

Mehr als heiße Luft!

Das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt betreibt am Standort Köln-Porz verschiedene Verdichter, um Windkanäle und Turbinenteststände mit Prozessluft zu versorgen. Ein Großteil dieser Verdichter ist in den 2000ern entstanden. Der derzeit neueste Turboverdichter stammt aus dem Jahr 2008 und die Inbetriebnahme eines weiteren wird noch in diesem Jahr vollzogen. Der Maschinenpark ist durch eine fortwährende Erweiterung und Modernisierung geprägt.

Die neuen Verdichter werden durch einige „Arbeitspferde“ unterstützt und erweitern das Spektrum der DLR-Medienversorgung. Zusätzlich stellen sie eine Redundanz zu den modernen Turboverdichtern dar.

Nach einem Schaden am Elektroantrieb eines dieser „Arbeitspferde“ zu Beginn des Jahres wurde der Motor des Niederdruckverdichters vom Baujahr 1976 instandgesetzt. Nach der Revision und Wiederinbetriebnahme der Anlage wurden erhöhte Schwingungen an den Lagern des Motors und ein kontinuierlicher Ölverlust festgestellt. Zunächst wurden Schwingungsmessungen durch den Revisor vor Ort durchgeführt, um die Ursache zu klären. Dabei wurde festgestellt, dass die dominierende Frequenzkomponente der Schwingung direkt der Drehzahl zugeordnet werden kann. Der Motor wurde demontiert und auf einem Teststand untersucht. Die Maschine konnte hier im unteren Teillastbetrieb gefahren werden und lief ohne Probleme innerhalb der Richtwerte der DIN ISO 10816. Mit dem Motor kehrte auch die unbefriedigende Dynamik zurück in die Anlage.

Daraufhin wurde KÖTTER Consulting Engineers mit der Klärung der Problematik

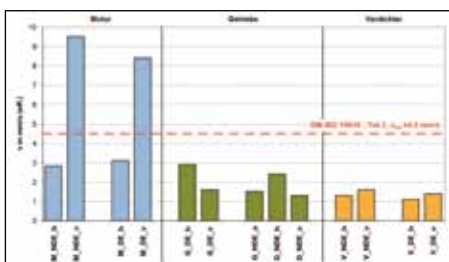


Abbildung 1: Bewertung der Lagerschwingungen der Verdichteranlage

beauftragt. Da die Vorgeschichte auf einen komplexen Wirkmechanismus schließen ließ, wurde eine umfangreiche messtechnische Untersuchung durchgeführt. Die Lagerschwingungen der Anlage – bestehend aus Antrieb, Planetengetriebe und Radialverdichter – wurden ermittelt. Darüber hinaus wurden die Ausrichtung der Aggregate, die Druckpulsationen im angeschlossenen Rohrleitungssystem und die Wellenschwingungen messtechnisch überwacht. Alle Messgrößen wurden zeitsynchron und mit hoher Auflösung auf eine zentrale Datenerfassung aufgelegt.

Unsere Untersuchungen ergaben, dass die Unwucht von der Durchwärmung der Anlage abhängig war.

Schnell stellte sich heraus, dass hier dringender Handlungsbedarf bestand. An den Lagern des Motors wurde der Richtwert der DIN ISO 10816-3 um den Faktor 2 überschritten. Die dominierende Frequenz war dabei die 1. Ordnung der Motordrehzahl.

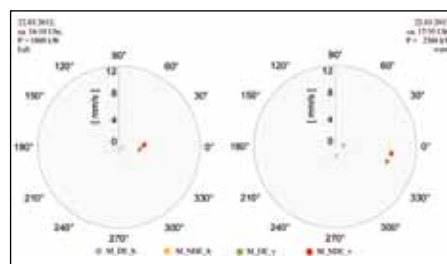


Abbildung 2: Phase und Amplitude der Unwuchtkomponente der Lagerschwingungen am Antriebsmotor bei kalter (links) und warmer Maschine (rechts)

ferner zeigte die messtechnische Untersuchung, dass die Unwucht wesentlich von der Durchwärmung der Anlage abhängig ist.

Bei kalter Maschine wurden die Richtwerte der DIN ISO 10816-3 eingehalten. In der Abbildung 2 links sind für diesen Fall die Phasenlagen der Unwuchtkomponenten an den Motorlagern dargestellt. 90 Betriebsminuten später sind die Phasen konstant geblieben, aber der Unwuchtanteil ist signifikant angestiegen.

Fortsetzung Seite 2

Wissen schafft Vorsprung!

Schon seit der Unternehmensgründung haben wir uns dazu entschieden, Wissen weiterzugeben. Mit der KCE-Akademie unseres Hauses haben wir einen Weg geschaffen, Fachkenntnisse zu den Themen Schall-, Schwingungs- und Strömungstechnik aus erster Hand an Sie weiter zu vermitteln.

Auf diese Weise können wir auch den Nachwuchs begeistern und die Ingenieure, Techniker sowie Fachangestellten für die Tücken, aber auch für die Möglichkeiten dieser Gebiete sensibilisieren. Sie schaffen sich damit die Möglichkeit, den einen oder anderen technischen Mangel selbst in den Griff zu bekommen, und ein Gespür für kritische Zustände an Maschinen und Anlagen zu entwickeln. Durch ein frühes Eingreifen und eine treffende Problembeschreibung können größere Komplikationen vermieden werden. **Wissen macht dies möglich!**

Um die Wissensvermittlung weiter voranzutreiben, haben wir in diesem Jahr den Neubau unserer KCE-Akademie fertiggestellt und die Technische Akademie Esslingen als Kooperationspartner gewonnen. Die gemeinsame Seminarreihe startet im September unter dem Motto „Wissen schafft Vorsprung“. Schauen Sie einfach auch unter www.kce-akademie.de, ob etwas für Sie dabei ist!?

Ihr Erwin W. Kötter

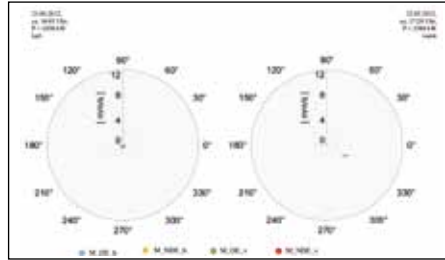
INHALT

- ▶ Mehr als heiße Luft!
- ▶ Alles fest?
- ▶ Magic Cube
- ▶ Weltweit im Einsatz – Qualitätssicherung bei KCE
- ▶ Verschaffen Sie sich einen Überblick

Noch während der messtechnischen Untersuchung wurde der Antriebsstrang neu gewuchtet. Neben dem Einfluss der Temperatur zeigte sich, dass die Motorlager bei drehender Welle in der Vertikalen eine hohe Mobilität besitzen. Damit ist die Betriebswuchtung keine einfache Aufgabe.

Die Verbesserung in der Auswuchtung macht sich im Schwingungsverhalten der Anlage bemerkbar.

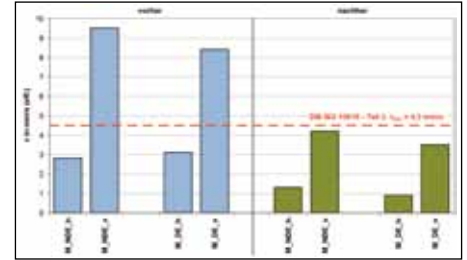
Hinzu kam, dass die Anlage durch die Anlagensteuerung nach einem Lauf für einen vorgegebenen Zeitraum vor Wiederanfahren gesichert wurde, so dass diese Maschine nur „kalt“ gewuchtet werden konnte.



▲ *Abbildung 3: Phase und Amplitude der Unwuchtkomponente der Lagerschwingungen am Antriebsmotor nach durchgeführter Betriebswuchtung bei kalter (links) und warmer Maschine (rechts)*

Das Ergebnis ist in der Abbildung 3 dargestellt. Im kalten Zustand liegt der Unwuchtanteil aller Lagerschwingungen am Motor nun unterhalb von 1 mm/s (eff.) und bei warmer Maschine unterhalb von 4 mm/s.

Diese Verbesserung in der Auswuchtung macht sich natürlich im Schwingungsverhalten der Anlage bemerkbar. Abbildung 4



▲ *Abbildung 4: Vergleich und Bewertung der Lagerbockschwingungen des Motors vor und nach der Betriebswuchtung*

zeigt den Ursprungszustand und den Endzustand im direkten Vergleich.

Der Verdichterstrang kann nun bedenkenlos innerhalb der Richtwerte betrieben werden und das mit einem positiven Nebeneffekt: Die Motorlager verlieren kein Öl mehr!

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

Alles fest? Schwingungsuntersuchung an Spannmuffenverbindungen

Immer wieder wird uns diese Fragestellung vorgelegt: Führen Schwingungen zum Lösen von Schraubverbindungen?

Für einen unserer Kunden aus der chemischen Industrie wurde zu diesem Thema eine gezielte Untersuchung an Spannmuffenverbindungen durchgeführt. Die Spannmuffen werden in Verbindung mit einer Kammprofildichtung für die Montage von Druckmanometern eingesetzt. Dabei

wird die Dichtung anhand einer statischen Vorspannkraft montiert. Da in der Vergangenheit wiederholt Leckagen festgestellt wurden und die Ursache hierfür nie geklärt werden konnte, sollten jetzt neue Dichtungen eingesetzt werden, die im Gegensatz zu den Vorgängern mit einem definierten und deutlich erhöhten Anzugsmoment zu montieren sind. Um die Eignung dieser neuen Spannmuffenverbindung im Vorfeld zu untersuchen, haben wir gemeinsam ein Versuchsprogramm zur messtechnischen Überprüfung entwickelt.

An einem speziell abgestimmten Rohrleitungsabschnitt werden in unserem Labor in Rheine (Abbildung 1) verschiedene Anordnungen von Spannmuffen einem schwingungstechnischen Dauerschwingversuch unterzogen.

Zur Eignungsüberprüfung der neuen Spannmuffenverbindung wurde im Vorfeld ein spezielles Versuchsprogramm entwickelt.

Dieser „Armaturenbaum“ wurde mit Hilfe eines Unwuchterregers in Resonanzschwingungen versetzt, so dass die zulässigen Werte für Rohrleitungsschwingungen (VDI 3842) während des Versuches nicht überschritten wurden. Dabei ist eine ganze Reihe der Spannmuffen unter realistischen Bedingungen und Lastfällen schwingender Belastung ausgesetzt worden. Zur Online-Überprüfung der Verspannkraft wurden die Spannmuffen mit Dehnungsmessstreifen appliziert (Abbildung 2). So konnte sowohl



▲ *Abbildung 2: Spannmuffe mit Dehnungsmessstreifen*

die mögliche Veränderung der statischen Vorlast als auch der dynamischen Last der Spannmuffe während der Versuche „online“ beobachtet werden.

Das Ergebnis war eindeutig: Unter den gegebenen Lastfällen und Montagebedingungen ist die Verbindung „dauerfest“. Ein zusätzlicher Test mit extremer dynamischer Belastung weit oberhalb der Richtwerte für zulässige Rohrleitungsschwingungen überstand die Verbindung anstandslos, während der eigentliche Rohrleitungsstutzen versagte und ein mechanischer Anriss im Bereich einer Schweißnaht auftrat.

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



▲ *Abbildung 1: Modellleitung für die Aufnahme von Druckmessgeräten*



▲ Abbildung 1: Einsatz des Magic Cube an der Rohrleitung

Magic Cube – Erfolgreicher Einsatz zur Sanierung von Rohrleitungsschwingungen

In einer Gasmischstation der Thyssengas Gasmischanlage Broichweiden wurden die beiden Kolbenverdichteranlagen grundlegend saniert. Die als stehende Kompressoren ausgeführten Anlagen werden vierstufig mit einem drehzahlvariablen E-Motor angetrieben. Bei der Neuinbetriebnahme wurde eine messtechnische Überprüfung der Pulsation und Schwingungssituation durchgeführt. Dabei wurden stark überhöhte Schwingungen an den saugseitigen Rohrleitungen zur vierten Stufe festgestellt.

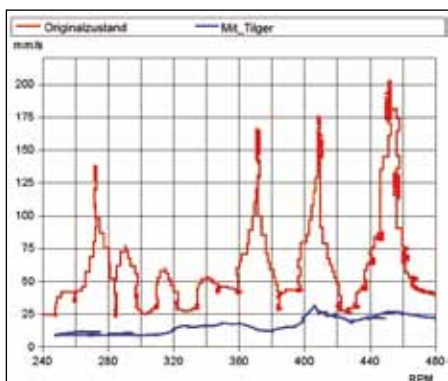
Die bei verschiedenen Drehzahlen resonant auftretenden Schwingungen konnten auf eine mechanische, schwach bedämpfte

Biegeeigenfrequenz des Rohrleitungsabschnittes zurückgeführt werden. Zur Reduzierung der Rohrleitungsschwingungen kamen mehrere Möglichkeiten (Versteifung, Massenbelegung etc.) in Frage. Um auf eine

Der patentierte Schwingungstilger leitet bei der Schwingungsreduzierung keine Kräfte und Schwingungen in die umgebende Plattform.

Rohrleitungsfixierung an dem schon auffallend schwingenden Laufgerüst zu verzichten, wurden weitere Möglichkeiten geprüft. Zum Einsatz kam der patentierte mehrdimensionale Schwingungstilger, kurz auch als „Magic Cube“ bekannt.

Der Tilger hat den Vorteil, dass bei der Schwingungsreduzierung keinerlei Kräfte bzw. Schwingungen in die umgebende Plattform geleitet werden. Durch das eingesetzte Silikonöl als Medium wird eine abgestimmte Dämpfung erreicht, durch die ein stark schwingungsreduzierter Betrieb auch bei drehzahlvariablen Maschinen möglich ist.



▲ Abbildung 2: Rohrleitungsschwingungen vor (Originalzustand) und nach Einsatz des Schwingungstilgers

Dr.-Ing. Johann Lenz
johann.lenz@koetter-consulting.com

Beachten Sie unsere Termine der KCE-Akademie!

Die **Zusammenarbeit mit der Technischen Akademie Esslingen (TAE)** in der KCE-Akademie ist neu. Sie beginnt mit dem Seminar „Spezielle Präsentationstechniken“ am 11./12. September! – Sie finden unsere **Seminare auf der Rückseite** und viele weitere interessante Veranstaltungen im Internet unter www.kce-akademie.de

Weltweit im Einsatz – Qualitätssicherung bei KCE

Die Firma KÖTTER Consulting Engineers besteht seit 1978. Sie hat sich aus dem Ein-Mann-Unternehmen unseres Herrn Kötter seitdem zu einem hoch spezialisierten Ingenieurbüro mit ca. 60 Mitarbeitern an den Standorten Rheine und Berlin entwickelt.

Unser Ziel ist es, für Sie jederzeit und an jedem Ort ein zuverlässiger Partner bei der Lösung Ihrer Aufgabenstellung zu sein. Daher investieren wir viel Energie sowohl in die Aus- und Weiterbildung unserer Spezialisten als auch in die Entwicklung unserer technischen Ausstattung, um eine hohe Qualität unserer Leistung sicherzustellen.

Jede Aufgabe, die an uns herangetragen wird, ist unterschiedlich. Neben standardisierter Messtechnik verfügen wir über einen entsprechend breit angelegten Fundus mit unterschiedlichsten Messketten.



▲ Abbildung: Labor mit Messgeräten

Um die weltweiten Einsätze von Projektteams und Messtechnik zu planen, setzen wir zu diesem Zweck ein **Enterprise-Ressource-Planning-System** ein.

Zur weiteren Qualitätssicherung haben wir das gesamte Inventar an Messgeräten mit Funktranspondern (RFID) ausgestattet. Jegliche Unregelmäßigkeit, die bei den routinemäßigen Ein- und Ausgangsprüfungen auftritt, wird so dokumentiert.

Damit besteht die Möglichkeit in Zukunft jederzeit und umfassend einen Überblick über den Lebenszyklus unserer Geräte zu erhalten: Häufen sich Ausfälle? Wann wurde das Gerät kalibriert? Wann ist es erneut zu eichen?

Seit einem Jahr ist dieses System im Einsatz und hat sich auch in Bezug auf eine standortübergreifende Verfügbarkeit der Messgeräte hervorragend bewährt.

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

Verschaffen Sie sich einen Überblick!

Mit der Entwicklung verschiedener „Werkzeuge“ zur Beurteilung von Schwingungen haben wir gute Rückmeldungen erhalten. Wenn auch Sie sich einen Überblick über Richtwerte verschaffen wollen, dann melden Sie sich bei uns und fordern Sie Ihr laminiertes Exemplar an! Des Weiteren stellen wir Ihnen unser neues Poster zur Einordnung von Lärmimmissionen vor.

Zur Beurteilung von Messungen an verschiedenen Maschinentypen hat KÖTTER Consulting Engineers (KCE) ein Poster mit **Richtwerten zur Beurteilung von Maschinenschwingungen** entwickelt.

Für eine kurze Einführung in die Thematik können Sie auch auf der Internetseite den folgenden Link nutzen: www.koetter-consulting.com/benchmarking

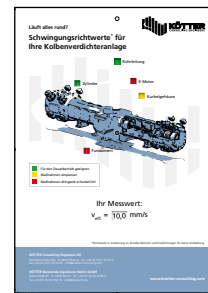
Diese Möglichkeit besteht auch mit Hilfe der **KÖTTER App**, womit Sie gemessene Schwingungen automatisch nach Eingabe von Randbedingungen beurteilen können. Die App ordnet Ihre Messwerte auf einer Skala von unkritisch bis kritisch ein. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter: www.koetter-consulting.com/app



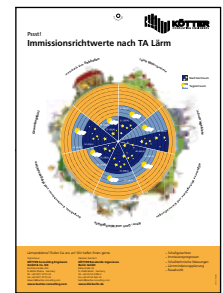
▲ Poster „Richtwert zur Beurteilung von Maschinenschwingungen im Kraftwerksbereich“



▲ App zur Beurteilung von Schwingungsmessungen an nichtrotierenden Bauteilen



▲ Drehscheibe „Schwingungsrichtwerte für Ihre Kolbenverdichteranlage“



▲ Poster „Immissionsrichtwerte nach TA Lärm“

Wer kein Smartphone zur Verfügung hat kann auch auf unsere **Drehscheibe** zurückgreifen, die Ihnen die Schwingungsrichtwerte für Ihre Kolbenverdichteranlage liefert. Unter www.koetter-consulting.com/drehscheibe erfahren Sie mehr.

Neu hinzugekommen ist nun unser Poster über **Immissionsrichtwerte nach TA Lärm**. Wie laut darf es wo sein? Hier finden Sie einen Überblick über die zulässigen Immissionsrichtwerte für verschiedene Bereiche. Je nachdem, ob der Lärm in Wohn-,

Gewerbe- oder Industriegebieten ertönt und je nachdem, ob Tages- oder Nachtzeiten zu Grunde liegen, gelten unterschiedliche Grenzwerte für Lärmimmissionen. Weitere Informationen finden Sie auf der folgenden Internetseite:

www.koetter-consulting.com/talaerm

Bei weiteren Fragen zu den vorgestellten Hilfsmitteln oder weiterem Informationsbedarf kontaktieren Sie bitte unseren Herrn Martin Hofschroer, Tel. +49 5971 9710-32. Wir helfen Ihnen gerne!

Termine der KCE-Akademie

Technische Akustik

Seminar am 7./8. November,
KCE-Akademie in Rheine

Schallschutztechnik, Akustik, Lärmbekämpfung, Bewertung und Beeinflussung von Schallquellen, Arbeitslärmrichtlinien, u.v.m.

Mehr Infos bei Heike Nyhuis:
Tel. +49 5971 9710-65
heike.nyhuis@koetter-consulting.com

www.kce-akademie.de

Jetzt anmelden!

16. Workshop
Kolbenverdichter 2012

am 24./25. Oktober,
KCE-Akademie in Rheine

Mehr Infos bei Heike Nyhuis:
Tel. +49 5971 9710-65
heike.nyhuis@koetter-consulting.com

www.koetter-consulting.com

Schwingungen und Pulsationen in Kolbenkompressorsystemen

Seminar am 23. Oktober 2012,
KCE-Akademie in Rheine

Grundlagen der Schwingungslehre, akustische und strukturmechanische Schwingungen (z. B. an Rohrleitungen) in Bezug auf Kolbenverdichtersysteme.

Mehr Infos bei Heike Nyhuis:
Tel. +49 5971 9710-65
heike.nyhuis@koetter-consulting.com

www.kce-akademie.de

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: Dipl.-Ing. Erwin Kötter,
Margret Grobosch,
Dr.-Ing. Johann Lenz

KÖTTER Beratende Ingenieure
Berlin GmbH

Balzerstraße 43
D-12683 Berlin
Tel. +49 30 526788-0
Fax +49 30 5436016
E-Mail: info@kbi-berlin.de

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



www.koetter-consulting.com