

Dipl.-Ing. Andreas Voß,  
Osterholz-Scharmbeck

**Beitrag zur Definition  
der Verschleißrate bei  
langsamlaufenden Zwei-  
takt-Schiffsdieselmotoren  
im Schwerölbetrieb**

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/  
Maschinenelemente

Nr. **290**

# Inhaltsverzeichnis

## Nomenklatur

## Abstract

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Stand der Technik</b>	<b>4</b>
<b>3. Bestimmung nicht bekannter Größen für die Gleichung der Verschleißrate</b>	<b>6</b>
3.1 Spezifischer Brennstoffverbrauch und Lastfaktor	7
3.2 Partikelbelastung des Brennstoffs	8
3.2.1 Zusammenhang zwischen Al-, Si- u. Fe-Gehalt und Partikelanzahl im Brennstoff	9
3.2.2 Partikelanzahl im Brennstoff der untersuchten Motoren	11
3.3 Durchlaßrate des Brennstoffreinigungssystems	13
3.4 Temperaturen	16
3.4.1 Messung der Kühlwasser- und Wandtemperaturen	16
3.4.1.1 Kühlwassertemperaturen	16
3.4.1.2 Wandtemperaturen $\vartheta_w$ in unmittelbarer Nähe des OT	16
3.4.1.3 Wandtemperatur in UT $\vartheta_{UT}$	17
3.4.1.4 Wandtemperaturverlauf, Wandtemperatur in OT $\vartheta_{OT}$ und Grenztemperatur $\vartheta_{oo}$	18
3.4.1.5 Zeitliche und lastabhängige Darstellung der am Motor 1 und 12 gemessenen Temperaturen	20
3.4.1.6 Berechnung der Temperaturen für Motor 1 bei $P_{MCR}$	22
3.4.2 Allg. Berechnungsmodell für die Wandtemperatur in OT beliebiger Motoren	23
3.4.2.1 Wärmedurchgangskoeffizient $k$ und Konstante $C_D$ für Ringspaltkühlung	24
3.4.2.2 Wärmedurchgangskoeffizient $k$ und mittlere Wärmestromlänge $s_{mitt}$ für Röhrenkühlung	28
3.4.3 Einfluß der HT-Kühlwassertemperaturen und der Wandtemperatur	30
3.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	31
<b>4. Korrosiver Verschleiß</b>	<b>34</b>
4.1 Korrosiver Verschleiß im Bereich des oberen Umkehrpunktes	34
4.2 Korrosiver Verschleiß im unteren Bereich der Laufbuchse	37
4.2.1 Korrosionsgefährdungsfaktor $A_n$	37
4.2.2 Einflüsse auf den Gefährdungsfaktor $A_n$	37
4.2.2.1 Wandtemperaturverlauf	37
4.2.2.2 Wandtemperatur	38
4.2.2.3 Zylinderdruck	40
4.2.2.4 Maximaler Zylinderdruck	43
4.2.2.5 Mittlerer effektiver Druck	43
4.2.2.6 Drehzahl (Zeit)	44
4.2.2.7 Wassergehalt der Luft und des Brennstoffs	44
4.2.2.8 Schwefelgehalt des Brennstoffs und Umwandlungsrate von $SO_2$ in $SO_3$	47
4.2.2.9 Motorgröße (Hub, Bohrung)	48
4.3 Abschätzen des Korrosionsgefährdungsfaktors $A_n$ mit einer einfachen Gleichung	48
4.4 Abschätzen eines Sicherheitsfaktors gegen Korrosion unter Berücksichtigung des Schwefelgehaltes des Brennstoffs und des Neutralisationsindex des Schmieröls	50
4.5 Schlußfolgerungen	54

<b>5. Abrasiver Verschleiß</b>	<b>55</b>
5.1 Verschleißmodell, Bestimmung der Konstanten	55
5.2 Ideale und reale Schmierölmenge	57
5.2.1 Bestimmung der für den idealen Schmierfilm benötigten Schmierölmenge	57
5.2.2 Bestimmung der erreichbaren Schmierfilmdicke, Verschleißrate und Laufbuchsenlebensdauer, unter Berücksichtigung der Schmierölzugabe und der Schmierölzähigkeit und -dichte	60
5.2.3 Einfluß der Motorgröße	65
5.2.4 Einfluß des Hub-Bohrungsverhältnisses	66
5.2.5 Einfluß des Auslegungspunktes ( $p_{e0}$ , $n_0$ )	68
5.2.6 Einfluß der Lage des Motorbetriebspunktes	68
5.2.7 Einfluß von Fest- und Verstellpropeller	71
5.3 Verifizierung des Rechenmodells	73
5.3.1 Gleichungssystem für die Berechnung der Verschleißrate für eine Propellerkurve durch $P_{MCR}$ und $n_{MCR}$	73
5.3.2 Gleichungssystem für die Berechnung der Verschleißrate aus Bordaufschreibungen	79
5.3.3 Gegenüberstellung von berechneter und gemessener Verschleißrate	81
<b>6. Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>85</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>90</b>
<b>8. Literatur</b>	<b>92</b>