

Zustandsbewertungen und Schadensanalysen im maritimen Bereich mit Hilfe zerstörungsfreier Prüfungen

Dr.- Ing. F. Ahrens
MQ Engineering GmbH Rostock
Kassebohrer Weg 11/12
18055 Rostock
Tel.: 0381 / 1283 60
e-mail: info@mq-engineering.com



DGZfP- Jahrestagung 2005



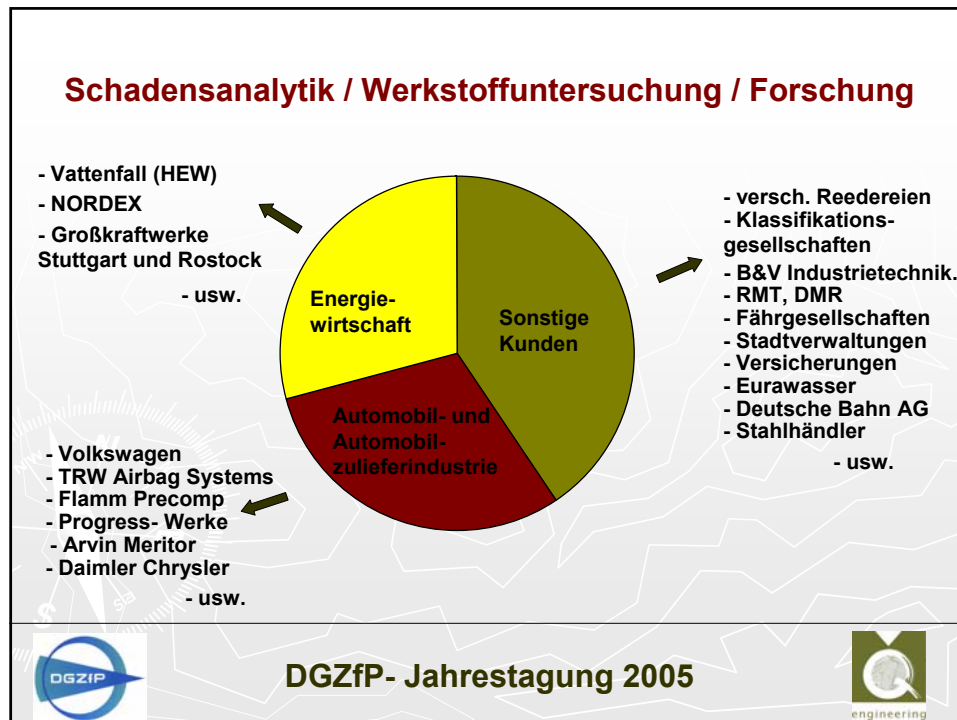
Material Quality Engineering GmbH

- Schadensbegutachtung
- Werkstoffuntersuchungen
- Werkstoffforschung und Entwicklung



DGZfP- Jahrestagung 2005





- ### Gliederung:
1. Typische Aufgabenstellungen von Zustandsbewertungen und Schadensanalysen in der maritimen Technik mit Hilfe zerstörungsfreier Prüfungen
 2. Prüfstrategie bei derartigen Untersuchungen
 3. Beispiel für eine Zustandsbewertung an Propellerwellen im eingebauten Zustand
 4. Beispiel einer versicherungstechnischen Untersuchung an einer Hauptmaschine an Bord eines Schiffes
 5. Weitere Anwendungsgebiete identischer Prüfstrategien
- DGZfP- Jahrestagung 2005

1. **Typische Aufgabenstellungen von Zustands-
bewertungen und Schadensanalysen in der
maritimen Technik mit Hilfe zerstörungsfreier
Prüfungen**



DGZfP- Jahrestagung 2005



A Zustandbewertungen -

Frage nach der Eignung
und Verwendungsfähigkeit
der Bauteile, Komponenten
und Anlagen

B Versicherungsfragen -

Frage nach der
Ursächlichkeit von
Ereignissen bei in der
Regel Weiterverwendbar-
keit der Bauteile,
Komponenten und Anlagen

C Schadensklärung -

Klärung von
Schadensursachen bei teil-
weiser Wiederverwendbar-
keit der Bauteile,
Komponenten und Anlagen



DGZfP- Jahrestagung 2005



2. Prüfstrategie bei derartigen Untersuchungen



DGZfP- Jahrestagung 2005



Kombination aller zerstörungsfreien Prüfverfahren, die Auskunft/ Anhaltspunkte über

- die äußere Beschaffenheit (äußere Fehler)
- die inneren Fehler (innere Fehler)
- die Gefügestruktur und ihre Gleichmäßigkeit
- die Festigkeit (Härte) und ihre Gleichmäßigkeit

geben können. Das sind z.B.:

- Prüfung der mitgelieferten Prüfbescheinigungen
- üblich angewendete ZfP- Verfahren (MT, UT, PT...)
- Zusatzinformationen aus ZfP- Verfahren (Abschätzung der Ultraschallschwächung)
- zerstörungsfreie Bauteilmetallografie



DGZfP- Jahrestagung 2005



Insbesondere die Kombination aus

- Abschätzung der Ultraschallschwächung an diversen Bauteilpunkten
- Härteprüfung an diesen Punkten
- Kontrolle der bei der Schallschwächungsabschätzung und der Härteprüfung auffälligen Bereiche mit zerstörungsfreier Bauteilmetallografie

erlaubt die Bewertung von

- Wärmebehandlungszuständen
- der Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung
- Abschätzungen zur Verwendungsfähigkeit



DGZfP- Jahrestagung 2005



3. Beispiel für eine Zustandsbewertung an Propellerwellen im eingebauten Zustand



DGZfP- Jahrestagung 2005





Bild 1: 2 Propellerwellen, Länge 18 m, Werkstoff Duplex- Stahl 1.4462



DGZfP- Jahrestagung 2005



Probleme:

- erhebliche Schwierigkeiten bei der mechanischen Bearbeitung
- starker Verzug (mehrfache Kaltrichtung erforderlich)
- Oberflächenrisse bei der abschließenden Rissprüfung im Bereich der Wellensitze
- Welle musste aufgrund des Baufortschrittes der Yacht eingebaut werden
- Frage nach Ursachen der Probleme/ Verwendungsfähigkeit



DGZfP- Jahrestagung 2005



Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse:

Prüfung der mitgelieferten Prüfbescheinigungen:

- auffällig ungleichmäßige Kerbschlagarbeitswerte laut Prüfbescheinigung 3.2 (171-51-71J)

Farbeindringprüfung:

- 3 Risse (Bild 2)

Visuelle Prüfung:

- ungleichmäßiges Bearbeitungsbild (auch farblich/ Bild 3)

Schallschwächungsabschätzung:

- Messwerte (Bild 1) schwanken zwischen $\kappa = 10,4$ dB/m am Wellenende mit Rissen und $\kappa = 18,5$ dB/m auf der anderen Seite der Welle



DGZfP- Jahrestagung 2005

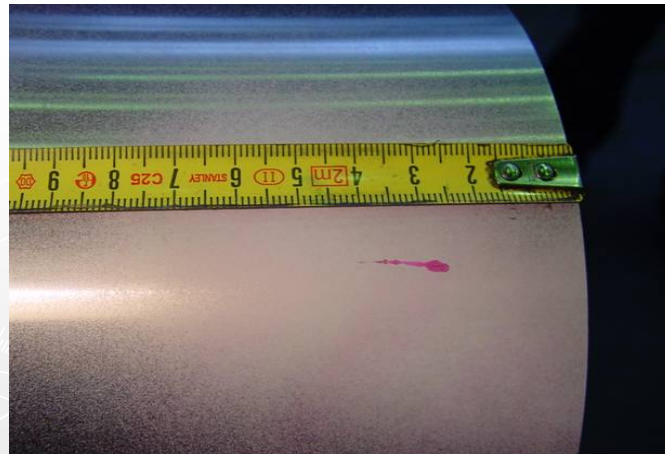


Bild 2: Rissbildungen in der Wellenoberfläche



DGZfP- Jahrestagung 2005





Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse:

Härteprüfung:

- Messwerte schwanken zwischen 205 und 277 HB

Zerstörungsfreie Bauteilmetallografie:

- Gefüge am Wellenende ($\kappa = 10,4 \text{ dB/m}$) mit Rissen \rightarrow korngrenzenorientierte Ausscheidungen von Sigma-Phase und Karbiden, etwas homogenere Gefügeausbildung
- Risse verlaufen entlang von spröden Sigma-Phasen- Ausscheidungen/ unterschiedlich geöffnet/ ließen sich aufgrund von Verformungen kaum anätzen (Bild 4)
- Gefüge im Bereich mit $\kappa = 18,5 \text{ dB/m}$ \rightarrow zeiliges Gefüge mit flächigen Ausscheidungen von Sigma-Phase und Karbiden (Bild 5)

DGZfP- Jahrestagung 2005

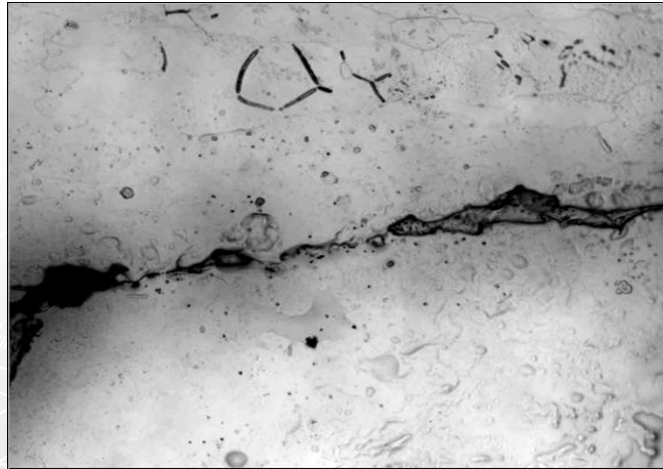


Bild 4: Rissbildung entlang von spröden Sigma-Phasen-Ausscheidungen



DGZfP- Jahrestagung 2005

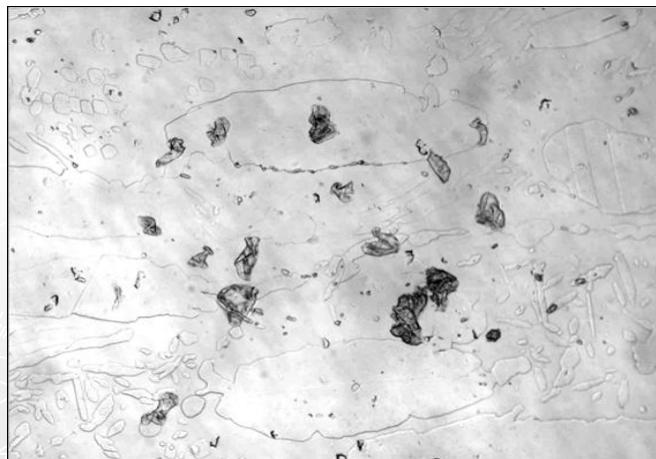


Bild 5: Grundwerkstoff mit Sigma-Phase und Karbiden



DGZfP- Jahrestagung 2005



Ergebnis:

- ungleichmäßige Gefügeausbildung bedingt ungleichmäßige Kerbschlagarbeitswerte
- durch zu langsame Abkühlung Sigma-Phasen-Ausscheidung (ungleichmäßiges Gefüge weist auf ungleichmäßige Abkühlung hin)
- Welle nicht ordnungsgemäß lösungsgeglüht
- hohe Eigenspannungen (Bild 3 der mechanischen Bearbeitung)



DGZfP- Jahrestagung 2005



Folge:

- Kaltsprödigkeit und Innenanrisse möglich (bereits bei Prüfung teilweise niedrige Kerbschlagwerte und Oberflächenanrisse)

Daraus resultierend muss während des Betriebes mit folgenden Erscheinungen gerechnet werden:

- Kaltsprödigkeit (Yacht benötigte „Eisklasse“),
- Anrissbildung und Rissfortschritt durch dynamische Belastung

sowie Entspannung im Betrieb in Form von

- Verwerfungen
- Neigung zu Entspannungsrisse.



Welle wurde verworfen!



DGZfP- Jahrestagung 2005



**4. Beispiel einer versicherungstechnischen
Untersuchung an einer Hauptmaschine an
Bord eines Schiffes**



DGZfP- Jahrestagung 2005



Grundwanne einer Hauptmaschine eines Containerschiffes



DGZfP- Jahrestagung 2005





Probleme:

- Containerschiff wurde nach Notdockung beim Wiederausdocken von einer starken Windbö erfasst und mit der Stb- Seite hart gegen die Kante des Docktors gedrückt
- der assistierende Schlepper leistete Hilfe und drückte das Schiff frei → dadurch wurde das Schiff auch mit Bb- Seite hart gegen die Torkante gedrückt

→ bei nachfolgender Inspektion Risse in der Grundwanne der Hauptmaschine festgestellt

Fragestellung:

→ Risse in der Grundwanne verursacht durch Dockberührung oder Fertigungsmängel? (auch Fertigungsmängel bekannt)

 **DGZfP- Jahrestagung 2005** 

Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse:

Prüfung der mitgelieferten Prüfbescheinigungen:

- keine Auffälligkeiten



Magnetinduktive Oberflächenrissprüfung/

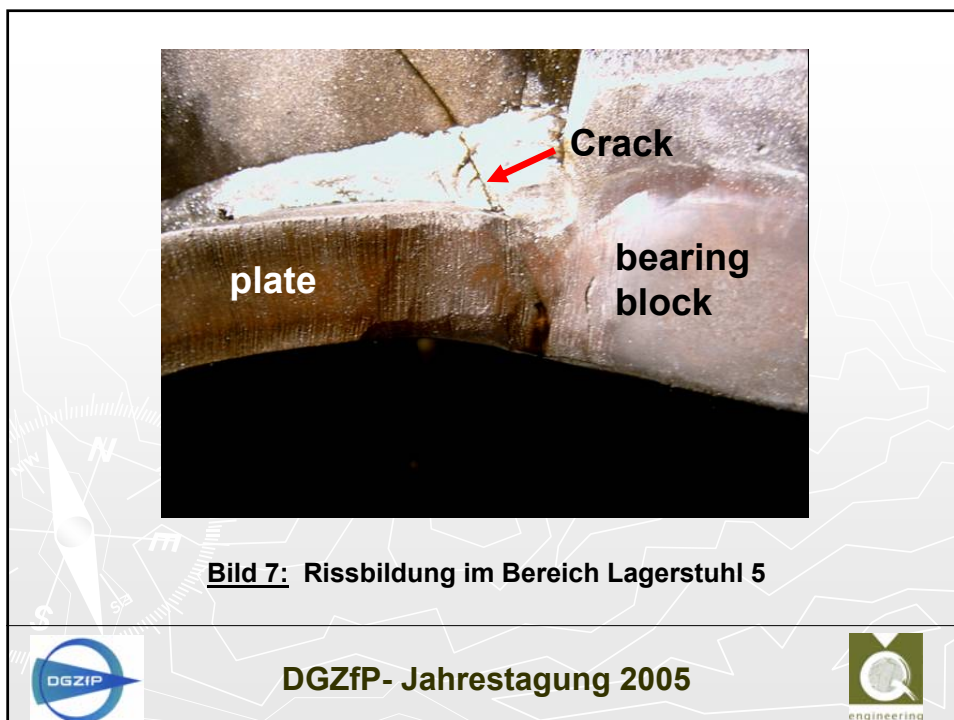
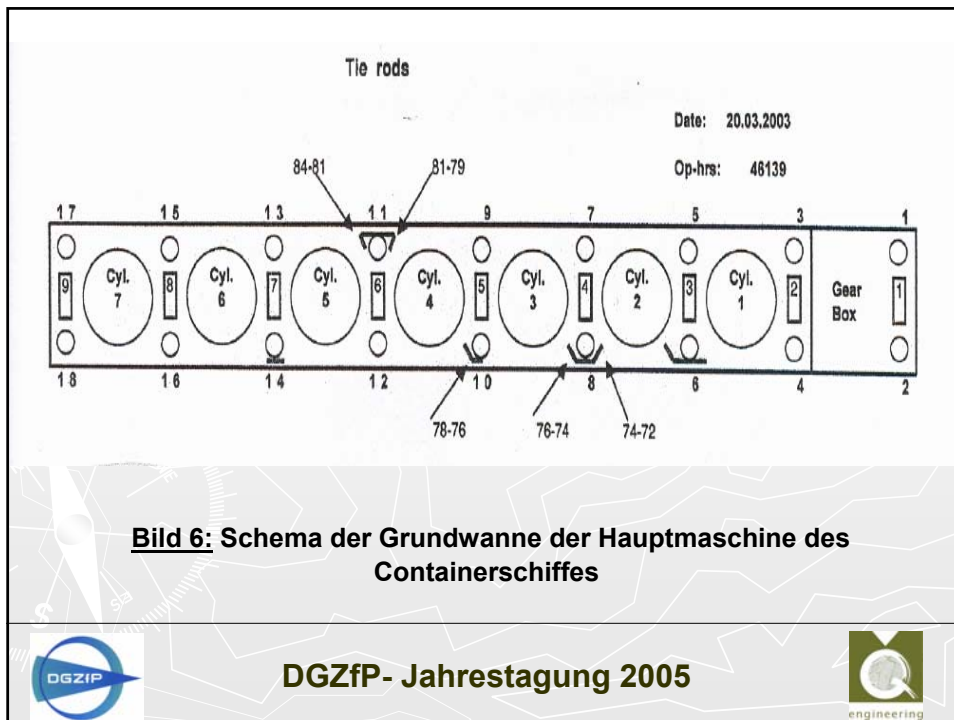
Visuelle Prüfung:

- diverse gerade, unverzweigte Risse im Bereich Lagerstuhlfuß/ Schweißnaht/ Übergang Blech
- jeder Lagerstuhl war nur auf einer Seite gerissen (immer nur ein Riss, keine Rissverzweigungen, keine Nebenrisse, kein Rissnetzwerk/ Bilder 6 und 7)

Schallschwächungsabschätzung:

- Messwerte schwanken zwischen
 $\kappa = 35,8 \text{ dB/m}$ (Lagerstuhl 6 direkt neben Riss)
 $\kappa = 5,7 \text{ dB/m}$ (Lagerstuhl 5, Seite ohne Riss)

 **DGZfP- Jahrestagung 2005** 



Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse:

Zerstörungsfreie Bauteilmetallografie:

- Gefüge am Lagerstuhl 6 (direkt im Rissbereich/
 $\kappa = 35,8 \text{ dB/m}$) → relativ inhomogenes, nicht
vollständig normalisiertes Gefüge mit Resten noch
nicht aufgelöster Gussstruktur (Bild 8)
- Gefüge am Lagerstuhl 5 (Seite ohne Riss mit
 $\kappa = 5,7 \text{ dB/m}$ (Lagerstuhl 5, Seite ohne Riss) →
homogenes, normalisiertes Gefüge mit Korngröße
4-7 nach ASTM (Bild 9)



DGZfP- Jahrestagung 2005

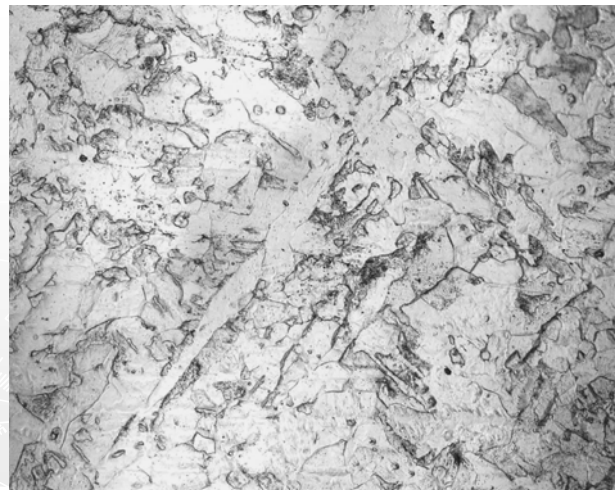


Bild 8: Nicht vollständig aufgelöstes Gussgefüge (V =100:1)



DGZfP- Jahrestagung 2005



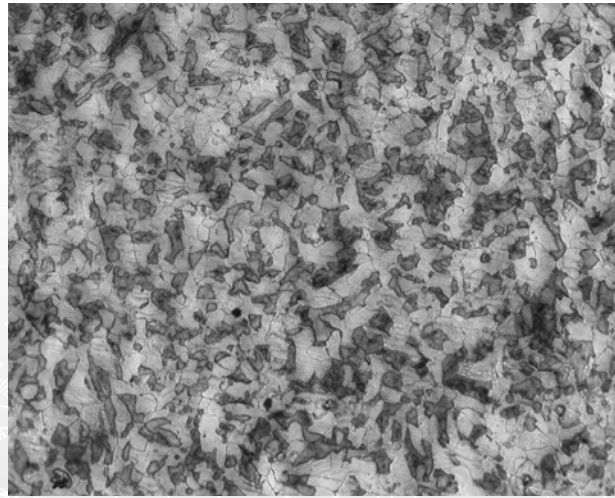


Bild 9: Normalisiertes Gefüge (V = 100:1)



DGZfP- Jahrestagung 2005



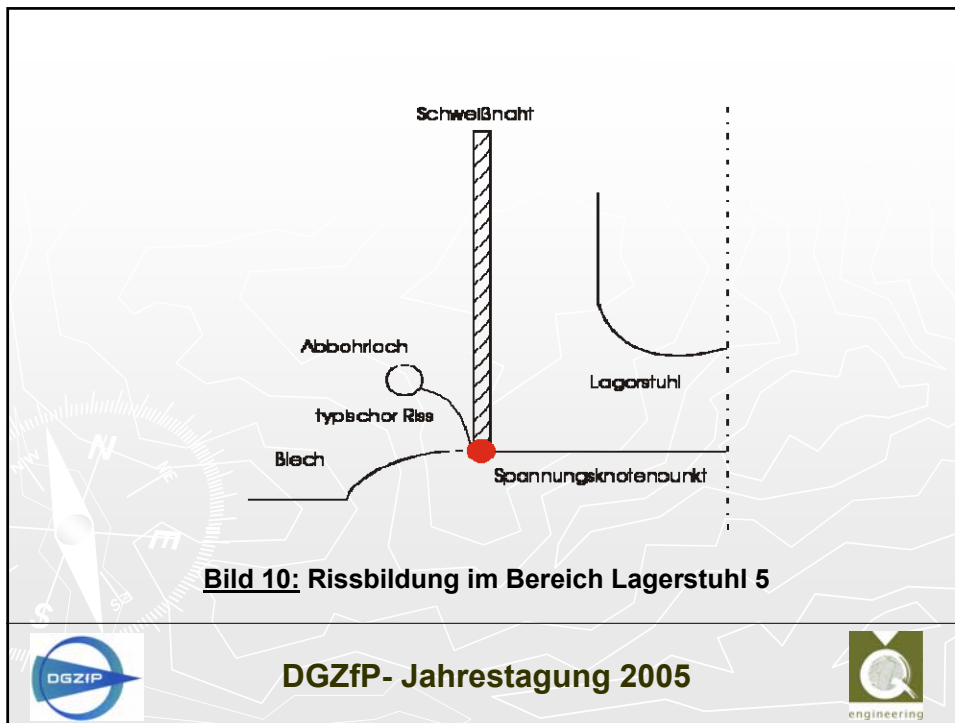
- Ergebnis:**
- alle Risse liegen an jedem Lagerstuhl in einem Bereich mit höchster Spannungskonzentration (Bild 10)
 - außen liegende (befestigte) Lagerstühle rissfrei
 - an den gerissenen Lagerstühlen jeweils nur die Seite mit „schlechterem“ Gefüge (Gefüge mit größeren Eigenspannungen) gerissen

Fazit: → *Entspannung der Grundwanne durch Dockberührung*



DGZfP- Jahrestagung 2005





A Schadensklärung -

Klärung von Schadensursachen bei teilweiser Wiederverwendbarkeit der Bauteile, Komponenten und Anlagen

(Bild 11)

B Wareneingangsprüfung -

Prüfung des Wärmebehandlungszustandes von Schmiede- und Gussteilen für Maschinen und Anlagen im maritimen Bereich



DGZfP- Jahrestagung 2005

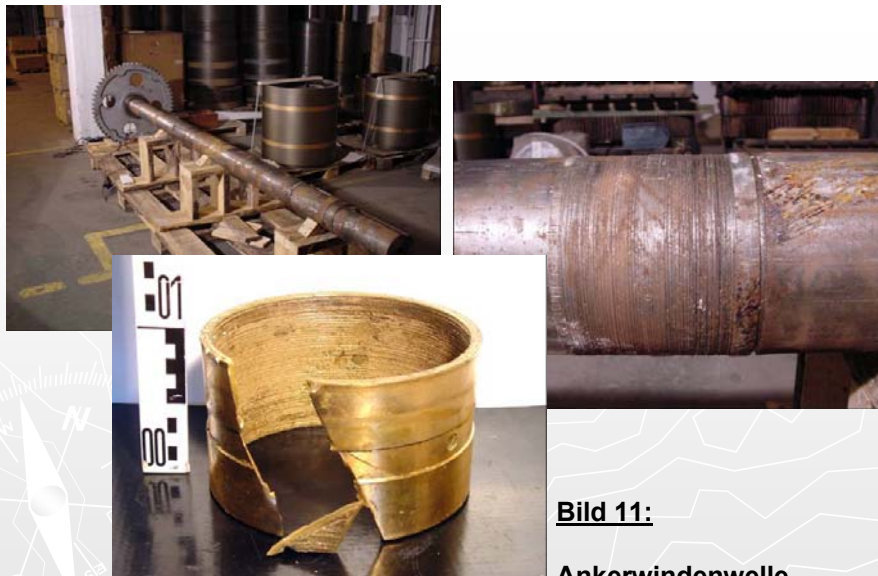


Bild 11:

Ankerwindenwelle



DGZfP- Jahrestagung 2005

