

# Untersuchungen an der Auspuffanlage eines 55-PS-Lanz-Straßenschleppers

Von Dr.-Ing. habil. U. Schmidt

[Bericht der Versuchsanstalt und Amtlichen Prüfstelle für Kraftfahrzeuge an der Technischen Hochschule Berlin]

Auf Wunsch der Firma Heinrich Lanz A.-G., Mannheim, wurden im Mannheimer Werk Versuche an dem Auspuffsystem eines 55-PS-Lanz-Straßenschleppers vorgenommen. Die Versuche hatten die Aufgabe, festzustellen, ob das von der Firma Lanz entwickelte und zur Zeit benutzte Auspuffsystem den neuzeitlichen Erkenntnissen, welche auf diesem Gebiete bei der Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge gewonnen worden sind, entspricht, oder ob in leistungsmäßiger oder dämpfungstechnischer Hinsicht Fortschritte erzielbar seien.

Die Aufgaben, welche an den Konstrukteur eines Schalldämpfers für die untersuchte Maschine gestellt werden, sind im vorliegenden Fall ganz besonders schwierig. Der Motor ist ein Einzylinder-Zweitaktmotor, welcher nach dem von der Firma Lanz benutzten Glühkopferfahren mit Rohölein-spritzung arbeitet. Die Bohrung des Zylinders beträgt 225 mm, der Hub 260 mm, so daß sich daraus ein Hubraum von 10338 cm<sup>3</sup> ergibt. Die bei jeder Öffnung der Auslaßschlitze freiwerdende außerordentlich große Gasmenge wird über einen Schalldämpfer ins Freie geleitet. Der Auslaß öffnet etwa 68° vor u. T. und schließt 72° nach u. T. Die Motordrehzahl wird durch einen Regler auf 750 U/min gehalten. Die Höchstleistung beträgt hierbei 55 PS.

Der Schalldämpfer liegt in Längsrichtung unter der Maschine. Der Raum für seine Unterbringung ist außerordentlich beschränkt, da die Länge des Schleppers verhältnismäßig gering ist und zur Wahrung der nötigen Bodenfreiheit keine Möglichkeit zur Unterbringung größerer Durchmesser besteht. Außerdem wird der verfügbare Platz durch den Hinterachstrichter ungefähr in der Mitte beträchtlich eingeschnürt. Die Außenansicht und die Baumaße des verwendeten und bei der Firma Lanz entwickelten Schalldämpfers zeigt Bild 1. Es

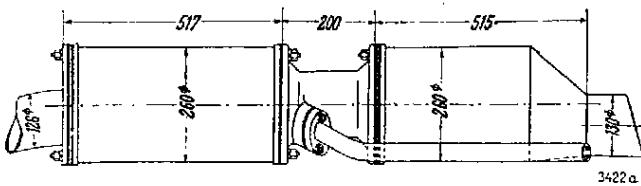


Bild 1. Normaler Schalldämpfer des 55-PS-Lanz-Straßenschleppers

ergibt sich, daß jeder der beiden Räume, in welche der Schalldämpfer durch die mittlere Einschnürung zerfällt, einen Rauminhalt von etwa 25 l hat. Dieser Rauminhalt beträgt demnach nur das ungefähr 2½fache des Hubvolumens; bei einer Abgastemperatur von ungefähr 400° C, welche am Eintritt in den Schalldämpfer herrscht, fällt dies ganz besonders ins Gewicht.

Bei der Erprobung des vorhandenen Schalldämpfers und den Versuchen, durch Änderung der Einbauten Einfluß auf Leistung oder Dämpfung zu gewinnen, mußte auf die Eigenart des Betriebes dieses Motors besondere Rücksicht genommen werden. Durch den eingebauten Drehzahlregler wird die Motordrehzahl unter allen Belastungen auf 750 U/min festgehalten. Die Regelung der Leistung geschieht nur durch Änderung der eingespritzten Brennstoffmenge; es findet also im ganzen Leistungsbereich eine reine Güteregelung statt. Diese Regelung bringt es mit sich, daß auch bei kleiner Motorlast eine verhältnismäßig große Gasmenge ausgespült wird. Zur Erzielung eines niedrigen Leerlaufes der Maschine ( $n_{\text{Leerlauf}} = 300$  U/min) wird durch Schließen einer Drosselklappe im Auspuffsystem ein Rückstauen der Abgase und damit eine Verringerung der Spülmenge erreicht. Diese Drosselklappe liegt in der Einschnürung zwischen den beiden Schalldämpferhälften, welche hierdurch nicht mehr für schalldämpfende Einbauten zur Verfügung steht. Für sämtliche Änderungsversuche mußte wegen der oben besprochenen Platzfrage die äußere Bauform des vorhandenen Schalldämpfers als gegebenes Höchstmaß der Abmessungen angesehen werden.

Die Versuche erstreckten sich auf die Ermittlung des Einflusses der vorhandenen Schalldämpferinbauten auf die

Motorleistung und den Brennstoffverbrauch. Da durch den Regler die Motordrehzahl konstant gehalten wurde, wurde in Abhängigkeit von der Belastung der spezifische Brennstoffverbrauch ermittelt. Sein Bestwert lag bei 65—75% Motorbelastung mit 227 g/PS h. Bei Motorvollast und niedriger Belastung ergab sich ein langsames Ansteigen des Brennstoffverbrauches.

Die bisherigen Einbauten zum Zwecke der Schalldämpfung bestanden aus je einem Siebkorb, der am Eingangsende der beiden Schalldämpferhälften eingebaut war. In diesen Siebkorb, welcher einen lichten Durchmesser von 140 mm bei einer Länge von 355 mm besitzt, treten die Abgase hinein und gelangen durch den gelochten Boden und die gelochten Seitenwände in den Schalldämpfermantel. Der Ausbau der Siebkörbe ergab im günstigsten Belastungsbereich keine Änderung des Brennstoffverbrauches.

Dem Einbau von Mitteln, welche auf Grund unserer akustischen Kenntnisse geeignet sind, eine weitgehende Dämpfung in einem großen Frequenzbereich zu erzielen, stellten sich wegen der gegebenen Baugrößen außerordentliche Schwierigkeiten in den Weg. Das Verhältnis des für die Fortführung der Abgase erforderlichen Rohrdurchmessers zum gegebenen Außerdurchmesser des Schalldämpfers ist außerordentlich ungünstig, d. h. es steht nur eine unwesentliche Querschnittserweiterung zur Verfügung. Ferner werden bei der niedrigen Motordrehzahl und den außerordentlich heftigen Impulsen, welche durch den Ausstoß des gesamten Hubvolumens von 10,4 l auftreten, auch die tiefen Frequenzen in einem besonderen Maße angeregt. Die Dämpfung dieser tiefen Teiltöne setzt jedoch das Vorhandensein entsprechender Längenabmessungen im Schalldämpfer voraus, eine Voraussetzung, welche sich wegen der Begrenzung der Baulänge ebenfalls nicht erfüllen läßt. Sämtliche Versuche, die Einbauten zu verändern, mußten infolgedessen Kompromißlösungen zwischen den akustischen Erkenntnissen und den praktischen Anforderungen der Dimensionierung bleiben.

Es wurde aus diesem Grunde bei der Untersuchung und Neuentwicklung von Einbauten darauf Wert gelegt, bei gleicher Leistung bzw. gleich günstigem Brennstoffverbrauch möglichst eine Verbesserung der Dämpfung zu erzielen, insbesondere aber die Gefahr der Verstopfung des Dämpfers durch Rußansatz an den querschnittverengten Stellen zu vermeiden. Die Gefahr des Rußansatzes ist durch die Betriebs-eigenart bei dem Einsatz der Straßen- und Ackerschlepper mit Drehzahlregelung besonders gegeben. Deshalb schreibt beispielsweise die Lieferfirma Lanz die wöchentliche Demontage und sorgfältige Reinigung des Auspuffdämpfers vor. Es wurde versucht, den Siebkorb durch einen zylindrischen Einsatzkörper ohne Bohrungen und mit geschlossenem Boden zu ersetzen. Durch Versuche wurde festgestellt, daß die günstigste Leistung und der beste Verbrauch dann erreicht wird, wenn dieser Einsatzkörper mit seiner geschlossenen Seite gegen die Eintrittöffnung des Schalldämpfers gerichtet wird und einen verhältnismäßig kleinen Abstand von dieser Eintrittöffnung aufweist. Die von der Maschine kommenden und aus dem Abgasrohr in den Schalldämpfer tretenden Gase verteilen sich über den Boden des Einsatzkörpers nach allen Seiten und gelangen durch den von dem Mantel des Einsatzkörpers und dem Schalldämpfermantel gebildeten Ringraum in die Hauptquerschnittserweiterung, von welcher aus sie über die Leerlaufdrossel in den zweiten Teil des Schalldämpfers geleitet werden. Hier kann die gleiche Bauart wie im ersten Teil des Dämpfers noch einmal wiederholt werden. Versuche wurden auch gemacht, im zweiten Teil des Schalldämpfers am Umfang des Mantels Absorptionsmaterial anzuordnen und die Wirkung dieses Materials durch eine große Oberfläche und Heranrührung der Abgase an diese Oberfläche durch einen in der Achse des zweiten Schalldämpfer-teiles angeordneten Verdrängerkörper zu erzielen. Die Wirkung war akustisch brauchbar, befriedigte jedoch leistungsmäßig nicht völlig.

Nach diesen Ermittlungen auf dem Prüfstand wurden

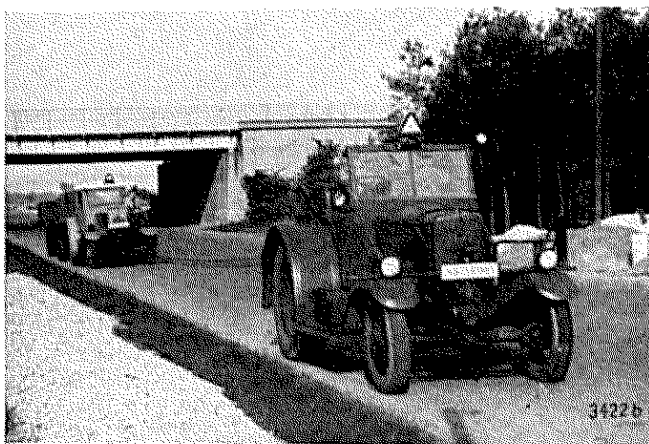


Bild 2. Versuchsschleppzug

Fahrversuche angestellt und die Lautstärke der Auspuffgeräusche bei Benutzung verschiedener Schalldämpfereinsbauten ermittelt. Wegen des eingebauten Drehzahlreglers wurde mit konstanter Geschwindigkeit gefahren und die Änderung der Belastung bei diesen Versuchen durch Anhängen eines zweiten Schleppers mit mehreren Anhängerfahrzeugen erzielt. Diese Belastungsfahrzeuge wurden mit der Zugmaschine durch ein 20 m langes Seil verbunden. Die Geräuschstärke, die vor den Belastungsfahrzeugen, also in 20 m Entfernung hinter der Zugmaschine, herrschte, wurde mittels Mikrophon und Geräuschmesser ermittelt (Bild 2 u. 3). (Der durch die Belastungsfahrzeuge an dieser Stelle erzeugte Störpegel lag wesentlich unterhalb der zu messenden Geräuschstärke.) Die Versuche ergaben in Abhängigkeit von der

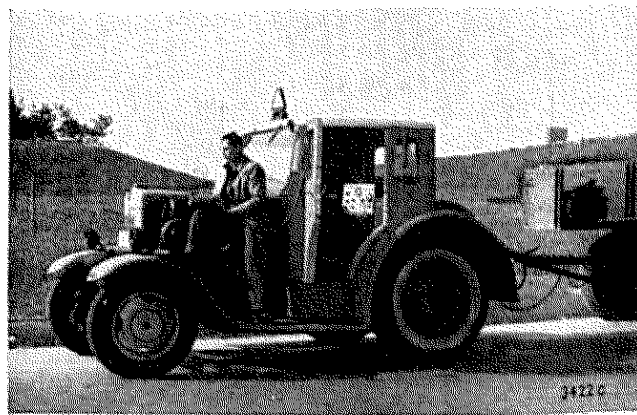


Bild 3. Geräuschmessung vom geschleppten Fahrzeug aus

Belastung bei Benutzung des neuentwickelten Filterdämpfers eine Verminderung der Lautstärke von 2 bis 4 Phon. 7 m seitlich der vorbeifahrenden Maschine wurde eine Verringerung von etwa 4 Phon gemessen.

Die Vergleichsversuche zwischen den bisher benutzten normalen Schalldämpfern und dem neuentwickelten Filterdämpfer haben gezeigt, daß die bisherige Ausführungsform des Auspuffschalldämpfers, welcher von der Firma Lanz entwickelt worden ist, in bezug auf Schalldämpfung und Brennstoffverbrauch bei den vorhandenen baulichen Abmessungen Resultate ergibt, die annähernd den Bestwert des Erreichbaren darstellen und durch Benutzung der modernen Erkenntnisse über Schalldämpfung nur noch unwesentlich verbesserungsfähig erscheint. [3422 a—c]

## Stahlrohr übertrifft Kupferrohr

In der deutschen Kraftfahrzeugindustrie wird seit etwa einem Jahr an Stelle von Kupferrohr ein neues Stahlrohr verwendet, das sich gegenüber dem bisher gebrauchten Kupferrohr durch einige bemerkenswerte Eigenschaften auszeichnet. Die Erfindung dieses Rohres, das nach seinem Erfinder, einem Amerikaner, *Bundy-Rohr* genannt wird, liegt allerdings schon geraume Zeit zurück. In USA. wurde die Fabrikation bereits 1931 aufgenommen und hat in den Zeiten des größten Absatzes, die erstaunliche Höhe von 10 Millionen Meter im Monat erreicht. Die Kraftfahrzeugindustrie verwendet es hauptsächlich für Brennstoff-, Bremsöl- und Schmierölleitungen. In USA. werden bereits 95% aller erzeugten Kraftwagen mit diesem Rohr ausgestattet.

In Deutschland hat die Firma *Mecano* die Bundy-Patente erworben und die Herstellung des neuen Rohres (MB-Rohr) vor etwa einem Jahre aufgenommen. Für Deutschland ist durch diese Erfindung ein wichtiger Austauschstoff gegeben, verwendete man doch früher für die Brennstoff-, Bremsöl- und Schmierölleitungen bei Kraftfahrzeugen fast ausschließlich Kupferrohr und verbrauchte dafür erhebliche Mengen eines devisenpflichtigen Rohstoffes, von dem bei Verwendung des neuen Rohres nicht weniger als 98% eingespart werden können.

Es ist interessant, daß diese Erfindung gerade in einem Lande gemacht wurde, in dem eigentlich gar keine Veranlassung vorlag, mit einem heimischen Rohstoff — nämlich Kupfer — besonders sparsam umzugehen. Der Erfindungsgedanke entsprang also nicht etwa einer Materialknappheit, sondern dem Bestreben, ein Rohr zu schaffen, das neben einer genügenden Korrosionsfestigkeit bessere Festigkeitseigenschaften besitzt als das Kupferrohr. Besonders auffällig war bei dem Kupferrohr die geringe Schwingungsfestigkeit. Nicht selten konnte der Kraftfahrer beobachten, daß frei aufgehängte Kupferrohre, die durch die Wagenschütterungen in Schwingungen versetzt wurden, bereits nach kurzer Zeit an einer Biegestelle hart wurden und brachen. Fast in jedem Rennbericht las man bisher von dem Bruch einer Ölleitung oder einer Brennstoffleitung. An solche Tatsachen muß erinnert werden, um zu dokumentieren, daß es sich bei dem Bundy-Rohr nicht etwa um einen Ersatz aus Gründen der Rohstoffeinsparung handelt, sondern um ein qualitativ

besseres Austauschmaterial, das höheren Beanspruchungen gewachsen ist.

Bundy-Rohr ist ein feuerverkupfertes doppelwandiges Bandstahlrohr, das durch Walzen bzw. Rollen aus galvanisch verkupferten Bandstahl geformt und dann verschweißt wird. Eine naheliegende Frage ist nun, warum man nicht einfach ein gezogenes Stahlrohr herstellt und es dann mit einem Kupferüberzug versieht. Das ist jedoch wirtschaftlich ungünstiger und fabrikatorisch schwieriger. Denn gezogenes Stahlrohr ist in der Herstellung teurer als Kupferrohr, und wenn dieses Stahlrohr verkupfert oder korrosionsfest plattiert werden soll, dann werden die Gestehungskosten noch höher. Dabei ist außerdem zu beachten, daß man ein Stahlrohr wohl an der Außenseite galvanisch gut verkupfern kann, daß aber die Verkupferung der Rohrinnenseite nicht einfach ist. Man wendet deshalb hierfür statt der galvanischen Verkupferung unmittelbar die Feuerverkupferung an, die aber einen größeren Aufwand an Kupfer erfordert und außerdem niemals die Gleichmäßigkeit des galvanischen Niederschlages erreichen kann. Da das den Rohrüberzug bildende Kupfer bei der Feuerverkupferung schmelzen und fließen muß, sind unterschiedliche Dicken der Auflageschicht unvermeidlich. Die Herstellung des neuen Stahlrohres ist nun wirtschaftlich viel günstiger und liegt unter den Unkosten der Herstellung eines Reinkupferrohres.

Bei der Fabrikation bewegt sich ein galvanisch verkupferter, von einer Rolle ablaufender Stahlstreifen, nachdem dieser durch ein geeignetes Öl schlüpfrig gemacht wurde, in eigens für diesen Zweck konstruierte Walz- und Rollmaschinen, die den Stahlstreifen in ähnlicher Weise zusammenrollen, wie eine Zigarettenmaschine den Papierstreifen um den Tabakstrang legt, nur mit dem Unterschied, daß bei diesem Rohr eine doppelte Rollung erfolgt, um eine zweischichtige Wandung entstehen zu lassen. Das auf diese Weise vorgeformte Rohr wird zuletzt über einen Dorn gewalzt, hierbei verfestigt und maßhaltig gemacht. Nachdem die Außenfläche des MB-Rohres einen Firnisüberzug bekommen hat, der als Flußmittel beim Schweißen dient, erfolgt in einem elektrischen Spezialofen unter Anwendung von Schutzgas bei einer Temperatur von etwa 1150° C das Verschweißen der beiden Rohrschichten, bei dem an den Grenzflächen zwi-