Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 70 (1952)
Heft: 17

Artikel: Ueber die Entwicklungs-Etappen der Büchi-Abgasturboaufladung
Autor: Büchi, Alfred J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59597

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: 12.07.2025

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

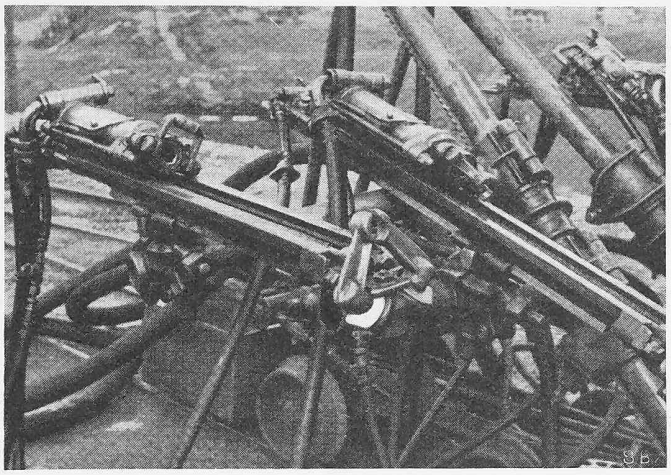


Bild 8. Fensterbohrwagen Ingersoll Rand mit kurzen Lafetten und Bohrmaschinen DA 30 in Transportstellung

den ersten Zeiten der Bohrtechnik Geräte gebaut, die die Bohrmaschinen trugen und den Vorschub maschinell ermöglichten.

Die einfachste Form dieser Vorrichtungen ist die Spannsäule[2]). Diese einfache Form der Anbringung der Bohrmaschine hat aber grosse Nachteile. Sowohl die Spannsäule selbst wie auch die Lafette mit Bohrmaschine sind sehr schwer und unhandlich. Das Aufstellen und Abbauen kostet daher sehr viel Zeit, auch das Umstellen ist durch das Oeffnen und Anziehen der vielen Schraubenmuttern mit schweren Schlüsseln mühsam und zeitraubend.

Man hat daher mehrere Spannsäulen zugleich auf Wagen montiert, wodurch das Heben der schweren Geräte vermieden und ein rascherer Auf- und Abbau erreicht wird. Derartige Bohrwagen[3]) wurden mit vertikaler und horizontaler Spannsäulenanordnung gebaut. Die Verspannung dieser Bohrwagentypen, die als Fensterbohrwagen bezeichnet werden, geschieht heute ausschliesslich durch Pressluftstempel, die die Spannsäulen gegen den Fels pressen (Bilder 6 bis 8). Immerhin sind die Nebenzeiten beim Fensterbohrwagen noch ziemlich hoch. Auf- und Abbau und auch das Umstellen der Maschinen und der Bohrerwechsel sind relativ zeitraubend, beide Operationen erfordern das Oeffnen und Anziehen einer oder mehrerer Schrauben. Ausserdem müssen die Bohrer bei den kurzen Lafetten häufig gewechselt werden.

Die beiden letzten Weltrekorde (Carlton-Tunnel in Colorado und Owens-George-Tunnel in Kalifornien) wurden allerdings mit Fensterbohrwagen errungen. Beim Carlton-Tunnel mit 10 m² Querschnitt im Granit war ein Fensterbohrwagen mit 5 Bohrmaschinen Ingersoll Rand DA 35 in Verwendung, der so massiv gebaut war, dass er nicht verspannt werden musste.

Fortsetzung folgt

[2]) Siehe Gruner, a. a. O., sowie SBZ Bd. 95, S. 74* (1930).

[3]) Siehe G. V. Rodio: Die Mechanisierung in Stollenvortrieben mit Mineralquerschnitt, SBZ 1949, Nr. 25 ff. S. 345* ff.

Ueber die Entwicklungs-Etappen der Büchi-Abgasturboaufladung

DK 621.436.052

Von Dr. sc. techn. h. c. ALFRED J. BÜCHI, Winterthur

Fortsetzung von Seite 222

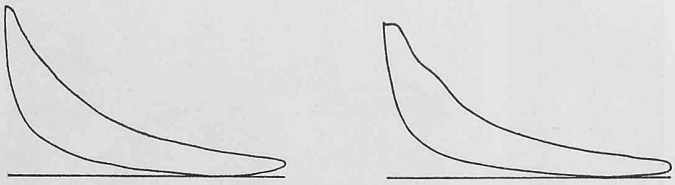
7. Die ersten Ausführungen

Der erste Weltkrieg hat die Aufnahme des Baues von weiteren Versuchsmaschinen verunmöglicht. Aber kurze Zeit nach dieser bedenklichen, notgedrungen nur auf Produktion und nicht auf Entwicklung eingestellten Epoche gelang es dann, die vier ersten Dieselmaschinen mit Büchi-Abgasturboaufladung zu projektieren, zu bauen und in praktischen Betrieb zu nehmen. Man musste dabei aber leider aus Rücksicht zur allgemein mehr ängstlichen Einstellung auf die Anwendung eines verhältnismässig hohen Ladedruckverhältnisses verzichten. Niemand wollte von der bisherigen Bauart der Dieselmotortypen an sich abgehen und Maschinen für grössere Höchstdrücke entwickeln und herstellen. Der Abgasturboaufladung verblieb deshalb lange Jahre nur Aussicht auf eine Anwendung bei bisherigen Motortypen mit ihren damals und selbst heute im allgemeinen noch bescheidenen Höchstdrücken. Die erste solche Gelegenheit bot sich 1924/25 beim Bau der Doppelschrauben-Motorschiffe «Preussen» und «Hansestadt Danzig», welche von den Vulcan-Werken Hamburg und Stettin mit Dieselmotoren (Lizenz MAN) für das deutsche Verkehrsministerium ausgerüstet wurden.

Es ist das grosse Verdienst des damaligen Chefs der Konstruktionsabteilung der deutschen Marineleitung, Ministerialdirektor Laudahn, diese erste Gelegenheit für die Anwendung der Büchi-Abgasturboaufladung geboten zu haben. Wie er bekanntermassen ein überaus warmer Befürworter des Dieselmotorantriebes auf Kriegsschiffen an sich war, so erkannte er auch relativ frühzeitig die Bedeutung der Abgasturboaufladung für Brennkraftmaschinen.

Diese Schiffe waren mit je zwei Hauptmotoren zu je zehn Zylinder ausgerüstet; jeder Motor hatte seine eigene vollbeaufschlagte Gasturbine, der die Abgase der zehn Zylinder durch eine ungeteilte Abgasleitung zuströmten. Die Maschinen arbeiteten noch ohne Spülung, weil man die Ventilsteuerung nicht ändern und auch aus Vorsichtsgründen ohne Aufladung, also unter Ausschaltung der Abgasturbogebläse, arbeiten wollte. Die Vulcan-Werke, Hamburg, bauten die Abgasturbinen nach Angaben des Verfassers. Es dürften die ersten Turbinen dieser Art gewesen sein, die überhaupt je für Dauerbetrieb hergestellt wurden. Durch die Abgasturboaufladung konnte bei Normallast eine Leistungssteigerung von 43 %, d. h. von 1750 auf 2500 WPS, erreicht werden. Bild 8 zeigt zwei Indikatordiagramme der Maschinen des Motorschiffes «Preussen» bei Höchstlast, die anlässlich einer Versuchsfahrt aufgenommen wurden. Als mittlerer indizierter Druck ergab sich 11 bis 11,14 kg/cm². Der effektive Mitteldruck belief sich dabei auf 9,45 bis 9,55 kg/cm², was einer Leistungssteigerung von rd. 90 % über der Normallast der aus der Atmosphäre ansaugenden Motoren entsprach. Die Gastemperatur vor der Turbine stellte sich dabei auf 550 bis 565 ° C.

Mit diesen, vom ersten Anhieb an erfolgreichen Ausführungen wurde für die weitere Anwendung dieses Verfahrens das Eis mit einem Schlag gebrochen. Sie müssen deshalb als bedeutsame Marksteine in dieser Entwicklung angesehen werden.



St. B. Motor:
Zyl. Nr. 6
p_{mi} = 11,0 kg/cm²
p_{me} = 9,45 kg/cm²
Zünddruck = 47 kg/cm²
Temperatur vor Turbine = 550° C

B. B. Motor:
Zyl. Nr. 3
p_{mi} = 11,14 kg/cm²
p_{me} = 9,55 kg/cm²
Zünddruck = 43,2 kg/cm²
Temperatur vor Turbine = 565° C

Bild 8. Indikatordiagramme, aufgenommen an den Antriebs-Dieselmotoren mit Abgasturboaufladung des Doppelschrauben-Motorschiffes «Preussen». Erste praktische Anwendung des Büchi-Auflade-Systems. Zwei Zehnzylindermotoren Vulcan-MAN von 535 mm Bohrung, 600 mm Hub und 320 U/min

8. Die Einführung des Verfahrens mit schwankenden Abgasdrücken

Auf weitere Verbesserungen bedacht und um auch die Anwendung bei mittleren und kleineren Brennkraftmaschinen durchzusetzen, bei welchen nicht so gute Turbinen- und Gebläsewirkungsgrade wie bei grösseren Maschinen zu erzielen waren, kam es zum Verlassen der bisher von den Turbinenfachleuten stur beibehaltenen Konzeption eines möglichst konstanten Abgasdruckes vor der Turbine. Der Schreibende sagte sich 1925 von dieser in bezug auf Aufladewirkung irreführende Hypothese los. Er wählte die Abmessungen und das Volumen der Abgasleitung zwischen der Brennkraftmaschine und der Abgasturbine sowie den Eintrittsquerschnitt in diese Turbine derart klein und steuerte den Auslass der Verbrennungszylinder so, dass der Druck der Abgase vor der Turbine während des ersten Zeitabschnittes des Auspuffens rasch

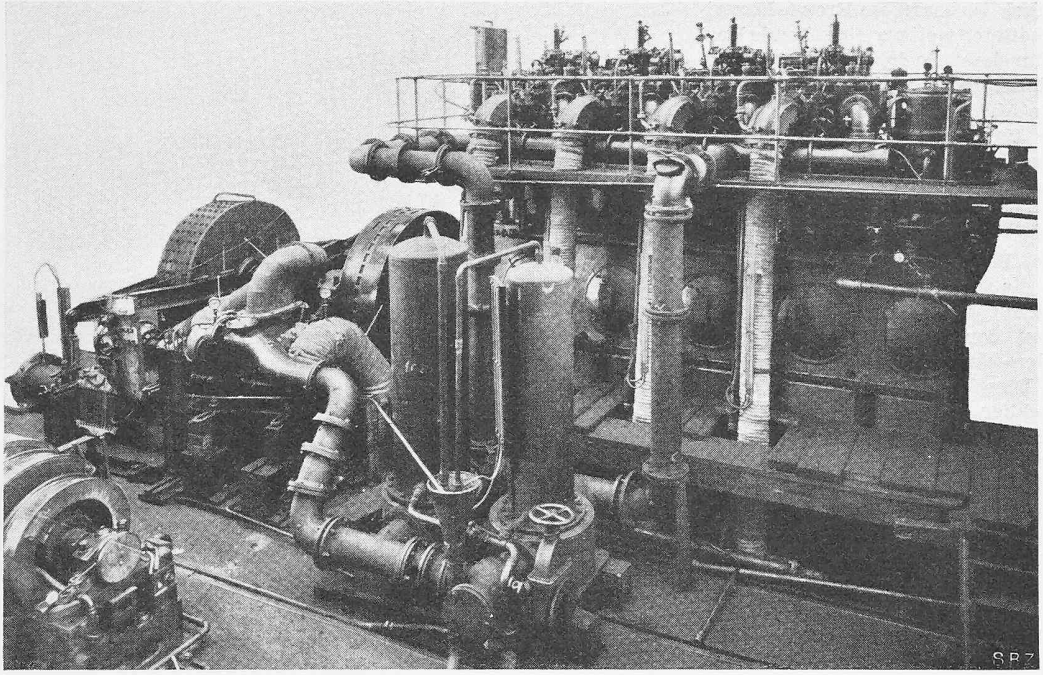


Bild 9. Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotor von 750 PS auf dem Versuchsstand in der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur. Erste Ausführung mit Druckschwankungen vor der Abgasturbine und Spülung der Motorzylinder.

über den Ladedruck anstieg und gegen Ende der Auspuffperiode weit unter diesen Druck fiel. Damit erreichte er zu Beginn des Auspuffens eine Hochhaltung des Druckes und damit eine grössere Energieabgabe an die Turbine, während sich der Druck anschliessend nahe oder auf die Atmosphäre absenkte und die Zylinder am Ende der Auslassperiode weitgehend von den Auspuffgasen entleert wurden. Dies ermöglichte zugleich auch ein zusätzliches Durchströmen von relativ kalter Ladeluft, also eine Spülung durch die Zylinder hindurch in die Turbine. Die Abgasreste konnten so aus den Zylindern vollkommen entfernt und die heissen Oberflächen von Zylinder, Zylinderdeckel, Ventilen und Kolben noch zusätzlich stark gekühlt werden. Dadurch sollte die Temperatur der Ladung weniger erhöht und deshalb mehr Luftgewicht in die Brennkraftzylinder aufgenommen werden können, was anderseits, trotz gleichbleibender Wärmebeanspruchung der Maschine, eine grössere Brennstoffzufuhr erlaubte und eine weitere Leistungssteigerung ermöglichte.

Dies sind die hauptsächlichsten Kennzeichen des noch heute namentlich bei Diesel- und Gasmaschinen fast ausschliesslich verwendeten Büchi-Abgasturboaufladeverfahrens. Die massgebenden Patente (DRP 568 855 und USA-Patent 1 895 538 usw.) enthalten noch weitere Verbesserungsvorschläge, wie z. B. die besondere Einstellung der Steuerung der Zylinder, mehrere, zwecks wesentlicher Erhöhung der Spülwirkung voneinander unabhängige Abgasleitungen, in welche je nur eine Gruppe der Brennkraftzylinder einer Maschine durch mehrere Turbinensektoren bzw. Turbinen hindurch getrennt auspuffen usw.

9. Die Versuchsanlage der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur

Der erste nach diesem verbesserten Verfahren arbeitende Dieselmotor wurde von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur gebaut. Mit ihm erreichte man bei Normallast eine Leistung von 750 PSe, d. h. eine Leistungssteigerung von 50 %, bei Ueberlastbetrieb von 100 %, gegenüber der Normalleistung eines gewöhnlichen Dieselmotors gleicher Zylinderabmessungen. Spülluftüberschüsse von rd. 30 % konnten schon damals durch die Zylinder durchgeblasen werden, was eine entsprechende zusätzliche Leistungssteigerung gestattete. Die Wärmebeanspruchung blieb trotz der erheblichen Mehrleistung innerhalb der bei gewöhnlichen Dieselmotoren gleicher Leistung gemessenen Werte. Bild 9 zeigt die Versuchsanlage. Es handelte sich um einen Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotor von 460 mm Zylinderdurchmesser, 510 mm Hub und einer Drehzahl von 250 U/min. Das Abgasturbogebläse stellte die Firma Brown Boveri & Cie., Baden, zur Verfügung; es war auf Maschinenbodenhöhe aufgestellt. Die Abgasturbine erhielt bei voller Beaufschlagung die Abgase der Maschine durch vier Leitungen, die untereinander verbunden waren. Bei dieser Maschine war also noch keine getrennte Schaltung der Abgasleitungen mit getrennten Eintrittssektoren an der Turbine vorgesehen, weil sie bei einem Vierzylindermotor nicht absolut notwendig war.

Damit sich die auspuffenden Gase der vier Zylinder während der Spülperiode in anderen Zylindern nicht schädlich bemerkbar machen konnten, wurde die Steuerung der Aus- und Einlassventile entsprechend eingestellt. Wie im Vordergrund von Bild 9 ersichtlich, durchströmte die Aufladeluft nach dem Gebläse zuerst zwei Kühler und gelangte erst dann zum Dieselmotor. Bei den Versuchen liess sich nun aber durch Druck- und Strömungsmessungen nachweisen, dass das Abgasturbogebläse einen sehr niedrigen Wirkungsgrad aufwies. Brown Boveri & Cie. schrieb dies vorerst den grossen Druckschwankungen vor der Abgasturbine zu, was sich aber später durch einschlägige Versuche mit solchen Druckschwankungen an einer Dampfturbine nicht bestätigen liess. Die Schaufelung der Turbine war vielmehr noch nicht strömungsgünstig genug ausgeführt worden. Alle im Laufrad einer solchen Turbine nicht ausgenützte Energie geht unrettbar verloren — im Gegensatz zu vielstufigen Dampf- und Gasturbinen, wo eine gewisse Rekuperation der Verluste des ersten Laufrades in den folgenden Stufen eintritt. Brown Boveri sagte für spätere Ausführungen einen besseren Wirkungsgrad ihrer Abgasturbo-Aufladeaggregate zu. Im Glauben an diese Möglichkeit wurde deshalb bei diesem Versuchsmotor zur Erzielung der unter diesen Umständen in Aussicht stehenden Aufladeleistung vorläufig ein Kunstgriff angewandt. Dieser bestand darin, dass man das Abgasturbogebläse zusätzlich mit einem elektrischen Motor antrieb, der zum sicheren Erreichen der Leistung von 750 PSe noch zusätzlich 14 PS an die Abgasturbinenwelle abgeben musste. Dieser Kunstgriff konnte später dank der höheren Wirkungsgrade der verbesserten Brown-Boveri-Abgasturbogebläse wieder fallen gelassen werden.

10. Die Weiterentwicklung unter der Leitung des Büchi-Syndikats

Zur Weiterentwicklung der Büchi-Abgasturboaufladung auf breiter Basis wurde Ende 1926 das Büchi-Syndikat gegründet, bei welchem ausser dem Verfasser die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, als Motoren-Hersteller, und die AG. Brown, Boveri & Cie., Baden, als Abgasturbogebläsebauer, Partner waren. Nachdem mein Freund und ehemaliger Studienkollege, Dr. h. c. Adolf Meyer, seither die Leitung der Turbinenfabrik von Brown Boveri übernommen hatte, war dort ein vollkommener Umschwung in den Ansichten bezüglich der Abgasturboaufladung von Brennkraftmaschinen eingetreten. Brown Boveri hat nun mit grosser Energie die Entwicklung und den Bau solcher Aggregate aufgenommen und Gebläse ähnlicher Art ebenfalls bei ihrem Velox-Dampfkessel und bei Abgasverwertungsanlagen für chemische Prozesse eingeführt. Die Firma hat in der Folgezeit auf dem Gebiet der durch Gasturbinen angetriebenen Gebläse grundlegende Erfahrungen gesammelt und sich grosse Verdienste erworben.

Prof. Dr. A. Stodola machte an einem mit Kreuzkopf ausgerüsteten Dieselmotor der Schweiz. Lokomotivfabrik

von 1275 PSe, der mit einem stark verbesserten Brown-Boveri-Abgasturbolader zusammenarbeitete, weitere eingehende Versuche [1]). Die Abgasturbine für diese Sechszylindermaschine hatte zwei getrennte Eintrittskammern und Düsensektoren, in welche durch zwei getrennte Abgasleitungen je drei Brennkraftzylinder auspufften. Die Versuche bestätigten die für die Abgasturboaufladung prophezeiten Ergebnisse vollauf. Eine ganze Reihe von Firmen nahm nun ein grösseres Interesse an der Abgasturboaufladung ihrer Motoren. Klöckner-Humboldt-Deutz AG. war die erste deutsche, Tosi S.A., Legnano, die erste italienische, Werkspoor NV., Amsterdam, die erste holländische Firma, die einen langjährigen Lizenzvertrag mit dem Büchi-Syndikat abschlossen. Das Motorschiff «Raby Castle», das von der North Eastern Marine Engineering Co. gebaut worden war, erhielt die erste nach dem neuen System arbeitende Dieselmaschinenanlage für seegehende Schiffe. Sofort nachher rüsteten auch Harland & Wolff, Ltd., Belfast, und ihr Unterlizenznehmer, John G. Kincaid & Co., Ltd., Greenock, und Scotts' Shipbuilding & Engineering Co. Ltd., gleichenorts, viele grosse Fracht- und Passagierschiffe mit Dieselmotoren mit der immer weiter entwickelten und verfeinerten Abgasturboaufladung des Verfassers aus. Harland & Wolff hat bisher die meisten und grössten Meerschiffe mit dieser Antriebsart gebaut. Ruston & Hornsby Ltd., Lincoln, war (1928) die erste englische Firma, die ortfeste Dieselmotoren mit Abgasturboaufladung baute; ihr folgte als zweite Firma dieser Art (1929) ihr heutiger Partner Davey, Paxman & Co. Ltd., Colchester.

1929 wurde die erste Unterseebootmaschine der Welt (Lizenz MAN) bei der Firma Georg Fischer AG., Schaffhausen, mit Abgasturboaufladung ausgerüstet. Sie wurde an die russische Kriegsmarine geliefert, die anscheinlich in der Folge zu einer bedeutenden Anwendung dieser Dieselmotor-Antriebsart überging, über welche aber leider die Uebersicht aus Geheimhaltungsgründen ganz verloren ging. Von 1933 an folgte unter Mitwirkung der Büchi-Syndikats die Einführung der Abgasturboaufladung bei den sehr schnell (1400 U/min) laufenden Maybach-Dieselmotoren für die Schienen-Triebwagen der schnellen deutschen Triebwagenzüge. Mit einem dieser Triebwagenzüge wurde bekanntlich der Weltrekord an Geschwindigkeit von 215 km/h für Schienenfahrzeuge geschlagen (Bild 10). Auch die Motorenfabrik Deutz verwendete diese Antriebsart bereits frühzeitig für Triebwagen, ebenso die Saurer AG., Arbon.

Der für die Anwendung auf Lokomotiven und Triebwagen speziell vorgesehene Partner des Büchi-Syndikats konnte damals leider noch keinen Glauben an die grosse Zukunft der Dieseltraktion aufbringen. Das Syndikat war deshalb gezwungen, sich an den die Anwendung auf Lokomotiven fördernden Versuchen anderer, diesbezüglich interessierter Motoren-Firmen, wie MAN, Frichs usw., technisch und finanziell zu beteiligen, um auch auf diesem, heute einem der wichtigsten Anwendungsgebiete vorwärtszukommen. Dieses Vorgehen hat sich bei der Viertaktmotoren-Traktion wegen der scharfen Konkurrenz durch den Zweitaktmotor insbesondere im Lokomotivbau und auch im Bau schnellgehender Schiffe und Unterseeboote sogar ganz imperativ aufgedrängt [2]). Es erfolgten auch bald, ebenfalls unter technischer Mitwirkung des Büchi-Syndikats, die ersten Anwendungen für Strassenfahrzeugmotoren (Saurer, Dennis, Leyland), dann diejenigen mit Vorkammer- und Ricardo-Motoren (MWM, Simmering, Mirrlees usw.). Nach Experimentieren mit einem Konkurrenz-Auflade-Verfahren überzeugte sich (1936) auch die Firma Gebrüder Sulzer, Winterthur, durch vergleichende Versuche von der Ueberlegenheit der Abgasturboaufladung. Sie schritt in der Folge energisch zur Anwendung dieses Verfahrens, besonders bei Lokomotiv- und Triebwagenmotoren. Aber auch ortfeste und vereinzelte Schiffs-Viertakt-Motoren wurden bei Sulzer mit Büchi-Aufladung ausgerüstet. Die Firma baut seither Abgasturbogebläse eigener Konstruktion.

[1]) Ausführlicher Bericht in «Z. VDI» vom 31. März 1928.

[2]) Vgl. W. Pflaum in «Z. VDI» 1936, Berichtheft 74, Hauptversammlung, S. 252.

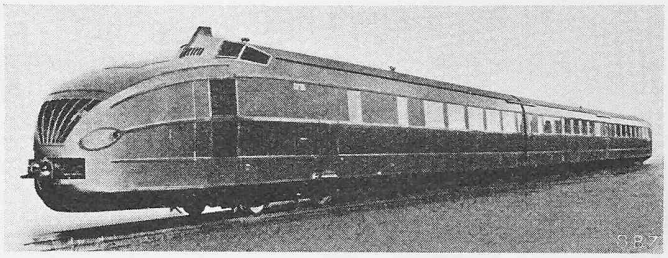


Bild 10. Schnelltriebwagenzug der Deutschen Reichsbahn, angetrieben durch zwei Maybach-Dieselmotoren mit Abgasturboaufladung. 2 × 12 Zylinder, 160 mm Bohrung, 200 mm Hub, N_e = 600 PS bei 1400 U/min.

11. Die Einführung des Aufladeverfahrens in den USA

Die Motorenindustrie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hielt sich auffallenderweise in der Aufnahme der Abgasturboaufladung lange zurück. Ab 1936 wurde mit einigen schüchternen Versuchs-Anwendungen begonnen (Cooper-Bessemer Corp. und American Locomotive Co. [Alco]). Als dann im Jahre 1940 die Alco und Elliott die Herstellung von Abgasturbogebläsen im eigenen Land nach Lizenz und Konstruktion Büchi aufnahmen, setzte hingegen eine rasche Einführung dieser Kraftmaschinenart ein. In den Jahren von 1940 bis 1945 wurden allein schon gleich viel solcher Motoren samt ihren Abgasturbogebläsen hergestellt wie in allen übrigen Ländern der ganzen Welt seit Anbeginn zusammen. Ab 1945 setzte eine für europäische Begriffe noch weitergehende Herstellung solcher Maschinen ein, die ein Vielfaches derjenigen in der ganzen übrigen Welt ausmachte. Bezüglich Anwendungsgebiete verdient hervorgehoben zu werden, dass namentlich auf dem Traktionsgebiet, was speziell die grossen Lokomotiven anbelangt, eine für unsere Verhältnisse fast unvorstellbare Anwendung zum Durchbruch gekommen ist. Man muss heute feststellen, dass die Dieseltraktion in den USA zurzeit das Feld vollkommen beherrscht, und bei den mit Viertakt-Dieselmotoren angetriebenen Lokomotiven wird praktisch überall die Büchi-Abgasturboaufladung angewandt, und zwar sowohl für den Fracht- wie Personenverkehr als auch für den Verschiebedienst (Alco, Baldwin, Cooper-Bessemer, National-Supply, Sterling usw.). Die Fabrikation von Dampflokomotiven und auch der an sich nur sehr beschränkt angewandten elektrischen Lokomotiven ist in den USA praktisch vollkommen zum Stillstand gekommen.

Nach Ansicht des Verfassers hätte man in der Schweiz neben der elektrischen Traktion für den normalen Zugförderungsdienst Diesellokomotiven für den Verschiebedienst auf den Stationen und als Reserve einführen sollen, die namentlich auch in Zeiten hoher Netzbelastung und im Falle von

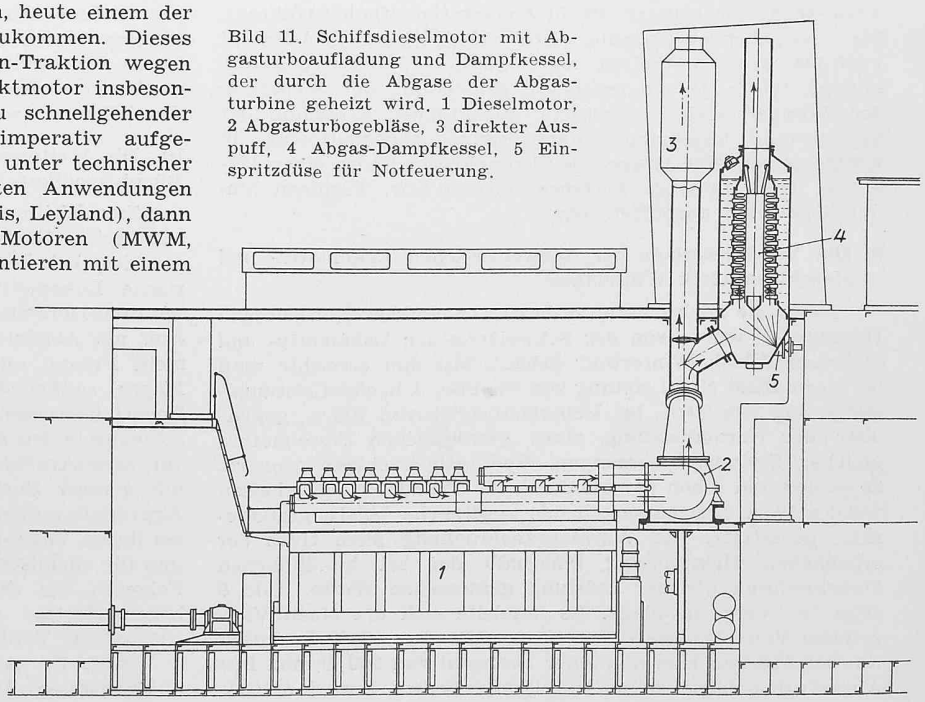


Bild 11. Schiffsdieselmotor mit Abgasturboaufladung und Dampfkessel, der durch die Abgase der Abgasturbine geheizt wird. 1 Dieselmotor, 2 Abgasturbogebläse, 3 direkter Auspuff, 4 Abgas-Dampfkessel, 5 Einspritzdüse für Notfeuerung.

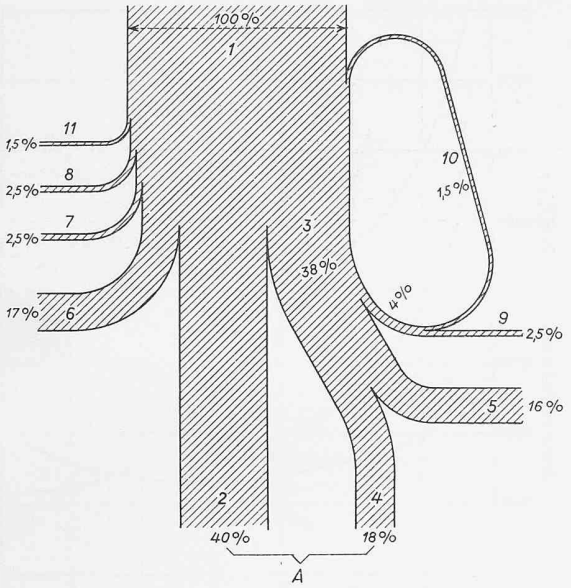


Bild 12. Wärmebilanz für einen Dieselmotor mit Abgasturboaufladung und Abwärmedampferzeuger

1 mit dem Brennstoff eingeführte Wärme
2 der effektiven Nutzleistung des Motors entsprechende Wärme
3 Abgasenergie nach dem Motor
4 im Abwärmedampferzeuger an Dampf abgegebene Nutzwärme
5 im Abwärmedampferzeuger nicht ausgenützte Abgaswärme
6 im Kühlwasser abgeführte Wärme (Motor und Abgasturbine)
7 im Kühlmittel für die Kolben abgeführte Wärme
8 durch Kühlung des Schmieröls entzogene Wärme
9 mechanische Verluste und Wärmeverluste im Abgasturbolader
10 mit der Ladeluft in den Motor zurückgeführte Energie
11 durch Strahlung verlorene Wärme

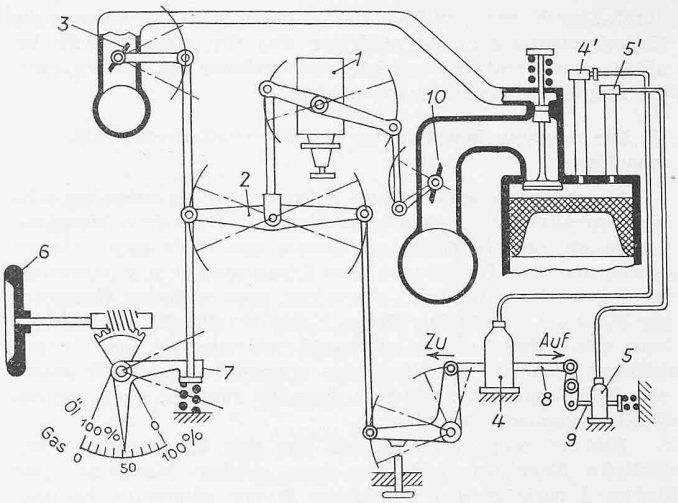


Bild 13. Regulierschema eines Worthington-Zweistoff-Gasmotors (Dual-Fuel Engine) mit Abgasturboaufladung

1 Regler
2 Pendelarm
3 Gaszufuhrklappe
4 Haupt-Brennöl-Einspritzpumpe für Dieselbetrieb
4' Haupt-Brennöl-Einspritzventil
5 Zündöleinspritzpumpe
5' Zündöleinspritzventil (Pilot Injection)
6 Handrad zur Einstellung des Brennstoffverhältnisses Brennöl (Zündöl) : Gas
7 Regulierhebel zur Begrenzung der Gasförderung und Einstellung der Brennöleinspritzpumpen
8 Haupt-Brennöl-Regulierstange
9 Zündöl-Regulierstange
10 Luftzufuhrklappe

Störungen in der Versorgung der Triebfahrzeuge mit elektrischer Energie hätten eingesetzt werden können. Die Diesellokomotiven eignen sich für den Verschiebedienst besonders gut, was namentlich durch die Erfahrungen in den USA bestätigt wird. Sie sind unabhängig von Kraftwerken, Uebertragungsleitungen, Fahrdrahtnetzen und all den komplizierten Einrichtungen, die dazu gehören. Sie sind in wenigen Minuten betriebsbereit und sehr sparsam im Brennstoffverbrauch, im Gegensatz zu den Dampflokomotiven, die auch in der Schweiz als Reserve immer noch beibehalten werden müssen.

Die Amerikaner haben als erste (Worthington Pump & Machinery Corp.) die Abgasturboaufladung bei Gasmaschinen, die mit Zündöl arbeiten (Dual-Fuel-Maschinen), aufgenommen. Es verdient auch erwähnt zu werden, dass die Alco die erste war (1943—44), die zur Aufladung mit höheren Drücken überging und seither entsprechende Lokomotivmotoren in sehr grossen Serien herstellt. Die Leistungssteigerung dieser Maschinen beträgt rd. 110 % gegenüber gewöhnlichen Motoren. Die mit Plungerkolben arbeitenden Motoren sind für einen Konstruktionsdruck von 120 kg/cm² gebaut. Solche und ähnliche Motoren arbeiteten auf Lokomotiven bisher meist ohne Kühlung der Aufladeluft.

12. Die Abgaswärmeverwertung bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen

Ueberall wo ausser motorischer Kraft auch Wärme benötigt wird, lässt sich die in den heissen Auspuffgasen enthaltene Wärme in geeigneten Wärmeaustauschern ausnützen. Bild 11 zeigt hierfür ein Beispiel: Die Abgase des mit Aufladung arbeitenden Schiffsdieselmotors durchströmen nach der Turbine einen Dampfkessel, in dem der für die verschiedensten Zwecke an Bord benötigte Betriebsdampf erzeugt wird. Erfahrungsgemäss genügt die während der Fahrt verfügbare Abgaswärme der Hauptmotoren zur vollen Deckung des Wärmebedarfes. Bei Stillegung der Motoren im Hafen müssen die Kessel mit Brennstoff gefeuert werden, wofür billiges Heizöl genügt, das in Düsen zerstäubt wird.

Bild 12 gibt eine Uebersicht über die Verwendung der bei einer solchen Anlage mit dem Brennstoff total eingeführten Wärmeenergie. Nach dem gewählten Beispiel werden 40 % Brennstoffwärme in Form effektiver Nutzleistung an die Welle abgegeben und 18 % in Form von im Abwärmekessel erzeugtem Dampf. Weiter ist die Kühlwasserwärme von Motor, Abgasturbine, Kolben und Oelkühler (17 % + 2,5 % + 2,5 % = 22 %), sowie die im Dieselmotor als Druckenergie wieder verwertete Ladeluftenergie ausnützbar. Die Kühlwasserwärme steht allerdings nur bei niedriger Temperatur zur Verfügung. Sie eignet sich zum Heizen, zur Warmwasserbereitung, zur Herstellung von Süsswasser

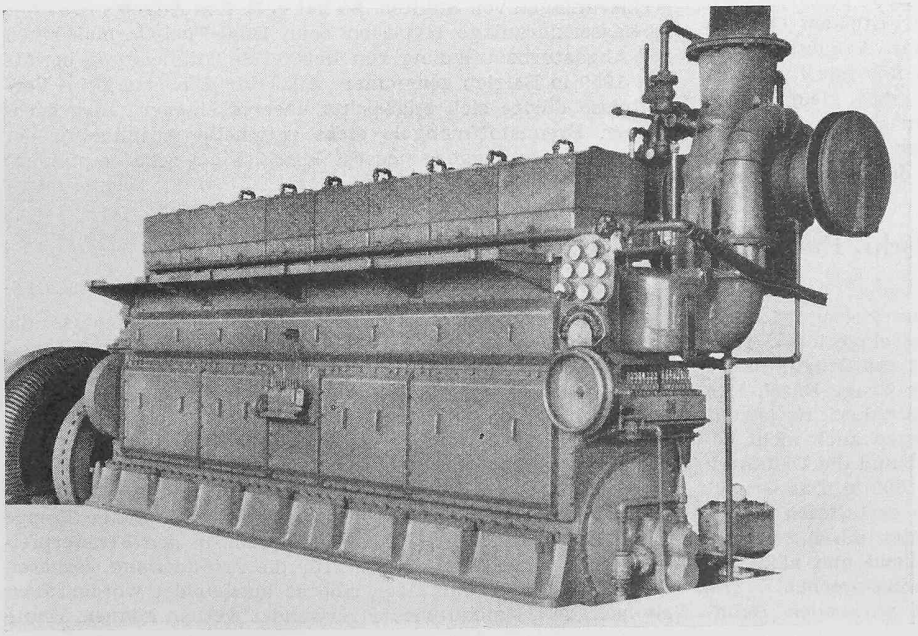


Bild 14. 1800 PSe-Zündöl-Gasmotor mit Abgasturboaufladung der Worthington Pump & Machinery Corp., Buffalo. 8 Zylinder, 406,4 mm Zylinderbohrung, 508 mm Kolbenhub, 1800 PSe bei 360 U/min.

durch Destillation von Meerwasser sowie zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers. Je niedriger das für diese Zwecke benötigte Temperaturniveau ist, desto grösser ist naturgemäss die mögliche Abwärmeverwertung.

13. Die Abgasturboaufladung bei Zweistoff-Brennkraftmaschinen

Wie bereits oben erwähnt, haben vor allem amerikanische Motorenbauer Brennkraftmaschinen (Dual-Fuel-Motoren) entwickelt, die als Triebstoff sowohl Gas nach dem Ottoverfahren als auch Rohöl nach dem Dieselverfahren verarbeiten. Im ersten Fall wird im Unterschied zum üblichen Gasmotor zur Zündung eine kleine Menge Rohöl als Zündöl eingespritzt. Man wählt das Verdichtungsverhältnis wie bei den Dieselmotoren so hoch, dass sich das eingespritzte Zündöl sofort von selbst entzündet und sich dann die Flamme auch auf das Gas-Luftgemisch überträgt.

Bild 13 zeigt schematisch die von Worthington entwickelte Reguliervorrichtung einer solchen Maschine. Der Regler 1 betätigt den Pendelarm 2, der einerseits die Gaszufuhr 3 und anderseits die Förderung der Brennöl-Einspritzpumpen 4 und 5 beeinflusst. 4 ist die Hauptpumpe, die für den reinen Dieselmotorbetrieb eingeschaltet wird, und 5 die Zündölpumpe für den Gasbetrieb. Die Pumpen 4 und 5 pressen hier ihren Brennstoff in je ein besonderes in den Brennkraftzylinder mündendes Einspritzventil 4′ bzw. 5′. 6 ist das Handrad zur Einstellung auf reinen Brennöl- bzw. veränderlichen Zündöl-Gasbetrieb. Die Einstellung des Handrades 6 überträgt sich über den Hebel 7 auf die Gaszufuhr 3 und über die Regulierstangen 8 und 9 auf die beiden Brennöl-Einspritzpumpen 4 und 5. Die Einstellung der Luftzufuhr 10 erfolgt direkt vom Regler 1 aus. Die Regelvorrichtung für die Luftzufuhr wird beim aufgeladenen Motor in die Saugleitung des Ladegebläses eingebaut.

Bild 14 zeigt einen Dual-Fuel-Motor der Firma Worthington Pump & Machinery Corporation, Buffalo, für eine Leistung von 1800 PSe bei 360 U/min. Die Maschine weist acht Brennkraftzylinder auf. Auf dem Bild ist in der Mitte die kleine Zündölpumpe ersichtlich und oberhalb der Plattform geht die Gasleitung durch. Das verwendete Naturgas weist einen hohen Heizwert auf und wird unter höherem Druck angeliefert, so dass die Gasleitung mit kleinem Durchmesser ausgeführt werden kann. Rechts vorn befindet sich das Handrad zur Einstellung des Verhältnisses der Zündöl- zur Gasmenge. Sehr schön sieht man auch den kompakten Anbau des Elliott-Büchi-Abgasturbogebläses am Motor.

Bild 15 gibt einen Vergleich des Brennstoffwärmebedarfes in kcal/PSeh für verschiedenartig arbeitende Gas- und Dieselmotoren. Bei den gestrichelten Kurven links stellt Kurve 1 diesen Bedarf beim gewöhnlichen Gasmotor (Otto-Verfahren mit elektrischer Zündung) dar; Kurve 2 für den Gasmotor mit Zündöl-Zündung (Dual-Fuel) und Kurve 3 für den nur mit flüssigem Brennstoff arbeitenden Dieselmotor. Alle drei Kurven gelten für einen Betrieb ohne Aufladung. Bei den ausgezogenen Linien stellt hingegen Kurve 4 den Wärmeverbrauch bei einer mit Zündöl arbeitenden Gasmaschine (Dual-Fuel) mit relativ schwacher Abgasturboaufladung und Kurve 5 den Verbrauch eines nur mit flüssigem Brennstoff betriebenen Dieselmotors mit der gleich starken Aufladung dar. Alle Verbrauchskurven sind in Funktion des mittleren effektiven Kolbendruckes der Maschine aufgetragen. Man erkennt deutlich, dass durch die Einführung der

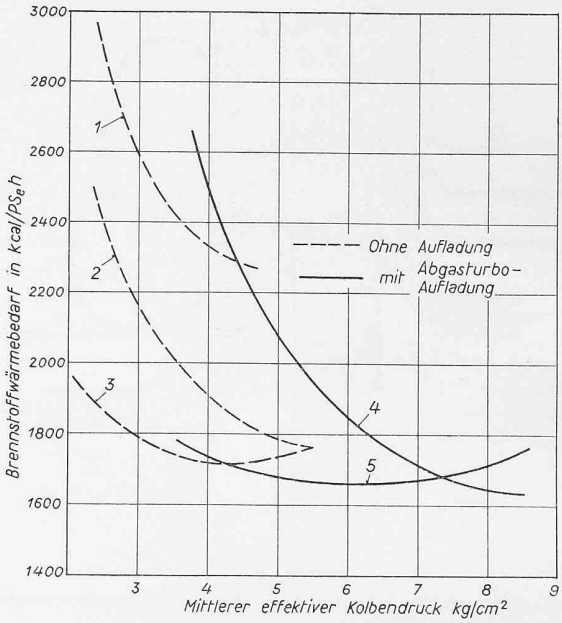


Bild 15. Brennstoffwärmebedarf verschiedenartig arbeitender Gas- und Dieselmotoren

1 Otto-Motor mit elektrischer Zündung und reinem Gasbetrieb
2 gewöhnlicher Zündölgasmotor (Dual-Fuel)
3 gewöhnlicher Dieselmotor
4 Zündölgasmotor mit Abgasturboaufladung (Dual-Fuel)
5 Dieselmotor mit Abgasturboaufladung

höheren Verdichtung und der automatischen Zündölzündung auch bei Gasmaschinen der Brennstoffverbrauch bei allen Belastungen stark herabgesetzt und auch die Höchstleistung etwas gesteigert wird. Wenn nun die mit Zündöl arbeitende Gasmaschine mit Abgasturboaufladung ausgerüstet wird, so steigen der zulässige mittlere effektive Kolbendruck und damit die Leistung der Maschine sehr stark, im gegebenen Beispiel über 50 %, und der Brennstoffverbrauch nimmt minimale Werte an. Man stellt also ein gleiches Verhalten wie beim abgasturboaufgeladenen Dieselmotor fest. Bei zunehmender Gaszufuhr und damit steigendem Kolbendruck bereitet die Brennstoffluftmischung bei der Zündöl-Gasmaschine weniger Schwierigkeiten als bei Dieselmotoren, wo der flüssige Brennstoff sehr fein in der Brennluft verteilt werden muss, um eine vollkommene Verbrennung zu erhalten.

Zweistoff-Gasmotoren werden hauptsächlich in der Nähe von Naturgasquellen oder in Gebieten aufgestellt, die mit Naturgas versorgt werden. Sie sind meistens so gebaut, dass sie bei Versiegen der Gaslieferung ohne weiteres als Dieselmotoren mit flüssigem Brennstoff betrieben werden können. Ein immer bedeutender werdendes Anwendungsgebiet erschliesst sich auch für solche Gasmaschinen bei den Abwasserkläranlagen von Städten. So hat z. B. Los Angeles in seiner Abwasserkläranlage Hyperion neun Dual-Fuel-Gasmaschinen mit Abgasturboaufladung von 15 000 PSe Totalleistung bereits seit 1950 in Betrieb genommen. Auch für schweizerische Verhältnisse dürfte sich angesichts unseres eigenen, ausgesprochenen Brennstoffmangels diese rationelle Ausnützung der wertvollen Methangase unserer Kläranlagen sehr empfehlen!

Schluss folgt

Fabrikneubau der Firma K. Rütschi, Pumpenbau Brugg

Architekt CARL FROELICH, Brugg

DK 725.4:621.67 (494.221.6)

Der schmucke Fabrikbau, der für eine vielseitige Pumpenfabrikation eines jungen Unternehmens eingerichtet worden ist, liegt im westlichen Gemeindegebiet von Brugg, an der Stadtseite des Bahndammes der Bahnlinie Brugg-Basel. Das Fabrikgelände hat keinen direkten Bahnanschluss. Er ist der verhältnismässig kleinen Gütermengen wegen auch nicht erforderlich. Die Strassenanschlüsse sind gut und die Distanzen zum Stadtkern und Bahnhof betragen rd. 1000 m. Das Grundstück, das in einem nicht gerade erfreulich gestalteten Wohngebiet der Gemeinde liegt, ist von drei Seiten durch Strassen erschlossen; diese sind nur z. T. durchgehend und nicht als ausgesprochen günstige Wohnstrassen anzusprechen. Die Nähe des hohen und etwas bedrückend wirkenden Bahndammes wird wohl auch dazu beigetragen haben, dass die Parzelle frei blieb.

Der Bau, der später vielleicht erweitert werden muss, ist in die nordwestliche Ecke der Parzelle gestellt. Er gliedert sich in drei klare Baukörper, nämlich in das Bürogebäude, den Werkstatt- und Magazinbau und das Prüfstand- und Speditionsgebäude.

Das Bürogebäude soll später durch Aufstockung erweitert werden können. Der Ansatz für die zukünftige Treppe ist in der Eingangshalle vorhanden. Die in den Fensterpfeilern geführten Leitungen sind für die Aufstockung vorbereitet. Hauptgesims und Dach sind so ausgebildet worden, dass sie nach dem Umbau wieder verwendet werden können. Heute