

# Prüfung neuer CKD-Dieselmotore für die rekonstruierten Schnelltriebwagen der Bauart „Köln“

Im Zuge der Rekonstruktion von Schnelltriebwagen der Bauart „Köln“ im Raw Wittenberge war ein Ersatz der alten GO 56 – und GTO 6 – Maybach-Dieselmotoren vorgesehen. Dazu wurde aus der ČSSR eine Anzahl neuer CKD-Dieselmotoren des Typs K 12 V 170 DR – IV. Serie eingeführt. Dieser Motortyp ist die aufgeladene Ausführung des seit mehreren Jahren in den 410-PS-Triebwagen im Einsatz bewährten Saugmotors 12 V 170 DR. Bei weitgehend vereinheitlichten Bauteilen beider Motoren ist die Voraussetzung für eine rationelle Unterhaltung und Erhaltung gegeben.

Nachdem in dieser Zeitschrift bereits ein Aufsatz über die Rekonstruktion des Fahrzeugteils und über notwendige Änderungen zum Einbau der neuen Dieselmotoren erschienen ist [1], soll im folgenden über Untersuchungen an mehreren dieser Motoren auf dem Dieselprüfstand der Versuchs- und Entwicklungsstelle für die Maschinenwirtschaft Halle sowie im ersten Reko-SVT 137 856 berichtet werden.

Die Standuntersuchungen erstreckten sich auf die Ermittlung und Überprüfung wichtiger Betriebsparameter, auf das Verhalten des Drehzahlreglers, auf Messungen im Schmier- und Kühlkreislauf, auf die Kontrolle des Rauchverhaltens u. a. Darüber hinaus war für den vorgesehenen Einsatz im Schnelltriebwagen die maximale Motorleistung zu begrenzen und die Leistung für vorgegebene Fahrstufendrehzahlen einzustellen.

Die Untersuchungen an den Dieselmotoren des SVT 137 856 richteten sich im wesentlichen auf die Funktionskontrolle der Kühlanlage für Schmieröl und Kühlwasser sowie auf die Wirkung des neuen Luftansaugsystems.

Bevor auf die Untersuchungen eingegangen wird, sollen die wichtigsten technischen Kennwerte des neuen Dieselmotors genannt und einige Erläuterungen zum Prüfstands-aufbau vorausgeschickt werden.

## 1. Technische Kennwerte (Angaben des Herstellers)

Hersteller	CKD, Werk Martin
Typenbezeichnung	K 12 V 170 DR-IV. Serie
Zylinderzahl	12
Zylinderanordnung	90° - V - Form
Nennleistung	700 PS
Nenn Drehzahl	1400 min <sup>-1</sup>
Drehrichtung (Blickrichtung auf Abtrieb)	links
effektiver Mitteldruck	8,55 kp/cm <sup>2</sup> bei Nennleistung
mittlere Kolbengeschwindigkeit	8,86 m/s bei n = 1400 min <sup>-1</sup>
Zylinderbohrung	170 mm
Kolbenhub	190/197 mm (Anlenkpleuel)
Gesamt-Hubvolumen	52,62 l
Literleistung	13,3 PS/l
Verdichtungsverhältnis	13,4 : 1
Arbeitsverfahren	Viertakt
Einspritzverfahren	direkte Einspritzung
Brennraum	CKD-Hesselmann
Düsenöffnungsdruck	315 ± 5 kp/cm <sup>2</sup>
Förderbeginn	33° v.OT
Zündfolge	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9
Steuerzeiten: Einlaß öffnet	75° v.OT
Einlaß schließt	35° n.UT
Auslaß öffnet	35° v.UT
Auslaß schließt	75° n.OT
Anzahl der Ventile je Zylinder	2 Einlaß- und 2 Auslaßventile
Ventilspiel bei kaltem Motor:	
Einlaß	0,5 mm
Auslaß	0,5 mm
obere Leerlaufdrehzahl	1500 min <sup>-1</sup>

untere Leerlaufdrehzahl	700 min <sup>-1</sup>
spez. Kraftstoffverbrauch bei Nennleistung	175 g/PS h
spez. Schmierölverbrauch bei Nennleistung	3...4 g/PS h
Öldruck bei Nennleistung und normaler Temperatur	2...3,7 kp/cm <sup>2</sup>
Schmieröltemperatur, Motoraustritt	75...85 °C, max. 95 °C
Kühlwassertemperatur, Motoraustritt	65...75 °C, max. 85 °C
Schmierung	Druckumlaufschmierung
Schmierölpumpe	Doppelzahnradpumpe
Fördermenge je Schmierölpumpe bei Nenn Drehzahl	165 l/min
Anzahl der Kühlwasserpumpen	2, parallelgeschaltet
Fördermenge je Kühlwasserpumpe bei Nenn Drehzahl	540 l/min, p = 1,2 kp/cm <sup>2</sup>
Kompressionsdruck	58 kp/cm <sup>2</sup>
Verbrennungsdruck	88 kp/cm <sup>2</sup>
Aufladung	2 Abgasturbo-lader IPBZKG Typ PDH 16 S
Drehzahl der Abgasturbine bei Nennleistung	22 400 min <sup>-1</sup>
Höchstzulässige Drehzahl der Abgasturbine	25 000 min <sup>-1</sup>
Zulässiger Gegendruck bei Austritt aus der Abgasturbine	1,03 kp/cm <sup>2</sup> abs.
Aufladedruck bei Nennleistung	1,35...1,65 kp/cm <sup>2</sup> abs.
Abgastemperatur vor Eintritt in die Turbine bei Nennleistung	550...560 °C
Massse des trockenen Motors	3200 kg

## 2. Prüfstands-aufbau

Zur Untersuchung auf dem Dieselprüfstand kamen sowohl Motoren im Auslieferungszustand des Herstellers (Bild 1) als auch bereits zum Einbau in die Schnelltriebwagen vorbereitete Motoren. Letztere waren im Raw Wittenberge mit Schmierölmwärmetauschern und Schmierölfiltern ausgerüstet worden (Bild 2).

Die Versuchsanlage, bestehend aus Dieselmotor, Übertragungsteilen und Bremseinrichtung, wurde auf einem

Bild 1 Neuer CKD-Dieselmotor, Typ K 12 V 170 DR – IV. Serie



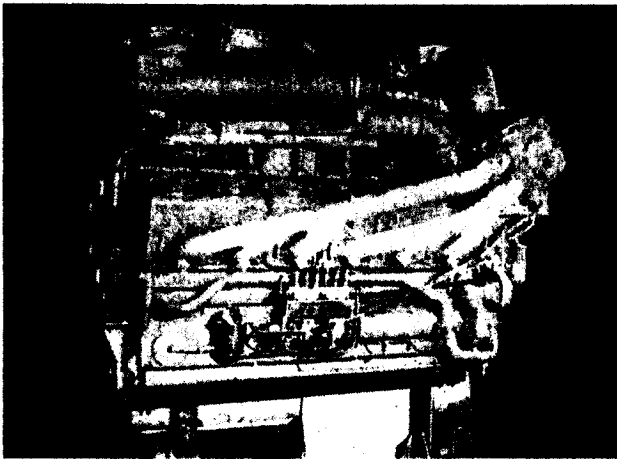


Bild 2 Ausführung mit Schmierölwärmetauschern und -filtern

Schwingfundament aufgebaut. Zur Übertragung des Motordrehmoments auf die H4-Wasserwirbelbremse diente eine drehelastische Kupplung mit AF6-Gelenkwelle.

Die Abführung der Kühlwasserwärme erfolgte über einen stationären Wärmetauscher, der zugleich das Vorwärmen des Kühlwassers vor dem Motorstart ermöglichte. Ein wasserseitig an das Kühlsystem des Prüfstands angeschlossener V 60-Ölwärmetauscher übernahm bei den ersten Motoren die Kühlung des Schmieröls. Bei den einbaufertigen Dieselmotoren wurde die Ölwärme über das Motorkühlwasser abgeleitet.

Die schematische Anordnung des äußeren Schmierkreislaufes mit den vorgesehenen Meßstellen zeigt Bild 3.

Die örtlichen Verhältnisse des Prüfstands erforderten wegen der außerhalb der Prüfhalle liegenden Schaltwarte eine Fernbedienung des Dieselmotors. Das geschah mit Hilfe eines besonderen Steuergeräts, das elektrisch an den Drehzahlsteller angeschlossen war. Dieses Gerät ermöglichte ein wahlweises Ansteuern der einzelnen Fahrstufen oder beliebiger Zwischendrehzahlen.

Zur Temperatur- und Druckmessung im Kühlwasser-, Schmieröl-, Abgas- und Verbrennungsluftsystem dienten Widerstandsthermometer und Thermoelemente sowie Röhrenfeder- und U-Rohr-Manometer.

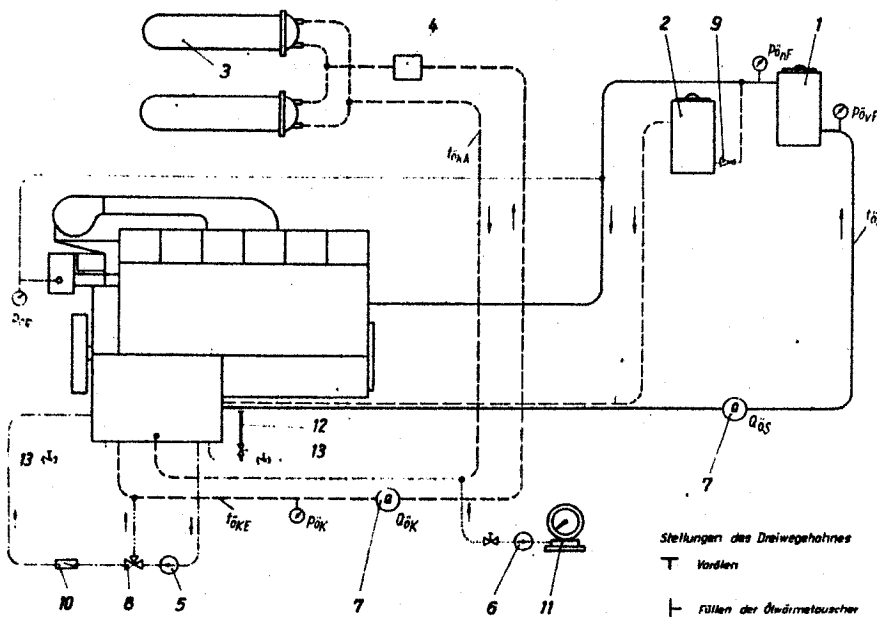


Bild 3 Schmierölsystem mit Meßstellenanordnung

1 Grobfilter, 2 Feinfilter, 3 Ölwärmetauscher, 4 Magnetfilter, 5 Vorölpumpe, 6 Nachfüllpumpe, 7 Wälzkolbenzähler, 8 Dreiwegehahn, 9 Überströmventil, 10 Rückschlagventil, 11 Schmierölverbrauchswaage, 12 Ölstandsschauglas, 13 Ölablaß.  
 $Q_{KS}$  Schmierölmfördermenge im Kühlkreislauf,  $Q_{KS}$  Schmierölmfördermenge im Schmierkreislauf,  $P_{DR}$  Öldruck im Drehzahlregler,  $P_{DK}$  Öldruck im Kühlkreislauf,  $P_{DVF}$  Öldruck vor Filter,  $P_{DNF}$  Öldruck nach Filter,  $t_{KS}$  Öltemperatur im Kühlkreislauf,  $t_{KE}$  Öltemperatur im Kühlkreislauf (Eintritt Wärmetauscher),  $t_{KA}$  Öltemperatur im Kühlkreislauf (Austritt Wärmetauscher)

— Ölkreislauf durch Schmierölsystem  
 - - - - - Kreislauf vom Drehzahlregler  
 - - - - - Ölkreislauf durch Kühlsystem  
 - - - - - Kreislauf zum Vorölen  
 - - - - - Kreislauf durch Schmierölfeinfilter  
 - - - - - Kreislauf zum Auffüllen des Schmierölwärmetauschers

### 3. Untersuchungsergebnisse

Aus den vorliegenden Versuchsergebnissen sollen an dieser Stelle die wichtigsten, die von allgemeinerem Interesse sein können, erläutert werden.

#### 3.1. Vollastkennlinien

Bei der Rekonstruktion der Schnelltriebwagen blieb die elektrische Kraftübertragung im wesentlichen unverändert. Deshalb mußten die neuen Dieselmotoren an die Leistung der Vorgänger angepaßt werden. Das erforderte eine Reduzierung der Nennleistung von 700 auf 640 PS bei  $1400 \text{ min}^{-1}$  durch entsprechende Begrenzung der Einspritzpumpen-Füllungsverstellung. Von dieser Leistung ausgehend, wurden Vollastkennlinien aufgenommen, die im Bild 4 dargestellt sind.

Charakteristisch ist der Verlauf des spezifischen Kraftstoffverbrauchs  $b_m$ . Von der bekannten gestreckten Parabel ergibt sich hier nur ein flach ansteigender Zweig. Der gemessene spezifische Kraftstoffverbrauch bei Nennleistung lag trotz geringerer Leistung über den Angaben des Motorenwerkes. Der Aufladedruck  $p_{inI}$ , und die maximale Abgastemperatur vor dem Eintritt in die Abgasturbolader  $t_{AVP}$  bewegten sich in den unter den technischen Kennwerten genannten Grenzen.

#### 3.2. Fahrstufenleistung

Die Fahrstufen-Nennleistungen waren auf folgende vorgegebene Werte einzustellen:

Fahrstufe	Drehzahl $\text{min}^{-1}$	Dieselmotorleistung PS
Leerlauf	$700 \pm 10$	37
I	$1100 \pm 10$	215
II	$1175 \pm 10$	350
III	$1250 \pm 10$	450
IV	$1325 \pm 10$	550
V	$1400 \pm 10$	640

Für Fahrstufe I war ursprünglich eine Leistung von 175 PS bei  $1050 \text{ min}^{-1}$  gefordert. Sie wurde später auf den Tabellenwert erhöht. Das brachte neben betrieblichen Vorteilen auch günstigere Verhältnisse für die elektrische Anlage.

Aus den im Bild 5 aufgezeichneten Fahrstufen-Leistungslinien sind einige bemerkenswerte Eigenschaften des K 12 V 170 DR erkennbar.

### Großer Proportionalbereich des Drehzahlreglers

Der Proportionalbereich eines Drehzahlreglers kennzeichnet den Drehzahlanstieg zwischen Nennlast und Nullast. Er wird definiert durch die Beziehung:

$$x_{po} = \frac{n_{lo} - n_{vo}}{n_{vo}} [\%]$$

$x_{po}$  oberer Proportionalbereich

$n_{vo}$  obere Vollastdrehzahl

$n_{lo}$  obere Leerlaufdrehzahl

Bei einer gemessenen oberen Leerlaufdrehzahl von  $1550 \text{ min}^{-1}$  (nach technischen Kennwerten  $1500 \text{ min}^{-1}$ ) ergibt sich somit ein Proportionalbereich in Fahrstufe V von 10,7 Prozent.

Es sei hierzu erwähnt, daß für den neuen Dieselmotor 12 VD 21/20 des VEB Motorenwerk Johannisthal im Pflichtenheft ein oberer Proportionalbereich von 2,5 Prozent gefordert wird.

### Einstellung der Fahrstufendrehzahl

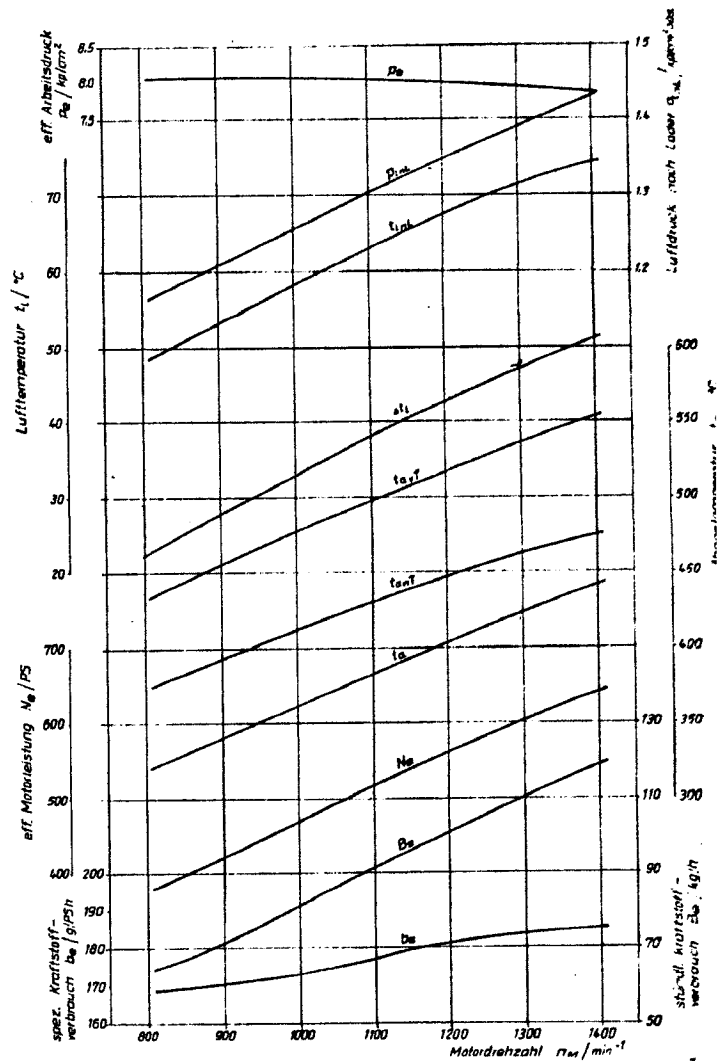
Bedingt durch den mechanischen Aufbau des Drehzahlstellers, ergeben sich bei wiederholter Schaltung auf eine bestimmte Fahrstufe recht unterschiedliche Drehzahlen (bis  $30 \text{ min}^{-1}$ ) und dadurch unterschiedliche Leistungen.

Die entstehenden Toleranzfelder sind im Bild 5 eingetragen.

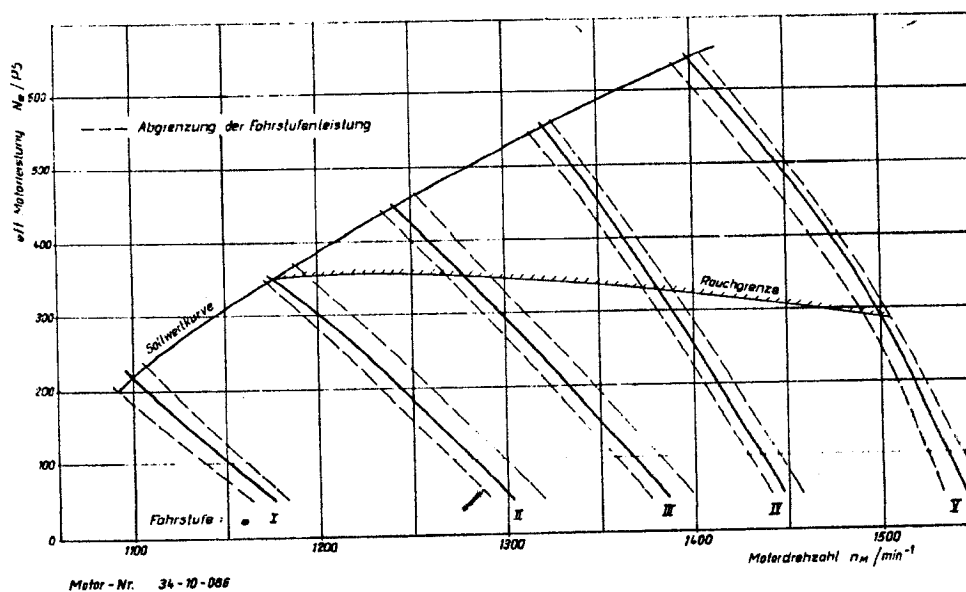
### Rauchgrenze

Die Rauchgrenze konnte nur durch Beobachtung der Abgastrübung ermittelt werden. (Zur Zeit der Untersuchungen stand ein Meßgerät für die zahlenmäßige Bestimmung der Raumdichte noch nicht zur Verfügung.) Obwohl diese Methode nicht frei von subjektiven Fehlern ist, war bei allen Motoren nahezu gleiches Rauchverhalten festzustellen.

Im allgemeinen wird vom Motorenhersteller mit der Festlegung der Nennleistung rauchfreier Betrieb garantiert. Der K 12 V 170 DR erreicht die Rauchgrenze bereits bei etwa 55 Prozent Nennleistung, d. h. ab 350 PS. Diese Erscheinung läßt Mängel im Verbrennungsablauf vermuten. Sie führt zu erhöhtem Rußanfall in den Abgaswegen, zu stärkerer Verschmutzung des Schmieröls, der Ventile und



anderer Motorenbauteile sowie zu stärkerem Verschleiß. Eine gewisse Verbesserung wurde inzwischen durch das Raw Wittenberge erreicht, das versuchsweise Einspritzdüsen des Saugmotors (engere Düsenbohrungen) einsetzt.



Motor - Nr. 34 - 10 - 086

Bild 4 Vollastkennlinien

Motor Nr. 34 - 10 - 086

Lufttemperatur  $23 \dots 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Barometerstand 750 Torr

rel. Luftfeuchtigkeit  $64 \%$

$t_{lm}$  mittlere Ladelufttemperatur

$\Delta t_i$  mittlere Temperaturerhöhung der Verbrennungsluft durch Aufladung

$t_a$  mittlere Abgastemperatur am Zylinderaustritt

$t_{a,T}$  mittlere Abgastemperatur vor dem Eintritt in die Abgasturbolader

$t_{a,T}$  mittlere Abgastemperatur nach Austritt aus den Abgasturboladern

Bild 5 Fahrstufen - Leistungslinien

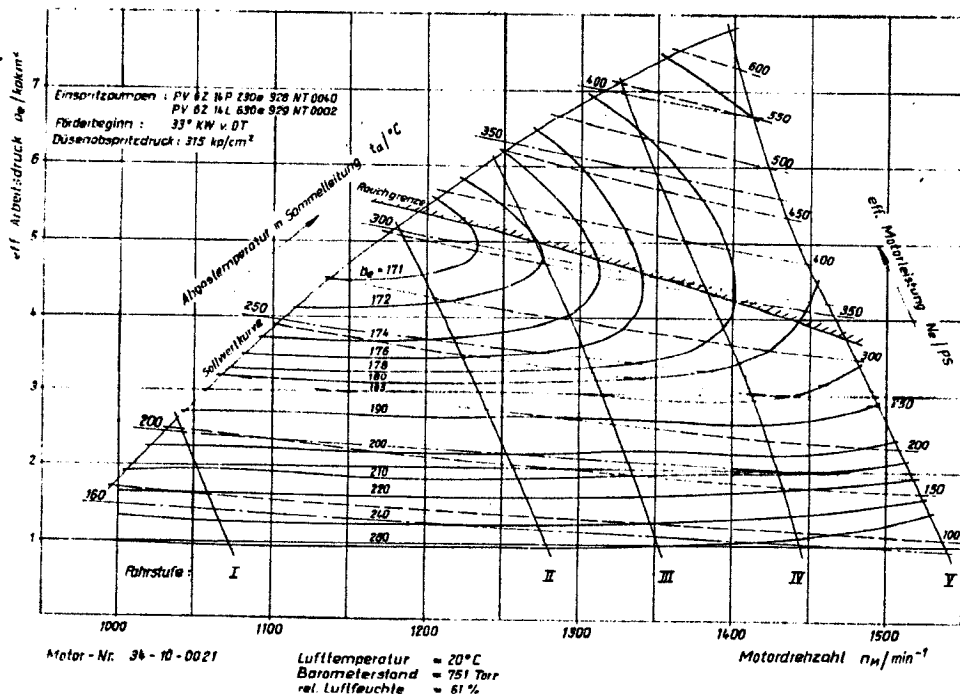


Bild 6 Teilkennlinienfeld

### 3.3. Teilkennlinienfeld

Das aufgestellte Teilkennlinienfeld (Bild 6) umfaßt den Betriebsbereich zwischen Fahrstufe V und der aus den Fahrstufen-Nennleistungswerten gebildeten Sollwertkurve. Es ist gekennzeichnet durch das außerhalb des Betriebsbereichs liegende Verbrauchsoptimum und durch die im Gebiet günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs verlaufende Rauchgrenze.

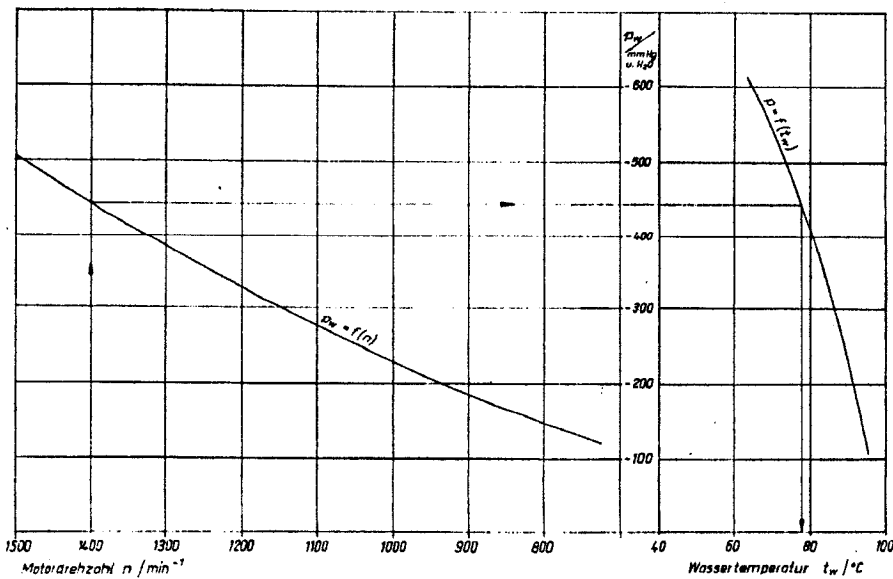
### 3.4. Schmierölmördernengen und Schmierölverbrauch

Die hochliegenden Schmierölmördernmetauscher erforderten besondere Vorkehrungen, um nach dem Abstellen des Dieselmotors einen Ölrücklauf aus den Rohrleitungen und den Wärmetauschern in die Ölwanne zu verhindern. Die große Rückflußmenge hätte zu Ölverlust am Kurbelwellenaustritt

geführt und eine exakte Kontrolle des Ölstandes erschwert. Deshalb wurden in die Ölleitungen federbelastete Rückschlagventile eingebaut. Unzureichende Kühlung des Schmieröls bei den ersten Probefahrten mit dem SVT 137 856 im Raw Wittenberge zwangen zur messtechnischen Untersuchung der Schmierkreisläufe. Dabei wurde eine starke Beeinträchtigung des Ölumlafs durch die Rückschlagventile nachgewiesen.

Durch Änderung der Rohrführung konnten diese Ventile entfallen. In Kauf genommen wurde dadurch der Ölrücklauf aus den nach oben führenden Leitungen.

In dieser Ausführung erfolgte auf dem Prüfstand die Messung des Öldurchflusses im Schmier- und Kühlkreislauf mit Wälzkolbenzählern. Während der Durchfluß durch den Kühlkreislauf den vom Hersteller angegebenen Wert erreicht, ergab sich im Schmierkreislauf bei allen unter-



$p_w$  Unterdruck auf Kühlwasserpumpen-Saugseite  
 $p$  Verdampfungsdruck des Wassers

$1 \text{ kp/cm}^2 = 707 \text{ mmHg}$  unter Wasser bei 20°C  
 Motor Nr. 36-10-007

Bild 7 Unterdruck auf Kühlwasserpumpen-Saugseite und Verdampfungsdruck des Wassers

achten Motoren eine um etwa 60 l/min geringere Fördermenge (Bild 7).

Der Schmierölverbrauch bei Nennleistung betrug bei zwei Motoren 2,3 bzw. 2,7 g/PSh. Für die anderen Motoren wurde über den gesamten Versuchszeitraum bei überwiegender Teillast ein spezifischer Ölverbrauch von etwa 5 g/PSh ermittelt.

### 3.5. Druckverhältnisse an den Kühlwasserpumpen

Im Kühlkreislauf des SVT 137 856 waren zwischen dem Anschluß des Kühlwasserausgleichbehälters und dem Eintritt in die Kühlwasserpumpen die zwei parallelgeschalteten Schmierölmärmetauscher angeordnet. Der Strömungswiderstand der Wärmetauscher ließ auf der Kühlwasserpumpen-Saugseite erhöhten Unterdruck erwarten. Zur Untersuchung der Druckverhältnisse wurde deshalb auf dem Prüfstand an einem Motor die gleiche Anordnung gewählt. Der entstandene hohe Unterdruck ist im Bild 7 als Funktion der Motordrehzahl dargestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß bei hoher Motordrehzahl die Verdampfungstemperatur des Kühlwassers in den Bereich normaler Betriebstemperatur absinkt. Schäden an den Kühlwasserpumpen durch Kavitation wären zu erwarten. Der Anschluß des Ausgleichbehälters wurde deshalb unmittelbar vor die Kühlwasserpumpe verlegt.

### 3.6. Untersuchungen am SVT 137 856

Das Schwergewicht der Untersuchungen lag zunächst in der Ermittlung der bereits erwähnten Funktionsstörungen des Schmierömlaufs. Diesen Arbeiten, die im Stand erfolgten, schloß sich zur Kontrolle der Kühlanlagen des Schnelltriebwagens bei hoher thermischer Belastung eine längere Probefahrt an. Dabei konnte durch Registrierung des Temperaturverlaufs im Kühl- und Schmieröl-System einer

Maschinenanlage die einwandfreie Funktion und Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden.

Weitere Untersuchungen galten der neugestalteten Verbrennungsluftzuführung. Die Verbrennungsluft wird nicht mehr über schwenkbare Dachhutzen, sondern über seitliche Luftgitter aus einem kastenförmigen Dachaufbau angesaugt. Da dieser Aufbau gleichzeitig die Auspuffmündung umgibt, war zu befürchten, daß Abgase mit angesaugt werden.

Deshalb wurden bei verschiedensten Fahrverhältnissen Luftproben aus dem Ansaugschacht entnommen und im Orsat-Gerät chemisch analysiert. Alle Proben waren abgasfrei.

### 4. Schlußbetrachtung

Die elektrische Kraftübertragung des SVT Bauart „Köln“ bedingte für den neuen CKD-Dieselmotor K 12 V 170 DR eine Leistungsreduzierung auf 640 PS. Dabei sind durch geringere Belastung günstige Auswirkungen auf das Verschleißverhalten und damit auf die Lebensdauer zu erwarten.

Im bisherigen Betriebseinsatz des SVT 137 856 haben sich die neuen Dieselmotoren durch ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit ausgezeichnet.

Die Rekonstruktion weiterer Schnelltriebwagen Bauart „Köln“ wird schrittweise fortgesetzt. Damit treten an die Seite der neuen Schnelltriebwagen aus dem VEB Waggonbau Görlitz modernisierte und leistungsfähige Fahrzeuge zur Erfüllung der internationalen Verkehrsaufgaben der Deutschen Reichsbahn.

### Literatur

- [1] Friedrichs: Die Rekonstruktion der Schnelltriebwagen Bauart „Köln“, Schienenfahrzeuge 10 (1966) S. 223-226

Dipl.-Ing.  
KLAUS NEUHAUS,  
Dresden

## Die Unterhaltung und Behandlung der Reisezugwagen in den Bahnbetriebswagenwerken

Der der DR zur Bewältigung ihres Verkehrsaufkommens zur Verfügung stehende Reisezugwagenpark verkörpert einen hohen Wert. Wenn man bedenkt, daß für die Beschaffung eines Reisezugwagens Typ B etwa 600 000 M erforderlich sind, so wird die Notwendigkeit einer planmäßigen und umfassenden Instandhaltung ersichtlich. Demnach erwächst dem Instandhaltungsdienst der DR die Aufgabe, dem Betrieb die Fahrzeuge in betriebs sicherem und betriebsstüchtigen Betriebszustand zu übergeben, wobei aber auch vom Betrieb eine pflegliche Behandlung der Fahrzeuge erwartet werden muß. Die Aufgabenteilung in Raw - Bww - Was hat sich für die Bedingungen der Deutschen Reichsbahn als zweckmäßig erwiesen. Eine Änderung in der Struktur der Instandhaltung, ähnlich wie auf dem Triebfahrzeugssektor, dürfte nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen auf dem Wagensektor nicht eintreten und auch nicht zweckmäßig sein.

### 1. Die Aufgaben der Bww

Die Reisezugwagen-Bww haben die Aufgabe, den betriebs sicheren und betriebsstüchtigen Zustand der Fahrzeuge zu überwachen. Dazu gehört, daß die Reisezugwagen in regelmäßigen Abständen, welche sich aus der betrieblichen Beanspruchung ergeben, untersucht werden. Neben der RUO übernehmen die Bww die Bedarfsausbesserungen, wobei der Wagen bei kleineren Schäden im Zugverband

bleiben kann und nur bei größeren Schäden ausgesetzt werden muß. Wagen mit Bedarfsausbesserungen, die auch nicht vom leistungsfähigsten Bww ausgeführt werden können, sind den Heimat-Raw zuzuführen. Die anläßlich der Reisezugwagen-Betriebsuntersuchung vorzunehmenden Arbeiten sind in der DV 426 enthalten und sollen deshalb an dieser Stelle nicht genannt werden.

Neben den Arbeiten der Unterhaltung sind an den Reisezugwagen nach jeder längeren Fahrt Behandlungsarbeiten vorzunehmen. Dazu gehören eine Überprüfung des betriebssicheren Zustands, die Reinigung der Reisezugwagen, verbunden mit einer in bestimmten Abständen vorgenommenen Lackpflege, und die Versorgung der Reisezugwagen mit Wasser und Energie.

Alle genannten Arbeiten verlangen die Ausrüstung der Bww mit den erforderlichen Anlagen und Einrichtungen, über deren wesentlichste im folgenden berichtet wird.

Es ist notwendig, an dieser Stelle etwas über das in den Bww bei den Unterhaltungsarbeiten anzuwendende Verfahren der Instandhaltung zu sagen. Die Wirtschaftlichkeit der Unterhaltung in den Bww erfordert, daß alle entsprechend der Aufgabenteilung vom Bww vorzunehmenden Arbeiten ausgeführt werden können, um die Dauer der Außerbetriebsetzung des Wagens so niedrig wie möglich zu halten.