

Im Auge des Zyklons

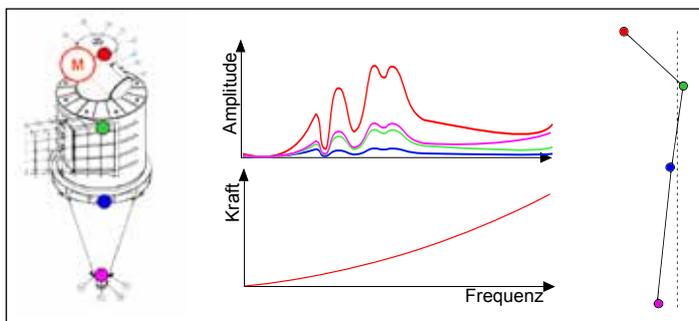
Die verfahrenstechnische Behandlung von Schüttgütern ist im Vergleich zu Gas- und Flüssigkeitsanwendungen im Allgemeinen komplexer. Der Transport der Feststoffe erfolgt hier unter anderem über Vibrationsrinnen, Förderschnecken oder pneumatisch über Fluidrinnen und Trägergase. Dass die Anlagen für die pneumatische Förderung beeindruckende Dimensionen erreichen können, davon durften sich die Ingenieure von KÖTTER Consulting Engineers (KCE) im Rahmen eines aktuellen Projektes überzeugen.

In der angesprochenen Anlage wurde Gestein thermisch behandelt, um organische Bestandteile aus den Sedimenten zu extrahieren. Im Rahmen eines aufwändigen und technologisch anspruchsvollen Prozesses wurden die Sedimente zunächst einem heißen Trägergasstrom übergeben und pneumatisch 60 m vertikal gefördert. Im Anschluss an diese Flugphase – in der das Material getrocknet wird – müssen die Feststoffe aus dem Gasstrom getrennt werden. Dies erfolgt mittels eines gewaltigen Fliehkraftabscheiders (Zyklon). Dieser besitzt einen Durchmesser von über 6 Metern und eine Höhe von 21 Metern.

Im Rahmen der Inbetriebnahme dieser Anlage wurden auffällig erhöhte Schwingungen am sogenannten Dom des Zyklons festgestellt. Erste Messungen durch die Inbetriebnehmer der Anlage ließen Zweifel an der Dauerfestigkeit in diesem Zustand aufkommen. KCE wurde von dem Anlagenbauer zur Beratung hinzugezogen und gemeinsam wurde eine Strategie für das weitere Vorgehen entwickelt.

Es zählt zu unseren Stärken, in einem solchen Fall mit umfangreicher Messtechnik zielgerichtete Messaufbauten auch in Großanlagen sehr kurzfristig zu realisieren. In diesem konkreten Fall wurde ein Großteil des pneumatischen Systems mit speziellen Druckaufnehmern ausgestattet, um mög-

liche Wirbelablösegebiete zu identifizieren und Druckpulsationen in den Rohrleitungen zu bestimmen. Darüber hinaus wurden in allen relevanten Anlagenbereichen Schwingungsgeschwindigkeitsaufnehmer montiert, um Strukturschwingungen zu ermitteln. Insgesamt wurden 40 temporäre Messstellen eingerichtet und mittels ca. 2,5 km Kabel an eine zentrale Datenerfassung angeschlossen. Diese Messkonfiguration erlaubt es, das Anfahren und den Betrieb der Anlage konti-



▲ **Abbildung:** Zyklon mit Lage des Unwuchterregers, Übertragungsverhalten und Resonanzschwingungsform

nulierlich und mit hoher zeitlicher Abtastung und Auflösung dynamisch zu vermessen.

Damit war es möglich, Betriebszustände und -bedingungen zu ermitteln, in denen reproduzierbar hohe Schwingwerte am Dom des Zyklons auftraten. Auf der Grundlage der Messdaten konnte eine Wirbelablösung innerhalb des Rohrleitungssystems als Erregerquelle identifiziert werden. Mittels einer einfachen Abschätzung konnten nun die aus den Druckpulsationen resultierenden dynamischen Kräfte auf den Zyklon berech-

Fortsetzung Seite 2 ▶

Arbeitsschutz mit System

Es liegt in der Natur der Sache, dass unsere Ingenieure unter besonderen Umständen arbeiten müssen. Um hierfür die Anforderungen unserer Kunden zu erfüllen und eine hohe Qualität unserer Arbeit zu gewährleisten, haben wir unseren Arbeitsschutz systematisch in allen Prozessen unseres Unternehmens integriert und verbessert.



Das hierbei eingeführte Arbeitschutzmanagement entspricht den Anforderungen nationaler und internationaler Richtlinien.

Wir bieten somit unseren Mitarbeitern und unseren Kunden sichere Arbeitsbedingungen und reibungslose Abläufe.

Mehr dazu erfahren Sie auf Seite 3.

Ihr Dr.-Ing. Johann Lenz

▶▶▶ INHALT ▶▶▶

- ▶ **Im Auge des Zyklons**
- ▶ **Schwingungsprobleme im GuD-Kraftwerk**
- ▶ **Qualität und Sicherheit mit Siegel**
- ▶ **Neue Vertriebsleitung: Thomas Middrup verstärkt das Team in Rheine**
- ▶ **Praxistag – Schwingungen im Kraftwerk**
- ▶ **DIN ISO 10816: Verschärfte Bedingungen für Kolbenverdichteranlagen**
- ▶ **Antrieb besteht Überlasttest**
- ▶ **Termine der KCE-Akademie**

Fortsetzung von Seite 1 ▶

net werden. Die weitere Analyse zeigte, dass diese alleine nicht für die überhöhten Schwingungen verantwortlich sein konnten.

In einem weiteren Schritt wurde deshalb die Strukturmechanik des Abscheiders untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein Unwuchterreger montiert und das Resonanzverhalten im Stillstand der Anlage analysiert. Auf diese Weise wurde festgestellt, dass mehrere

Ein Vergleich mit dem FEM-Modell des Zyklons mit den Messergebnissen wies ungewöhnlich deutliche Abweichungen auf.

Resonanzfrequenzen ähnlicher Schwingungsform nahe der ermittelten Pulsationsfrequenz vorhanden waren. Eine Resonanzfrequenz bezeichnet eine Frequenz, in der ein schwingfähiges System zu besonders hohen Schwingungsamplituden angeregt

werden kann. Die Abbildung zeigt das Übertragungsverhalten und die resultierende Schwingungsform.

Damit war die Wirkungskette bestehend aus Erregung, Übertragung und Verstärkung offengelegt und die Grundlage zur Entwicklung effizienter Minderungsmaßnahmen geschaffen. Ein FEM-Modell des Zyklons wurde erstellt. Der Vergleich des Modells mit den Messergebnissen wies dabei ungewöhnlich deutliche Abweichungen auf. Eine mögliche Ursache dafür können unter anderem schwingungsbedingte Vorschädigungen sein. Tatsächlich wurden bei der nachträglichen Inspektion des Zyklons Risse im Fußbereich des Doms gefunden. Diese wurden saniert und darüber hinaus wurden der Dom und das Dach des Zyklons durch zusätzliche Stahlprofilbleche verstärkt.

Abschließend erfolgte eine messtechnische Kontrolle, bei der die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen zunächst mittels einer

erneuten Resonanzuntersuchung und anschließend durch eine Betriebsschwingungsmessung bestätigt wurde.

Der erfolgreichen Inbetriebnahme dieser Großanlage stand damit aus schwingungstechnischer Sicht nichts mehr im Wege.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für die Schwingungsprobleme Ihrer Anlage. Wir begleiten Sie dabei bis ans Ziel. Rufen Sie uns an.



Dr.-Ing.
Christian Jansen
christian.jansen@
koetter-consulting.com

Schwingungsprobleme im GuD-Kraftwerk

In einem bestehenden Heizkraftwerk wurde eine neue GuD-Anlage zur Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades errichtet. Im Rahmen dieses Umbaus wurde eine neue Gasturbine sowie eine neue Dampfturbine zur Stromerzeugung installiert (Abb. 1). Die gesamte Leistung beträgt ca. 80 MW elektrisch und ca. 90 MW thermisch.

Während der Inbetriebnahme der Dampfturbine wurden an dem Getriebe, welches zwischen der Dampfturbine und dem Generator installiert ist, hohe Schwingungen beobachtet. Eine vom Getriebehersteller durchgeführte Schwingungsuntersuchung hat gezeigt, dass das Getriebe für die erhöhten Schwingungen nicht verantwortlich war. Zur Ermittlung der Anregungsmechanismen für die bemängelten Schwingungen wurde daraufhin KÖTTER Consulting Engineers (KCE) mit der Durchführung einer Schwingungsanalyse beauftragt.

Zunächst wurde die Schwingungssituation während des An- und Abfahrens sowie bei maximaler Last an den Lagerstellen der Dampfturbine, des Getriebes und des Generators aufgezeichnet. Dabei wurde festgestellt, dass die Schwingungen im Bereich des Getriebes am höchsten sind.

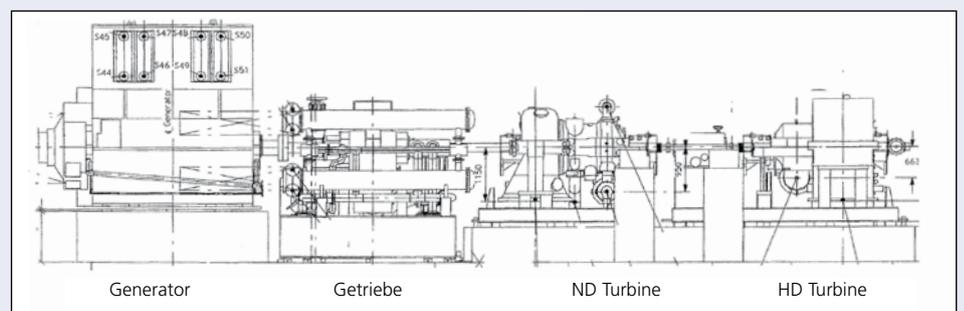
Während die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten an den Lagerstellen des Generators und der Dampfturbine auch bei maximaler Leistung innerhalb der zulässigen Werte lagen, waren die Schwingungen am Getriebe

mit Werten von über 7,5 mm/s (RMS) nicht akzeptabel. Die Analyse des Schwingungsverhaltens während des Anfahrvorgangs zeigte, dass kurz vor dem Erreichen der Nenn-drehzahl sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung eine Resonanz mit deutlich überhöhten Schwingwerten durchfahren wird (Abb. 2 links).

Die höchsten Schwingungen treten in vertikaler Richtung bei ca. 1340 RPM und in horizontaler Richtung bei ca. 1470 RPM auf. Insbesondere in der horizontalen Richtung ist damit der Abstand von der Resonanzdrehzahl

bis zur Nenndrehzahl viel zu gering. Verantwortlich für die hohen Schwingungen am Getriebe waren die Schwingungen bei der einfachen Drehfrequenz der langsamlaufenden Getriebewelle (25 Hz = 1500 RPM).

Der gesamte Maschinenstrang war auf einem Turbinentisch aus Beton montiert. Die im Vorfeld berechneten Eigenfrequenzen dieses Tisches hatten einen ausreichenden Abstand zur Drehfrequenz der langsam- und schnelllaufenden Wellen. Auch deutete die Schwingungsüberhöhung ausschließlich am Getriebe nicht auf eine Eigenfrequenzanregung des Turbinentisches hin. Das Problem musste daher woanders liegen. Die genaue Betrachtung der Aufstellbedingungen des Getriebes ergab, dass die Ölwanne, auf der das Getriebe montiert war, nur an den Eckpunkten auf dem Turbinentisch befestigt war. Dazwischen waren Nivellierelemente zwischen Boden und



▶ **Abbildung 1:** Aufbau einer Dampfturbine

Qualität und Sicherheit mit Siegel

KÖTTER Consulting Engineers (KCE) verfügt in all seinen Leistungsbereichen über ein etabliertes Qualitätsmanagement. Die verschiedenen Qualifikationen und Zertifikate sind Ausdruck der hohen Standards, nach denen unsere Ingenieure arbeiten und mit denen wir unseren Kunden ein Höchstmaß an Qualität und Sicherheit garantieren.



Aufbauend auf unserem Arbeitsschutzmanagementsystem (AMS), das im vergangenen Jahr eingeführt und hinsichtlich internationaler Standards erweitert wurde, wurde nun auch die Konformität von KCE mit den Anforderungen der OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) durch die VGB überprüft und bestätigt. Die OHSAS ist einer der bekanntesten und weit verbreiteten Standards für ein international anerkanntes AMS.

Auch im Bereich des Immissionsschutzes wurde das Qualifikationsprofil ausgebaut. Als bundesweit bekanntgegebene Messstelle nach § 26 BImSchG hatte sich KCE bereits in

der Vergangenheit als zuverlässiger Partner etabliert. Notwendige Voraussetzung hierfür ist mittlerweile eine Akkreditierung durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS), die

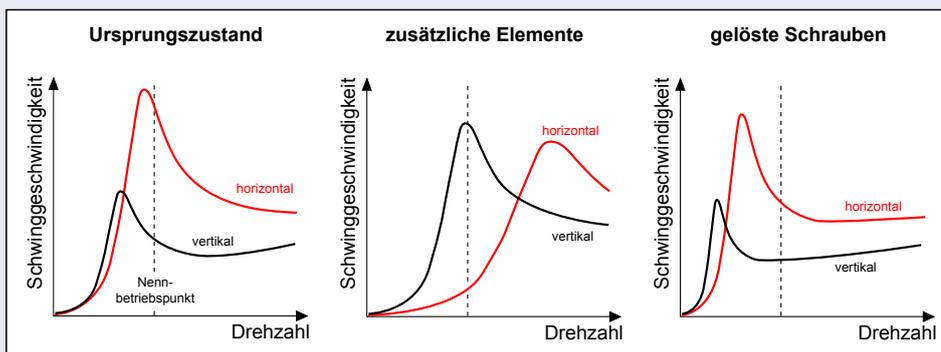
Die Qualifikationen und Zertifikate sind Ausdruck der hohen Standards nach denen unsere Ingenieure für ein Höchstmaß an Qualität und Sicherheit arbeiten.

als unabhängige Einrichtung die fachliche Kompetenz von Laboratorien, Inspektions- und Zertifizierungsstellen begutachtet, bestätigt und überwacht. Seit Dezember 2014

ist KCE ein durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium für die Ermittlung von Geräuschen und Erschütterungen (Emissionen und Immissionen).

Mit all diesen Maßnahmen werden weitere Bausteine im Bereich der Qualitätssicherung gelegt, um auch in Zukunft optimal auf die Anforderungen unserer Kunden reagieren zu können.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie auch unter www.koetter-consulting.com in der Rubrik „Unternehmen“.



▲ **Abbildung 2:** Drehzahlabhängiges Schwingungsniveau am Getriebe bei verschiedenen Aufstellbedingungen

Ölwanne eingebaut, die eine Ausrichtung des Getriebes zwischen Generator und Dampfturbine erleichtern sollten. Diese Elemente waren an den Ecken des Ölbehälters angeordnet. Die genaue Analyse der Schwingungsform des Ölbehälters hatte gezeigt, dass der Ölbehälter sich wie eine Membrane verhält, wobei die Schwingungen in der Mitte des Behälters deutlich größer waren als an den Eckpunkten. In einem ersten Ansatz wurde daher versucht, durch eine Vergrößerung der Anzahl dieser Elemente die Eigenfrequenz auf Werte deutlich oberhalb der Nennfrequenz des Generators zu verschieben. Die zusätzlichen Elemente wurden dabei in der Mitte unterhalb des Ölbehälters angeordnet, um die Durchbiegung des Behälters hier zu behindern.

Im Vergleich zur Ausgangssituation konnte die Resonanz in vertikaler Richtung deutlich

zu höheren Frequenzen hin verschoben werden. In der horizontalen Richtung dagegen war die Verschiebung der Resonanzfrequenz nur gering. Die Anlage läuft weiterhin knapp oberhalb der Resonanzfrequenz (Abb. 2 mitte). Da eine weitere Vergrößerung der Steifigkeiten insbesondere in der horizontalen Richtung nur mit erheblichem Aufwand realisiert werden konnte, wurde gemeinsam mit dem Anlagenplaner, dem Anlagenbauer und dem Statiker überlegt, ob nicht eine Verringerung der Steifigkeiten unterhalb des Ölbehälters möglich wäre. Trotz anfänglicher Bedenken wurde entschieden, für einen Testlauf die Befestigungsschrauben, mit denen der Ölbehälter auf der Fundamentplatte befestigt ist, zu lösen und einzelne Nivellierelemente zu entlasten, um somit die Steifigkeit insbesondere in der horizontalen Richtung zu verringern. Um sicher zu gehen, dass durch diese Maßnahme keine wesentliche Verschlechterung

der Situation erzielt wird, wurden die Schrauben während des Betriebes der Anlage langsam gelöst. Hierbei konnte bereits eine Verringerung der Schwinggeschwindigkeiten beobachtet werden.

Im Vergleich zur Ausgangssituation mit 7,5 mm/s RMS wurden jetzt Schwinggeschwindigkeiten von maximal 2,8 mm/s RMS an den Lagern des Getriebes bei maximaler Leistung gemessen. Abschließend wurde die Anlage abgefahren und die Verschiebung der Resonanzfrequenzen dokumentiert (Abb. 2 rechts).

Da auch beim Resonanzdurchlauf keine übermäßigen Schwingungen an den Lagern der Anlage auftraten, wurde beschlossen, die Anlage in dem aktuellen Zustand zu belassen.

Wie dieses Beispiel zeigt, muss eine Vergrößerung der Steifigkeiten nicht immer zum Ziel führen. Wichtig ist, dass der Abstand zwischen der Resonanzdrehzahl und der Betriebsdrehzahl so groß ist, dass im Betrieb keine unzulässige Schwingungsüberhöhung auftritt.

Dipl.-Ing.
Robert Missal
robert.missal@koetter-consulting.com



Neue Vertriebsleitung: Thomas Middrup verstärkt das Team in Rheine



Dipl.-Ing. Thomas Middrup
Telefon 05971 9710-32
thomas.middrup@
koetter-consulting.com

Seit 1. Januar 2015 ist Herr Dipl.-Ing. Thomas Middrup Leiter des Vertriebs am Standort in Rheine. Herr Middrup war vorher ca. acht Jahre bei einem Hersteller für Gasdruckregel- und Messgeräte beschäftigt und bringt viel Erfahrung in der Beratung und Betreuung von mittelständischen Kunden sowie Großunternehmen mit.

Eine seiner Hauptaufgaben liegt darin, die Ingenieure bei der kaufmännischen Projektabwicklung zu unterstützen.

Wir sollten uns
unter Qualitätsdruck,
nicht aber unter Zeitdruck
setzen.

Tytl Necker (1930-2001), dt. Unternehmer

Termin vormerken!
13. bis 17. April 2015



Besuchen Sie uns auf
unserem Messestand
in Halle 27, Stand E40!

Praxistag – Schwingungen im Kraftwerk Besuchen Sie uns am 20. Mai 2015 in Essen, im Erich-Brost-Pavillon der Zeche Zollverein.

Der Ausfall von Maschinen und Komponenten in einem Kraftwerk ist im Allgemeinen einem Produktionsausfall gleichzusetzen. Diese hohe Bedeutung der Aggregate zeigt sich zum einen in den strengen Beurteilungsgrundlagen – speziell von Pumpen erwartet man z.B. in der kritischen Anwendung die Einhaltung niedriger Schwingungsgrenzwerte. Zum anderen werden komplexe Zustandsüberwachungen eingesetzt – vor allem für Fluidenergiemaschinen in Dampfsystemen. Große Energieerzeugungsunternehmen leisten sich eigene Abteilungen, die entweder per Fernzugriff oder Kontrollmessungen ein Auge auf den Maschinenpark haben.

Dieser Ansatz ist nicht immer ausreichend, um maschinendynamische Problemstellungen – wie sie z.B. nach Revisionen auftreten können – umfassend analysieren und lösen zu können. In diesen Fällen wird KÖTTER Consulting Engineers immer wieder durch die Betreiber von Kraftwerken beratend hinzugezogen. Unsere Vorgehensweise, die dynamische Situation einer Anlage interdisziplinär und damit umfassend zu ermitteln, war dabei häufig der Schlüssel zum Erfolg.

Im Rahmen eines Praxistages möchten wir Ihnen – den Instandhaltungsleitern und betriebsverantwortlichen Ingenieuren und Technikern – Einblicke in unsere Arbeit geben. Nach einem kurzen Einstieg in die aus schwingungstechnischer Sicht sensiblen Bereich Ihrer Anlage, erhalten Sie einen Überblick über die Beurteilungsgrundlagen, mit deren Hilfe Sie den Zustand von Maschinen

in Bezug auf einen hinsichtlich des Schwingungsniveaus sicheren Betrieb bewerten können.

In kompakten Vorträgen erfahren Sie mehr über den Themenblock „Schwingungsphänomene, Anregungsmechanismen und Verstärkungen“. Hierbei legen wir ein besonderes Augenmerk auf eine anschauliche Darstellung und zeigen Ihnen einige Effekte im Versuch. Schließlich werden wir den Praxistag durch eine Auswahl von Fallbeispielen abrunden, in denen Sie anhand konkreter Aufgabenstellungen den Weg vom Schwingungsproblem zur Lösung verfolgen können.

Wir hoffen auf eine gute Resonanz und würden uns freuen, Sie als Teilnehmer begrüßen zu dürfen.



▲ Informieren Sie sich über Schwingungen
im Kraftwerk

Weitere Informationen sowie Anmelde-möglichkeiten finden Sie unter www.koetter-consulting.com/kraftwerke oder Sie wenden sich direkt an

Heike Nyhuis
heike.nyhuis@koetter-consulting.com
Telefon 05971 9710-65

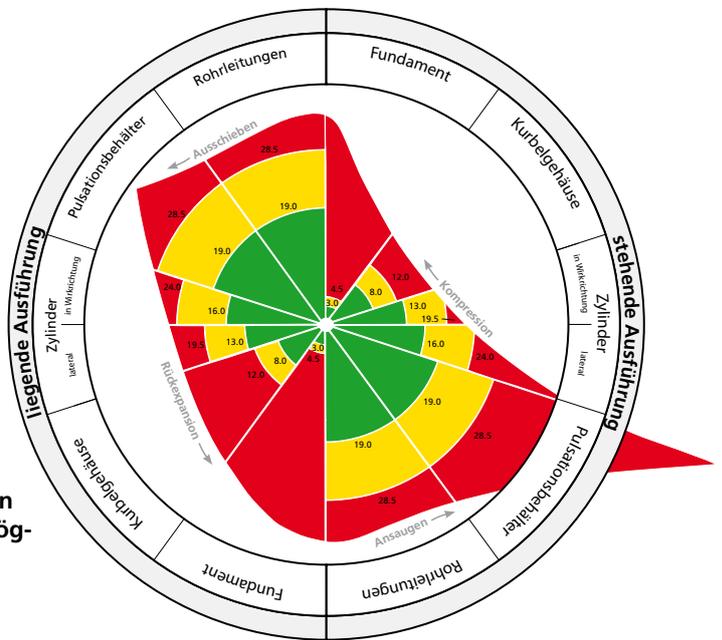
DIN ISO 10816: Verschärfte Bedingungen für Kolbenverdichteranlagen

Aufgrund seines Aufbaus und des Prinzips der Verdichtung stellt der Kolbenkompressor Hersteller und Betreiber vor besondere Herausforderungen, wenn es um Schwingungen geht. Für die Planung und Inbetriebnahme einer Kolbenverdichteranlage ist daher eine gründliche Betrachtung der dynamischen Belastungen erforderlich. Schwingungsinduziertes Versagen von Maschinenkomponenten und des Rohrleitungssystems sind mögliche Folgen.

Die Beurteilung der Betriebsschwingungen dieser Anlagen wurde in der Vergangenheit anhand unterschiedlicher Normen und Richtlinien vorgenommen, wie z.B. der DIN ISO 10816 – Teil 6 ergänzt durch die VDI-Richtlinien 3838 und 3842. Aufgrund der hohen Bedeutung für die Betriebssicher-

Engineers unsere Erfahrungen einfließen lassen. Die neue DIN ISO 10816 – Teil 8: „Mechanische Schwingungen – Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messung an nicht-rotierenden Teilen – Teil 8: Hubkolbenkompressoren“ umfasst starr aufgestellte Kolbenverdichter im Nenndrehzahlbereich zwischen 120 U/min und 1.800 U/min und ist praktisch für alle Bauformen üblicher Industrieverdichter mit Ausnahme von Hyperkompressoren anzuwenden.

Wir haben den neuen Teil der Normenreihe zum Anlass genommen, ein „Richtwertposter“ für unsere Kunden zu entwerfen. Die oben stehende Abbildung zeigt einen Ausschnitt. Ein Vergleich mit der älteren VDI Richtlinie 3838 macht deutlich, dass nun wesentlich niedrigere Schwingungswerte am Fundament und am Kurbelgehäuse einzuhalten sind.



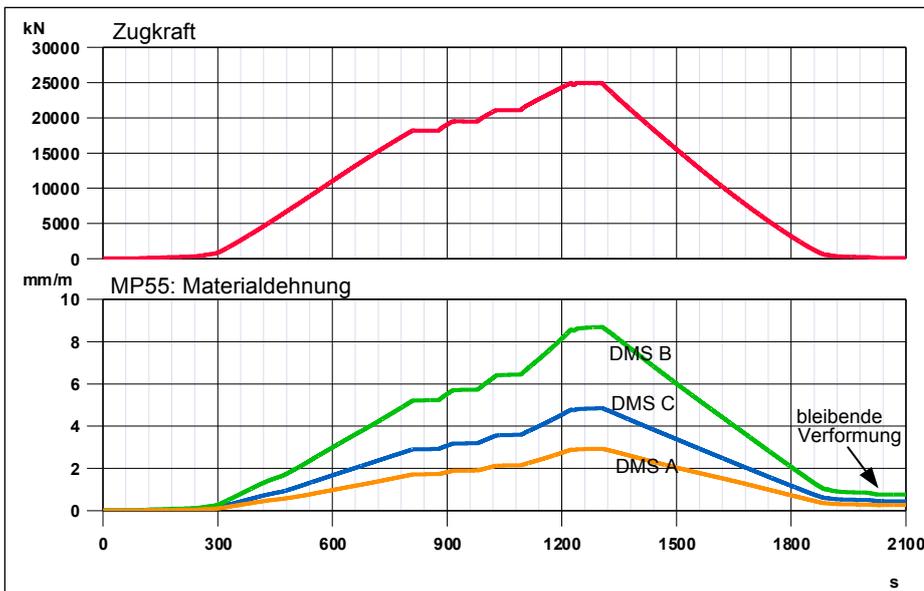
▲ **Abbildung:** Schwingungsrichtwerte der neuen DIN ISO 10816 – Teil 8

Gemeinsam mit Ihnen nehmen wir diese Herausforderung gerne an. Wenn wir Sie bei der Schwingungsoptimierung Ihrer Maschine unterstützen können, sprechen Sie uns an. Selbstverständlich stellen wir Ihnen auch gerne kostenfrei ein Richtwertposter zur Verfügung.

**Wir stellen Ihnen unser
Richtwertposter für
Kolbenkompressoren
kostenlos zur Verfügung.
Sprechen Sie uns an!**

heit und der speziellen Anforderungen des Maschinentypes wurde die Normenreihe der DIN ISO 10816 nun um einen eigenständigen Teil für den Kolbenkompressor erweitert. Als Mitglied der Arbeitsgruppe konnten wir von KÖTTER Consulting

Dr.-Ing.
Jan Steinhausen
jan.steinhausen@
koetter-consulting.com



▲ **Abbildung 1:** Materialdehnung an einem der stark belasteten Bauteile

Antrieb besteht Überlasttest

Sogenannte Top Drives werden bei der Gas- und Ölexploration verwendet, um das schwere Bohrgestänge zu drehen und bei Bedarf auch zu ziehen. Sie bestehen aus einem Getriebe mit drehzahlgesteuertem Elektromotor sowie verschiedenen hydraulischen Haltevorrichtungen und sind üblicherweise an der Spitze des Bohrturms installiert.

Diese Geräte sind extrem rauen mechanischen Bedingungen ausgesetzt. Neue Top Drives benötigen daher für den Einsatz Zertifikate, in denen z. B. nach API Standard die Funktion getestet wird. Unter anderem gibt

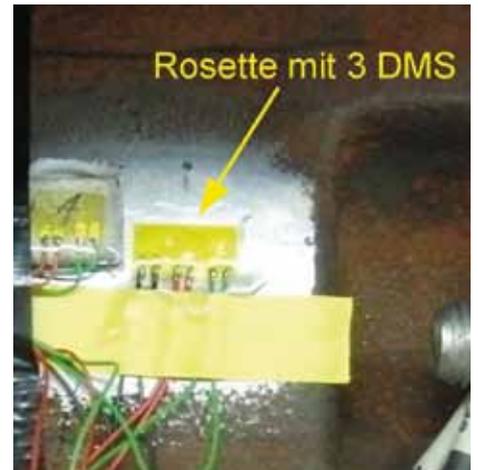
Fortsetzung von Seite 5 ▶

es einen Überlasttest, bei dem der Top Drive ein Vielfaches der Gewichtszugkraft, für die er zugelassen ist, aushalten muss, ohne zu zerreißen oder auseinanderzubrechen. In dem vorliegenden Fall musste für den Test eines neuen Top Drives aufgrund hoher erforderlicher Zugkräfte auf einen Prüfstand in Norwegen ausgewichen werden.

KÖTTER Consulting Engineers wurde beauftragt, diesen Test messtechnisch zu begleiten. Hierzu wurden an rechnerisch kritischen Bauteilen insgesamt 30 Dehnungsmessstreifen als Rosetten appliziert. Die vorgegebene minimale Prüfkraft betrug rund 21.000 kN (entspricht einer Gewichtskraft von ca. 2.100 t). Zum Vergleich: Die zu testende Belastung entspricht der Kraft, um das Themse-Riesenrad in London anheben zu können!

In der Testprozedur wurde nun die Belastung im Prüfstand in Stufen mit Halteposition mehrfach erhöht bis die maximale Kraft erreicht wurde (siehe Abbildung 1). In diesem Fall wurde die Kraft sogar noch weiter bis zur Leistungsgrenze des Prüfstandes von 25.000 kN erhöht. Kein Problem für das Aggregat! Es wurde festgestellt, dass alle Komponenten die Überbelastung ausgehalten haben. Der neue Top Drive hat diesen Test somit mit Bravour bestanden.

Dipl.-Ing.
Franz-Josef Düttmann
franz-josef.duettmann@
koetter-consulting.com



▲ Abbildung 2: DMS-Applikation am Top Drive

Termine der KCE-Akademie

Mehr Informationen über alle Seminare und Workshops unter:
www.kce-akademie.de



Durchfluss- und Mengenmessung in Rohrleitungssystemen

Dienstag, 09. Juni 2015

Referent: Dr.-Ing. Christian Jansen
Fachgebietsleiter Strömungstechnik



Schwingungen und Pulsationen in Kolbenkompressorsystemen

Dienstag, 27. Oktober 2015

Referent: Dr.-Ing. Jan Steinhausen
Fachbereichsleiter Pulsationsstudien



Technische Akustik

Teil 1 + 2

Mittwoch, 25. und
Donnerstag, 26. November 2015

Referent: Dipl.-Ing. Robert Missal
Fachgebietsleiter
Technische Akustik



19. Workshop Kolbenverdichter 2015

Mittwoch, 28. und
Donnerstag, 29. Oktober 2015

Fachvorträge – Versuchsvorführungen – Fachaustellung

KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG

Bonifatiusstraße 400
D-48432 Rheine
Tel. +49 5971 9710-0
Fax +49 5971 9710-43
E-Mail: info@koetter-consulting.com

Handelsregister Steinfurt HRA 4948
USt-IDNr.: DE 814 561 321
Komplementär:
KÖTTER Consulting Engineers Verw.-GmbH
Geschäftsführer: Margret Grobosch, Dr.-Ing. Johann Lenz

www.koetter-consulting.com

KÖTTER Beratende Ingenieure Berlin GmbH

Balzerstraße 43
D-12683 Berlin
Tel. +49 30 526788-0
Fax +49 30 5436016
E-Mail: berlin@koetter-consulting.com

Handelsregister Berlin HRB-Nr. 44230
USt-IDNr.: DE 157 53 44 94
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Bernd Fleischer

www.kbi-berlin.de

