassergas verwendet wird, fällt keine an.

### *3. Holzteer*

An Holzteer fällt bei diesem Entgasungverfahren dieselbe Menge an wie bei der normalen Holzentgasung. Es sind daher bezüglich der Entfernung der Karbonsäuren dieselben Maßnahmen zu treffen wie bei der normalen Entgasung.

## III. Die Entgasung mit Glühbetrieb

Obwohl das Mittel der intensiven Holzgaswaschung die an die Steinkohlenteerqualität zu stellenden Anforderungen befriedigen kann, werden mit demselben anderweitige betriebliche Nachteile nicht beseitigt. Wenn die Holzentgasung auch bei hoher Ofentemperatur durchgeführt wird, so entweichen nämlich trotzdem viele Tieftemperatur-Destillationsprodukte unzersetzt mit dem Gas. Es treten durch Dickteerbildung, verbunden mit entweichendem Holzkohlenstaub, Verstopfungen in den Gasleitungen zwischen dem Ofen und der Waschanlage ein. Es wurde deshalb nach einem Mittel gesucht, auch diese Störungen nach Möglichkeit auszuschalten. Das wurde, wie schon während des ersten Weltkrieges, darin gefunden, daß man das Holzgas durch eine glühende Holzkohlenschicht oder zwischen glühenden Kammerwänden hindurchleitete. Das Holzgas wird nachträglich bei einer Temperatur von mindestens 900° C geglüht, weshalb dieses Holzentgasungsverfahren als Glühbetrieb bezeichnet wird.

Dieser Glühprozeß hat mehrfache Vorteile gegenüber der normalen oder der totalen Entgasung. Erstens wird Essigsäure dadurch pyrolytisch zersetzt, verkrackt und damit unschädlich gemacht. Der verbleibende Essigsäuregehalt beträgt nur noch einen Bruchteil eines Prozentes des Holzgewichtes. Zweitens wird gleichzeitig auch der Teer verkrackt, in Teergase zersetzt. Drittens erfolgt bei genügend hoher Temperatur (mindestens 900° C) nach dem Boudouardschen Gleichgewicht eine teilweise Reduktion von $CO_2$ zu CO, nach der reversiblen Gleichung $C + CO_2 = 2\ Co - 1731$ kcal/2Nm³. Aus dem inerten Gas $CO_2$, dessen Anteil bis 35 % ausmacht, wird zum Teil das brennbare, jedoch giftige Gas CO gewonnen. Viertens bildet sich aus dem aus dem Holzinnern austretenden Wasserdampf mit dem Kohlenstoff der glühenden Holzkohle Wassergas. Und fünftens ist nicht zuletzt zu erwähnen, daß die Zerstörungen an den Kammerwänden durch Schmelzebildung von Kammerwandmaterial mit Holzasche viel geringer sind als bei der vollständigen Entgasung.

Als Nachteil ist zu verzeichnen, daß die heizkräftigsten Gasbestandteile, die schweren Kohlenwasserstoffe, zum Teil in Gase mit niedrigerem Heizwert umgewandelt werden. Ihre Menge sinkt auf die Hälfte. Ferner ist von Nachteil, daß für dieses Verfahren mehr Entgasungsraum je durchgesetzte Holzmenge zur Verfügung gestellt werden muß als bei den andern Entgasungverfahren. Bei diesem Verfahren muß man sich aber vergegenwärtigen, daß der Glühprozeß nur dann von Erfolg begleitet ist, wenn die glühende Holzkohle eine genügende Temperatur von etwa 900° C aufweist. Die Glühwirkung wird ausgeschaltet, wenn die Glühschicht von größeren Mengen Wasserdampf durchströmt wird. Da Holz mit großem Feuchtigkeitsgehalt viel Dampf abgibt, kann, je nach der Größe der Glühschicht, der Wirkungsgrad des Glühprozesses stark variieren. Vorbedingung für einen guten Glühprozeß ist deshalb trockenes Entgasungsmaterial. Weil diese Bedingung nicht genügend erfüllt werden konnte, war es zweckmäßig, das Holzgas auch nach dem Glühprozeß noch zu waschen und zu kühlen.

### *1. Holzgas*

Zufolge der Verkrackung von Teer und Karbonsäuren, der Bildung von Kohlenoxyd und Wassergas, ist die Gasausbeute größer als bei der normalen Entgasung, dagegen kleiner als bei der totalen. Sie kann zu etwa 60 Nm³/100 kg Holz festgestellt werden. Entsprechend der Entstehung von Kohlenoxyd und Wassergas und der Zersetzung der schweren Kohlenwasserstoffe ist der Gasheizwert relativ niedrig, nämlich etwa 3400 bis 3000 kcal/Nm³. Die Gaszusammensetzung ergab in Zürich bei der Entgasung von 60 % Hartlaubholz, 25 % Weichlaubholz und 15 % Nadelholz bei 18 % Holzfeuchtigkeit, 1100° C Ofentemperatur und acht Stunden Ausstehzeit:

| | | |
|---|---|---|
| Heizgase | $H_2$ | 42,4 % |
| | $CH_4$ | 7,4 % |
| | $CO$ | 30,1 % |
| | $C_nH_m$ | 0,9 % |
| Inerte Gase | $N_2$ | 5,2 % |
| | $CO_2$ | 13,7 % |
| | $O_2$ | 0,3 % |
| | | 100,0 % |

Die Gasausbeute betrug, umgerechnet auf Holz mit 20 % Feuchtigkeit, 66 $Nm^3$/100 kg, der obere Heizwert des Gases 3130 kcal/$Nm^3$, der Essigsäuregehalt unter 0,2 g/$Nm^3$. Gegenüber den Analysenresultaten der normalen Holzentgasung ist also eine bedeutende Abnahme der Kohlensäure, dagegen eine starke Zunahme des Wasserstoffes und des Kohlenoxydes festzustellen. Form und Größe des Entgasungsraumes sind für den Erfolg der Krackung beim Glühbetrieb von wesentlichem Einfluß auf die Gasausbeute.

### 2. *Holzkohle*

Da ein Teil der Holzkohle zur Bildung von Wassergas ($CO + H_2$) verbraucht wird, beträgt der Holzkohlenanfall nur etwa 12 bis 15 kg/100 kg Holz. Weil Buchenholzkohle als Glühschicht reaktionskräftiger wirkt als Tannenholzkohle, entsteht bei Buchenholzentgasung mehr Gas, und dasselbe hat gleichzeitig einen geringeren Kohlensäuregehalt. Die aus dem Glühbetrieb gewonnene Holzkohle eignet sich für Motorenbetrieb weniger gut als die normal gewonnene, weil sie durch die länger dauernde Erhitzung ärmer an flüchtigen Bestandteilen ist.

### 3. *Holzteer*

Holzteer fällt keiner mehr an oder nur in ganz geringen Mengen, weil er in der glühenden Holzkohlenschicht gekrackt wird; und die geringen anfallenden Mengen sind dann arm an Ölen, weisen aber einen hohen Gehalt an freiem Kohlenstoff auf und sind entsprechend dickflüssig.

## IV. Die Wärmebilanz der Holzentgasung

Die in den vorstehenden Ausführungen mitgeteilten Zahlenergebnisse hinsichtlich Gasausbeute und -heizwert können nicht ohne weiteres verallgemeinert werden. Meistens sind es Resultate besonders sorgfältig überwachter Betriebsperioden. Die zu verallgemeinernden Resultate liegen daher tiefer. Es ist dies verständlich, wenn man auch noch die Qualität des den Gaswerken gelieferten Holzes in Betracht zieht. Die uns, d. h. dem Gaswerk St. Gallen, getätigten Holzlieferungen erfolgten

unter 29 verschiedenen Sortenbezeichnungen, und der Anteil an sog. Abholz betrug zirka 40 %. Die übrigen 60 % bestanden zu ungefähr gleichen Teilen aus Laub- und Nadelholz. Dann ist auch zu berücksichtigen, daß die Gaswerke Holz einlagern mußten, bevor es behördlich zur Entgasung freigegeben wurde, und es dann durch die Lagerung teilweise eine Qualitätseinbuße erlitt. Aus diesen Gründen und nach Maßgabe der vielseitigen Betriebserfahrungen wird deshalb durchschnittlich mit einer Holzgasausbeute von 34 $Nm^3$/100 kg Holz und einem obern Holzgasheizwert von 3600 kcal/$Nm^3$ gerechnet. Der nachfolgenden Wärmebilanz liegen diese Annahmen zugrunde.

Ferner muß noch bemerkt werden, daß die Entgasung von Holz trotz des von 275° C an exothermen Verlaufes einen hohen Wärmeaufwand benötigt. Es rührt dies daher, daß die Ausnützung des Entgasungsraumes gegenüber Kohle, welche vor der Entgasung gemahlen wird, stark vermindert ist. Das Holz ist sperrig und weist nur ein etwa halb so großes Raumgewicht wie gemahlene Kohle auf. Auch kann Holz an sich wegen der ungleichmäßigen Gasentwicklung, d. h. weil der Entgasungsprozeß, wenigstens bei trockenem Holz, anfänglich sehr heftig, stoßweise vor sich geht, nur in relativ kleinen Mengen entgast werden. Für die Holzentgasung muß daher spezifisch viel Kammerraum in Betrieb gehalten und geheizt werden. Von erheblichem Einfluß ist selbstredend die Feuchtigkeit des Holzes. Ferner kommt hinzu, daß Holz ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Wärmeleitzahl von Steinkohlen beträgt 0,12 kcal/mh°C, diejenige von Holz dagegen 0,15 bis 0,30 kcal/mh°C (Kiefernholz senkrecht zur Faser 0,13 und Eichenholz parallel zur Faser 0,31). Holz setzt also dem Wärmedurchgang einen etwa doppelt so großen Widerstand entgegen wie Kohle. Ungefähr analog sind die Verhältnisse beim Vergleich der spezifischen Wärmen von Steinkohle und Holz (spezifische Wärme von Steinkohle 0,31, von Eichenholz 0,57, Fichtenholz 0,65). Es ist deshalb verständlich, wenn lokal sogar nach drei- bis vierstündiger Entgasung und einer Ofentemperatur von 1050° unter der Rinde noch weiße Holzstücke mit 25 % Wassergehalt festgestellt wurden. Besonders wärmeisolierend, also entgasungstechnisch ungünstig, wirkt Holzsägemehl. Gegen das Ende der Ausstehzeit, bei höherer Temperatur, nimmt die Holzentgasung übrigens endothermen Charakter an.

Der Brennstoffverbrauch für den Wärmeaufwand beträgt für die Holzentgasung, je nach Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, 15 bis 30 kg Koks je 100 kg Holz und mehr. Bei Großraumöfen ist er verhältnismäßig niedrig, bei kleinen Anlagen dagegen hoch. Überlegungen, welche an Hand der Statistik gemacht worden sind, weisen darauf hin, daß das gewogene Mittel des Unterfeuerungsaufwandes für unsere großen, mittleren und kleinen Gaswerke zusammen eher über 25 kg Koks je 100 kg Holz liegt. Nachstehend wird, um nicht einen gar zu kleinen Wirkungsgrad zu erhalten, mit nur 20 kg gerechnet.

Der thermische Wirkungsgrad der Holzentgasung berechnet sich wie folgt:

**1. Grundlagen**

| | |
|---|---|
| Gasausbeute | 34 $Nm^3$/100 kg Holz |
| Holzkohlenausbeute | 15 kg/100 kg Holz |
| Koksverbrauch für die Unterfeuerung | 20 kg Koks/100 kg Holz |
| Heizwert des Holzes (lufttrocken) | 3800 kcal/kg |
| Heizwert des Holzgases | 3600 kcal/$Nm^3$ |
| Heizwert der Holzkohle | 7000 kcal/kg |
| Heizwert des Kokses | 7000 kcal/kg |

**2. Wärmebilanz**

Dem Holzentgasungsprozeß zugeführte Wärmemenge:

| | | |
|---|---|---|
| 100 kg Holz | 380 000 kcal | |
| 20 kg Koks für die Heizung der Öfen | 140 000 » | |
| Total zugeführte Wärmemenge | | 520 000 kcal |

*a) Wärmeertrag:*

Wärmeinhalt der Produkte:

| | | |
|---|---|---|
| Im Gas | 129 200 kcal | |
| In der Holzkohle | 105 000 » | |
| Abwärme: | | |
| Zurückgewonnen aus Abgasen | 21 500 » | |
| Zurückgewonnen durch trockene Holzkohlenlöschung | 3 500 » | |
| Gesamter Brutto-Wärmeertrag | | 259 200 kcal |

*b) Wärmeaufwand:*

| | |
|---|---|
| Für die Heizung der Öfen | 140 000 kcal |
| Disponible Wärmemenge | 119 200 kcal |

Der thermische Wirkungsgrad der Holzentgasung beträgt somit zirka *23 %*.

Die prozentuale Aufteilung der Wärmebilanz ergibt:

*a) Wärmeertrag:*

| | | |
|---|---|---|
| Im Holzgas | 25 % | |
| In der Holzkohle | 20 % | |
| In der Abwärme | 5 % | |
| Total Brutto-Wärmeertrag | | 50 % |

*b) Wärmeaufwand:*

| | | |
|---|---|---|
| Für die Beheizung der Öfen | 27 % | |
| Für Verluste | 23 % | |
| Total Wärmeaufwand | | 50 % |
| Zugeführte Wärmemenge in Holz und Koks | | 100 % |

Der Vergleich der Wärmebilanz der Holzentgasung mit derjenigen der Kohlenentgasung zeigt, wie klein die Wärmerückgewinnung in den festen Rückständen, der Holzkohle, und wie relativ groß anderseits der Wärmeaufwand für die Unterfeuerung ist. Abgesehen davon, daß wegen der niedrigen Schmelztemperatur der Holzasche für das zur Beheizung der Öfen zu produzierende Generatorgas zweckmäßigerweise besser Koks als Holzkohle verwendet wird, würde die im Gaswerkbetrieb anfallende Holzkohle den Wärmebedarf für die Holzentgasung nicht einmal zu decken vermögen. Die Wärmemenge, die im Holzteer anfällt, bleibt unberücksichtigt, weil derselbe kaum verwendbar ist.

Die Stoffbilanz der Holzentgasung ergibt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gas . . . . . | 37 | Gew. % | spezif. Gew. = 0,65—0,85 (Luft = 1) |
| Holzkohle . . . . | 15 | » | |
| Holzteer . . . . | 3 | » | |
| Holzgaswasser . . | 45 | » | |
| Total | 100 | Gew. % | |

## V. Die Gestehungskosten des Holzgases

Die nachfolgende Berechnung stützt sich hinsichtlich der Holzkosten auf Verhältnisse im Gaswerk St. Gallen.

*a) Grundlagen:*

Holzkosten:

| | |
|---|---|
| Holz franko Station Horn . . . . . | 95.50 Fr./t |
| Fracht Station Horn bis Gaswerk . . . . | —.60 » |
| Holz-Abladen und -Schichten . . . . . | 4.65 » |
| Holz-Aufbereitung u. -Transport auf die Öfen | 19.— » |
| Durchschnittliche Holzkosten franko Ofen . . | 119.75 Fr./t |

Produkte:

| | |
|---|---|
| Gasausbeute . . . . . | 340 $Nm^3$/t Holz |
| Holzkohlenausbeute . . . . . | 150 kg/t Holz |
| Koks zur Beheizung der Öfen . . . . . | 200 kg/t Holz |
| Kühlwasser . . . . . | 25 $m^3$/t Holz |
| Oberer Heizwert des Holzgases . . . . . | 3600 kcal/$Nm^3$ |

*b) Kosten des Holzgases:*

Aufwand:

| | |
|---|---|
| Holz franko Ofen . . . . . = | 119.75 Fr./t Holz |
| Koks für Beheizung der Öfen 0,2 t à 130.— Fr./t = | 26.— » |
| Kühl- u. Waschwasser 25 $m^3$ à —.10 Fr./$m^3$ = | 2.50 » |
| Holz-Transport- und Aufbereitungsanlagen, Holzgas-Waschapparate (Verzinsung, Amortisation und Unterhalt) pro memoria . . . | —.— » |
| Gesamtaufwand . . . . . | 148.25 Fr./t Holz |

Ertrag:

| | | |
|---|---|---|
| Holzkohle | 0,150 t à 250.— Fr./t = | 37.50 » |
| Dem Gas zu belastende Kosten . . . . . | | 110.75 Fr./t Holz od. 340 Nm³ Holzgas |

Die Materialkosten des Holzgases betragen somit 32,5 Rp./Nm³ oder 9 Rp. je 1000 kcal. Demgegenüber betragen heute (Dezember 1947) die Materialkosten des Steinkohlengases mit einem oberen Heizwert von 5330 kcal/Nm³ 13 Rp./Nm³ oder 2,4 Rp. je 1000 kcal. Die Holzgas-Materialkosten sind, bei Berücksichtigung der durchschnittlich bezahlten Holzpreise, also je 1000 kcal, zirka 3,7mal so hoch wie die heutigen Materialkosten für das reine Steinkohlengas. Dabei sind die Anlagekosten für die Holz-Transport- und -Aufbereitungsanlagen sowie die der Holzgaswaschanlagen mit speziellen Rohrleitungen nicht einmal berücksichtigt.

## Schlußfolgerungen

Für einen abschließenden Überblick über die Holzentgasung sind in erster Linie deren stoff- und wärmewirtschaftliche Belange in Betracht zu ziehen. Zeitigen diese auch kein günstiges Resultat, so muß immerhin auch der Dienst, den die Möglichkeit der Holzentgasung den Gaswerken während der Kohlenmangellage geleistet hat, gebührend gewürdigt werden.

Allgemein ist vorauszuschicken, daß die Gaswerke hinsichtlich Platzbeanspruchung, dann mechanisch, physikalisch und chemisch eigentlich nur für Kohlenentgasung eingerichtet sind. Welcher Faktor schon die disponiblen Platzverhältnisse bei der Holzentgasung spielt, wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß rein volumenmäßig Holz für die Lagerung etwa drei- bis viermal soviel Raum benötigt wie Kohle. Ungünstig liegen die Verhältnisse auch bei der Holzkohlenlagerung. Währenddem die Kohlenmahlung und der Kohlentransport weitgehend mechanisiert sind, mußten sowohl für die Holzaufbereitung als auch für den Holztransport auf die Öfen behelfsmäßige Einrichtungen getroffen werden. Die Unfallgefahren sind dadurch wesentlich erhöht worden. Es darf auch erwähnt werden, daß das Laden der Öfen mit Holz wegen der raschen Entzündung desselben den Ofenhausarbeitern, speziell bei Vertikalkammeröfen, bedeutende Erschwernisse gebracht hat.

Bezüglich der verfahrensmäßigen Durchführung der Holzentgasung dürften die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, mit welchen technischen Anforderungen und Komplikationen der Gaswerkbetrieb durch diese Ersatzmaterialentgasung belastet wird, indem derselbe unter dem Gesichtspunkt einwandfreier Teerlieferung und minimaler Korrosion der Fabrikationseinrichtungen weder physikalisch noch chemisch für die Holzentgasung eingerichtet ist. Stoffwirtschaftlich ist festzustellen, daß

Holz als Rohstoff für die Gaswerke lange nicht diejenige Bedeutung hat wie Kohle. Als typische Veredlungsbetriebe verbrauchen die Gaswerke den Rohstoff Kohle nicht, sondern spalten ihn in energie- und stoffwirtschaftlich höherwertige Produkte, in eigentliche Edelprodukte, auf. Neben den Edelbrennstoffen Gas und Koks werden die neuen Rohstoffe Teer, Benzol, Toluol und in elementarer Form Schwefel gewonnen, welche höchst wertvolle Ausgangsstoffe für die chemische Industrie darstellen. Während des Krieges waren die Gaswerke deren einzige inländische Quellen.

Die Holzentgasung liefert dagegen nur das verglichen mit Kohlengas, heizwertarme Holzgas mit hohem spezifischem Gewicht und großem Anteil an inerten Bestandteilen, ferner noch Holzkohle, aber sonst keine weitern wertvollen neuen Rohstoffe wie die Kohle. Da der Heizwert des Holzgases niedriger ist als derjenige des Mischgases, ist Holzgas selbst nur als Verdünnungsgas anzusprechen. Es ist allerdings noch ein heizwertkräftigeres Verdünnungsgas als Wassergas.

Wärmewirtschaftlich ist in die Augen fallend, daß der thermische Wirkungsgrad der Holzentgasung gegenüber demjenigen der Kohlenentgasung gering ist, beträgt er doch nur etwa 23 % gegenüber 84 % bei der Kohlendestillation. Diese Zahlen zeigen, daß die Entgasung von Holz im Gaswerkbetrieb an Stelle entgasbarer Kohle, solange solche verfügbar ist, vom Standpunkt der Verbrauchslenkung fester Brennstoffe aus, wärmewirtschaftlich eine Fehlleistung darstellt.

Finanziell bedeutet die Holzentgasung für die Gaswerke eine schwere Belastung. Zudem, daß Holz für die Gaswerke nur ein Ersatzmaterial ist, ist es im Verhältnis zur wärmewirtschaftlichen Ausbeute noch ein teures, sind doch die Gestehungskosten je 1000 kcal im Holzgas etwa 3,5- bis 4mal so hoch wie beim Steinkohlengas. Weiter fallen die hohen Anlagekosten für die besondern Einrichtungen, die die Holzentgasung erfordert, und die Schäden, welche sie an den Entgasungsraum-Ausmauerungen verursacht, stark ins Gewicht.

Es muß somit festgestellt werden, daß die Holzentgasung gegenüber der Kohlenentgasung schon lagerungs- und transporttechnisch, dann verfahrensmäßig, stoff- und wärmewirtschaftlich und nicht zuletzt finanziell große Nachteile aufweist. Wie eingangs erwähnt worden ist, zeigt schon die Elementaranalyse fester Brennstoffe der Inkohlungsreihe, daß stoff- und wärmewirtschaftlich einzig junge Steinkohle die Bedingung der Erzielung einer maximalen Wertsumme der Entgasungprodukte zu erfüllen vermag. Ein Überblick über die Holzentgasung bestätigt, daß junge Steinkohle sowohl lagerungs- und transporttechnisch als auch verfahrensmäßig und finanziell, also in jeder Beziehung, das prädestinierte Rohmaterial der Gaswerke darstellt und alle andern entgasbaren organischen Stoffe Ersatzcharakter tragen.

Nachdem, entgegen den Empfehlungen aus wärmewirtschaftlichen Fachkreisen, die disponible entgasbare Kohle nicht in dem Maße, wie es ratsam gewesen wäre, den Gaswerken zur Entgasung, bzw. Verkokung, und das Holz der Verfeuerung zugeteilt werden konnte, ist all diesen Nachteilen der Ersatzrohstoffentgasung entgegenzuhalten, daß die Holzentgasung den Gasverbrauchern während der Kohlenknappheit gute Dienste geleistet hat. Sie war es, die eine Zeitlang überhaupt die Aufrechterhaltung des Gaswerkbetriebes und die einigermaßen genügende Versorgung der Bevölkerung mit Gas ermöglicht hat. Die schweizerische Gasindustrie und mit ihr der Großteil der schweizerischen Bevölkerung als Gaskonsumentenschaft sind deshalb der inländischen Holzproduktion für die Lieferung des in Notzeiten wertvoll gewesenen Ersatzstoffes zu Dank verpflichtet.

## Résumé

Après avoir exposé les conditions auxquelles le gaz destiné à approvisionner la population en combustible domestique doit répondre, l'auteur caractérise sommairement les différents combustibles solides naturels du point de vue de leur aptitude à donner lors de la distillation sèche, c'est-à-dire chauffés à 1000° C. environ à l'abri de l'air, du gaz combustible et des sous-produits de qualité convenable.

La matière première par excellence des usines à gaz est la houille. Il est très important de se rendre compte que les usines à gaz ne consomment pas la houille, mais qu'elles la traitent pour la transformer en combustibles plus perfectionnés — le gaz et le coke — et en sous-produits utiles à l'économie nationale — le goudron, le benzol et l'ammoniaque. Grâce au progrès de la technique, le rendement thermique de cette transformation s'élève à 84 %. Avant la guerre, les usines à gaz suisses ont distribué un gaz du pouvoir calorifique de 5000 kcal/m³n *, obtenu par dilution du gaz de houille (à 5330 kcal/m³n) avec du gaz à l'eau dont le pouvoir calorifique n'est que de 2700 kcal/m³n environ.

Les importations de houille ayant fortement diminué pendant la guerre, les usines à gaz étaient obligées de chercher des matières premières pouvant remplacer la houille. Parmi les nombreuses matières essayées, le rôle le plus important est revenu au bois. Sa distillation sèche, exécutée à 900—1000° C. également, donne du gaz de bois, du charbon de bois, du goudron de bois et de l'eau.

Trois procédés de distillation ont été essayés:

*1° La distillation simple du bois.* De même que la houille, le bois est introduit dans les cornues ou chambres chauffées à 1000° C. environ. Après trois à huit heures, la distillation est terminée et le charbon de bois peut être retiré de la cornue.

* 1 m³n = 1 m³ à 0° et 760 mm. Hg.

*Le gaz de bois.* Ensuite de sa teneur élevée en acide carbonique, le pouvoir calorifique de ce gaz n'atteint que 3100 à 4000 kcal/m³n. Les gaz produits par distillation de différentes essences de bois ne diffèrent pas sensiblement entre eux, mais la qualité du charbon de bois de carburant de remplacement pour véhicules à moteur dépend en grande partie de l'essence distillée.

Le *goudron de bois* à causé de très sérieuses difficultés dues à l'influence néfaste de certains de ses composants sur la qualité des produits raffinés qui en sont fabriqués. Finalement, ces difficultés ont pu être évitées par un lavage très intense du gaz brut avec de l'eau.

2° *La gazéification intégrale du bois* est possible selon le même principe que celui de la fabrication de gaz à l'eau. Ce procédé donne 110 à 125 m³n de gaz par 100 kg. de bois, mais le pouvoir calorifique de ce gaz n'atteint que 2900 à 3100 kcal/m³n.

3° *La distillation sur couche incandescente.* En faisant passer le gaz brut produit par la distillation du bois, à travers une couche incandescente de charbon de bois, on arrive non seulement à détruire le goudron de bois avec toutes les substances nocives y contenues, mais aussi à transformer l'acide carbonique du gaz en monoxyde de carbone combustible ($C + CO_2 = 2\ CO$). Ce procédé, largement utilisé pendant la guerre, donne du gaz au pouvoir calorifique de 3200 kcal/m³n environ, et du charbon de bois peu approprié à la traction motrice.

*Le bilan thermique de la distillation du bois.* Ensuite du bas pouvoir calorifique du gaz de bois et de la quantité restreinte de charbon de bois, le rendement thermique de la distillation n'est que de 23 % environ, donc sensiblement inférieur à celui de la distillation de la houille, qui s'élève à 84 %.

*Prix de revient du gaz de bois.* Un calcul détaillé démontre que les frais des matières premières pour la distillation du bois s'élèvent à 32,5 ct./m³n ou à 9 ct. par 1000 kcal, tandis que ces frais ne sont que de 13 ct./m³n ou 2,5 ct. par 1000 kcal lors de la distillation de la houille. (Avant la guerre ils variaient de 0 à 2 ct./m³n environ.) Le gaz de bois est donc extrêmement coûteux.

## *Conclusions*

Les chiffres de rendement et de prix de revient qui viennent d'être cités démontrent clairement qu'au point de vue de l'économie de la chaleur, la distillation du bois en vue d'obtention d'un gaz combustible est une erreur.

Puisqu'on n'a pas pu se décider à suivre les conseils de l'industrie du gaz tendant à faire acheminer toutes les houilles distillables vers les usines à gaz et le bois aux foyers industriels, les usines à gaz étaient bon gré, mal gré obligées à distiller le bois. Reconnaissons cependant qu'en dépit de tous les inconvénients, le bois a rendu de précieux services aux consommateurs de gaz. C'est en effet au bois que nous devons d'avoir pu maintenir la distribution de gaz, au moins en quantités restreintes. Pour cette raison, les usines à gaz suisses doivent une reconnaissance particulière à la production indigène de bois qui leur a fourni cette matière de remplacement si précieuse en temps de pénurie de houille.