

Erklärungen zur Überdrehzahl bei Schiffsdieselmotoren

Zunächst einige Fakten zur allgemeinen Bedeutung der Drehzahl bei Schiffsdieselmotoren.

Die Drehgeschwindigkeit von Motoren wird im Motorenbau nicht als Frequenz pro Sekunde, sondern grundsätzlich als Umdrehung pro Minute angegeben.

Die Motoren werden besonders im Schiffsbetrieb hinsichtlich ihrer Drehzahl in drei Gruppen eingeteilt:

- **Langsamlaufende Motoren** - mit Drehzahlen bis ca. 400 U/min.
- **Mittschnellaufende Motoren** - mit Drehzahlen von 400 bis ca. 1000 U/min.
- **Schnellaufende Motoren** - mit Drehzahlen über ca. 1000 U/min.

Die Drehzahl gehört zu den Hauptkennwerten bei der Motorenberechnung, da sie als Wert direkt in die Leistungsberechnung der Motoren eingeht, sowohl bei den Zweitakt- als auch bei den Viertaktmotoren.

Um für alle Motorengrößen einen Kennwert zur Vergleichbarkeit ihrer mechanischen Belastungen zu haben, nimmt man als Vergleichsgröße die mittlere Kolbengeschwindigkeit C_m . Die mittlere Kolbengeschwindigkeit verknüpft die Motorendrehzahl mit dem Kolbenhub nach folgender Formel:

$$C_m = H \times n / 30 \text{ [m/s]}$$

Bevor die große Leistungssteigerung in den siebziger Jahren begann, galten folgende mittlere Kolbengeschwindigkeiten als Voraussetzung für einen verschleißarmen Betrieb bei ausreichend langer Lebensdauer, üblicherweise gleich der Lebensdauer des Schiffes, in den die Motoren eingebaut werden:

- **Langsamlaufende Motoren** - $C_m = 4,5$ bis $5,8$ m/s
- **Mittschnellaufende Motoren** - $C_m = 5,5$ bis $8,5$ m/s
- **Schnellaufende Motoren** - $C_m = 8,5$ bis $12,0$ m/s

Die Leistungssteigerung, die beispielweise bezüglich des Mitteldrucks und des Zünddrucks, zu einer Steigerung von fast 100 % führte, ging oft bei den langsamlaufenden Zweitaktmotoren einher mit einer Absenkung der Betriebsdrehzahl. Erst die Berechnung der mittleren Kolbengeschwindigkeit zeigt, dass auch hier eine Steigerung von bis zu 50 % eingetreten ist.

Dafür nachfolgendes Beispiel:

Alter Motor: KZ 70/ 120 E, Hersteller MAN, Bohrung: 700 mm, Hub: 1.200 mm, Nenndrehzahl: 140 U/ min, Mittlerer effektiver Druck: 9,75 bar

$C_m = 5,6$ m/s

Neuer Motor: S 70 ME – C- Mark 8, Hersteller MAN B&W, Bohrung: 700 mm, Hub: 2.800 mm, Nenndrehzahl: 91 U/ min, Mittlerer effektiver Druck: 20,0 bar

$C_m = 8,5$ m/s

Die große Bedeutung der konstruktiv festgelegten Motorendrehzahl für die mechanische Belastung eines Motors ergibt sich u.a. einerseits bei der Auslegung und Berechnung des äusseren und des inneren Massenausgleichs. Der Massenausgleich soll die Beherrschung der rotierenden und oszillierenden Massenkräfte, bedingt durch die auftretenden Trägheits- und Fliehkräfte, den auftretenden Gaskräfte sowie den dynamischen Zusatzkräften, bedingt durch die periodisch wechselnden Belastungen und ggf. durch den schwingungsfähigen Aufbau des Motors.

Andererseits ist die Bedeutung der Drehzahl bei den auftretenden Dreh-schwingungen, die u.a. zu den kritischen Drehzahlen führen, ganz logisch. Da der Motorenkonstrukteur immer bemüht ist, die kritischen Drehzahlen möglichst aus dem

normalen Betriebsdrehzahlbereich heraus zu drängen, was aber sehr selten vollständig gelingt, ist der Überdrehzahlbereich zusätzlich besonders kritisch zu bewerten.

An dieser Stelle stellt sich erst einmal die Frage - wieso haben Überdrehzahlen im Schiffsmotorenbetrieb überhaupt eine Bedeutung ?

Die Klassifikationsgesellschaften legen üblicherweise die Grenzwerte, die im Betrieb auftreten können, fest. Dazu gehört neben der Leistung auch die Drehzahl.

Bei der Leistung gibt es neben der Dauerleistung, die überlastbar ist, die Überleistung, die üblicherweise für 6 Stunden gefahren werden kann. Daneben gibt es als absolut größte Motorleistung, die Höchstleistung (110 %), die der Motor nur für eine kurze Zeit leisten muß. Zu dieser Höchstleistung gehört üblicherweise eine Höchstdrehzahl von 103,5 %. Schon aus diesen beiden unterschiedlichen Größenangaben erkennt man, in welche kritischen Bereiche die Überdrehzahl für die mechanische Belastung führen kann. Es ist hierbei durchaus die Gefahr von bleibenden mechanischen Überlastungen z.B. der Dehnschrauben der Pleuelstange, bzw. der Pleuellager, gegeben. Daher ist es unter allen Umständen sicherzustellen, dass diese Überdrehzahl in keinen Fall überschritten werden kann, wofür der Regler zuständig ist, der beim Erreichen dieser absolut höchsten Drehzahl sicher reagieren muss, bzw. der Notstopp des Motors eingeleitet werden muss..

Die Gefahr vom Erreichen einer Überdrehzahl ist real auch im praktischen Betrieb gegeben. Einerseits ist dies im Fall einer Havarie gegeben. Andererseits ist der klassische Fall, der Lastabwurf aus dem Vollastbetrieb heraus, der sofort zu einem Überschwingen der Drehzahl führt und vom Regler abgefangen werden muss. Die Überdrehzahl muss also in den von den Klassifikationsgesellschaften vorgeschriebenen Zeiträumen überprüft werden. Dabei ist jedem verantwortlichen Ingenieur klar, dass diese Überdrehzahlüberprüfung die absolut höchste mechanische Belastung eines Motors darstellt, die möglich ist und die durchaus zu mechanischen Schäden führen kann, bzw. infolge von Überbelastung zu einer Verringerung der Lebensdauer betroffener Bauteile führt.