

Der ELSBETT-Motor

Wassermantel und Kühlrippen sind nicht selbstverständlich. Die Abführung der Wärme im wesentlichen durch einen verstärkten Spülstrom ist möglich und ergibt alle Vorteile, welche die direkte Kolbenkühlung für die Dichtheit des Kolbens, der hohe Luftdurchsatz für die Leistung und die in den Auspuff abgeführte Kühlenergie für die Abgasturbine hat. Dieses Verfahren ist am Beispiel des problematischen kleinen Zweitakt-Dieselmotors demonstriert.

Von der Fa. Elsbett-Motorenbau wurde ein Dieselmotor herausgebracht, dessen wesentliches Merkmal der Fortfall der üblichen äußeren Kühleinrichtungen, Wassermantel oder Kühlrippen, ist. Mit Ausnahme der Strahlung wird an diesem Motor die gesamte Abwärme in den Auspuff übergeführt. Ermöglicht wurde dies Verfahren durch eine hochentwickelte Ausspülung des Verbrennungsraumes, die bei sehr kleinen Gebläsedrücken einen Luftdurchsatz von etwa dem zweifachen Hubvolumen durch den Zylinder und einem Hubvolumen durch den Zylinderkopf in den Auspuff führt.

Das Ergebnis ist eine hohe Zylinderleistung infolge der guten Zylinder-Spülung und eine um die Kühlwärme vermehrte Auspuffenergie.

Ein als Industriemotor gebauter Einzylinder dieser Art wurde geprüft und die wichtigsten Werte in der Bildreihe 1—6 zusammengestellt.

Die etwas hohen Verbräuche bei Voll-Last im Kennfeld (Bild 1) beruhen nicht auf hoher Schleppleistung, wie man aus den Halblastwerten sieht, sondern auf unvollständiger Verbrennung, da zur Zeit des Prüflaufes die Abstimmung von Totraum und Einspritzdüse noch nicht abgeschlossen war.

Die Gebläseleistung, den Gebläsedruck und den Luftdurchsatz je Hub zeigt Bild 4. Da der Motor infolge seiner gut abgestimmten Gasdynamik auch ohne Gebläse läuft, spielt der geringe Druck des Kreiselgebläses für Start und Leerlauf keine Rolle. Auch zur Leistungssteigerung ist keine Steigerung des Gebläsedruckes erforderlich, denn der große Luftdurchsatz ergibt eine Leistungssteigerung, die der üblichen Aufladung entspricht (s. auch Bild 7, nach Prof. Schweitzer). Soll trotzdem aufgeladen werden, dann bietet sich bei diesem System eine billige Möglichkeit im Rückstau der bereits in den Auspuffkanal übergetretenen Spülluft, die ja nun reine Frischluft ist. Bei der großen Steuerzeit von über 180°, die der Motor hat, ist diese Möglichkeit schon am Zweizylinder gegeben.

Die Steigerung der Drehzahl ergibt, wie bei allen anderen Motoren, thermische Vorteile, die in Bild 2 und 3 dargestellt sind.

Der vorliegende Einzylinder ist durch den Ventilmechanismus auf 3000 U/min begrenzt. Durch Fortfall des schweren Stößeltriebs könnten jedoch bei Mehrzylindermotoren mit oberliegender Nockenwelle 4000 U/min mit den gleichen Ventildrücken, wie jetzt der Einzylinder bei 3000 U/min hat, gefahren werden. Die Ventilzeiten zum Viertakter verhalten sich wie 3,9:3.

Zündverstellung ist ebenfalls erforderlich, denn bei der starren Einspritzung des Einzylinders trat ab 2750 U/min ein abnormaler Anstieg der Abgastemperaturen ein. Im Interesse einwandfreier Meßwerte wurde deshalb die Prüfdrehzahl auf 2500 U/min begrenzt und für diese Drehzahl auch die Energiebilanz (Bild 6) aufgestellt.

Die Abgasenergie wurde aus dem durchgesetzten Luftgewicht und der Temperaturerhöhung aus Bild 5 ermittelt. Diese Temperaturen liegen noch unter der heute für Turbinen zulässigen Grenze, so daß im Bedarfsfalle die Abgasenergie für die nachgeschaltete Turbine noch dadurch erhöht werden kann, daß die im Abgas befindliche Kühlluft durch Brennstoffeinspritzung verbrannt wird; dies kann zum Eineben der Auspuffstöße auch in Intervallen geschehen.

Der Kombination von Motor und Turbine kommt bei so gestiegener Abgasenergie eine weit größere Bedeutung zu als bisher und sollte wegen der rasch aufgekommene Fahrzeugturbinen-Entwicklung bei einer Motoreneukonstruktion nicht mehr übersehen werden. Der Kolbenmotor behält dabei seine Bedeutung für die Ausnutzung des oberen Temperaturbereiches und setzt den durchlaufenden Gasen, wie vorliegender Fall zeigt, kaum mehr Widerstand entgegen als die Verbrennungskammer des reinen Turbinenmotors.

Die thermische Belastung ergibt sich aus Bild 2 und 3. Es ist zu sehen, daß die Temperatur bei kleiner Last mit der Drehzahl ansteigt und bei großer Last mit der Drehzahl sinkt. Im Schnittpunkt, der offenbar bei etwa 100° liegt, müssen diese Linien parallel zusammenlaufen, womit das Temperatur-

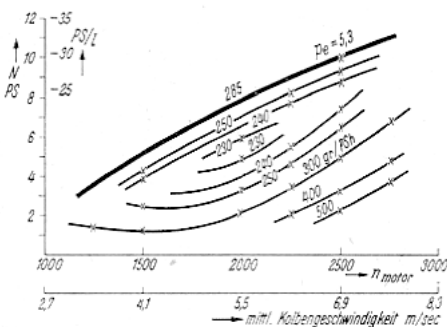


Bild 1. Leistung und Kraftstoffverbrauch des 342-cm³-Zylinders zur Zeit des Testlaufes

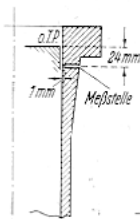


Bild 2 und 3. Die Betriebstemperatur an der Zylinderbüchse und am oberen Pleuellippenring in Abhängigkeit von Last und Drehzahl

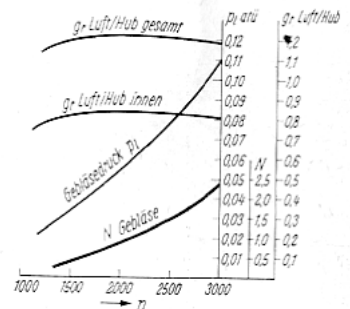
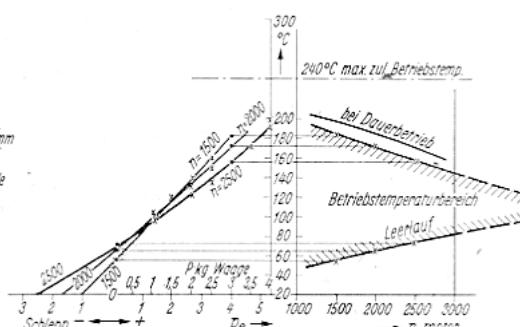


Bild 4. Der Luftdurchsatz pro Hub und der dazugehörige Gebläsedruck. Aus dem Unterschied zwischen den beiden Luftdurchsatzkurven ergibt sich der Nebenstrom, der außen an den Einlaßlöchern vorbei durch den Zylinderkopf in den Auspuffkanal geleitet wird. Dieser Nebenstrom trägt zur allgemeinen Kühlung bei und vermeidet die Ansammlung von heißer Luft vor den Einlaßschlitzen.

teld sich in einem äußerst günstigen Viskositätsbereich der Schmieröle abgrentzt.

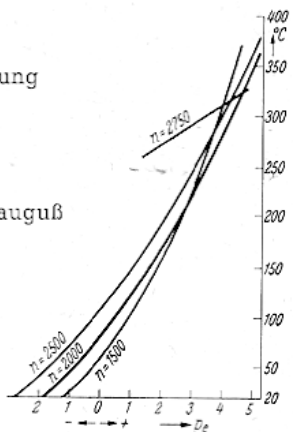
Das Kolbenhemd konnte weitgehend vom Kolbenboden isoliert werden, weil diesem die Wärme von dem Kühl-Spülstrom entzogen wird. Die Temperatur am oberen Kolbenring des Graugußkolbens liegt etwas unter den Meßwerten der Büchse. Das Einbauspiel beträgt an dieser Stelle 1/100 mm.

Bei einem den Meßläufen nachgeschalteten Dauerlauf mit einem mittleren Nutzdruk von 4,2 atü ergab sich eine thermische Beharrung, die etwa 8% über den Messungen lag. Alle Bauelemente waren nach dem Testlauf in völlig einwandfreiem Zustand.

Die Motordaten:

- Zweitakt-Diesel 342 cm³
- Gleichstrom mit direkter Einspritzung
- Hub 83 mm
- Bohrung 72,5 mm
- alle Lager Wälzlager
- Leichtmetall-Gehäuse
- Kolben, Zylinder und Kopf aus Grauguß
- Kreiselgebläse 1:4,5 direkt vom Schwungrad angetrieben
- Frischölschmierung 5 gr/PSH
- Gewicht ohne Tank und Abgasleitung 42 kg

Bild 5. Die gemessenen Abgastemperaturen



Allgemeine Gesichtspunkte

Die Schwierigkeiten des Verfahrens liegen:

- a) in der Erzielung des genannten großen Luftdurchsatzes bei kleinsten Ladedrücken,
- b) in der Beherrschung des Gleichgewichts von Wärmeaufnahme und -abgabe der den Verbrennungsraum begrenzenden Flächen,
- c) in der Vermeidung von Wärmeleitung zwischen den einzelnen Elementen mit verschiedenem Wärmeanfall,
- d) im Erreichen eines großen Wärmeüberganges an kleinen Flächen.

Jede dieser Aufgaben widerspricht etwas dem Althergebrachten, so daß es schon eines erheblichen Umdenkens bedarf, um die an sich ganz einfachen Bauelemente richtig zu handhaben. Ebenso wie es passieren kann, daß man einen Luftstrom von mehrfachem Volumen des Zylinderinhalts durch den Verbrennungsraum bläst, ohne diesen auszuspülen, kann der Motor bei gleichem Luftdurchsatz heiß oder kalt sein.

Es bedurfte jahrelanger Versuchsreihen, um aus den labilen in stabile Betriebsverhältnisse zu kommen. Lange sah es so aus, als ob die wegen der guten Ausspülung angestiegene Zylinderleistung die Kühlungsmöglichkeiten überfordern würde.

Das Erarbeiten einer allgemein gültigen theoretischen Grundlage kann auch heute noch nicht als so abgeschlossen gelten, daß mit allgemeingültigen Formeln und Regeln aufgewartet werden könnte. Fest steht allerdings bereits jetzt, daß diese dritte Möglichkeit nach der Wassermantel- und Rippenkühlung auch abgesehen von der großen Zylinderleistung und Auspuffenergie noch anderes voraus hat:

z. B. keinerlei äußere Kühleinrichtungen, denn das Gebläse ist ja als Mittel zur Spülung sowieso vorhanden, und dichte Kolben, auch ohne Kolbenringe.

Die meistgebaute Zylindereinheit im europäischen Fahrzeugbau liegt heute unter 400 cm³. Dem Dieselmotor aber war das Eindringen in das weite Anwendungsgebiet des kleinvolumigen Zylinders aus Gründen der Kolbendichtung erschwert. Wassergekühlte Viertakter machen heute meistens zwischen 400—500 cm³ halt, während luftgekühlte Zweitakter noch bei 600—700 cm³ oft mit Kolbendichtschwierigkeiten zu kämpfen haben. Neben der schlechten Verbrennung wirken sich die Dichtschwierigkeiten vor allem auf die Erhaltung des Ölfilms in dem über den Schlitzen liegenden Zylinderteil aus. Der Kolbenring, der ja als Labyrinthdichtung nur bei bereits strömenden Gasen wirkt, genügt den Dichtanforderungen des angestrebten kleinen Zweitaktdiesels mit Luftkühlung auch bei beliebiger Erhöhung der Ringzahl oder -ausführung nicht mehr. Man vermehrt dadurch nur den Ölanswurf aus den Schlitzen und die Zylinder-Reibung, nicht aber die Dichtung. Hierfür entscheidet allein der Spalt zwischen Kolben und Zylinder, der schon am obersten Kolbenring die Stärke des Ölfilms im heißen Zustand nicht überschreiten darf. Nur unter dieser Voraussetzung ist im vorliegenden Falle der kleine 342-cm³-Zylinder einwandfrei dicht.

Mit Hilfe des neuen Kühlverfahrens gelang die Abstimmung zwischen Kolben und Büchse so genau, daß auch bei Dauerläufen kein Unterschied bestand, ob mit oder ohne Kolbenring gefahren wurde; wohl aber im Ölanswurf.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auf Grund der bisherigen Erfahrungen mit dem Motor die beschriebene Abwandlung des Wärmehaushaltes besonders dem gleichstromgespülten Zweitaktdiesel kleinen Volumens und der Kombination Motor-Turbine außerordentlich interessante Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

L. Elsbett [5802]

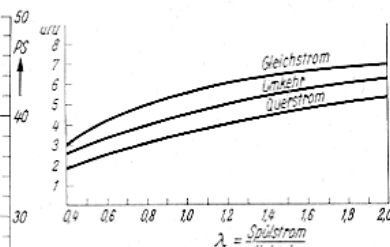
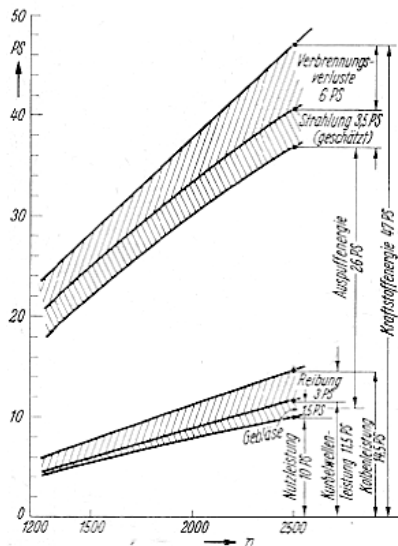


Bild 7. Die Bedeutung des Luftdurchsatzes für die Zylinderleistung (nach Prof. Schweitzer)¹⁾

$$\lambda = \frac{\text{der innere Luftdurchsatz}}{\text{Hubvolumen}}$$

Bild 6. Die aus Luftgewicht und Abgastemperatur errechnete Energiebilanz

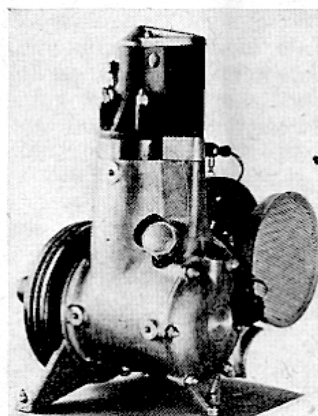
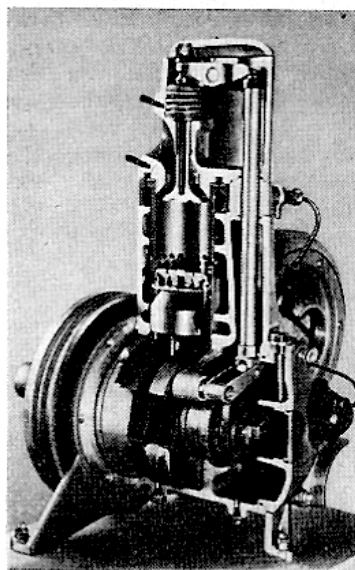


Bild 9. Ansicht des Motors

Bild 8. Schnittbild des „Elsbett“-Motors

¹⁾ Prof. Dr.-Ing. P. H. Schweitzer, Pennsylvania State University USA in „Eignung des Zweitakt-Dieselmotors für Straßenfahrzeuge“ ATZ 58 Jg. (1954) Nr. 10 Seite 265—271.