

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 115/116 (1940)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Ersatztreibstoffe für Automobile  
**Autor:** Troesch, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51282>

#### 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:** 20.02.2026

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

**INHALT:** Ersatztreibstoff für Automobile. — Grenzen der Rechnung im Ingenieurbau. — Arzthaus in Trubschachen, ein reiner Holzbau. — Zentralheizungen für Holzfeuerung. — Nachträglicher Einbau von Pumpen in bestehende Schwerkraft-Warmwasserheizungen. — Liquidation der LA 1939. — Mitteilungen: Sparapparate für Zentralheizungskessel. Holz-Kon-

servierung bei Luftschutz-Bauten. Hochschulkurse für Internierte. Emil Bitterli. Eidg. Techn. Hochschule. — Wettbewerbe: Bemalung des Erfrischungsraumes im Hallenschwimmbad Zürich. Wettbewerb für eine Kläranlage in St. Gallen-Bürgen. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

## Band 116

Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

## Nr. 21

### Ersatztreibstoffe für Automobile

Von Dipl. Ing. MAX TROESCH, Zürich

Die ungenügende Versorgung der Schweiz mit Benzin und Dieselöl während des Krieges zwingt uns zur Verwendung von Ersatztreibstoffen, die wenn möglich im Lande selbst erzeugt werden sollten oder in genügenden Mengen eingeführt werden können. Die Einfuhr von flüssigen Ersatztreibstoffen ist in gleicher Weise wie jene von Benzin und Dieselöl durch die mangelnden Eisenbahnkesselwagen beschränkt; für feste Ersatztreibstoffe wäre genügend Rollmaterial vorhanden, bis heute fehlt es jedoch im Ausland selbst an Material oder bei uns an den nötigen Vorrichtungen zu seiner Verwendung. Die Eigenversorgung mit Ersatztreibstoffen ist zur Zeit auch noch nicht befriedigend, doch sind grosse Anstrengungen im Gang, die eine grösstmögliche Anpassung an die Verhältnisse anstreben. Im Nachfolgenden wird der Stand der Ersatztreibstoff-Möglichkeiten, wie sie für die Schweiz in Frage kommen, beschrieben<sup>1)</sup>.

Die Anforderungen, die an Ersatztreibstoffe gestellt werden, sind keine geringen. Erst jetzt erkennt man, was gutes, einfaches Benzin oder Dieselöl geleistet haben und wie schwer es ist, dafür einen einigermassen brauchbaren Ersatz zu finden. Die flüssigen Kraftstoffe sind für das Automobilverkehrswesen von derartiger Wichtigkeit, dass ihre Produktions- und Verbrauchswirtschaft die Politik aller Industriestaaten äusserst einschneidend beeinflusst.

Der «Ottomotor» wurde bis anhin fast ausschliesslich durch Benzin betrieben, das durch Vergaser oder neuerdings auch durch Einspritzung, mit Luft gemischt im Zylinder komprimiert und durch elektrische Zündung zur Explosion gebracht wird. Die Ersatztreibstoffe für Benzin müssen deshalb auch vergasbar sein, um in Anwendung zu kommen. Bei flüssigen Ersatzstoffen gelingt das Ueberführen in den gas- bzw. dampfförmigen Zustand noch verhältnismässig einfach, indem es meist durch den vorhandenen Vergaser nach entsprechender Aenderung der Düsen und Lufttrichter geschehen kann. Die Vergasung von festen Ersatzbrennstoffen ist schon mit wesentlich grösseren Schwierigkeiten verbunden, da diese Umsetzung chemische Vorgänge unter Verbrennung oder sonstiger Wärmeentwicklung erfordert.

Für den Dieselmotor, der reine Luft verdichtet und bei dem die Zündung durch Einspritzen des Gasöles zufolge der Verdichtungswärme der Luft erfolgt, ist überhaupt noch kein entsprechender flüssiger Ersatztreibstoff gefunden worden. Immerhin sind jetzt auch in der Schweiz Versuche im Gange, ein Gemisch von Luft und Holzgas zu komprimieren und dieses durch Einspritzen einer kleinen Gasölmenge (bis zu etwa 15 % der normalen Oelmenge) zum Zünden zu bringen. Dadurch können Dieselmotoren ohne Einbau einer elektrischen Zündvorrichtung auf Holzgasbetrieb umgebaut werden.

Die festen Ersatztreibstoffe, die in der Schweiz in Frage kommen, sind Gasholz, Holzkohle und Karbid. Alle drei können mehr oder weniger gut vergast werden. Leider ergeben sie aber zufolge ihres geringeren Heizwertes gegenüber Benzin einen Leistungsabfall von 20 bis 40 %.

Holzgas ist der bekannteste und verbreitetste Ersatztreibstoff<sup>2)</sup> und die Generatoren zu seiner Verwendung sind am besten entwickelt. Das Gasholz soll aus faustgrossen Stücken Buchenholz mit einem Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 10 bis 15 %

<sup>1)</sup> Vergleiche die früheren Beiträge der «SBZ» zu dieser Frage: Bd. 92, S. 242\* (1928); Bd. 93, S. 322\* (1929); Bd. 95, S. 83 (1930); Bd. 108, S. 198 (1936); Bd. 109, S. 159 (1937); Bd. 114, S. 143 (1939); Bd. 116, S. 90, 116, 179\* (1940). Red.

<sup>2)</sup> Vgl. den Bericht Nr. 3 der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbrennstoffe: «Theoretische und praktische Untersuchungen über den Betrieb von Motorfahrzeugen mit Holzgas» von Prof. Dr. P. Schläpfer und Dr. J. Tobler. Bern 1937, Buchdruckerei Büchler. Preis geh. 10 Fr.

bestehen. Beim heutigen Bestand von rund 200 Holzgaslastwagen ist die Eigenversorgung im Lande genügend. Die vom Bunde vorgesehene Herstellung von 1000 Holzgasgeneratoren für 4 bis 5-Tonnenwagen und die laufende Erzeugung der Privatunternehmer verlangen ein gesteigertes Schlagen und sofortiges Zerkleinern von Gasholz im Laufe dieses Winters, um bis in den Hochsommer eine genügende, natürliche Trocknung zu erzielen. Schon seit Jahren haben ausländische Firmen stationäre Holzgasgeneratoren gebaut und deren Verwendung auf Automobilen unter Anpassung an ihre besonderen Betriebsverhältnisse, besonders durch Gewichtsreduktion, erprobt. Sie sind zum Teil so weit entwickelt worden, dass sie, unter Voraussetzung einer sorgfältigen Bedienung, störungsfreien und befriedigenden Betrieb gewährleisten. Allerdings sind Holzgasgeneratoren bis heute nur auf Lastwagen oder Omnibussen in Anwendung gekommen, da sie für Personenwagen zu hohen Raum- und Gewichtsbedarf aufweisen.

In der Schweiz ist vor allem das System Imbert entwickelt worden, weil es sich in verschiedenen Konkurrenzen und im praktischen Betrieb erfolgreich durchsetzen konnte. Die 1000 Generatoren, die der Bund durch eine Industriegruppe bauen lassen will, werden nach diesem System gebaut. Abb. 1 zeigt ein Schnittbild eines solchen Generators. Er besteht in der Hauptsache aus einem doppelwandigen Zylinder von rd. 1800 mm Höhe und rd. 530 mm Durchmesser. Im Innern dieses Zylinders wird das Gasholz durch unvollkommene Verbrennung vergast und zwar in den folgenden Hauptvorgängen: Trocknung, Entgasung, Oxydation, Reduktion. Im obersten Teil des Zylinders wird das Holz durch die aufsteigende Verbrennungswärme getrocknet, die entweichenden Dämpfe werden am Außenmantel kondensiert und als Schwelwasser abgeschieden, bei Temperaturen bis zu rd. 200 °C. Weiter nach unten nimmt die Temperatur bis rd. 280 °C zu und es werden neben Wasserdampf auch noch Kohlensäure und Essigsäure frei; dabei beginnt schon die Verkohlung. In der nachfolgenden Entgasungszone von 280 bis 500 °C gehen Teer, Essigsäure, Methylalkohol und Gase ab. Das Holz ist nun zum grössten Teil getrocknet und ent gast und kommt in die Oxydationszone, in den Herd, wo durch kranzförmig angeordnete Düsen die Verbrennungsluft zuströmt. Hier herrscht eine Temperatur von rd. 1300 °C. Diese hohe Temperatur ist nötig, um die durch die Feuerzone nach unten abgesaugten Gase zu reduzieren. Die Kohlensäure verbindet sich mit dem Kohlenstoff der Holzkohle zu Kohlenoxyd, das neben Stickstoff den Hauptanteil des Holzgases ausmacht. Die Zusammensetzung eines mittleren Holzgases ist ungefähr folgende:

Gas	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Anteil in Volum-%	21	17	1,8	12	0,4	47,8

Der Weg des Holzgases vom Generator zum Motor ist ebenfalls aus Abb. 1 zu ersehen: Es wird vom äusseren Mantel des Generators in einen Prallblechreiniger gesogen, wo die grössten Verunreinigungen ausgeschieden werden. Die Holzgasgeneratoren werden meist zu vorderst auf der Lastwagenbrücke angeordnet, während der Vorreiniger vorn unter dem Kühler Platz findet.

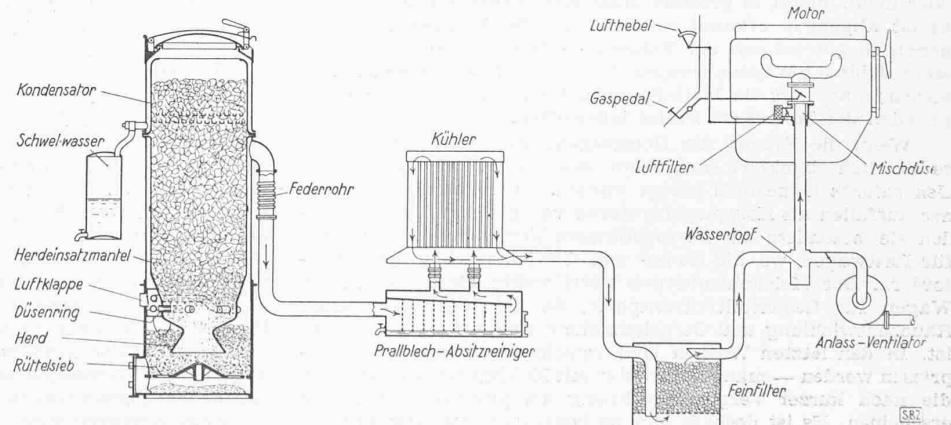


Abb. 1. Schnittbild und Schema einer IMBERT Holzgas-Generatoranlage für Lastwagen

Gerade darüber, vor dem Kühler, wird ein Gaskühler angeordnet und von da wird das Gas in einen Feinfilter, der meist mit Raschigringen gefüllt ist, gesogen. Es ist nun gereinigt und gekühlt und wird in einem Mischventil in richtigem Verhältnis mit Luft versetzt und dem Motor zugeführt. Zum Anzünden des Generators dient ein Anlassventilator, der Luft durch das ganze System saugt, bis genügendes Feuer und entsprechende Gaserzeugung vorhanden ist. Bei der ersten Füllung des Generators muss unten im Herd Holzkohle eingefüllt werden, damit sofort leicht brennbares, entzündetes Material zur Verfügung steht.

Da Holzgas viel träger verbrennt als Benzin, kann es höher komprimiert werden; dadurch wird der Leistungsabfall zufolge des geringeren Heizwertes etwas ausgeglichen (Gemischheizwert: Benzin 891, Holzgas 565 WE/m<sup>3</sup>). Bei Benzinmotoren kann zufolge der Festigkeit der Triebwerksteile die Kompression nicht beliebig erhöht werden. Im allgemeinen geht man durch Einbau von höheren Kolben auf ein Kompressionsverhältnis von rd. 1 : 8. Bei Umbau von Dieselmotoren auf Holzgasbetrieb muss das Kompressionsverhältnis vom üblichen Werte von rd. 1 : 20 auf 1 : 15 bis 1 : 10 reduziert werden. Da der ganze Dieselmotor viel kräftiger gebaut ist als ein Benzinmotor, kann mit der Kompression bei Holzgasbetrieb höher gegangen werden als beim umgebauten Benzinmotor. Dagegen muss der Dieselmotor mit Zündkerzen und einer elektrischen Zündung ausgerüstet werden.

Bezüglich der *Wirtschaftlichkeit* des Holzgasbetriebes kann gesagt werden, dass sie vor allem von den niedrigeren Brennstoffkosten wesentlich beeinflusst wird. Für einen gegebenen Wagen werden als Ersatz für 11 Benzin etwa 2,5 kg Gasholz benötigt. Diese Holzverbrauchsziffer kann auch noch zu Gunsten des Holzgasbetriebes unterschritten werden; sie wird jedoch bei ungünstigen Verhältnissen stark überschritten. Bei den heutigen Preisen von 75 Rp./l Benzin und 11 Rp./kg Gasholz ergibt sich ein Brennstoffkostenverhältnis von 75 zu 27,5 Rp. Ein 5 t-Wagen mit einem Benzinverbrauch von 40 l/100 km würde somit auf 100 km 30 Fr. für Benzin und 11 Fr. für Gasholz kosten, was bei 40000 km Jahresleistung unter diesen Verhältnissen eine Ersparnis von 7600 Fr. ergibt. In Abb. 2 ist die Brennstoffersparnis in Funktion der Holzverbrauchsziffer und der Jahreskilometerleistung graphisch dargestellt. Mehrkosten werden jedoch verursacht durch die Amortisation der Generatoranlage, durch vermehrte Löhne für die täglichen Reinigungsarbeiten derselben und durch die Minderleistung des Wagens infolge geringerer Fahrgeschwindigkeiten, unter Umständen auch noch durch vermehrte Reparaturkosten der Motoranlage. Ob die Ersparnisse an Brennstoffkosten durch die obigen Mehrkosten aufgezehrt werden oder nicht, hängt in grossem Mass vom Fahrpersonal ab, denn es ist allgemein erkannt worden, dass der Holzgas-Generator genau so gut sei wie der Fahrer! — Der vollständige Umbau eines 4 bis 5 t-Wagens kommt heute auf 7000 bis 9000 Fr. zu stehen; dabei ist die Installation und die Aenderung der Kompression des Motors im Preise inbegriffen.

Wenn die Fragen der Holzgasgeneratoren in der Schweiz so ziemlich abgeklärt sind, kann das von den *Holzkohlengas-Generatoren* keinesfalls gesagt werden. Da sie wesentlich kleiner ausfallen als Holzgasgeneratoren von gleicher Leistung, finden sie besonders für Personenwagen Verwendung, aber auch für Lastwagen, wo die Raum- und Gewichtsverhältnisse es erfordern. Der Holzkohlenbetrieb bietet weiter einen Vorteil bei Wagen für Lebensmitteltransporte, da die Möglichkeit einer Rauchentwicklung und Geruchsnahme hier wesentlich kleiner ist. In den letzten Wochen sind verschiedene Fabrikate angepriesen worden — manche darunter mit Kohlenverbrauchszahlen, die nach kurzer Vergleichsrechnung als praktisch unmöglich erscheinen. Es ist deshalb sehr zu begrüssen, dass der Bundesrat im Oktober einen Beschluss gefasst hat, wonach der Bau

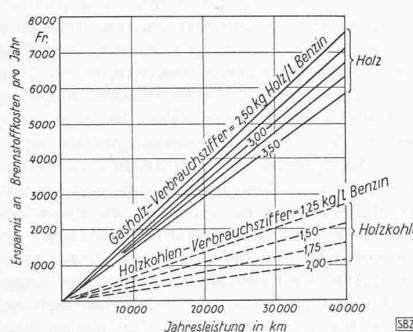


Abb. 2. Ersparnis an Brennstoffkosten für Gasholz bzw. Holzkohle, in Funktion der Jahres-Kilometerleistung und der Verbrauchs-  
ziffer, bezogen auf Benzinverbrauch.  
Annahmen: a) Gasholz, 5 t Lastwagen mit  
Benzinverbrauch von 40 l/100 km, Benzinpreis  
75 Rp./l, Gasholzpreis 11 Rp./kg. b) Holzkohle,  
Personenwagen mit Benzinverbrauch von  
18 l/100 km, Holzkohlenpreis 30 Rp./kg

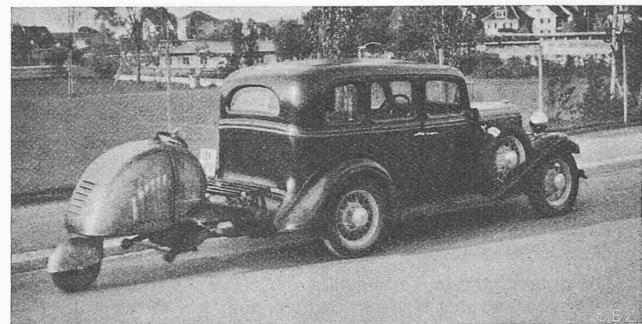


Abb. 3. HERA-Holzkohlengas-Generator auf Einradanhänger. Der Rahmen, aus Rohren zusammengeschweisst, dient zur Gaskühlung. Im Vorderteil ist oben der Holzkohlenbehälter, unten der Feuerherd, hinten befindet sich unter einer Verschalung der Feinfilter.

und der Einbau von Generatoren für Ersatztreibstoffe einer Be willigungspflicht unterstehen. Alle Generatoren sollen vor ihrem serienweisen Bau auf ihre praktische Eignung und ihren Brennstoffverbrauch geprüft werden. Um genaue Vergleiche zu ermöglichen, sollten dabei alle Generatoren möglichst auf dem gleichen Wagen unter genau den selben Verhältnissen geprüft werden. Dieses natürlich unter Anwendung von entsprechenden Wagen kategorien, z.B. Personenwagen, leichte und schwere Lastwagen.

In der Folge werden einige der bekanntesten Holzkohlengas Generatoren beschrieben. Sie können in drei Hauptkategorien eingeteilt werden und zwar: 1. Generator auf Anhänger aufgebaut, 2. Generator aussen am Wagen oder unter der Brücke angebracht, 3. Generator im Kofferraum eingebaut.

Der Generator-Anhänger hat den Hauptvorteil, dass er von der Brücke des Lastwagens oder vom Kofferraum des Personewagens keinen wertvollen Raum in Anspruch nimmt. Er bietet den weiteren Vorteil der freien Bemessung und Anordnung seiner Einzelteile nach Zweckmässigkeit. Alle drei nachfolgend beschriebenen Generator-Anhängern eignen sich sowohl für Personenwagen als auch für leichte Lastwagen bis zu rd. 20 PS. Es hat keinen Wert, einen Anhänger möglichst klein bauen zu wollen, denn sein Hauptnachteil, die Verlängerung des Wagens, bleibt ja trotzdem bestehen.

Der *HERA-Holzkohlengas-Anhänger* (Abb. 3) ist auf einen geschweißten Gasrohrrahmen aufgebaut und wird durch zwei horizontale Gelenkbolzen an den Wagen gekuppelt. Am hinteren Rahmenende ist, wie bei allen derartigen Anhängern, ein einzelnes, luftbereites Schlepprad vorgesehen, das sich automatisch in die Fahrtrichtung einstellt. Dadurch ist auch beim Rückwärtsfahren mit diesen Anhängern keine Rücksicht auf die Fahrspur des Anhängers zu nehmen, nur seine Länge nach hinten muss berücksichtigt werden. Der ganze Aufbau des Hera-Anhängers ist möglichst stromlinienförmig gehalten: der Vorderteil des Generators enthält den Holzkohlenbehälter (Fassungsvermögen 60 kg), an den unten der Feuerherd mit der bleigekühlten Luftdüse angebaut ist. Vor diesem Feuerraum befindet sich der Grob filter, der seitlich geöffnet und gereinigt werden kann. Hinten am Kohlenbehälter, in einer Verschalung untergebracht, ist ein Feinfilter vorgesehen. Er besteht aus langen, zylindrischen Stofffiltern, die in einer horizontalen Trommel angeordnet sind. Das Gas strömt vom Feuerherd zuerst in den Grobfilter, dann durch den Rohrrahmen (mit rundem Querschnitt) und von da durch den Feinfilter zum Motor. Für die jetzt im Bau befindlichen Aggregate sind noch ein drittes Filter mit ölgetränkter Stahlwolle und eine verstärkte Rahmenkühlung vorgesehen.

Am Motor werden normalerweise keine Veränderungen zur Erhöhung der Kompression vorgenommen. Der Umbau sieht lediglich zwischen Vergaser und Ansaugrohr ein Zwischenstück vor, das mittels zweier Ventile gestattet, während der Fahrt zu jeder Zeit von Benzin- auf Gasbetrieb umstellen zu können und umgekehrt. Er ermöglicht auch das Fahren mit gemischem Betrieb, z. B. wenn bei grosser Belastung eine starke Steigung genommen werden muss, kann zur Erhöhung der Leistung dem Gas etwas Benzin-Luftgemisch beigegeben werden. Das Holzkohlengas wird in einer Mischvorrichtung, die am Zwischenstück angebaut ist, mit der nötigen Verbrennungsluft gemischt. Beim Hera-System besteht die Vorrichtung lediglich aus einer Zusatzluftklappe in der Gasleitung, die vom Führersitz auf das günstigste Mischverhältnis eingestellt werden kann (theoretischer Luftbedarf normalerweise = 1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Zum Anheizen wird der Motor bei stehendem Wagen mit Benzin laufen gelassen und durch eine Lunte oder Zündpatrone

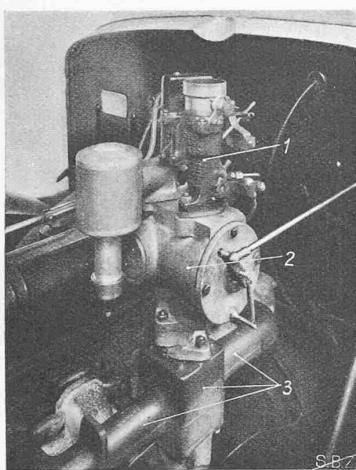


Abb. 4. Mischventil des CARBUSOL-Holzkohlengas-Generators.  
1 Vergaser; 2 Mischventil; 3 Ansaugrohr

ratoren zum Betrieb mit Holzkohlen-Briketts gleichen Namens vorgesehen. Die Fabrikation dieser komprimierten Holzkohle ist jedoch bei uns noch nicht derart fortgeschritten, dass Carbusol in genügenden Mengen geliefert werden könnte; es sind jedoch Fabriken im Bau. Carbusol-Eier-Briketts sind annähernd so schwer wie Steinkohle und deshalb könnte man mit ihnen bei gleichem Volumen einen wesentlich grösseren Aktionsradius pro Generatorfüllung erzielen. Wesentlich bei der Herstellung von Holzkohlenbriketts ist die Verwendung eines Bindemittels, das keine schädlichen Rückstände ergibt. Die Carbusol-Generatoren können selbstverständlich auch mit gewöhnlicher Holzkohle betrieben werden. Auf dem Anhänger, der aus Profileisen zusammengeschweisst ist, sind der Kohlebehälter und die Reiniger nebeneinander angeordnet und davor befindet sich ein Röhrenkühler, direkt in den Luftstrom hinter dem Wagen gestellt. Der Generator kann durch eine Benzinstichflamme entzündet werden, die ihrerseits vom Führersitz aus durch eine Hochspannungszündung in Brand gesetzt wird. Abb. 4 zeigt das Mischventil.

Ein anderes Fabrikat, das in der Schweiz gebaut wird und demnächst in den Handel kommen soll, ist der VOLVO-Holzkohlengas-Anhänger. Er wird in Schweden seit mehr als einem Jahr im grossen hergestellt und zwar von der Automobilfabrik Volvo, die zum SKF-Konzern gehört. Anfangs Oktober dieses Jahres waren in Schweden 2000 Volvoanhänger im Betrieb und es werden wöchentlich 200 Stück hergestellt. Dieser Generator-Anhänger ist fast vollständig aus Blechpressteilen in Leichtbau ausgeführt (Abb. 5). Der dreieckige Rahmen wird mittels zweier Kugelgelenke am Wagen befestigt; die zwei Rahmenträger sind gepresste Hohlkörper von geringer Dicke und grosser Höhe. Bei grosser, konstanter Biegungsfestigkeit und gegebenem Querschnitt haben sie eine grosse Oberfläche, was hier wesentlich ist, denn sie dienen zugleich als Gaskühler (Patent). Das Gas strömt vom Generator zum Grobfilter und von da durch die beiden Rahmenträger zum Feinfilter (Abb. 6). Auf dem Rahmen ist im hinteren Teil auf zwei gewölbten Blecträgern, die zugleich als Windfang dienen, ein 70 kg Holzkohle fassender, eiförmiger Behälter angeordnet. Er ist aus zwei gleichen Pressteilhälften zu-

wird die Holzkohlenfüllung durch die Düsenöffnung in Brand gesteckt. Nach etwa 5 min wird genügend Gas entwickelt, sodass man ohne Benzinzufluss auf ebener Strecke anfahren kann. Selbstverständlich kann man auch mit Benzinbetrieb sofort anfahren und den Generator gleichzeitig anheizen lassen. In Zukunft kann auch ein Elektroventilator zum Anfeuern geliefert werden. Die Hera-Anhänger sind seit Anfang Oktober erhältlich.

In der Westschweiz wird der CARBUSOL-Holzkohlengasanhänger nach ausländischem Muster gebaut. Ursprünglich waren die Carbusol-Ge-

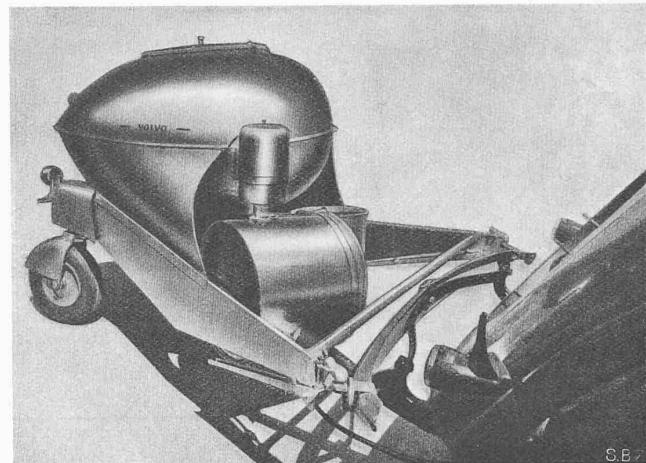


Abb. 5. VOLVO-Holzkohlengas-Generator als Einradanhänger.  
Die zwei Längsträger des dreieckigen Rahmens sind Blechhohlkörper, die als Gaskühler dienen; das flache Profil ergibt grosse Kühlfläche. Der eiförmige Behälter enthält die Kohle, davor sind Grob- und Feinfilter sichtbar, dieser mit aufgebautem Elektroventilator zum Anfeuern ohne Benzin

sammengeschweisst und trägt unten den Rost und Feuerherd, der durch den Windfang in kräftigen Fahrwind zu liegen kommt. Links und rechts vor dem Herd sind Grob- und Feinfilter angeordnet, also ebenfalls gut gekühlt. Der Grobfilter arbeitet nach dem Zentrifugalprinzip und der Feinfilter ist von besonders geschickter Bauart, indem in einer horizontalen Blechtrommel ein harmonikaähnlicher Stoffkörper von rundem Querschnitt untergebracht ist. Bei geringem Raumbedarf wird ein grosser Filterquerschnitt, der leicht mit einer Bürste gereinigt werden kann, erzielt. Auf der Filtertrommel ist ein Elektroventilator aufgebaut, der die Inbetriebsetzung des Generators auch ohne Benzin gestattet. Die Anheizzeit beträgt dabei 20 min, während unter Verwendung des Motors und Benzin rd. 4 min genügen.

Der günstige Einfluss der Anordnung der einzelnen Aggregate und des Rahmenkühlers auf die Abnahme der Gastemperatur ist aus folgender Aufstellung zu ersehen, die die Gas-temperaturen an den verschiedenen Stellen des Generators nach längerem Vollastbetrieb angibt (nach Ankunft auf Klausen- bzw. Gotthardpasshöhe):

Gastemperatur vor Grobfilter = Austritt aus Generator rd. 400° C  
Gastemperatur nach Grobfilter = Eintritt in Rahmen rd. 150° C  
Gastemperatur vor Feinfilter = Austritt aus Rahmen rd. 50° C  
Gastemperatur nach Feinfilter = Leitung zum Motor rd. 30° C

Am ganzen Anhänger ist alles möglichst einfach konstruiert, um grösste Betriebsicherheit zu erreichen. Die Luftpistole z. B. ist ein glattes zylindrisches Stück aus Spezialstahl (hitzebeständig); die Luftzuleitung dazu geschieht von oben, was eine besondere Kühlung unnötig macht. Die ganze Konstruktion weist verschiedene, wohlgedachte Ideen und Einzelheiten auf, die auf eine längere Entwicklungszeit deuten, in geringem Gesamtgewicht und guter Gaskühlung zum Ausdruck kommen und dadurch günstige Verbrauchszahlen ergeben.

Der Verfasser hatte Gelegenheit, mit einem Volvo-Holzkohlengas-Generator selbst eine Verbrauchsmessung auf grösserer Strecke vorzunehmen. Diese brachte folgendes Ergebnis: Wagen: B.M.W. 10 PS, Modell 1939, 4-5 plätzige Limousine, Gewicht fahrbereit 1060 kg.

Anhänger VOLVO, Leergewicht 130 kg, Kohleninhalt 70 kg. Belastung Hinfahrt 3, Rückfahrt 5 Personen. Strecke: Zürich-Lenzburg-Bern-Brugg-Würenlingen-Endingen-Baden-Zürich.

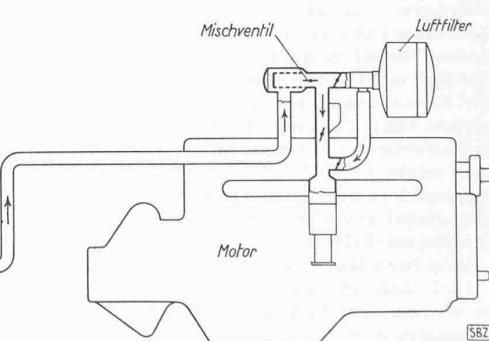
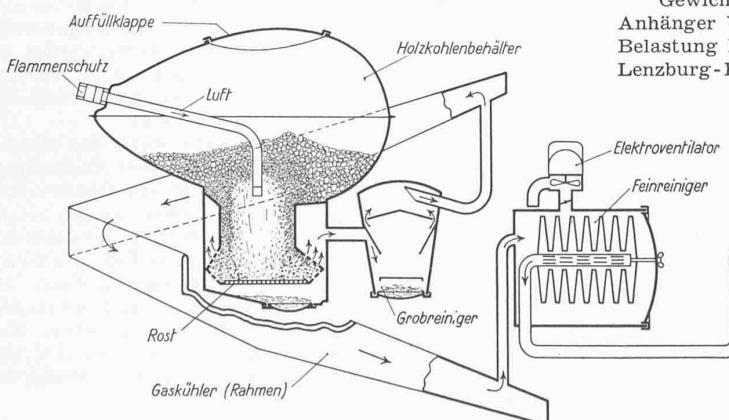


Abb. 6. Schema der VOLVO Holzkohlengas-Generatoranlage, als Anhänger für Personen- oder leichte Lastwagen bestimmt

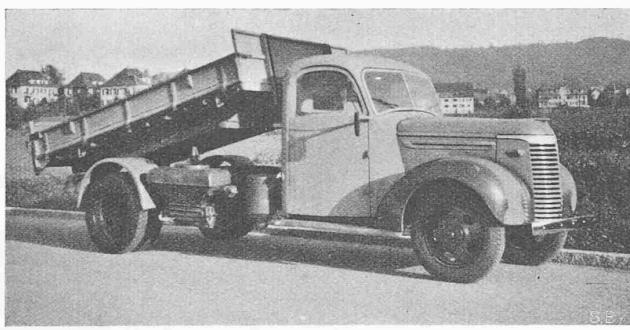


Abb. 7. HERA-Holzkohlegas-Generatoranlage, seitlich unter der Brücke eines Lastwagens (Kipper) eingebaut

VOLVO-Versuchsfahrt Teilstrecke	Länge nach Karte km	Fahrzeit	Durchschnitts- geschwindigkeit km/h
Zürich-Bern . . . . .	123	2 h 01	60,9
Bern, reine Stadt Fahrten . .	10	—	—
Bern-Brugg . . . . .	94	1 h 30	62,9
Brugg-Endingen-Baden . . .	24	0 h 36	40,0
Baden-Zürich . . . . .	23	0 h 23	60,0
Totalstrecke mit Stadt Fahrten	274	—	—
Zch.-Bern-Zch. ohne „	264	4 h 30	58,7

Fahrweise: Der Wagen wurde stets möglichst voll ausgefahren, sodass für Gasbetrieb recht günstige Durchschnittsgeschwindigkeiten erzielt wurden; diese ergeben allerdings auch ein Optimum an Verbrauch für diese Strecke. Es wurde absichtlich noch eine Nebenstrassenstrecke eingeschaltet, und es konnte dort festgestellt werden, dass man auch auf schlechter, steiniger Strasse scharf fahren kann, ohne dass der Anhänger die Fahrsicherheit irgendwie beeinflusst. Die erreichten Geschwindigkeiten auf ebenen Strecken waren folgende: Hinfahrt bei Dietikon 72 km/h, bei Lenzburg 77 km/h. Rückfahrt bei Langenthal 80 km/h. Steilstile Stellen am Muttschellen, Hinfahrt mit 3 Personen 40 bis 42 km/h im dritten oder auch im zweiten Gang.

Holzkohle-Verbrauch: Der Anhänger wurde zu genauer Messung vor und nach der Fahrt vom Wagen losgekuppelt und gewogen. Der Holzkohlenverbrauch nach Abzug von 0,9 kg Asche aus Feuerherd und Grobfilter betrug 49,9 kg, spezifisch 18,0 kg/100 km. Holzkohleverbrauchszipf, bezogen auf den normalen Benzinverbrauch von 13,5 l/100 km dieses Wagens 1,33 kg/l. Verwendeter Brennstoff: Jugoslawische Buchenmeillerkohle. Zum Holzkohlenverbrauch ist zu bemerken, dass er bei der ziemlich scharfen Fahrweise als günstig anzusehen ist, umso mehr wenn berücksichtigt wird, dass der Aufenthalt in Bern 6 Stunden betrug, in welcher Zeit der Generator zweimal wieder angeheizt wurde, um kurze Strecken in der Stadt fahren zu können. Das Anheizen erfolgte mit Zündpatronen und dem Elektroventilator. Auf der ganzen Fahrt wurde gar kein Benzin verwendet.

Zum Anbringen unter der Lastwagenbrücke bauen diese Fabrikanten Sondermodelle, die grundsätzlich den beschriebenen gleichkommen, meist jedoch etwas grössere Holzkohlenbehälter aufweisen. Je nach deren Grösse können sie ganz unterhalb der Brücke angeordnet werden, oder sie ragen darüber hinaus, ähnlich wie bei Holzgasgeneratoren (Abb. 7). Die Gaskühlung ist in diesen Fällen meist gut, indem unterhalb der Brücke genügend Luftströmung herrscht, oder weil die Kühler in die Höhe, über das Kabinendach verlegt werden.

Aussen am Personenwagen kann man den Generator ebenfalls anordnen. Der kürzlich herausgebrachte AUTARK-Holzkohlegas-Generator ist ein Vertreter dieser Bauweise (Abb. 8). Er hat den Vorteil möglichst geringer Veränderung am Wagen und benötigt nicht soviel Raum hinter dem Wagen wie ein Anhänger. Schon dieser bewirkt eine zusätzliche Belastung der Hinterachse (mit kleiner Entlastung der Vorderachse); bei der Autark-Bauweise kommt aber das ganze Gewicht der Apparatur in diesem nachteiligen Sinne zur Wirkung. Alle Einzelteile des Autarkgenerators sind in die Form eines rechteckigen Koffers gebracht. Dabei erfahren gezwingenermassen die Kohlenraum- und Kühlungsverhältnisse eine gewisse Beschränkung. Auf der linken Seite befinden sich der Kohlenbehälter, der darunter liegende Herd und der Grobfilter, rechts oben ist ein Feinfilter, der aus ebenen Stoffflächen besteht, die durch eine bewegliche Bürstenkonstruktion leicht gereinigt werden können; unter diesem Filter sind Kühlrohre vorgesehen. Das ganze ist sehr kom-

pendiös zusammengebaut und soll in der Anschaffung billiger sein als ein Anhänger. Am Motor ist wie üblich ein Mischventil mit Korrekturklappe und Umstellklappen für Gas- bzw. Benzinbetrieb vorgesehen.

Im Kofferraum von Personenwagen untergebracht, bietet der Holzkohlegas-Generator den Vorteil geringen Raumbedarfes in der Garage und beim Parkieren, dagegen wird im Wagen das Unterbringen von Gepäck, Reservekohle und Reserverad erschwert. Für Wagen, die von vornherein für kleinen Aktionsradius vorgesehen sind, dürfte dieser Nachteil nicht von Bedeutung sein. Die gedrängte Anordnung bedingt anderseits auch wieder kürzere Brenndauer einer Kohlenfüllung. Falls mit der Zeit zuverlässige Kohlenbriketts hergestellt werden können, würden sie für Koffergeneratoren von besonderem Wert sein. Die Gaskühlung muss bei diesen Anlagen besonders sorgfältig durchdacht sein. Falls die Raum- und Luftströmungsverhältnisse nicht äusserst günstig ausgenutzt werden, kommt das Gas zu warm zum Motor mit dem Nachteil, dass es einen schlechten volumetrischen Wirkungsgrad mit entsprechendem grossem Leistungsauffall aufweist und dass es noch schädliche Dämpfe enthalten kann, die erst in der kühlen Ansaugleitung kondensiert werden und dann in den Motor gelangen. Ähnliche Überlegungen gelten auch für Anlagen, die in möglichst kleinem Außenkoffer oder Anhänger untergebracht werden.

Der FRANZ-Holzkohlegas-Generator ist zum Einbau in den Personenwagenkoffer gebaut. Um ihn nicht zu klein bemessen zu müssen, wird der Kofferraum nach Möglichkeit vergrössert (Abb. 9 und 10). Der Generator besitzt ein ausgemauertes Glühbecken mit Quervergasung: Eine Leerlauf- und Vollastdüse münden seitlich in das Glühbecken ein, sodass der Luft-Gasstrom quer zur Vertikabewegung der Kohle verläuft. Die Vollastdüse ist mit einer Fallklappe versehen, sodass sie erst geöffnet wird, wenn genügend Luft angesaugt wird. Es ist auch vorgesehen, der Hauptdüse Wasserdampf beizugeben, um vermehrte Kohlenoxydmengen durch Verbindung von Wasser mit Kohlenstoff ( $H_2O + C = CO + H_2$ ) zu erzeugen und dadurch ein leistungsfähigeres Gas zu erhalten. Dieses bedingt allerdings sehr hohe Verbrennungstemperaturen, um genügend hohe Reaktionsgeschwindigkeiten und dadurch stabile Verbindungen zu erzielen. Rasche nachherige Abkühlung begünstigt weiter das chemische Gleichgewicht der Gase. Vom Generator gelangt das Gas wie üblich in den Grobfilter, der hier in Siebkonstruktion gehalten ist, und von da unter den Wagen in Kühlrohre mit Rippen und in den Feinfilter. Kühler unter dem Wagen müssen jedenfalls gegen Anspritzen von Schmutz und Wasser geschützt sein, um Verschmutzen und ungleichmässige Kühlung (Verdampfungswärme des Spritzwassers) zu verhindern. Der Feinfilter des Franz-Generators ist mit Glaswolle gefüllt. Am Motor sind das Mischventil und die Zusatzluftklappe zur Handregulierung angebracht. Die Franz-Holzkohlegas-Generatoren werden laufend geliefert; der Einbau dauert etwas länger als bei Verwendung eines Anhängers, da das Einpassen in den Kofferraum oft verschiedene Veränderungen am Wagen bedingt.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Holzkohlegasbetriebes dienen vor allem die Kurven über Einsparungen an Brennstoffkosten auf Abb. 2. Diesen ist ein Benzimotor mit einem Verbrauch von 18 l/100 km zu Grunde gelegt, bei Brennstoffkosten von 75 Rp/l Benzin und 30 Rp/kg Holzkohle. Wie daraus ersichtlich, können unter normalen Verhältnissen jährlich 1000 bis 1500 Fr. an Brennstoffkosten gespart werden. Beziiglich der Mehrkosten gelten neben der Amortisation der Generatoranlage, die 1800 bis 3500 Fr. kosten dürfte, die gleichen Überlegungen wie bei Holzgasgeneratoren: Güte und Zuverlässigkeit der Generatoren hängen in hohem Masse von der Behandlung durch den Fahrer ab.

Im Folgenden sei neben Holz und Holzkohle noch als dritter inländischer Ersatztreibstoff das Karbid besprochen.

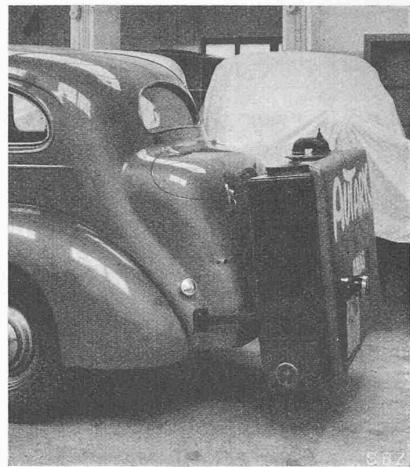


Abb. 8. Holzkohlegas-Generator AUTARK Anbau hinten an einen Personenwagen

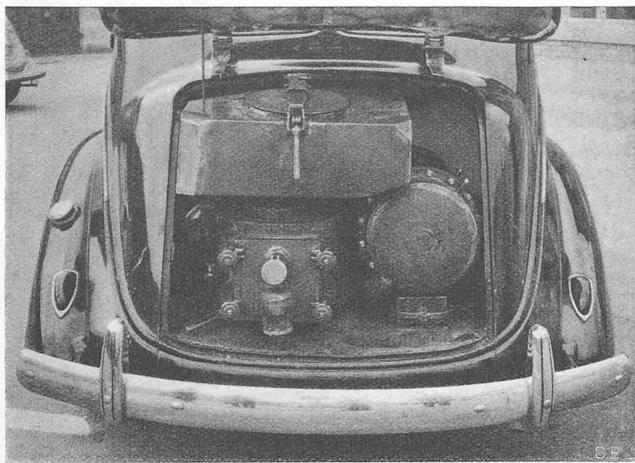


Abb. 9. FRANZ-Holzkoh lengas-Generatoranlage für Personenwagen eingebaut in den etwas vergrösserten Kofferraum

*Karbid*, der dritte bei uns verwendete feste Ersatztriebstoff, wird im elektrischen Ofen durch Brennen von Kalk mit Koks hergestellt. Zwar ist Kohle in der Schweiz auch nicht in genügender Menge vorhanden, doch sind von den Karbidfabriken immerhin gewisse Mengen von Karbid für Autobetrieb freigegeben worden. Karbid wird durch Verbindung mit Wasser zu gasförmigem Acetylen umgewandelt:  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$ . Dieses kann nun im Automobil in Entwicklern hergestellt werden und mit Luft vermischt im Motor Verwendung finden, oder man kann Acetylen in Flaschen komprimiert (Dissousgas) mitführen. Es wurden diesen Sommer in der Schweiz, wie bereits im letzten Kriege, grosse Anstrengungen und sehr gewissenhafte Versuche mit Acetylen als Ersatztriebstoff angestellt. Da seine Klopffestigkeit sehr schlecht ist (Oktanzahl unter 40), muss ein Dämpfungstoff beigelegt werden, der eine möglichst hohe Oktanzahl aufweist; auch in dieser Hinsicht hat man ziemlich günstige Ergebnisse erzielt. Allgemein kam man jedoch zur Erkenntnis, dass die Verwendung von Acetylendissous zu teueren Betrieb ergäbe und dass die Erzeugung von Acetylen in Entwicklern auf dem Wagen verschiedene Nachteile mit sich bringe. Der Hauptgrund für die vorläufige Zurückhaltung gegenüber dem Acetylen liegt darin, dass Karbid auch zu einem flüssigen Brennstoff, *Paraldehyd*, verarbeitet werden kann. Besonders an der Ersatztriebstoffkonferenz der Sektion für Kraft und Wärme wurde von verschiedenen Seiten die zweckmässigere Verwendung von Karbid zu Paraldehyd angeregt. Dadurch ist die Entwicklung von Acetylengeneratoren etwas gehemmt worden, geht jetzt jedoch weiter; gegebenenfalls wird auch diese hier näher behandelt werden. Paraldehyd besitzt motorisch ähnliche Eigenschaften wie Alkohol, Heizwert 6000 WE/kg, Oktanzahl über 100. Da heute keine flüssigen Ersatztriebstoffe mehr im Handel erhältlich sind und von der «Petrola»<sup>3)</sup> als Streckmittel dem Benzin beigemischt werden sollen, erübrigts sich ein weiteres Eingehen auf Paraldehyd.

Nachdem oben alle in der Schweiz erhältlichen festen Ersatztriebstoffe besprochen wurden, sind wir vom Karbid über Paraldehyd bereits zu den flüssigen Ersatztriebstoffen gelangt. Wegen der soeben erwähnten Verfügung des Bundesrates ist ihre Verwendung nicht mehr frei gestattet, und zum Teil waren sie schon seit Beginn des Krieges für motorische Zwecke verboten. Nur kurz sei noch die Anwendung von Methylalkohol erwähnt, der in letzter Zeit von vielen Privatbetrieben als Streckmittel für Benzin angewandt wurde, jetzt aber auch nur noch von der Petrola beigemischt werden darf. Methylalkohol (Holzalkohol) wird in grösseren Quantitäten nach einem katalytischen Hochdruck-Verfahren (I. G.-Verfahren) aus Kohlenoxyd und Wasserstoff hergestellt:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ . Er ist sehr kalorienarm (nur 4250 WE/kg), dagegen sehr klopffest; die Oktanzahl beträgt 135. Normales Motorenbenzin hat dagegen 10500 WE/kg und eine Oktanzahl von 66 bis 68. Wird Methylalkohol in geringen Mengen von 15 bis 20% dem Benzin beigemischt, so kann durch Erhöhung der Oktanzahl trotz der Verkleinerung des Heizwertes die gleiche Motorleistung erzielt werden, da der Motor wesentlich mehr Vorzündung erträgt. Dadurch wird jedoch nur eine geringe Streckung des Benzins erzielt; hochprozentige Alkoholbeimischungen haben den grossen Nachteil des stark verminderten Heizwertes und dadurch wesentlich grösseren Ver-

<sup>3)</sup> Die «Petrola» ist eine Eidg. Organisation, der die Verwaltung und Lenkung der ganzen Wirtschaft der flüssigen Treibstoffe übertragen ist.

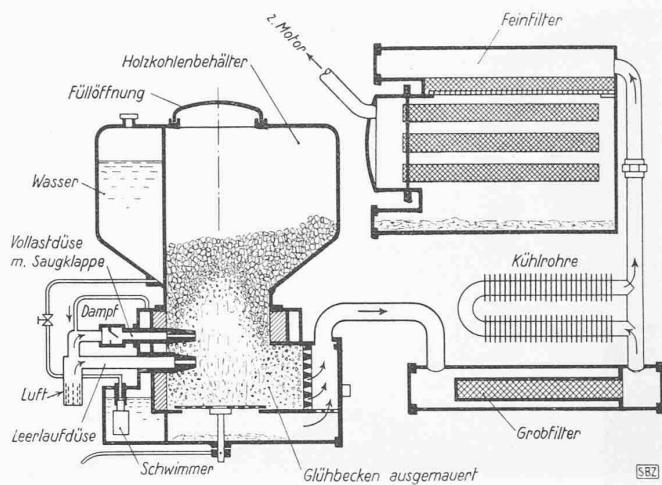


Abb. 10. Schematische Darstellung des in den Kofferraum eingebauten FRANZ-Holzkoh lengas-Generators

brauches. Es sei noch erwähnt, dass Benzin und Alkohol zufolge der Wasserlöslichkeit des letztgenannten nicht ohne Anwendung von Stabilisatoren gemischt werden können.

Wie aus diesen Ausführungen ersichtlich, sind in der Schweiz als Ersatztriebstoffe zu freiem Gebrauch nur noch Gasholz, Holzkohle und Karbid verfügbar, aber auch diese sollen in absehbarer Zeit einer Regelung unterworfen werden; die Verwendung ihrer Generatoranlagen ist bereits einer Bewilligungspflicht unterstellt. Der Betrieb kann bei zuverlässiger Bedienung gut konstruierter Generatoren bei den heutigen Benzin-, Gasholz- und Holzkohlepreisen sogar wirtschaftlicher werden, als bei Verwendung von Benzin.

## Grenzen der Rechnung im Ingenieurbau

Von Dipl. Ing. HANS STRAUB, G. E. P., Rom

In einem Nachruf auf Robert Maillart schrieb Prof. H. Jenny-Dürst<sup>1)</sup>: «Was an Mailarts Bauwerken am auffälligsten in Erscheinung tritt, das ist ihre unabhängige, freie, schöpferische Gestaltung. ... Angesichts der Unmöglichkeit der Berücksichtigung aller Nebenumstände kann jede Berechnung nur eine Grundlage für den Konstrukteur bilden. ... Weitgehende theoretische Untersuchungen von zusätzlichen Beanspruchungen suchte daher der geniale Konstrukteur durch geeignete konstruktive Massnahmen zu vermeiden.»

Es wird mit diesen Worten eine Frage von grundsätzlicher Bedeutung berührt: Soll der Bauingenieur vorwiegend seine rechnerischen Methoden immer mehr zu verfeinern suchen oder soll er sein Hauptaugenmerk wieder mehr dem *Gestalten*, dem freien Schaffen zuwenden, einer Tätigkeit somit, der eine gefühlsmässige, intuitive Komponente innewohnt?

Nachdem ein Jahrhundert lang der Ingenieur, wenn nicht ausschliesslich, so doch hauptsächlich Rechner gewesen ist und sich dadurch prinzipiell vom Architekten geschieden hat, ist heute ohne Zweifel eine Tendenz vorhanden, dem Gestalter wieder mehr zu seinem Rechte zu verhelfen — eine Verschiebung, die den Schöpfungen des Ingenieurs, den Bauwerken, nur zum Vorteil gereichen kann. Wenn auch das wissenschaftliche Rüstzeug des Bautechnikers — Statik, Festigkeitslehre und Materialkenntnis — ununterbrochen weiter ausgebaut und verfeinert wird, so ist doch das Zeitalter, das man das «heroische» des Ingenieurbaus nennen könnte, in dem die statische Erfassung und rechnerische Durchdringung der hauptsächlichsten Bauformen wie Balken, Gewölbe, Fachwerk Hand in Hand mit der konstruktiven Bewältigung der neuen Baustoffe Eisen, Beton und Eisenbeton eine stürmische Entwicklung durchmachten, mit dem letzten Jahrhundert zu Ende gegangen. Das damals, und z. T. noch in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts geschaffene Rüstzeug ist, trotz aller seither erreichten weiteren Fortschritte, im grossen und ganzen vollständig ausreichend für die Berechnung der meisten Bauwerke, und die noch weiter verfeinerten, subtleren Methoden kommen im Grunde genommen nur wenigen ausserordentlichen Bauaufgaben zu gute.

Der Einfluss der Ingenieurbauten auf unsere sichtbare Umwelt wird von Jahrzehnt zu Jahrzehnt grösser — man denke an Brücken, Autostrassen, Staumauern — und damit wird der Ingenieur zum Landschaftsgestalter, auf dem eine grosse, nicht

<sup>1)</sup> «NZZ» vom 2. Mai 1940 (Nachruf der «SBZ» in Bd. 115, S. 224\*. Red.).