

PRÜFTECHNIK News

## CMS – ein wichtiges Bord-Werkzeug

Jede neue, vom GL zertifizierte, Off-shore-Windenergieanlage muss mit einem geeigneten Condition-Monitoring-System (CMS) ausgerüstet werden. Warum sollten nicht auch Schiffe auf eine derartige Überwachungstechnik zurückgreifen, zumal für Schiffsantriebe ebenso hohe Verfügbarkeitsanforderungen gestellt werden?

Bei Herstellern und Betreibern von

Schiffen ist dazu aber entsprechende Weitsicht gefragt. Denn das Nachrüsten von Beschleunigungssensoren an unzugänglichen Stellen (z. B. bei Thrustern oder AziPods) ist später nicht – oder nur mit hohem Aufwand – möglich. Welche Möglichkeiten die CMS-Technologie für die zustandsorientierte Instandhaltung auf Schiffen bietet, stellen wir Ihnen mit dieser Ausgabe der *telediagnose.com* vor.

Condition Monitoring Service

## Eisenabrieb im Thrustergetriebe

Dr. Edwin Becker

Findet sich im Ölfilter oder bei der Ölanalyse erhöhter Metallabrieb, denkt man sofort an einen Schaden. Dieser sollte jetzt – insbesondere bei Getrieben – schnell lokalisiert werden, um das Ausfallrisiko und die Restnutzungsdauer abschätzen zu können. Grenzwerte für Metallabriebe, wie sie typischerweise in Getriebeölen vorkommen, sind in Abbildung 2 aufgeführt. Doch ist Vorsicht bei Verwendung dieser Grenzwerte geboten, wenn keine Informationen über die Ölmenge vorliegen. Während ein Eisengehalt von 20 ppm bei einem Getriebe mit 20 Liter Öl unbedenklich ist (= 400 mg), kann dies bei einem Getriebe mit 500 Litern Öl schon akute Betriebsgefahr bedeuten (=10 g).

Doch nun zu einem konkreten Fall aus der Praxis: Bei einer routinemäßigen Ölanalyse auf einem Tanker wurde am Azimuth-Thruster erhöhter Eisenabrieb festgestellt. Obwohl das Getriebeöl im Thruster sofort gewechselt wurde, forderte die Klassifikationsgesellschaft den kompletten Austausch des Thrusters. Da dieser Wechsel einen ausserplanmäßigen Trockendockaufenthalt des Tankers bedeutet hätte, wurde alternativ nach einer kostengünstigeren Lösung gesucht.

Zwischen der Reederei und der zuständigen Klassifikationsgesellschaft wurde schließlich vereinbart, die Ursache für den überhöhten Verschleiß von einem Spezialisten mittels Tiefendiagnosen herausfinden zu lassen. Ein großer Vorteil für die Ursachensuche war, dass im Rahmen der zustandsorientierten Instandhaltung auf dem Tanker bereits regelmäßig Schwingungen gemessen

und archiviert wurden.

Also wurde das PRÜFTECHNIK Diagnostik-Center beauftragt, die vorhandenen Schwingungsmessungen zu bewerten, sowie an allen Thrustern Tiefendiagnosemessungen – und gegebenenfalls videoskopische Inspektionen – durchzuführen.

Auf hoher See vor der schottischen Küste erfolgten systematische Messun-



Abb.1: Zustandsanalyse am ausgebauten Ölfilter

### In dieser Ausgabe:

CMS – ein wichtiges Bord-Werkzeug

Eisenabrieb im Thrustergetriebe

Schwingungen und Körperschallpegel reduzieren

Implementierung von Condition Based Maintenance (CBM) auf Schiffen

Lagergassenvermessung nach Kurbelwellenlagerschaden

Torsionsschwingungen am Schiffsantrieb

News & Messetermine

gen, sowohl mit dem mobilen Messdatensammler VIBXPERT®, als auch mit einem temporär installierten VIBNODE® Online-CMS. Am betroffenen Azimuth-Thruster zeigten sich typische und nicht-typische Anregungen in den Schwingungsspektren. Obwohl im unteren Bereich des Thrusters keine Sensoren installiert waren, ließ sich, trotz des langen Körperschallweges, auch die Zahneingriffsfrequenz des unteren Kegeltriebes identifizieren. Weniger erfreulich war aber, dass sowohl in den Schwingungsgeschwindigkeitsspektren als auch in den Hüllkurvenspektren erhöhte Anregungen der langen Zwischenwelle exi-



Abb 3: Temporär wurde das Condition Monitoring System VIBNODE® installiert.

stierten. Als mögliche Ursache kamen lokale Zahnschädigungen, Lagerverschleiss oder Verschleiss in der Kupplungsverzahnung in Frage. Zur Ursachenfindung erfolgten systematische Messungen mit dem Online-CMS VIBNODE®. Man wollte sehen, wie sich das Lauf- & Schwingungsverhalten und die Störfrequenzen am Azimuth-Thruster last- und drehrichtungsabhängig veränderten.

Zahnschäden konnten über die Tieffendiagnosemessungen ausgeschlossen werden. *“Der festgestellte Eisenabrieb kommt definitiv aus der Kupplungsverzahnung. Der Tanker kann daher gefahrlos bis zum nächsten geplanten Werftaufenthalt weiterfahren”* – so die Diagnose von Dr. Becker.

Die Ergebnisse wurden als Bericht für die Klassifikationsgesellschaft dokumentiert. Die Reederei bekam das OK, den Tanker bis zum nächsten geplanten Trockendockaufenthalt weiterzubetreiben. Die Diagnose bestätigte sich nun ein Jahr später: Der Eisengehalt im Öl hat sich normalisiert. ■

Metall	Mögliches Vorkommen in Getrieben	Grenzwerte in mg/kg (ppm) für		
		Mobile Industriegetriebe	Stationäre Industriegetriebe	Schneckengetriebe
Eisen (Fe)	Zahnräder, Wälzlager, Ölpumpen, Führungen, Gussgehäuse, Rohrleitungen, Schweißbrückstände	15 – 850	50 – 1500	10 – 220
Chrom (Cr)	Wälzlager, Lamellenkupplungen, Legierungsbestandteil (hochfeste Zahnräder)	2 – 40	4 – 60	2 – 35
Aluminium (Al)	Schneckenräder, (Alubronze), Kupplungen, Ölpumpen, Reibbelag von Kupplungen oder Bremsen	5 – 250	8 – 300	5 – 600
Kupfer (Cu)	Schneckenräder (Bronze), Gleitlager, Wälzlagerkäfig, Kupplungsbeläge, Rohrleitungen, Ölkühler, Synchronringe, Dichtringe	10 – 180	5 – 360	6 – 600
Blei (Pb)	Gleitlager-Laufschicht, Bronzeabrieb, Synchronringe, bei alten Ölen selten auch EP-Additiv	3 – 80	6 – 145	15 – 90
Zinn (Sn)	Gleitlager-Beschichtungen, Lötstellen, bei Ester-Ölen Ölbestandteil	2 – 40	2 – 60	2 – 35
Nickel (Ni)	Zahnräder, Legierungsbestandteil von Spezialstahl, hochfeste Zahnräder	2 – 25	2 – 35	2 – 15
Molybdän (Mo)	Synchronringe, EP-, AW-Zusätze auf molybdänorganischer Basis, MoS <sub>2</sub> -Zusätze, Sonderstähle	3 – 500	10 – 500	5 – 25
Zink (Zn)	Stützkern von Filtern, verzinkte Rohrleitungen, Farbanstriche, Additive auf zinkorganischer Basis	15 – 400	18 – 450	40 – 600

Abb.2: Grenzwerte für spezifische Metallabriebe

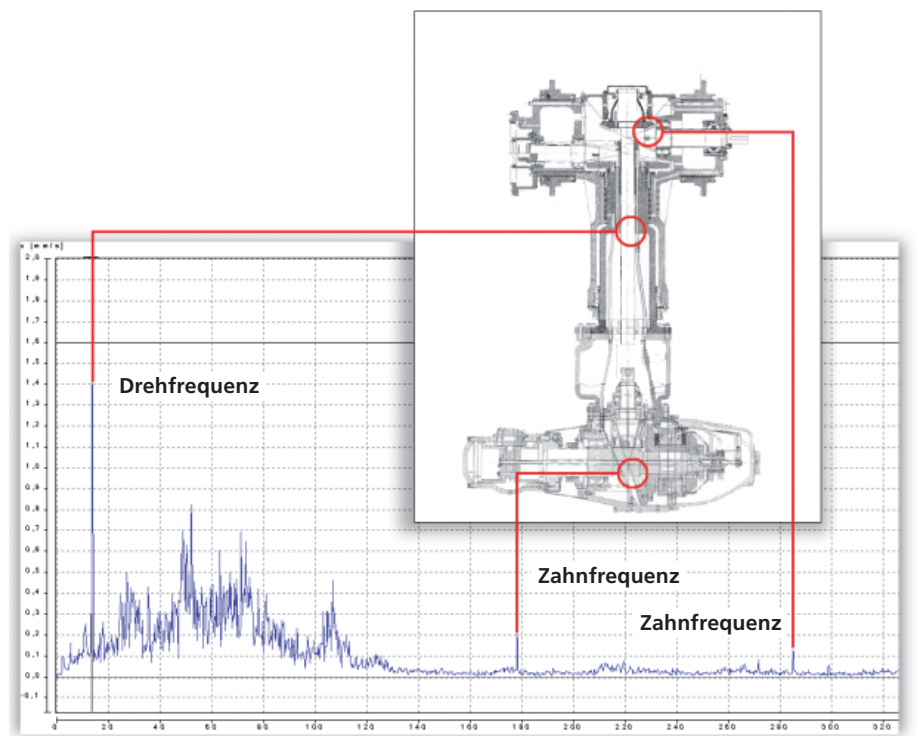


Abb.4: Das Schwingungsgeschwindigkeitsspektrum zeigte erhöhte Anregungen der langen Zwischenwelle

Condition Monitoring Technologie

# Schwingungen & Körperschallpegel reduzieren

Dr. Edwin Becker

Bei Schiffen ist zwischen Schwingungen des gesamten Schiffsrumpfes, örtlich begrenzten Schwingungen durch den Betrieb der an Bord befindlichen Maschinen und Schwingungen und Zusatzschwingungen infolge von Körperschalleitung zu unterscheiden. Mittels geeigneter frequenzbasierter Messtechnik und Auswertesoftware lassen sich Schwingungen messen und dominierende Schwingungserreger identifizieren.

## Schiffsschwingungen

Rollen und Schlingern stellen neben Tauchen, Stampfen oder Gieren die wichtigsten Schiffsschwingungen dar (Abbildung 1). Diese Schwingungen liegen oft zwischen 1 Hz – 90 Hz und werden durch die Schiffskonstruktion, den Beladungszustand und den Zustand des umgebenden Wassers bestimmt. Sie verursachen je nach Einleitung in den menschlichen Körper entsprechende Ganzkörper- und auch Teilkörperschwingungen in einzelnen Körperteilen oder Organen. Während bei Schwingungen über 90 Hz 'nur' Komforteinschränkungen zu erwarten sind, können die niederfrequenten Schwingungen auch bei geringer Intensität einen störenden Einfluss auf den menschlichen Organismus haben, das Wohlbefinden beeinflussen und bei Langzeiteinwirkung zur gesundheitlichen Schädigung führen. Es ist deshalb bei Schiffen erforderlich, die frequenzbewerteten Effektivwerte der Schwingbeschleunigung in Abhängigkeit von der Einwirkungsrichtung, der täglichen Expositionszeit und der entsprechenden Schwingungskategorie unter bestimmten Bedingungen zu messen und zu bewerten.

## Maschinenschwingungen

An Bord befindliche Maschinen und Anlagen können lokal zu erhöhten Schwingungen im Schiff oder infolge von Körperschalleitung zu Komforteinschränkungen führen. Grundsätzlich sind deshalb sowohl schwingungsarme Konstruktionen des Schiffskörpers und der Maschinenfundamente als auch geringe Schwingungen von den Antriebs- und Maschinenkomponenten anzustreben. Dies bedeutet, dass bei Motoren, Getrieben und Maschinen die frequenzbewerteten Körperschallpegel der

Schwinggeschwindigkeit mehr und mehr zum Wettbewerbsfaktor und auch zum Einkaufskriterium werden.

## Körperschallpegel messen

Die (frequenzselektiven) Körperschallpegel berechnen sich aus den gemessenen Schwinggeschwindigkeiten nach folgender Formel:

$$L_v = 20 \cdot \log \left( \sum \frac{v_n}{v_0} \right) dB$$

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$   
(nach ISO 1863:  $v_0 = 10^{-9} \text{ m/s}$ )

Abbildung 2 veranschaulicht, wie bei Abnahmemessungen Beschleunigungssensoren am Fuß eines Dieselmotors installiert wurden, um die frequenzselektiven Körperschallpegel zu messen.

Dabei hat es sich als wertvoll erwiesen, dass außer den Terzspektren auch sehr schmalbandige Frequenzspektren aufgezeichnet werden. Dies ist in Abbildung 3 veranschaulicht. Motoren- und

Schiffshersteller bekommen nicht nur Informationen über die jeweiligen Körperschallpegel sondern auch Messergebnisse, um dominierende Erreger zu identifizieren. Anschließend können Konstrukteure und Entwicklungsingenieure über geeignete aktive Maßnahmen zur Schwingungsminderung oder passive Maßnahmen wie Gehäuseversteifungen oder elastische Abstützungen entscheiden. Derartige Abnahmemessungen gehören zum Dienstleistungsangebot der PRÜFTECHNIK. ■

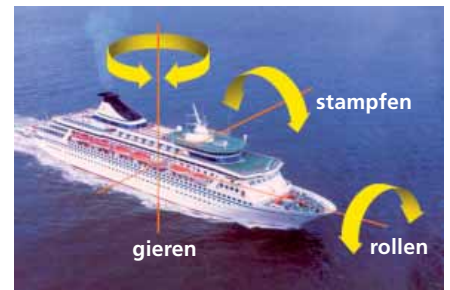


Abb. 1: Typische Schiffsschwingungen



Abb. 2: Beschleunigungssensoren installiert am Fuß eines Dieselmotors

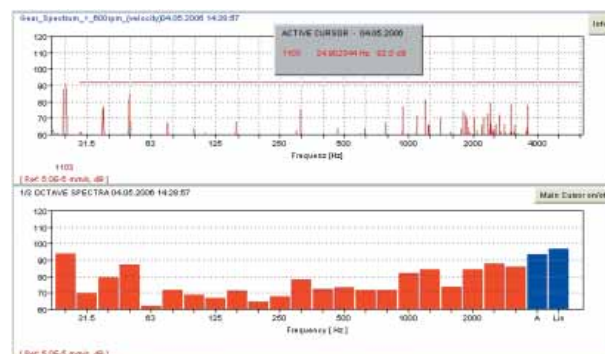


Abb. 3: Terz- und Schmalbandspektren einer Abnahmemessung

Condition Monitoring Technologie

# Implementierung von Condition Based Maintenance (CBM) a

Johann Lösl

Condition Based Maintenance (CBM) ist inzwischen in vielen Industriebereichen als Standardmethode zur Maschinenüberwachung eingeführt. Über die Vorteile wurde in zahlreichen Publikationen berichtet. Im Bereich der Marintechnik hat CBM – neben den bekannten Vorzügen, wie z. B. der Vermeidung ungeplanter Maschinenausfälle – eine weitere kostensenkende Bedeutung: Bestimmte Aggregate an Bord eines Schiffes müssen von Klassifizierungsgesellschaften wie z. B. DNV, GL, ABS etc. regelmäßig inspiziert und auf Tauglichkeit überprüft werden. Die Ausweitung der Inspektionsintervalle wird nur dann gewährt, wenn die betreffenden Maschinen mit CBM-Technik überwacht werden, die Crew in die Bedienung der Schwingungsgeräte eingewiesen ist und die Daten regelmäßig erfasst werden. Auch die Analyse der Messdaten muß durch geschultes Personal erfolgen.

Für die Überwachung von Maschinen sind prinzipiell Offline- und Online-Systeme geeignet. Deren Verwendung hängt von der Wichtigkeit des Aggregates, offiziellen Bestimmungen und letztendlich vom Benutzer ab.

## Offline-Systeme an Bord von Schiffen

Die Maschinenzustandsdaten werden regelmäßig alle 6 – 8 Wochen gemessen. Das System zur Datenerfassung und Auswertung besteht aus einem tragbaren Datensammler und der zugehörigen PC-Software. Die Messrunden werden am PC konfiguriert und anschließend in den Datensammler geladen. Bei der Messwertaufnahme mit Offline-Systemen stellt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse immer eine Herausforderung dar. Im Idealfall nehmen immer die selben, gut trainierten Crewmitglieder die Daten auf und gewährleisten somit stets eine gleich hohe Datenqualität. Auf einem Schiff hat die Crew jedoch sehr viele verschiedene Aufgaben zu erledigen. Schwingungsmessung ist da nur eine von vielen. Zweifelhaft, ob dabei immer auf die Datenqualität geachtet wird. Von großem Nutzen in diesem Zusammenhang sind Systeme, die einfach zu bedienen sind und Fehlmessungen ausschließen. Fehlmessungen können entstehen, wenn z.B. an der falschen Stelle, mit schlechter Ankopplung oder

ISO 10816-3) und Kennwerte für den Wälzlagerzustand aufgenommen, um aus deren Trendverlauf eine Zustandsveränderung zu erkennen. Für eine tieferegehende Maschinendiagnose sind weitere Signalmessungen (Spektren und Hüllkurvenspektren) erforderlich.

## Interpretation der Daten

Die Datenauswertung wird aus Personal- und Kapazitätsgründen so gut wie nie auf dem Schiff erfolgen. So ist es mit der OMNITREND® PC-Software möglich, die Daten beim Auslesen aus dem Datensammler gleichzeitig in eine Datei zu exportieren und per eMail an die jeweiligen Empfänger (Hauptniederlassung oder Diagnose-Servicepartner) zu übertragen. Die Datenbank auf dem Schiff ist somit eine Kopie oder Teilmenge der Hauptdatenbank an Land. Im Gegenzug können Änderungen an den Messparametern ebenfalls über eine Datei erfolgen. Aufgrund dieser 'Offline-Synchroni-



Abb.2: Die Auswert...



Abb.1: VIBCODE®-Messstelle

### 100% sicherer Anschluss

Absolute Messsicherheit mit reproduzierbaren Messwerten an unverwechselbaren Messstellen garantiert der patentierte VIBCODE®-Aufnehmer.

Das Aufnehmersystem erkennt beim Aufstecken automatisch die Messstelle und weiß, mit welchen Einstellungen gemessen werden muß.

Die Kodierung erfolgt einfach durch Ausbrechen bestimmter Zähne im roten Coding.



in falscher Richtung gemessen wird. Neben der magnetischen Ankopplung der Sensoren, sind fest verschraubte Messbolzen die beste Lösung zur wiederholgenauen Messung von Schwingungssignalen. Zur sicheren Identifizierung der Messstelle haben sich Systeme mit Barcodes und kodierten Messbolzen – wie die VIBCODE®-Messstellen – bewährt.

## Überwachungskonzept

In der Regel werden Kennwerte für die Maschinenschwingung (z. B. nach

sation' via eMail werden keine besonderen Anforderungen an die Kommunikationswege gestellt. Die Datenmenge ist klein und die Übertragungskosten somit sehr niedrig.

Auf dem Schiff lassen sich die Zugriffsrechte in der OMNITREND® PC-Software soweit einschränken, dass nur der Transfer der Messrunden in den Datensammler, die Ansicht der Daten und die Ausgabe bestimmter Reports möglich sind. Die komplette Steuerung des CBM-Programmes erfolgt von Spe-

# auf Schiffen



Übertragung der Messdaten erfolgt an Land beim Betreiber oder Servicedienstleister.

Spezialisten aus der Hauptniederlassung oder vom Diagnose-Servicepartner. Die Crew hat damit immer noch alle Möglichkeiten zur Datenerfassung und kann, falls vorgesehen, auch Maschinen im Alarmzustand inspizieren und Trendverläufe auswerten. Die Diagnose der 'kritischen' Aggregate erfolgt durch speziell geschultes Personal.

## Online Systeme auf Schiffen

Die Installation von Online-Systemen auf Schiffen lässt sich nur für bestimmte Aggregate oder Bereiche rechtfertigen: Dazu gehören beispielsweise der Antriebsstrang, die Thruster oder wichtige Zusatzaggregate im Maschinenraum (Maschinenraumlüfter, Hauptgenerator, Turbolader und Treibstoffzentrifugen). Bei speziellen Schiffstypen wie Kreuzfahrtschiffen oder Autotransporter ist die Online-Überwachung der unzugänglichen Lüftungsanlagen unbedingt zu empfehlen.

Die Einbindung in das Schiffsinformationssystem kann heutzutage ebenfalls relativ einfach realisiert werden. Ethernet bildet an Bord meist die Netzwerk-Infrastruktur. Über diesen Kommunikationskanal kann man Feldbusprotokolle wie Modbus TCP oder ethernetgestützte schiffstypische Protokolle laufen lassen. Bestimmte Kennwerte und Statusinformationen können damit zur Anzeige in die Leitwarte gebracht werden. ■

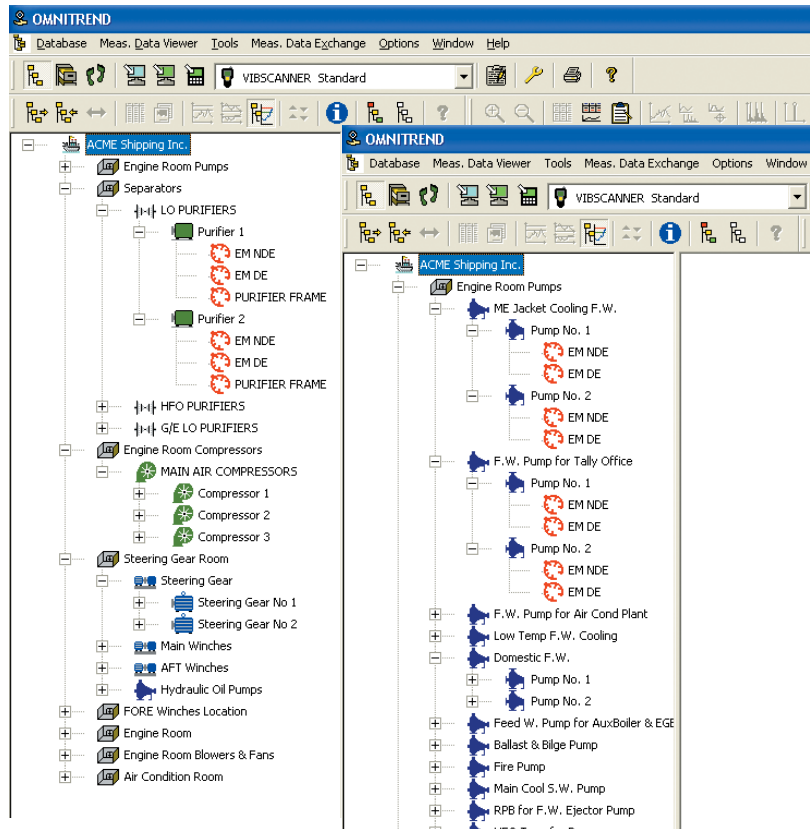


Abb.3: Die Verzeichnisstruktur in der OMNITREND®-Software bildet alle überwachten Komponenten des Schiffes ab.



Abb.4: Mobile Messung am Lüfterseitigen Motorlager mit VIBSCANNER®



Abb.5: Mit jeweils 4 VIBCODE®-Messstellen ausgerüstete Vertikalpumpen.

Ausricht-Anwendung:

## Lagerassenvermessung nach Kurbelwellenlagerschaden

Ole Holstein

Nach der Havarie einer Kolbenmaschine, wie z.B. einem Schiffsdieselmotor, stellt sich immer die Frage, ob und wie schwer der Motorblock in der Lagergasse beschädigt wurde.

Möglichst schnell muß dann entschieden werden, welche Instandsetzungsarbeiten in welchem Umfang durchzuführen sind: Ist die Lagergasse der Kurbelwelle in Ordnung? Falls nicht, welche Reparaturarbeiten sind notwendig?



Abb.1: Lasertechnik zur Kontrolle der Lagergasse

Spätestens bei der Endkontrolle, die durch Messung der Kurbelwellenwanngenatmung erfolgt, stellt sich dann heraus, ob die richtigen Maßnahmen durchgeführt wurden. Wenn der Kurbelwellenlauf jetzt nicht stimmt, sind Korrekturen nur noch in sehr geringem Umfang möglich. Und es kann noch mal richtig teuer werden.

‘Zeit ist Geld’ und ‘nur so viel Aufwand wie nötig’, beschreiben die Randbedingungen, unter denen der Schaden festgestellt und der Instandsetzungsaufwand kalkuliert werden muss.

Ein Tag Schiffsliegezeit kostet rund 10.000 Euro. Die Kosten für eine Reparatur in Abhängigkeit vom Schadensbefund können 500% Mehrkosten ergeben – je nach Schadensgrad. Deshalb sollte dieser Schadensgrad vorab möglichst

genau ermittelt werden.

Neben der Lagergassenflucht, ist auch die Rundheit der Lagersitze auf Abweichungen zu überprüfen. Dafür sind Messungen zum Schadensbild in Bezug auf die Geometrie am Lagerstuhl erforderlich: Wie ist der Lagersitz verformt? Wie groß ist die Abweichung von der Rundheit an welcher Stelle? Diese Informationen sind wichtig, um gegebenenfalls den minimalen Materialabtrag beim späteren Ausbohren einplanen zu können.

Mit dem laseroptischen Messsystem BORALIGN® kann eine Lagergasse direkt im Schiff bei ausgebauter Kurbelwelle mit geeigneten Vorrichtungen relativ schnell vermessen werden. Selbst bei neuen Motorkonzepten mit hängender Kurbelwelle läßt sich das System problemlos, auch in einer nach unten offenen Halbschale, einsetzen.

Erst mit den so gewonnenen Informationen ist der notwendige Aufwand für die Reparatur bestmöglich abzuschätzen.

BORALIGN® ist im Verhältnis zu einem kompletten Bohrgestänge, das einen Standard-12-Fuß-Container füllen kann, schnell in zwei Handkoffern zum Havaristen gebracht. Gegenüber konventionellen Verfahren erreicht BORALIGN® reproduzierbare Genauigkeiten, die in vergleichbarer Zeit mit entsprechendem Protokollaufwand nicht zu erzielen sind. Zudem steht der enorme Aufwand zur Messung mit Bohrgestänge und Messuhren bei einem negativen Befund (keine Reparaturen erforderlich) in keinem wirtschaftlichen Verhältnis. Ist die Befundmessung mit BORALIGN® positiv und damit ein größerer Aufwand tatsächlich notwendig, kann die komplette Lagergasse mit einem mobilen Bohrgerät nachgebohrt werden. Das Bohrgerät kommt somit nur dann zum Einsatz, wenn es tatsächlich auch gebraucht wird.

Für das Ausbohren muss die Welle der Bohrvorrichtung mit Hilfe zusätzlicher, justierbarer Hilfslager – den Lünetten – auf die Achse der Lagergasse ausgerichtet werden. Im günstigsten Fall



Abb.2: Der in der Bohrung drehbare Laser-Sensor.

muss nur ein einziger Lagerstuhl aufgebohrt werden, um eine Übermaß-Gleitlagerschale einzubauen. Aber auch wenn nur ein Lagerstuhl zu bearbeiten ist, muss bei konventioneller Vorgehensweise die gesamte Bohrwelle eingebaut werden, damit der Bezug zur Referenzachse hergestellt werden kann.

Mit Hilfe moderner Lasermesstechnik gelingt es auf eine durchgehende Bohrwelle zu verzichten, da die Teilsegmente auf die Referenzachse nur im benötigten Arbeitsbereich positioniert werden müssen: Im wesentlichen werden dabei in den jeweiligem Referenzpunkten die Messwerte erfasst und die Bohrwelle auf die (laseroptische) Referenzachse justiert. Nach einer Kontrollmessung läßt sich dann das Ausbohren mit ‘halber Bohrwelle’ schneller und kostengünstiger bewerkstelligen.

Damit reduziert sich der Aufwand für die Arbeiten und den Transport auf ein Minimum. Und als dann nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten die Endkontrolle zeigte, dass alle Messwerte innerhalb der Toleranzen lagen, waren die Messtechniker und Instandhalter stolz „nicht mehr getan zu haben, als unbedingt nötig war.“ ■



Abb.3: Der magnetisch befestigte Laser-Sender.



**Begriffslexikon**  
Hätten Sie's gewusst?

**Schall**

Schall entsteht durch wellenförmige periodische Schwingung in einem elastischen Medium. Man unterscheidet zwischen Luft-, Körper- und Wasserschall.

**Schallgeschwindigkeit**

Schallgeschwindigkeit ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwellen in Meter pro Sekunde. Sie beträgt in Luft bei 1 bar und 20°C 343 m/s; in Stahl etwa 5000 m/s und in Wasser bei 10°C 1440 m/s.

**Frequenz**

Die Frequenz dient der Kennzeichnung der Tonhöhe in Hertz. Eine Verdoppelung der Frequenz bedeutet einen Oktav-Schritt oder drei Terz-Schritte. In der Akustik umfaßt der Hörbereich etwa 10 Oktaven.

**Frequenzspektrum**

Das Frequenzspektrum ist eine Darstellung der in der Zeitfunktion enthaltenen Frequenzanteile über der Frequenz. Es dient zur analytischen Kennzeichnung des Geräusches oder Körperschalls. Man unterscheidet Oktav-, Terz- und Schmalbandspektren.

**Oktavband**

Ein Oktavband wird gekennzeichnet durch die Oktavmittenfrequenz. Üblich sind 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 und 8000 Hz.

**Pegel (in dB)**

Pegel werden auf Grund der über mehrere Zehnerpotenzen reichenden Zahlenwerte des Schalls - insbesondere in der Akustik - verwendet. Pegelmessergebnisse lassen sich vergleichen, wenn die Bezugswerte bekannt sind.

**Vorschau**

In unserer nächsten Ausgabe lesen Sie zum Schwerpunkt Pumpen:

Diagnoseerfahrung: Ursachenanalyse für erhöhte Pumpenschwingungen auf einer Bohrplattform.

Technologie: Ordnungsanalyse nach dem Resampling-Verfahren.

Applikation: Wuchtgüten verbessern.

Applikation: Kurbelwangenatmung messen.

Condition Monitoring Grundlagen

**Torsionsschwingungen am Schiffsantrieb**

Florian Buder

Ungleichförmigkeit bei Kurbelwellen von Dieselmotoren erzeugt Torsionsschwingungen, die sich im Antriebssystem gefährlich aufschwingen und dabei zum Bruch hochelastischer Kupplungen führen können (Bild 1). Oder es kommt im Getriebe zu vorzeitigem Verschleiß,

weise folgende zulässige Belastungen:

1) Im Betriebsdrehzahlbereich (plus 5% und kleiner 10%) sollen die Wechseldrehmomente in der belasteten Getriebestufe nicht 30% des mittleren Drehmomentes dieser Stufe übersteigen.

2) Beim An- und Abfahren dürfen die beim Durchfahren der Resonanzen auftretenden Wechseldrehmomente im Getriebe nicht größer sein als etwa das zweifache des mittleren übertragenden Nenndrehmomentes, für das das Getriebe ausgelegt ist.

3) Lastwechsel infolge von Wechseldrehmomenten sind im allgemeinen nur beim Durchfahren im unteren Drehzahlbereich (bis 35%) zulässig. Bei höheren Drehzahlen müssen Sperrbereiche eingeführt werden.

Bild 2 zeigt Dehnungsmessstreifen mit telemetrischer Übertragung, die auf der Propellerwelle eines Schiffes montiert sind.

Drehmomentmessungen, Überlastmonitoring, Ermitteln von Lastkollektiven und Bewertungen des Anlagenzustandes bietet PRÜFTECHNIK als Dienstleistung an. ■



Abb.1: Bruch einer hochelastischen Kupplung



Abb.2: Dehnungsmessstreifen mit telemetrischer Übertragung – montiert auf der Propellerwelle eines Schiffes.

zu Rissen oder zu wiederholten Zahnbrüchen.

Bei Schiffshauptantrieben sind Torsionsschwingungen abnahmepflichtig. Es ist Stand der Technik, dass bei Abnahmefahrten Drehschwingungsberechnungen und Drehmoment- bzw. Drehschwingungsmessungen gemacht werden. Die Bewertung der Resonanzschaulbilder durch den Inspektor basiert dann meist auf Messungen mittels Dehnungsmessstreifen. Für Hauptgetriebe gelten neben der Resonanzfreiheit beispiels-

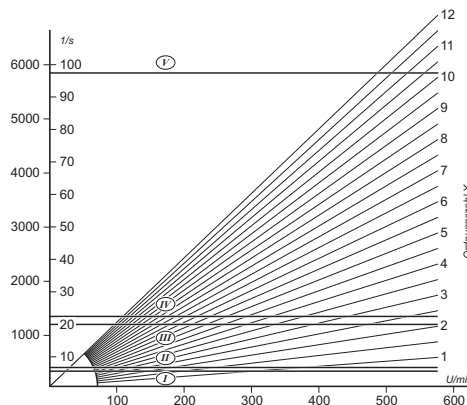


Abb.3: Resonanzschaubild

## News

### Messdaten-Auswertung als Serviceleistung

Zustandsorientierte Instandhaltung gehört auch auf Schiffen immer mehr zum Stand der Technik. Die Datenerfassung erfolgt dabei meist durch Besatzungsmitglieder. Mit Hilfe codierter Messstellen – wie z. B. VIBCODE® – kann sichergestellt werden, dass Messrunden vollständig und fehlerfrei eingelesen werden. Doch wer wertet die Daten jetzt aus? Da meist kein Schwingungsspezialist an Bord ist, bietet PRÜFTECHNIK einen Fern-Auswerteservice an: Messdaten werden per eMail ins PRÜFTECHNIK-Servicecenter gesandt und dort von Spezialisten ausgewertet und per detailliertem Messbericht dokumentiert. Die Abbildung unten zeigt einen Teil des Verzeichnisbaumes mit über 120 Schiffsmaschinen – vom Ruderdeck bis zu den Thrusterantrieben – und einen Messbericht. ■

### VIBXPert® – jetzt mit weiteren praktischen Funktionen

Die aktuelle VIBXPert®-Version wurde jetzt mit einer Reihe neuer, nützlicher Diagnosefunktionen ausgestattet:



- Ordnungsanalyse
- Orbit-Messung
- Anschlagtest
- zeitsynchrones Mitteln im Frequenz- und Zeitbereich
- Cepstrum
- Auslauf-/Hochlaufanalyse (Amplitude / Phase, Breitbandkennwert, FFT)

Außerdem lässt sich VIBXPert® nun auch als Schallpegelmessgerät zur Geräusch-Ursachenanalyse einsetzen. Sind Sie als VIBXPert®-Anwender an diesen Erweiterungen interessiert, kontaktieren Sie bitte Ihren zuständigen Vertriebsmitarbeiter. ■

### Condition Monitoring Partnerkonzept

Mobile Schwingungsmessungen werden derzeit so zahlreich angeboten, dass neben den Kosten auch die Kompetenz des Anbieters ein wichtiges Auswahlkriterium ist. Doch wie den richtigen Partner finden?

PRÜFTECHNIK hat im Rahmen seines Condition Monitoring Partnerkonzepts mittlerweile ein umfangreiches Netzwerk an kompetenten Dienstleistern aufgebaut, die Ihnen bei der Lösung von Schwingungsproblemen zuverlässig zur Seite stehen - und das auch weltweit in über 70 Ländern!

Darüber hinaus bauen wir unser Partnernetzwerk weiter aus. Wenn Sie als Dienstleister mit uns zusammenarbeiten möchten, kontaktieren Sie uns bitte unter: info@pruftechnik.com. ■

### PRÜFTECHNIK wächst

Die außerordentlich gute Geschäftsentwicklung der letzten Jahre hat die PRÜFTECHNIK-Gruppe auch personell stark wachsen lassen, so dass zusätzliche Bürofläche dringend nötig wurde. Mit dem Erwerb eines modernen Bürokomplexes neben dem PRÜFTECHNIK-Stammhaus wurden die räumlichen Voraussetzungen für weiteres Wachstum geschaffen. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen von PRÜFTECHNIK Alignment Systems sind als Erste in die großzügigen Büros im neuen Gebäude umgezogen. ■



Das neue PRÜFTECHNIK-Gebäude an der Freisinger Straße.

### www.telediagnose.com

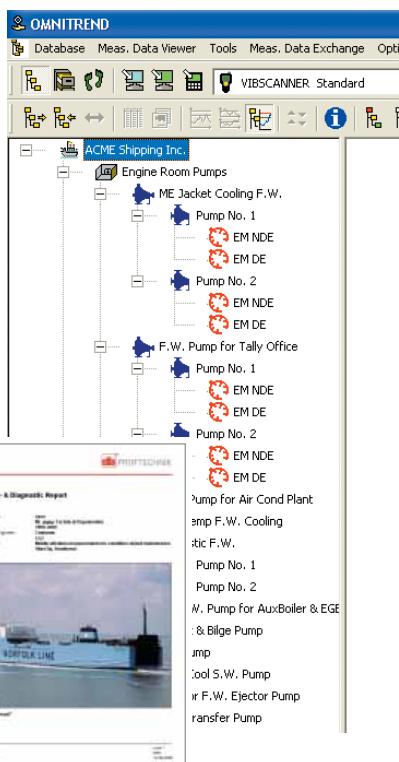
Unter www.telediagnose.com können Sie alle weiteren Ausgaben des PRÜFTECHNIK Service-Magazins herunterladen. Jede Ausgabe behandelt schwerpunktmäßig eine spezielle Branche – wie beispielsweise Papiermaschinen, Extruder oder Windenergieanlagen. ■

### Impressum

**PRÜFTECHNIK**  
**Condition Monitoring GmbH**  
 85737 Ismaning  
 Tel: 089 99616-0  
 Fax: 089 99616-300  
 eMail: info@pruftechnik.com

**PRÜFTECHNIK**  
**Alignment Systems GmbH**  
 85737 Ismaning  
 Tel: 089 99616-0  
 Fax: 089 99616-100  
 eMail: info@pruftechnik.com

www.pruftechnik.com



## Termine

Alle Messe-, Seminar- und sonstigen Termine der PRÜFTECHNIK-Gruppe finden Sie aktuell auf unserer Internetseite unter www.pruftechnik.com ■