Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117/118 (1941)

Heft: 14

Artikel: Brown Boveri-Abgasturbolader zur Leistungsteigerung von Holzgas-Fahrzeugmotoren

Autor: Troesch, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83529

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: 13.12.2025

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

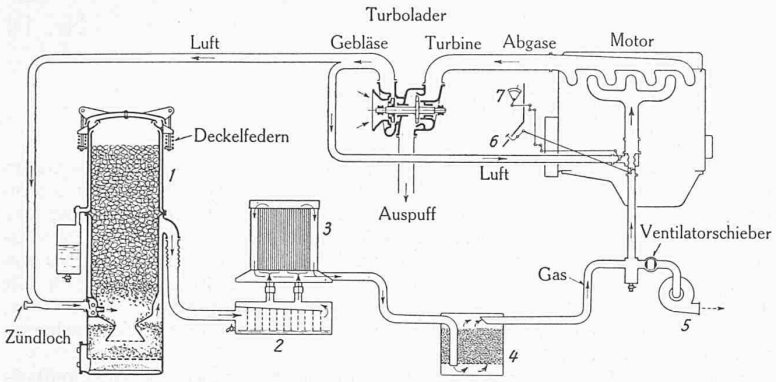

Abb. 2. Schema einer Holzgasgenerator-Anlage mit BBC Abgas-Turbolader. Das Aufladegebläse saugt Frischluft an und presst diese durch den Generator zum Motor. Auch die Zusatzluft wird vom Gebläse geliefert. *1* Generator, *2* Reiniger, *3* Kühler, *4* Feinfilter, *5* Anlass-Ventilator, *6* Gaspedal, *7* Lufthebel

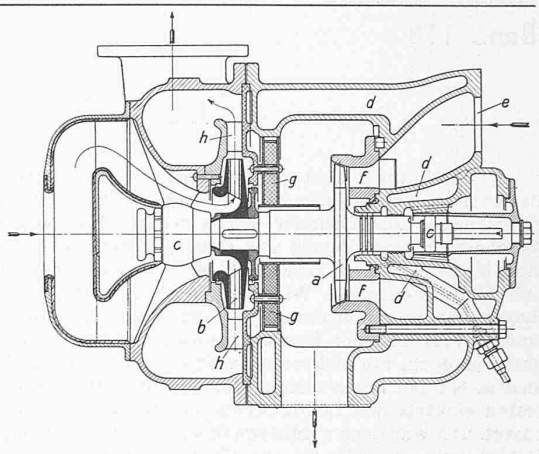

Abb. 3. Schnitt 1:5 eines Aufladegebläses für Fahrzeugmotoren: *a* Turbinenrad, *b* Gebläserad, *c* Lager des Rotors, *d* Kühlwasserräume, *e* Abgaseintritt, *f* Düsenring, *g* Wärmeschutzschild, *h* Diffusor

Brown Boveri-Abgasturbolader

zur Leistungssteigerung von Holzgas-Fahrzeugmotoren

Von Dipl. Ing. MAX TROESCH, Zürich

Die unbefriedigende Leistung von Benzinmotoren, die auf Holzgasbetrieb umgebaut wurden, ist in der Hauptsache dem verminderten Gemischheizwert des Holzgases gegenüber Benzin zuzuschreiben. Dessen Abnahme von 891 auf 565 bis 610 Cal/Nm³ ergibt an und für sich einen Leistungsverlust von rd. 35 %. Dazu kommen noch weitere Verluste, die folgende Ursachen haben: 1. Schlechter Füllungsgrad, weil die Ansaugleitungen und -Ventile nicht für den Sauggasbetrieb bemessen sind. 2. Hohe Saugwiderstände in Generator, Filter, Kühler und Rohrleitungen. 3. Niedrige Zünd- bzw. Verpuffungsgeschwindigkeit des Holzgases.

In jahrelangen Forschungsarbeiten in Laboratorien, Werkstätten und im praktischen Fahrbetrieb sind die einzelnen Motortypen dem Holzgasbetrieb angepasst und die Generatoren verbessert worden, sodass der Leistungsabfall gegenüber Benzinbetrieb beim Umbau insgesamt 20 bis 45 % beträgt. Dieser Verlust macht sich besonders auf Steigungen unangenehm bemerkbar, indem diese mit niedrigeren Getriebestufen befahren werden müssen. Die Mittel zur Verminderung der erwähnten Verluste, also zur Erhöhung der Leistung, sind folgende: Möglichst hoher Gemischheizwert, hoher Füllungsgrad, hoher Kompressionsgrad.

Der *Gemischheizwert* kann im Holzgasbetrieb an und für sich nicht verbessert werden; es ist lediglich darauf zu achten, dass er nicht durch feuchtes Holz und unrichtigen Luftzusatz noch verschlechtert wird. Der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes beeinflusst die Gaszusammensetzung und dadurch nicht nur den Gemischheizwert, bzw. die Ladedichte, sondern auch die Zündgeschwindigkeit. Diese Zusammenhänge sind aus Tabelle I ersichtlich; es ist daraus auch der theoretische Leistungsabfall zu entnehmen [1]). Wünschenswert ist Buchenholz in Stückgrössen von 6 bis 8 cm und mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 10 bis 15, maximal 20 %. Unrichtige Bemessung der Verbrennungsluft wirkt sich beim Holzgasbetrieb, und insbesondere bei Luftmangel, auf den Gemischheizwert wesentlich ungünstiger aus als bei Benzinbetrieb; dies ist aus Abb. 1 deutlich ersichtlich [1]).

Die neuesten Untersuchungen haben ergeben, dass durch wärmetechnische Verbesserungen an den Generatoren auch Hölzer von höherem Feuchtigkeitsgrad (20 bis 35 %) ohne zu grosse Leistungsverluste verwendet werden können. Es bestehen folgende Möglichkeiten: Vorwärmen der Verbrennungsluft durch die heissen Generatorgase in Wärmeaustauschern; sorgfältige Wärmeisolation des Generators unter Vermeidung des Ueberhitzens thermisch hochbelasteter Teile; Umwälzen des Schwelgas-Wasserdampfgemisches durch Flügelpumpe unter Ausscheidung des Wassers in einem Kondensator oder unter Zuschuss eines Anteiles der Auspuffwärme durch einen Wärmeaustauscher [2]). Dadurch können bei 30 %igem Wassergehalt noch Gemischheizwerte erzielt werden, die bei bisherigen Generatoren ein Holz von rd. 15 % Feuchtigkeit voraussetzten.

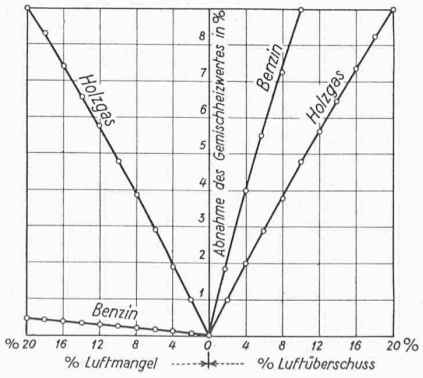

Abb. 1. Abnahme des Gemischheizwertes von Holzgas- und Benzinluftgemischen in Funktion des Luftüberschusses, bezw. Luftmangels. Annahmen für Luftbedarf: Holzgas 1 m³/m³, Benzin 50 m³/m³

Der *Füllungsgrad* ist das Verhältnis der beim Hube vom Motor tatsächlich angesaugten Gasmenge zur theoretischen Menge, die dem Hubraum und der Drehzahl entspricht. Er ist in hohem Masse von der Weite der Gaswege und der Vorwärmung am Motor abhängig, sowie vom Gesamtwiderstand der Generatoranlage. Aus Sparsamkeitsrücksichten wird oft beim Umbau auf Holzgasbetrieb die alte Ansaugleitung beibehalten. In den meisten Fällen würde sich jedoch das Anfertigen eines neuen Saugrohres lohnen, und zwar mit weiteren Querschnitten, geringen Krümmungen und vor allem mit grossem Abstand vom Auspuff-Sammelrohr, damit jegliches Anheizen durch Strahlung vermieden wird. Gelegentlich kann hiergegen schon eine Abschirmung helfen. Die Vorwärmung des Saugrohres beeinflusst im Gasbetrieb die Temperatur der Ladung in viel höherem Masse als bei Benzinbetrieb, da die wärmeentziehende Verdampfung des Kraftstoffes nach dem Vergaser entfällt. Die geringste Vorwärmung durch die Nähe des Auspuffrohres macht sich deshalb im Gasbetrieb ungünstig bemerkbar. Messungen von Rixmann [3]) zeigen dies sehr deutlich: Ein 100 PS-Lastwagenmotor zeigte bei Volllast und 20° Lufttemperatur bei Benzinbetrieb vom Vergaser zum Einlassventil einen Temperaturabfall von 6°, bei Gasbetrieb dagegen eine Temperatursteigerung von 8 bis 10°. Gleichzeitig wurde nachgewiesen, dass Drosselungen durch enge Gasquerschnitte und besonders die Lufttrichter von Vergasern bei Gasbetrieb den Füllungsgrad beträchtlich herabsetzten. Durch geschickte Anordnung der einzelnen Aggregate des Generators und deren Verbindungsleitungen können weitere Drosselungen vermieden werden.

Die *Zündgeschwindigkeit* und mit ihr die Verpuffungsgeschwindigkeit ist bei Holzgas wesentlich niedriger als bei Benzin-Luftgemischen [1]). Da die Verpuffungsgeschwindigkeit experimentell kaum einwandfrei bestimmt werden kann, wird als Massstab die Zündgeschwindigkeit angegeben. Besonders die Anteile an Kohlensäure und Stickstoff steigen mit zunehmender Feuchtigkeit des Holzes und erhöhen die Trägheit der Verbrennung. Gleichzeitig nimmt der Anteil an brennbaren Gasen ab und dementsprechend auch die Leistung (Tabelle I). Zufolge der Trägheit der Verbrennung kann die Kompression bei Holzgasmotoren viel höher getrieben werden als bei Benzin, ohne dass dadurch Selbstzündungen (Klingeln) eintreten.

Das *Kompressionsverhältnis* wird aus obigen Gründen beim Umbau auf Holzgas durch Einbau höherer Kolben auf 1 : 8 erhöht und bei Dieselmotoren, wo stärkere Triebwerksteile vorhanden sind, geht man für Holzgas auf 1:10 bis 1:15 (durch Herabsetzen der Kompression von rd. 1:20).

Die *Aufladung* behebt alle Fehler, die durch eine schlechte Füllung bedingt sind, sowie die Nachteile der trägen Verbrennung, indem das Holzgas-Luftgemisch unter

[1]) Prof. Dr. *P. Schläpfer* und Dr. *J. Tobler:* Theoretische und praktische Untersuchungen über den Betrieb von Motorfahrzeugen mit Holzgas. Bern 1937, Buchdruckerei Büchler. Preis geb. 10 Fr.

[2]) Automobiltechnische Zeitschrift, März 1941, *Lutz:* Die Verbesserung des Fahrzeug-Holzgaserzeugers durch wärmetechnische Massnahmen.

[3]) *W. Rixmann*, «Z.VDI», 1937, S. 1357.

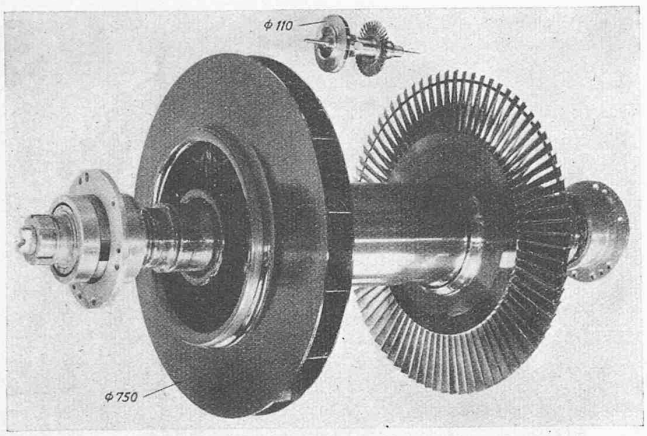

Abb. 4. Die Rotoren des kleinsten und grössten BBC-Abgas-Turboladers für Fahrzeugmotoren von 50 bis 100 PS, Drehzahl rd. 40 000 U/min, Gewicht = 2,3 kg und für die Aufladung eines Dieselmotors von 2500 bis 3700 PS, Drehzahl rd. 7000 U/min, Gewicht = 547 kg. Beachtenswert ist die Aehnlichkeit des Gesamtaufbaues

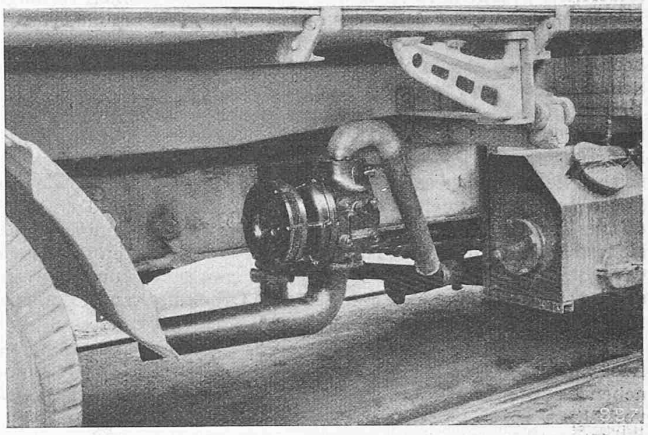

Abb. 5. Einbau eines Abgas-Turboladers am Rahmen eines Lastwagens. Hauptmasse: Länge 33 cm, Breite und Höhe je 25 cm

Druck in die Verbrennungsräume gebracht wird, anstatt durch Ansaugen. Dadurch spielen die Leitungswiderstände nur noch eine untergeordnete Rolle, der Füllungsgrad wird wesentlich erhöht, desgleichen auch die Verpuffungsgeschwindigkeit zufolge grösserer Annäherung der Moleküle.

Bei einem gegebenen Motor hängt die Leistung wesentlich vom Kompressionsenddruck ab. Es kann leicht nachgewiesen werden, dass durch mässiges Aufladen höhere Enddrucke erzielt werden, als durch das übliche Erhöhen des Kompressionsverhältnisses mittels Einbau höherer Kolben; die polytropische Kompression erfolgt nach der Gleichung:

$$p_c = p_a \varepsilon^n$$

wobei p_c = Kompressions-Enddruck
p_a = Kompressions-Anfangsdruck
ε = Kompressionsverhältnis
n = polytropischer Exponent, für Holzgas = 1,4
für Benzin = 1,35

Unter Annahme der üblichen Mittelwerte ergibt die Formel für einen Benzinmotor folgende Werte:

	p_a ata	ε	p_c ata
Normaler Benzinbetrieb	0,96	5,0	8,08
Holzgas, höhere Kolben	0,85	8,0	10,09
Holzgas aufgeladen,	1,30	5,0	12,35
Kolben wie bei Benzin	1,40	5,0	13,30

Der Umstand, dass bei beiden Arten von Holzgasbetrieb höhere Kompressions-Enddrucke erzielt werden, will nicht etwa heissen, dass die Leistung höher wird als bei Benzin, da noch der geringere Gemischheizwert zu berücksichtigen ist.

Es wurde nun verschiedentlich versucht, ähnlich wie bei Benzinbetrieb ein Aufladegebläse zwischen Vergaser, bzw. Generator und Motor einzubauen, jedoch mit wenig Erfolg. Die geringsten Unreinigkeiten des Holzgases (Flugasche und Teer) werden durch das Gebläse auszentrifugiert und führen zu Verschmutzungen und Verschleiss. Entsprechend der grösseren Saugleistung muss der Generator (oder wenigstens Teile seiner Querschnitte) vergrössert werden und das Gebläse benötigt eine beträchtliche Antriebsleistung, die den Leistungsgewinn des Motors in Frage stellt. Dementsprechend waren auch die Erfolge dieser Versuche.

Die Firma Brown, Boveri in Baden geht mit ihrem patentierten Verfahren[4]) Wege, die diese Nachteile vermeiden: Nicht nur der Motor, sondern auch der Generator wird aufgeladen, indem das Gebläse nicht Holzgas, sondern reine Verbrennungsluft verdichtet. Aehnlich wie bei grossen Diesel- und Flugmotoren verwendet BBC die Energie der Auspuffgase zum Antrieb einer Abgasturbine, die das direkt gekuppelte Aufladegebläse antreibt. Bis heute wurden von BBC Grossdieselmotoren mit einer Gesamtleistung von mehr als 1,2 Mio PS mit solchen Turboladern ausgerüstet. Mit zehn verschiedenen Grössen wird ein Leistungsbereich der aufzuladenden Motoren von 50 bis 3700 PS umfasst. Die Hauptvorteile der BBC-Aufladung liegen darin, dass das Gebläse vom Motor keine Nutzleistung benötigt und reine Luft verdichtet. Die Anwendung dieses Prinzips auf Holzgas-Fahrzeuge ist schematisch in Abb. 2 dargestellt. Die Auspuffgase des Motors werden möglichst direkt in die Gasturbine geleitet, die sie expandiert und dadurch ihren Schall dämpft. Das Gebläse verdichtet reine, filtrierte Aussenluft und presst sie in die Düsen des Generators und einen Teil als Zusatzluft in die Mischdüse des Motors. Da der Generator beim Aufladebetrieb unter leichtem Ueberdruck steht, gegenüber dem Unterdruck beim Sauggasbetrieb, muss die Anpressung des Einfülldeckels vergrössert werden. Der Deckel dient zugleich als Sicherheitsventil der Anlage. Die übrigen Teile des Generators bleiben unverändert.

Der Abgas-Turbolader gleicht in seinem Aufbau im wesentlichen den grossen Einheiten, die von BBC seit Jahren gebaut werden. Die Aehnlichkeit ist aus Abb. 4 zu ersehen: der kleine Rotor dient für die Aufladung von 50 bis 100 PS-Fahrzeugmotoren, Drehzahl rd. 40 000 U/min, Gewicht 2,3 kg und der grosse erhöht die Leistung eines 2500 PS-Dieselmotors auf 3700 PS und dreht mit rd. 7000 U/min bei einem Gewicht von 547 kg. Abb. 3 zeigt das Schnittbild eines Aufladegebläses für Fahrzeugmotoren. Turbine und Gebläse sind eng zusammengebaut und besitzen eine gemeinsame Welle. Das Turbinenrad a ist mit der Welle aus einem Stück geschmiedet und gedreht, während das Gebläserad b in bekannter Weise auf die Welle aufgepresst und durch Keil und Wellenmutter gesichert wird. Die Welle läuft auf zwei Kugellagern c mit eigener Schmierung. Zufolge der hohen Abgas-Temperaturen wird der turbinenseitige Lagerbock durch Wasser des Motorenkühlsystems gekühlt, desgleichen das ganze Turbinengehäuse, das mit einem Wassermantel d umgeben ist.

Die Auspuffgase werden beim Flansch e in das Turbinengehäuse geleitet und strömen durch einen Ringkanal zum Düsenring f. Die Düsen werden durch hochhitzebeständige Bleche gebildet, die in Ringe aus Spezialguss eingegossen sind. Sie expandieren die Auspuffgase auf den Gegendruck in der Auspuffleitung (annähernd 1 ata). Dabei wird die Auspuffenergie in Geschwindigkeit umgesetzt, die das einstufige Aktionsrad antreibt. Die Beschauflung des Turbinenrades ist der teuerste Teil der ganzen Gruppe. Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad der Turbine zu erzielen, müssen die Schaufeln über ihre Länge ver-

[4]) Vergl. «NZZ» «Technik», No. 386 vom 12. März 1941.

Tabelle I: Berechnete Aenderung der Zusammensetzung und der Eigenschaften des Holzgases in Funktion des Wassergehaltes des Holzes

Wassergehalt des Holzes	Zusammensetzung des Holzgases					Unterer Heizwert	Ladedichte	Theoretischer Leistungsabfall	Maximale Entzündungs-Geschwindigkeit
	Wasserstoff	Kohlenoxyd	Kohlensäure	Stickstoff	Methan				
%	Vol. %	Vol. %	Vol. %	Vol. %	Vol. %	kcal/Nm³	kcal/Nm³	%	cm/s
0,0	18,0	24,6	9,6	46,3	1,5	1337	619	30,4	48,8
9,1	19,5	21,2	11,9	45,9	1,5	1271	603	32,3	46,8
16,7	20,6	18,5	13,8	45,7	1,4	1209	585	34,3	44,3
28,6	21,6	14,2	16,5	46,3	1,4	1105	556	37,6	39,9
35,5	21,8	11,9	17,9	47,1	1,3	1037	537	39,7	36,5

änderliche Profile aufweisen, was teure Fräsoperationen verlangt. Der Befestigung auf dem Radkranz wurde ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt, um bei der hohen Fliehkraft- und Wärmebeanspruchung absolute Betriebsicherheit zu gewährleisten. Die Schaufelfüsse sind mit dem Radkranz verschweisst.

Das Gebläse ist turbinenseitig durch einen Wärmeschutzschild g isoliert. Das Gebläserad ist nach der bewährten BBC-Konstruktion aufgebaut: Aus dem Schaufelmaterial sind beidseitig Nietzapfen herausgefräst, die genau in die mit Lehren gebohrten Seitenscheiben passen. Die Vernietung wird versenkt durchgeführt, um strömungstechnisch einwandfreie und erosionssichere Scheibenflächen zu erzielen. Im beschaufelten Diffusor h wird die Geschwindigkeit in Druck umgewandelt und das anschliessende Spiralgehäuse leitet die Druckluft zum Gebläseflansch und durch Leitungen zum Holzgasgenerator.

Abb. 5 zeigt den Einbau der Holzgas-Aufladegruppe an einem Lastwagenrahmen; je nach Platzverhältnissen kann die Gruppe neben den Motor angeordnet werden, um günstigere Strömungsverhältnisse für die Auspuffgase zu erreichen.

Eine Abgas-Turbo-Aufladegruppe für Vergaser-Flugmotoren ist aus Abb. 6 ersichtlich; sie gestattet die Konstanthaltung der Bodenleistung des Motors bis auf eine Flughöhe von rd. 10 000 m. Bemerkenswert ist bei dieser Gruppe die Konstruktion des Turbinenlagers: Das Leichtmetall-Lagergehäuse wird durch hohle Träger am Spiralgehäuse des Gebläses angeflanscht. Drei dieser Träger leiten Druckluft zur Kühlung in das Lagergehäuse und der Vierte lässt sie abströmen. Die Auspuffgase treten vom Turbinenrad direkt ins Freie. Einen zehnzylindrigen Dieselmotor mit BBC-Aufladegruppe zeigt Abb. 7.

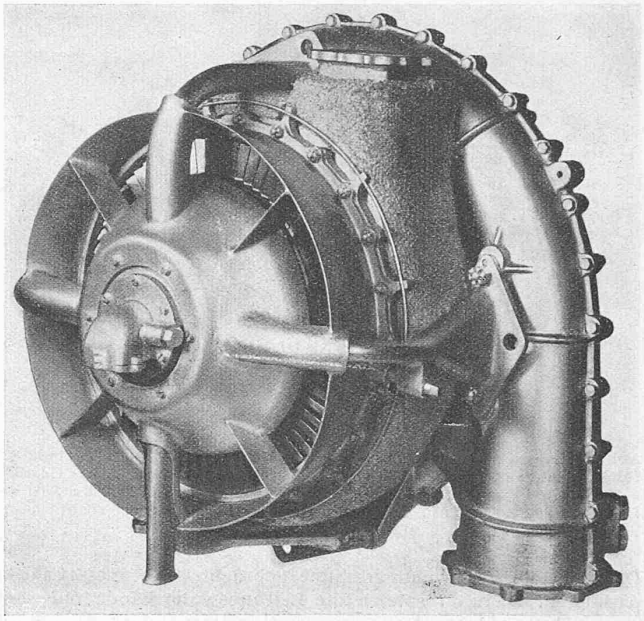

Abb. 6. Abgas-Turbolader für Vergaser-Flugmotor zur Konstanthaltung der Bodenleistung bis auf eine Flughöhe von rd. 10 000 m. Die Träger des Turbinenlagers führen Druckluft vom Spiralgehäuse zum Lager zur Sicherung der Kühlung

Die *Prüfstandmessungen*, die während der ausgedehnten Entwicklungszeit des Holzgas-Turboladers ausgeführt wurden, sind in Tabelle II und Abb. 8 und 9 zusammengestellt. Ein normaler Imbert-Generator, bei dem nur die Federspannung des Auffülldeckels erhöht wurde, um dem Aufladedruck zu genügen, lieferte aus Buchenholz das Holzgas. Es wurden zwei Benzin- und ein Dieselmotor zur Prüfung herangezogen. Die Benzinmotoren liess man bezüglich Kompressionsverhältnis unverändert; also für Holzgasbetrieb ohne Aufladung ungünstig. Das BBC-Aufladeverfahren hat jedoch gerade den Vorteil, keine Veränderung des Kompressionsverhältnisses zu benötigen; dadurch können beim Umbau auf Holzgasbetrieb wesentliche Kosten eingespart werden. Die Mehrkosten des Turbolader-Einbaues werden durch die beträchtliche Mehrleistung kompensiert, die höher ist als bei Steigerung der Verdichtung.

Wie Tabelle II zeigt, ergibt auch der Holzgasbetrieb mit Aufladung keine höhere thermische Belastung des Motors, als normaler Benzinbetrieb.

Am Generator wurden bei Betrieb mit Aufladung folgende Veränderungen festgestellt: Austrittemperatur des Gases: 450° C gegenüber 370° C ohne Aufladung. Leichte Verschiebung der Verkohlungs- und Abbrandzone nach oben. Verkohlung reichlich. Der Betrieb mit Tannenholz ergab versuchsweise bei Aufladung auf

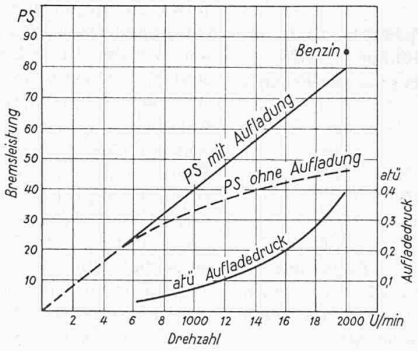

Abb. 8. Prüfstandmessungen Motor I, Kompression unverändert. Leistung in Funktion der Drehzahl mit Benzin und Holzgas, mit und ohne Aufladung; Aufladedruck in Funktion der Drehzahl

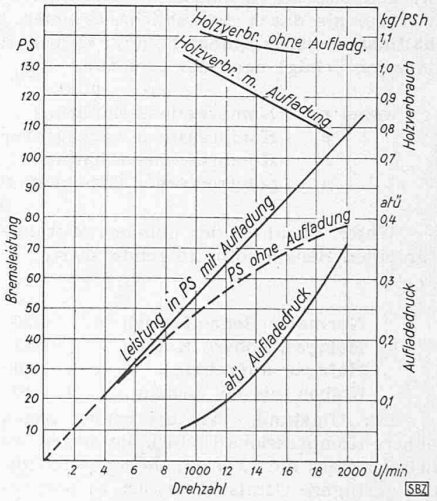

Abb. 9. Prüfstandmessungen Motor II, Leistung und Holzverbrauch mit und ohne Aufladung und Aufladedruck in Funktion der Drehzahl

Tabelle II: Vergleichsmessungen auf dem Prüfstand mit verschiedenen Motoren

	Motor I	Motor II	Motor III
Marke	Saurer	Saurer	Saurer
Typ	BL Benzin	BLD Diesel	AD Benzin
Zylinderzahl	6	6	4
Bohrung/Hub mm	110/150	110/150	110/180
Normalleistung bei Drehzahl U/min	100 PS, 1800 ÷ 2000 U	105 PS, 1800 U	55 PS, 1400 U
Kompressionsverhältnis	1:47, unverändert	Auf 1:9 reduziert	1:4,5 unverändert
Zustand	100000 km, nicht überholt	Neu	Alt, neue Kolbenringe
Gemessene Leistung, Drehzahl und Abgastemperatur bei:			
Benzin	86 PS, 2000 U, 800° C	Keine Messung möglich	48 PS, 1400 U
Holzgas	47 PS, 2000 U, 650° C	78 PS, 2000 U	35 PS, 1400 U; 36 PS, 1500 U
Holzgas mit Aufladung	80 PS, 2000 U, 710° C	108 PS, 2000 U	47 PS, 1400 U; 51 PS, 1500 U
Leistungsverlust von Benzinbetrieb auf Holzgas mit Aufladung	7 %		2,1 %
Leistungssteigerung bei Holzgas durch Aufladung	70,3 %	38,4 %	34,3 % 41,7 %
Spez. Holzverbrauch bei 1400 U/min:			
ohne Aufladung	Keine Messung	1,07 kg/PSh	Keine Messung
mit Aufladung	Keine Messung	0,92 kg/PSh	Keine Messung
Verminderung Holzverbrauch durch Aufladung		14,0 %	

dem Prüfstand gute Resultate, indem die sonstige Trägheit in der Verkohlung nicht beobachtet wurde. Immerhin ergab sich ein grösserer Aschenanfall.

Die *Fahrversuche* wurden als Dauerprüfungen auf Lastwagen im Transportdienst durchgeführt und als Vergleichsmessungen auf zwei verschiedenen Wagen, wobei man jeweils mit und ohne Aufladung fuhr. Die Hauptprüfungen ergaben folgendes.

Beschleunigungsmessungen mit Stadtomnibus, Saurerbenzinmotor Typ BL, auf 1:8,2 verdichtet. Belastung 6 Personen + 2000 kg Ballast, entsprechend 31 Personen. Mittelwerte aus je vier Messungen in beiden Richtungen: Beschleunigungszeit von 0 auf 40 km/h ohne Aufladung 37 s, mit Aufladung 28 s. Leider war es nicht möglich, vor dem Umbau den Wagen mit Benzin zu messen, um die Absolutwerte vergleichen zu können; immerhin wird durch die Aufladung die Anfahrzeit um 24% herabgesetzt, was in einem Betrieb, wo alle 3 bis 5 Minuten angefahren werden muss, sicher begrüsst werden kann.

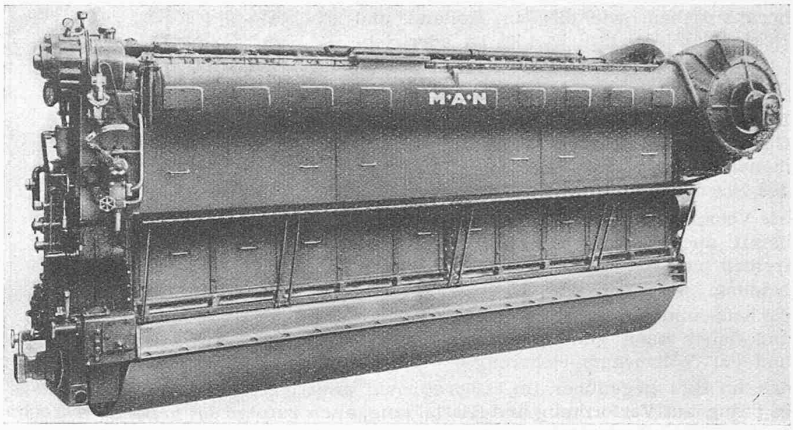

Abb. 7. Zehnzylinder-Dieselmotor, leistet bei 700 U/min mit BBC-Aufladegruppe 1800 PS, ohne Aufladung 1150 PS

Fahrzeiten auf Bergstrecke Brugg-Bötzberg, 4,1 km, Höhenunterschied 220 m, mittlere Steigung 5,4%:

		Fahrzeit	Mittlere Geschwindigkeit
a) Stadtomnibus wie oben	ohne Aufladung	14′ 14″	17,25 km/h
	mit Aufladung	10′ 07″	24,3 km/h
b) Lastwagen Berna [5])	ohne Aufladung	24′ 25″	8,1 km/h
	mit Aufladung	12′ 48″	15,5 km/h

Beim Stadtomnibus wurde die Fahrzeit durch die Aufladung um 29% herabgesetzt und beim Lastwagen sogar um 47,5%. Das günstigere Ergebnis ist hauptsächlich dem Umstand zuzuschreiben, dass die Aufladung im zweiten Fall die Benützung eines höheren Ganges ermöglichte. Beide Versuche zeigen deutlich den Vorteil der Aufladung im Holzgasbetrieb.

[5]) Typ G 5 (Kompressionsverhältnis 1:4,5), 6 t, Totalgewicht 13,2 t, Strecke um rd. 800 m verkürzt.

BBC-Abgas-Turbolader können für bestimmte Motortypen grosser Leistung sofort geliefert werden. Verkauf und Einbau erfolgen durch die Holzgas-Generatoren A. G., Zürich. Preis der Aufladegruppe 2600 Fr. plus Einbaukosten.

Zusammenfassung. Die Leistungssteigerung von Holzgas-Fahrzeugmotoren durch BBC-Abgas-Turbolader gestattet im allgemeinen die Verwendung von Benzinmotoren ohne Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses, wobei angenähert die Benzinleistung erzielt werden kann. Bei Dieselmotoren wird gleichfalls — bei der notwendigen Erniederung des Verdichtungsverhältnisses durch die Aufladung — die Normalleistung erreicht. Der spezifische Holzverbrauch wird durch die Aufladung merklich verkleinert und die Abgastemperaturen bei Holzgasbetrieb mit Aufladung sind niedriger als bei Betrieb mit flüssigen Brennstoffen; somit werden die Motoren thermisch nicht höher beansprucht.

Bewehrte Betondecken mit Strahlungsheizung, System Gebrüder Sulzer, Winterthur

Von Prof. Dr. Ing. h. c. M. ROŠ, Direktionspräsident der Eidg. Materialprüfungs- u. Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zürich

Vorliegende Arbeit von Prof. Roš fällt in das hundertste Jahr seit der Erstellung der ersten Sulzer-Dampfheizung, ausgeführt im Jahre 1841 in der damaligen Knabenschule in Winterthur. Es wurde dort ein schmiedeiserner sog. Bouilleur-Kessel mit zwei kleinern Unter- und einer grössern Obertrommel verwendet, der seinen Dienst volle 57 Jahre versah, und mit Holz geheizt wurde[1]). Heute sind wiederum schmiedeiserne Heizkessel modernster Konstruktion im Gebrauch[2]), die leider zeitweise auch wieder mit Holz gefeuert werden müssen. Der in dem Kessel erzeugte Dampf von 0,3 atü Spannung strömte in weite schmiedeiserne genietete Röhren mit Rückwärtsgefälle nach den verschiedenen Gebäudeteilen, das Kondenswasssr floss in den gleichen Röhren dem Dampfstrom entgegen zum Kessel zurück. Als Heizkörper dienten weite vertikale schmiedeiserne Röhren, je nach dem Wärmebedarf in einfacher und doppelter Anordnung. Diese Ausführung entsprach den damaligen technischen Möglichkeiten, kaum aber dem Wunsche nach einer ästhetischen Einfügung der Heizung in das Gebäude. In den hundert Jahren der Entwicklung ist nun der Schritt zur vollkommenen Einfügung der Heizung in das Bausystem vollzogen worden. Wir freuen uns, einer Veröffentlichung Raum geben zu können, die erweist, dass Gebrüder Sulzer heute wie damals an der Spitze der Entwicklung stehen. Red.

*

Gegenstand des nachfolgenden Berichtes ist die Verbundwirkung von mit Strahlungsheizung nach dem genannten, durch Patente geschützten Ausführungssystem versehenen Eisenbetondecken bei statischer, dynamischer und Dauerstand-Beanspruchung, sowie die auf ihr fussende Bemessung von geheizten Betondecken mit Zusatzarmierung. Der vorliegende Bericht bildet einen Auszug aus dem ausführlichen EMPA-Bericht No. 134 «Bewehrte Betondecken mit Strahlungsheizung, System Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, Winterthur».

Die ursprüngliche Erfindung des Engländers Crittall, der Gesellschaft Richard Crittall & Co. in London, von Decken mit Strahlungsheizung im Jahre 1910 wurde in der Folge in Holland der Eisenbetonbauweise angepasst, von dort von der Schweiz übernommen und durch die Gebrüder Sulzer seit 1930 weiter entwickelt. Von der Schweiz aus fand das Strahlungsheizungs-System Sulzer seinen Weg ins Ausland, wo die Gebrüder Sulzer A. G., wie auch im Inland, als Autorität auf dem Sondergebiet der Strahlungsheizung gilt.

Mit den umfassenden, sehr kostspieligen, im Auftrage der Gebrüder Sulzer durch die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in Zürich und Winterthur amtlich durchgeführten Untersuchungen wurde im Jahre 1935 begonnen. Die Prüfungen, die sich auf das Verhalten sowohl von wiederholt geheizten als auch von nicht geheizten Versuchskörpern (41 Stück), Decken (6 Stück) und Balken (16 Stück) ohne und mit Zusatzarmierung unter statischer, dynamischer und Dauerlast beziehen, wurden gegen Jahresende 1940 abgeschlossen.

Die Ergebnisse der sehr eingehenden Laboratoriumsversuche wurden durch Beobachtungen und Messungen an ausgeführten Bauten mit nach dem System Sulzer geheizten Decken ergänzt. Hauptzweck aller dieser Untersuchungen war, die Verbundwirkung und damit die Tragfähigkeit von wiederholt durch die Rohrschlangen geheizten Decken, namentlich auch im Vergleich mit nicht geheizten, sowohl nur mit Rohren als auch nur mit Rundeisen armierten Decken und Balken in jeder Beziehung abzuklären, um zutreffende Grundlagen für eine technisch richtige und wirtschaftlich vorteilhafte, mit Eisenersparnissen verbundene Bemessung von bewehrten Betondecken mit Strahlungsheizung zu erhalten. Auch für die Zukunft, ganz besonders aber in der gegenwärtigen Zeit der ausserordentlichen Eisenknappheit ist die einwandfreie Abklärung der Möglichkeit von Eiseneinsparungen bei bewehrten Strahlungsheizungs-Decken, ohne Einbusse für die bautechnische Sicherheit, ein Gebot. Nicht zuletzt galt es, die bereits 1937/38 geäusserten Befürchtungen über die Wirksamkeit des Haftfestigkeitsverbundes zwischen dem Beton und den auf 50 bis 55° C geheizten Rohren (auf die Dauer) durch technische Ausweise zu zerstreuen. In der Tat ist dieser Verbund derart wirksam, dass es gerechtfertigt ist, die geheizten Sonder-Stahlrohre (deren festigkeitstechnische Qualität, sowohl im Anlieferungszustand als auch mit dem Einsatzring nach Patent Sulzer stumpf zusammengeschweisst, den Vorschriften der Eidg. Verordnung über Bauten aus Eisenbeton vom 14. Mai

[1]) Jubiläumschrift des VSCI, 1939, S. 81 bis 84.
[2]) Vgl. Warenhaus Jelmoli, Zürich, «SBZ» Bd. 115, S. 166 (6. April 1940).