

# INDUSTRIE

Schwingungen in Industrieanlagen reduzieren

SCHWINGUNGEN REDUZIEREN  
ANFORDERUNGSGERECHT LAGERN  
ERSCHÜTTERUNGEN KONTROLLIEREN  
INNOVATIVE TECHNOLOGIEN  
VOLLSTÄNDIGES PRODUKTPROGRAMM  
OPTIMALE INDIVIDUELLE LÖSUNGEN  
INTERNATIONALE STANDARDS  
UMFASSENDE FERTIGUNGSKOMPETENZ  
UNABHÄNGIGES QUALITÄTSMANAGEMENT  
INTERDISZIPLINÄRE TEAMS  
VIELFÄLTIGE SERVICELEISTUNGEN  
LANGJÄHRIGE ERFAHRUNG  
WELTWEITE PRÄSENZ  
HOHE WIRTSCHAFTLICHKEIT

**VICODA**

Ihr globaler Partner in der Schwingungs- und Lagertechnik

Als hochspezialisiertes Unternehmen in der Schwingungs- und Lagertechnik ist VICODA in den Branchen Industrie, Gleisbau, Hochbau und Brückenbau tätig.

Das umfassende Produktprogramm aus Stahlfederelementen, Dämpfern, Tilgern, Elastomer- und Brückenlagern sowie die globale Aufstellung der Unternehmensgruppe sind Voraussetzung dafür, Kunden effizient vor Ort zu beraten und individuell optimierte Lösungskonzepte zu entwickeln.

Durch weltweit eigene Fertigungsstätten wird eine besonders hohe Produktqualität abgesichert und eine zeitnahe Lieferung gewährleistet.

Die VICODA Gruppe konzentriert sich zudem nicht auf eine einzelne Produkttechnologie, sondern vereinigt innerhalb des Verbundes alle wichtigen Konstruktions- und Entwicklungsmethoden für die Dämpfung, Begrenzung oder Isolierung unerwünschter Schwingungen.

## Schwingungen in Industrieanlagen kontrollieren

### Von der Analyse der Aufgabenstellung ...

Um die individuell optimale Lösung für eine schwingungstechnische Aufgabenstellung zu finden, ist eine detaillierte ingenieurtechnische Bewertung notwendig. VICODA bietet neben allgemeiner Beratung auch Schwingungsmessungen vor Ort an, mit denen die Art und Ursache der Schwingungen analysiert werden kann.

### ... über die Definition der Lösung und die Fertigung der Produkte ...

Die Kernkompetenz von VICODA liegt im Entwurf und der Ausführungsplanung von Schwingungs- und Erschütterungsschutzmaßnahmen. Komplexe statische und dynamische Auslegungsberechnungen gehören ebenso zum Leistungsumfang wie kundenspezifische Installationsanweisungen und die Fertigung der Produkte.

### ... zur Montage und Inbetriebnahme und ...

Bei Bedarf kann nach Lieferung der Produkte der fachgerechte Einbau durch VICODA Monteure übernommen oder überwacht werden. Für die Inbetriebnahme aller VICODA Produkte stehen erfahrene Mitarbeiter zur Verfügung, die vor Ort das Ergebnis kontrollieren und falls erforderlich, finale Anpassungen vornehmen können. Eine technische Dokumentation kann abschließend bereitgestellt werden.

### ... kontinuierlichen Betriebsüberwachung.

Der zulässige Betriebsbereich einer Industrieanlage kann effizient durch Monitoringsysteme überwacht werden. Hierzu werden die eingesetzten Produkte mit einer entsprechenden Sensorik ausgestattet. So ist es möglich, Veränderungen und Schäden frühzeitig und zuverlässig zu erkennen. Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen können optimal auf Basis des tatsächlichen Zustands des Systems geplant und umgesetzt werden.



Analyse



Lösungsfindung



Produktauswahl



Produktlieferung



Installation und  
Inbetriebnahme



Schwingungs-  
Monitoring

PROZESSABLAUF

KONTINUIERLICHE WEITER-  
ENTWICKLUNG VON HOCH-  
WERTIGEN DIENSTLEISTUNGEN  
UND PRODUKTEN



## Technologiekompetenz und Produktqualität - eine dauerhafte Aufgabe

### Kontinuierliche Weiterentwicklung innovativer Technik

Zur Unternehmensphilosophie von VICODA gehört die kontinuierliche Weiterentwicklung des Produktprogramms. Dies wird durch eine enge Zusammenarbeit mit Universitäten, Planungsbüros und Endkunden sowie dem Engagement der VICODA Experten in nationalen und internationalen Gremien und Normausschüssen sichergestellt.

### Prüfkompetenz im eigenen Haus

Im hausinternen VICODA Prüflabor werden neue Produktentwicklungen prüfungstechnisch unterstützt oder auftragsspezifische Nachweise erbracht. Das Prüflabor wird, den technischen Anforderungen entsprechend, kontinuierlich erweitert. Funktionsprüfungen oder der Nachweis von Materialeigenschaften sind so kurzfristig möglich.

### Qualitätssicherung gemäß internationalen Standards

Der globale Markt erfordert den Umgang mit sehr unterschiedlichen Normen und Standards. Dies wurde beim Aufbau des Qualitätsmanagementsystems umfassend berücksichtigt, so dass entsprechende Dokumentationen schnell verfügbar sind.

Das VICODA Qualitätsmanagement erfolgt nach anerkannten Verfahren, die den Qualitätsanforderungen der etablierten Standardregelwerke entsprechen:

- DIN EN (EU)
- VGB und KTA (DE)
- RCC-M (FR)
- MSS, ASME und ANSI (US)
- MITI und JEAG (JP)
- SPIR-O 2008 (RU)
- DIN EN ISO 9001
- ASME III Div. I Subs. NVA + NF
- KTA 1401
- RCCM-H

Auf Kundenwunsch sind umfassende auftragsspezifische Dokumentationen verfügbar, z. B.

- 2.1 Werksbescheinigungen nach EN 10204
- 2.2 Werkszeugnisse nach EN 10204
- 3.1/3.2 Abnahme-Prüfzeugnisse nach EN 10204
- Konformitätserklärungen
- Last-Einstellungsbescheinigungen



HIGH

OPTIMIERTE PROZESSE, PRODUKTE,  
DIENSTLEISTUNGEN GARANTIEREN  
HOHE KUNDENZUFRIEDENHEIT

SERVICE  
LEVEL

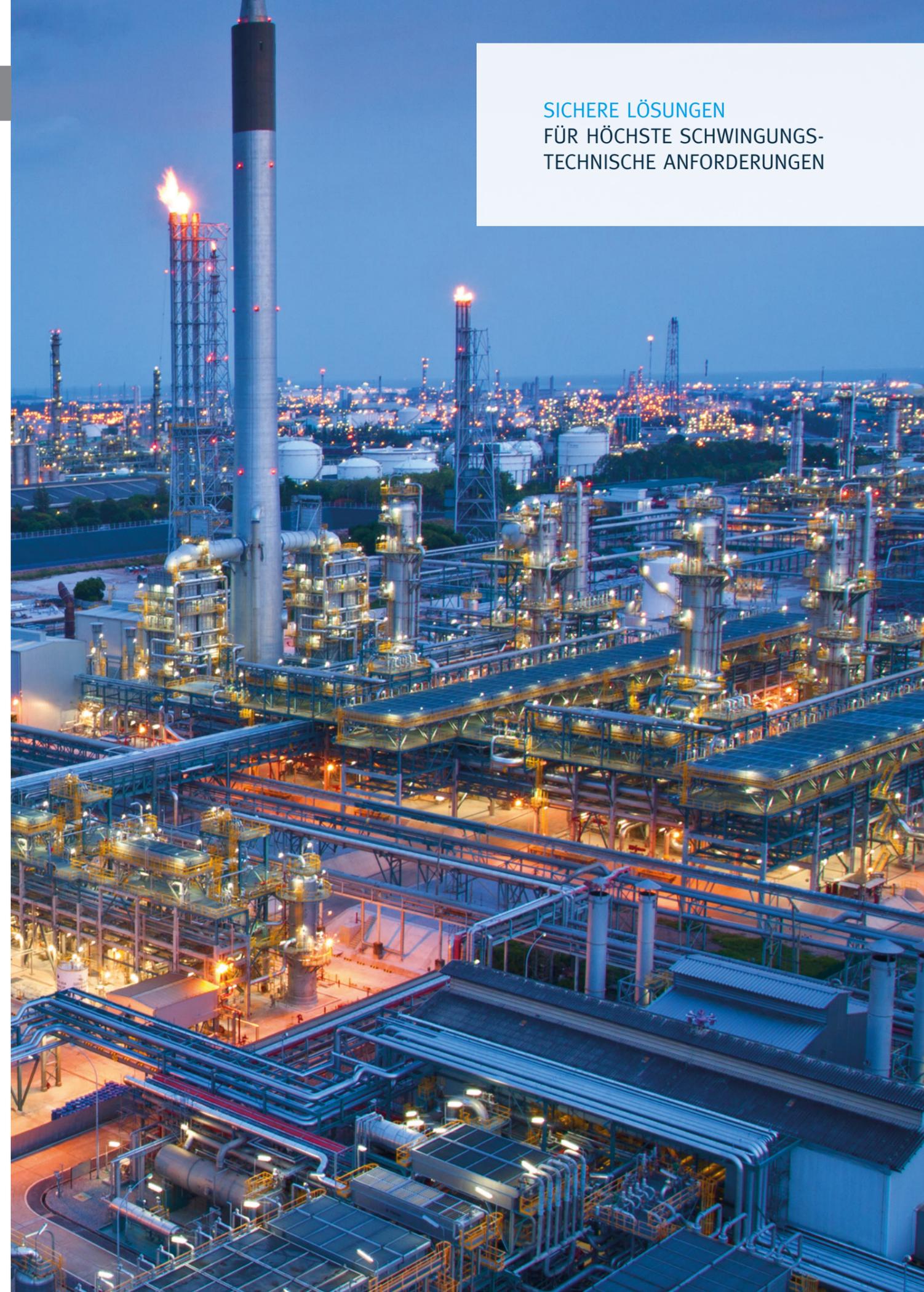
## Vielfältige Schwingungsphänomene erfordern abgestimmte Lösungen

Auf Grund der Größe und Komplexität von Industrieanlagen sind Planer, Anlagenbauer und Betreiber mit vielen unterschiedlichen Schwingungsphänomenen konfrontiert. Diese werden durch den Betrieb einzelner Maschinen, beim Transport von Medien in Rohrleitungen oder durch externe Einflüsse verursacht und erfordern verschiedene Methoden zur Schwingungsminderung.

Durch Dämpfen, elastisches Lagern oder Tilgen kann eine auf den Anwendungsfall abgestimmte Lösung erarbeitet werden. Dadurch wird der sichere Betrieb der Anlage gewährleistet und den gesetzlichen und umwelttechnischen Anforderungen entsprochen.

Die im Folgenden beschriebenen Anwendungen zeigen exemplarisch unterschiedliche Bereiche von Industrieanlagen und die entsprechende schwingungsmindernde Lösung.

SICHERE LÖSUNGEN  
FÜR HÖCHSTE SCHWINGUNGS-  
TECHNISCHE ANFORDERUNGEN



## Rotierende Maschinen laufen nicht immer rund

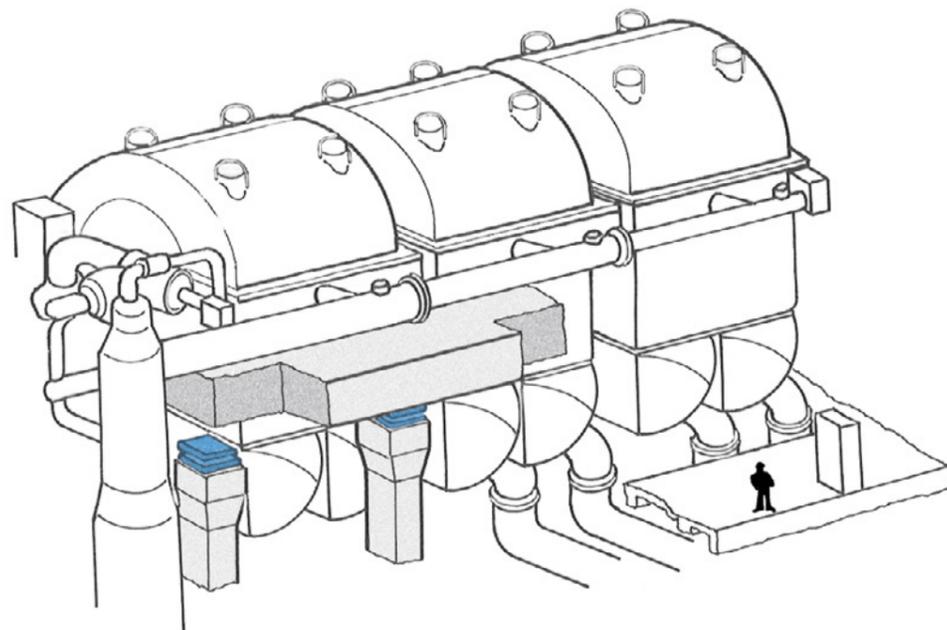
Durch die Rotationsbewegung beim Betrieb von Turbinen und Generatoren entstehen oszillierende Kräfte und Momente, die die Umgebung belasten. Sonderfälle wie der Schaufelbruch einer Turbine oder ein Generatorkurzschluss stellen dabei besonders große Belastungen dar.

Bei Pumpen können Unwuchten oder im Betrieb induzierte Druckwechsellvorgänge Schwingungen im gesamten Rohrleitungssystem anregen.

Bei Axial- und Radialgebläsen können durch Abrieb im Betrieb Unwuchten entstehen, die dauerhaft zu Erschütterungen in der Umgebung führen. Diese setzen sich in den angeschlossenen Leitungen und dem Fundament fort.

## Die Lösung: Die schwingungsisierte Aufstellung

Um die Ausbreitung, der durch rotierende Maschinen entstehenden Schwingungen wirksam zu reduzieren, empfiehlt sich eine schwingungsisierte Aufstellung der Maschinen. Die sich daraus ergebenden Vorteile werden beispielhaft anhand der nachstehenden industriellen Anwendungen in Kraftwerken dargestellt.



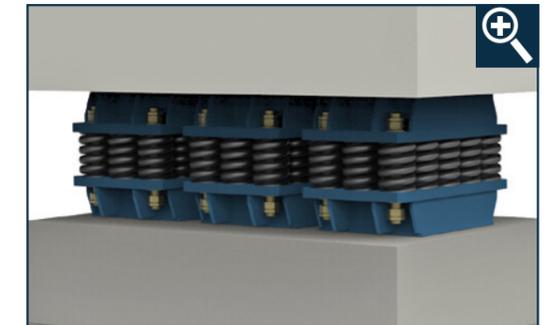
Fundamentisolierung von Turbinen und Erschütterungsschutz



### ... von Turbinen

Die schwingungsisierte Aufstellung von Turbinen beinhaltet folgende Vorteile:

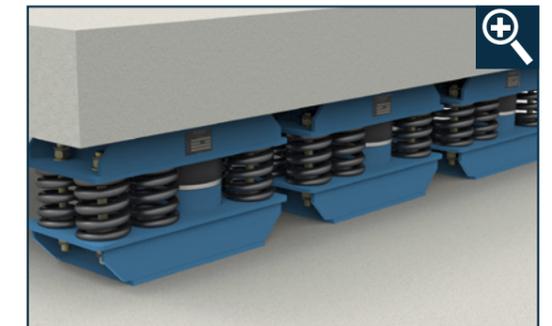
- Geringere dynamische Kräfte, die auf die Unterkonstruktion wirken und damit kleinere Bauteilquerschnitte
- Größeres Lichtraumprofil für die Installation von umgebenden Kondensatoren und Rohrleitungen
- Einfacher elastischer Ausgleich von ungleichen Setzungen
- Erdbebenschutz



### ... von Pumpen

Die schwingungsisierte Aufstellung von Pumpen bietet folgenden Nutzen:

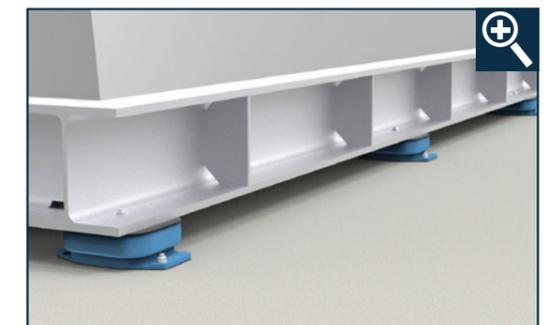
- Reduzierung der Erschütterungen
- Einfacher elastischer Ausgleich bei Setzungen
- Lastumlagerung
- Erdbebenschutz



### ... von Gebläsen

Die schwingungsisierte Aufstellung von Gebläsen hat folgende Vorteile:

- Möglichkeit der Direktlagerung
- Reduzierung der Einleitung dynamischer Kräfte in den Untergrund und damit Vermeidung von Setzungen
- Einfacher elastischer Ausgleich bei Setzungen
- Einfaches Nivellieren durch Ausgleichsbleche
- Definierte Dämpfung des Gebläses durch zusätzliche Dämpfungselemente



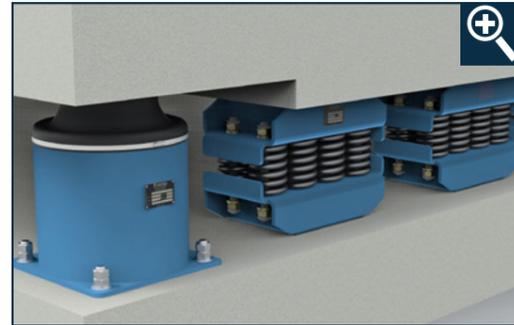
Quellenisolierung von Pumpen und Gebläsen



... von Kohlemühlen

Die schwingungsisierte Aufstellung von Kohlemühlen bietet:

- Lärm- und Vibrationsschutz für Menschen, Anlagen und umliegende Gebäudeteile
- Einsparung bei den Fundamentkosten
- Erhöhung der Maschinenzuverlässigkeit und des Betriebsverhaltens
- Kostenreduktion in der Maschinenunterhaltung und durch Vermeidung von Ausfallzeiten
- Elastischer Ausgleich von Baugrundsetzungen im Betrieb
- Erdbebenschutz



## Für die Schwingungsisolierung - ein umfassendes Stahlfederelementprogramm

Für die schwingungsisierte Aufstellung von Maschinen werden Stahlfederelemente eingesetzt. Für die unterschiedlichen Anwendungsfälle stehen eine Vielzahl spezifischer Baureihen zur Verfügung. Diese werden den speziellen Anforderungen entsprechend, konstruktiv angepasst, gefertigt und geliefert. Falls erforderlich, werden die Federelemente mit integrierten viskoelastischen Dämpfern ausgestattet.

### Produktparameter

- Breiter Lastbereich: 1 kN bis 2.700 kN
- Betriebsfestigkeit nach EC3
- Niedrige Eigenfrequenz (1 Hz bis 8 Hz) des Systems und damit höchste Isolierwirkung
- Horizontale Federraten von 20% bis 130% der vertikalen Federrate
- Auf Block vorspannbar und damit jederzeit austauschbar
- Oberflächenbeschichtungen für Korrosivitätskategorien bis C5 nach DIN EN ISO 12944
- Individuelles Dämpfungsmaß mit integrierten Dämpfern nach Anforderung

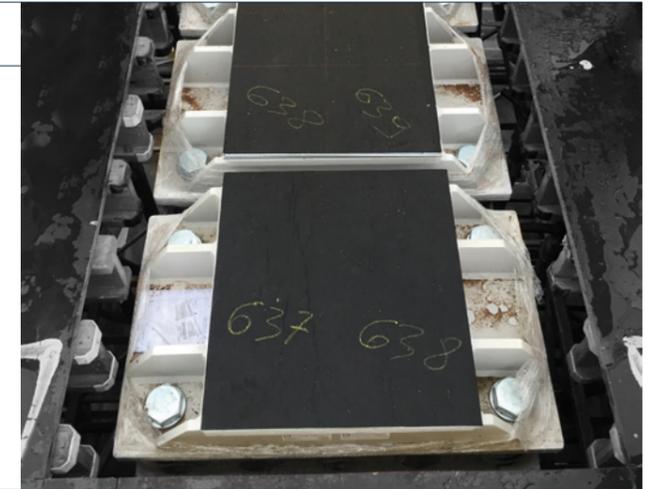
Verminderte Übertragung von Schwingungsenergie



## Projektbeispiele

### Schwingungsisierte Aufstellung einer Turbine

Anlagentyp	Jaworzno Power Plant (910 MW)
Kunde	Siemens AG
Land	Polen
Jahr	2015
Technische Details	Turbinentisch m = 6390 t, 910 MW
VICODA Lösung	Lieferung und Installation von 36 Federelementen Tragfähigkeit pro Federelement max. 2158 kN

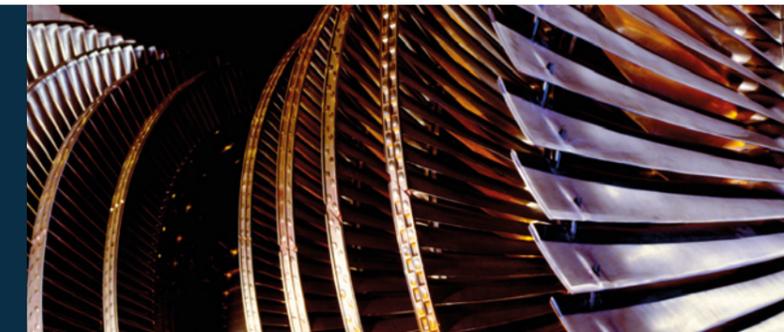


### Schwingungsisierte Aufstellung eines Saugzuggebläses

Anlagentyp	ENBW Kraftwerk RDK8 Karlsruhe (912 MW)
Kunde	Howden Group Limited
Land	Deutschland
Jahr	2009
Technische Details	Saugzuggebläse m = 500 t
VICODA Lösung	Lieferung und Installation von 28 Federelementen, teilweise mit integrierter Dämpfung Tragfähigkeit pro Federelement: max. 412 kN



Optimale Auslegung für anspruchsvolle Projekte



## Strömungen in Rohrleitungen führen zu Schwingungen

In Rohrleitungen kann es neben den durch Maschinen induzierten Schwingungen auch zu Schwingungsanregungen durch die transportierten Medien kommen. Dies geschieht beispielsweise auf Grund von turbulenten Strömungen, die bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten auftreten sowie durch Druckstöße oder Flüssigkeitsschläge, die sich im Betrieb von Armaturen oder beim Anfahren von Pumpen oder Gebläsen ergeben.

Im ungünstigsten Fall kann es infolge der Schwingungen zu einem Versagen der Rohrleitungen durch Erreichen der Zeit- oder Dauerfestigkeitsgrenze (Ermüdung) kommen. Das Kontrollieren von Schwingungen in Rohrleitungen verfolgt nicht nur das Ziel eines sicheren Betriebes sondern auch die Maximierung des Durchsatzes des Mediums durch die Leitungen und so die Optimierung der Produktivität der Anlage.

## Die Lösung: Dämpfen oder Tilgen

Durch die gestiegenen Anforderungen an Effizienz, Produktivität und Sicherheit von Anlagen und deren Rohrleitungen, wird die Zuverlässigkeit des Systems immer wichtiger. Eine wesentliche Rolle spielen dabei auch die dynamischen Eigenschaften der Rohrleitungen. Um unerwünschte Schwingungen in einem zulässigen Betriebsbereich zu kontrollieren, werden viskoelastische Dämpfer sowie aktive oder passive Tilger eingesetzt.

## Für die Dämpfung - erprobte Baureihen viskoelastischer Dämpfer

Führt die Rohrleitung resonante Schwingungen aus, besteht die Möglichkeit, die Schwingungsamplituden durch Dämpfung auf ein zulässiges Maß zu begrenzen. Im Dämpfer wird durch die Bewegung eines Stempels in einem hochviskosen Medium Schwingungsenergie in Wärme gewandelt. Die Aufnahme von statischen Lasten ist durch die viskoelastischen Dämpfer nicht möglich. Für eine effiziente Dämpfung werden Dämpfer aufrecht und in der Regel paarweise an den Orten montiert, an denen die größten Schwingungsamplituden auftreten. Prinzip bedingt ist bei diesen Dämpfern ein steifes Widerlager erforderlich. Die Dämpfer selbst sowie alle Anschlussbauteile können von VICODA maßgeschneidert ausgelegt, gefertigt und geliefert werden.

Wirkungsvolle Schwingungsreduzierung und effektive Dämpfung



### Produktparameter

- Drei viskoelastische Medien für unterschiedliche Dämpfungs- und Temperaturbereiche
- Thermische Ausdehnung von 30, 40 und 50 mm
- Dämpfungsparameter über weiten Betriebsbereich einstellbar

## Projektbeispiel

### Dämpfung einer Kondensatleitung

Anlagentyp	BHKW
Kunde	Kraftanlagen München GmbH
Land	Deutschland
Jahr	2016
Technische Details	Verluste an den Ventilen einer Kondensatleitung, auf Grund von Rissen an den Schweißnähten Unzulässige Schwinggeschwindigkeiten deutlich oberhalb der zulässigen Grenzwerte
VICODA Lösung	Schwingungsmessung Auswahl der geeigneten viskoelastischen Dämpfer Entwurf und Fertigung des Auflagerstahlbaus Schwingungsminderung um den Faktor 6



Entwicklung und Umsetzung einer wirtschaftlichen Lösung



## Für die Tilgung - innovative passive Tilger

Passive Tilger (Tuned Mass Damper – TMD) werden direkt an der Rohrleitung installiert und benötigen gegenüber viskoelastischen Dämpfern kein festes Widerlager. Der Einsatz eines TMD ist immer dann sinnvoll, wenn eine stationäre Anregung vorliegt, die im Wesentlichen im Bereich der Systemeigenfrequenz liegt. Die passiven Tilger werden auf die betroffene Frequenz abgestimmt und sind in der Lage, Schwingungen im Bereich dieser Frequenz zu reduzieren. Ihre Wirksamkeit wird maßgeblich durch das Massenverhältnis zwischen der Masse des Tilgers und der bewegten Masse der Rohrleitung bestimmt.

Passive Tilger von VICODA können mit innovativen Wirbelstromdämpfern ausgerüstet werden, die eine Reihe von Vorteilen gegenüber konventionellen Dämpfungselementen besitzen:

- Dämpfungseigenschaften unabhängig von äußeren Einflüssen insbesondere von der Temperatur
- Dämpfungseigenschaften unabhängig von der Form der Schwingung und damit in unterschiedlichen Betriebszuständen einsetzbar
- Hohe Lebensdauer, Wartungsfreiheit und Zuverlässigkeit auf Grund berührungsloser Energieübertragung

### Produktparameter

- Schwingungsminderung in einer oder zwei Richtungen
- Modale Masse und Dämpfung beliebig auslegbar
- Keine Widerlager nötig
- Einfache Montage

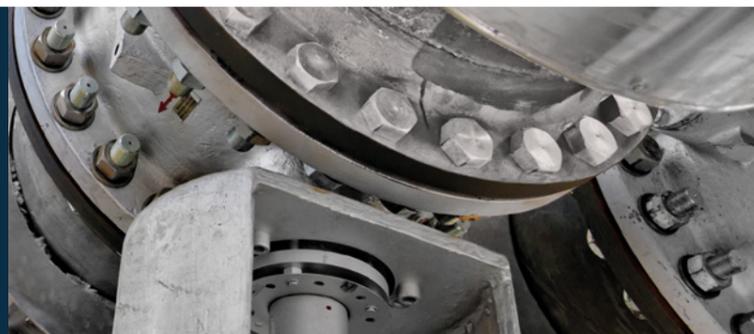
## Projektbeispiel

### Passive Tilgung einer Kompressor-Nachkühlerleitung

Anlagentyp	Chemische Anlage
Kunde	Origin Energy Limited
Land	Australien
Jahr	2015
Technische Details	Erhebliche Schwingungen an einer Nachkühlerleitung eines Kompressors (DN250)
VICODA Lösung	Installation von TMDs Masse 350 kg Eigenfrequenz 6,4 Hz (5,9 Hz) Dämpfung 20% der kritischen Dämpfung Schwingamplitude $\pm 9$ mm



Optimale Minderung von Schwingungsamplituden durch geeignete Tilgersysteme



## Projektbeispiel

### Passive Tilgung von Schornsteinen

Anlagentyp	Gas- und Dampfkraftwerk
Kunde	General Electric International, Inc.
Land	Saudi Arabien
Jahr	2016
Technische Details	Tilgung der widererregten Schwingungen durch Wirbelablösung bei Stahlschornsteinen
VICODA Lösung	Installation passiver Tilger Gesamtmasse 2,5 t Eigenfrequenz 1,5 Hz



## Schwingungsminderung mit aktiv gesteuerten Tilgern

Wenn die Anregung verschiedener Eigenfrequenzen eines Rohrleitungssystems vorliegt, z. B. im Fall unterschiedlicher Betriebszustände einer Anlage, sind aktive Tilger die ideale Lösung.

Aktive Tilger bestehen aus einer Reaktionsmasse, die über einen Aktor an die Rohrleitung gekoppelt wird. Die Rohrleitungsschwingungen werden mittels eines Sensors erfasst und in einem Regler verarbeitet. Der Aktor führt daraufhin, mit Hilfe der Reaktionsmasse, eine rückstellende Kraft aus und mindert so die Schwingungen.

### Produktparameter

- Geeignet für multifrequente Erregungen bzw. komplexe Aufgabenstellungen
- Wirksame Frequenzen bis 200 Hz
- Je Modul Schwingungsminderung in einer Richtung
- Module parallel einsetzbar
- Keine Widerlager nötig
- Geringe Tilgermasse

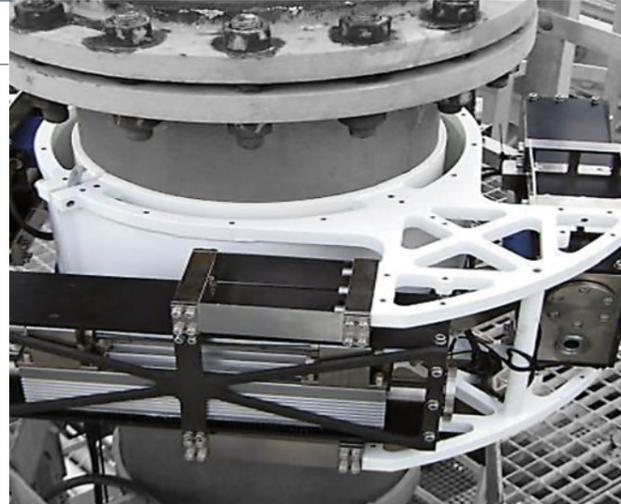
Schwingungen durch entgegengesetzt wirkende Massenkräfte kompensieren



## Projektbeispiel

### Aktive Tilgung einer Rohrleitung

Anlagentyp	Chemische Anlage
Kunde	Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH
Land	Deutschland
Jahr	2014
Technische Details	Schwingungsanregung der Rohrleitung durch das im Rohr aufsteigende Medium
VICODA Lösung	Installation eines aktiven Tilgers Gesamtmasse 147 kg Frequenzbereich 1-200Hz



## Erdbebenschutz - eine anspruchsvolle Aufgabe

Industrieanlagen in Erdbebenregionen erfordern besondere Schutzmaßnahmen, andernfalls droht im Erdbebenfall eine Schädigung oder sogar eine Zerstörung der Anlage oder einzelner Anlagenkomponenten. Für einen effektiven Schutz und um einem kostenintensiven Ausfall der Anlage zu begegnen, hat VICODA technische Lösungskonzepte für erdbebensichere Fundamentisolierungen entwickelt. Auf Basis dieser Konzepte werden, abhängig vom Anwendungsfall, maßgeschneiderte Lösungen ausgelegt, gefertigt und installiert.

Die Vorteile dieser Lösungen liegen in:

- dem passiven permanenten Erdbebenschutz
- der Langlebigkeit und einem nahezu wartungsfreien System
- der effektiven Wirkung in allen Raumrichtungen

Effizientes Sicherheitskonzept,  
um Erdbebenlasten zu widerstehen



### Referenzprojekte (Auszug aus der Referenzliste)



Federelemente und viskoelastische Dämpfer zur schwingungs isolierten Aufstellung

- Turbinentisch, Zellstoffwerk 200 MW, Uruguay, 2006, Kunde: Siemens AG
- Turbinentisch, Aufbereitungsanlage für Phosphate 660 MW, Marokko, 2007, Kunde: Siemens AG
- Turbinentisch, Laufwasserkraftwerk 230 MW, Deutschland, 2008, Kunde: Siemens AG
- Gebläse, Dampfkraftwerk, Deutschland, 2010, Kunde: Howden Group Limited
- Turbinentisch, Wärmekraftwerk 544 MW, Lettland, 2012, Kunde: Siemens AG
- Kohlemühle, Braunkohlekraftwerk, Deutschland, 2013, Kunde: RWE AG
- Turbinentisch, Blockheizkraftwerksanlage 339 MW, Dänemark, 2015, Kunde: Siemens AG
- Kesselspeisepumpe, Kernkraftwerk 1330 MW, Frankreich, 2015, Kunde: EDF Group
- Turbinentisch, Dampfkraftwerk 910 MW, Polen, 2015, Kunde: Siemens AG
- Kohlemühle, Braunkohlekraftwerk, Türkei, 2016, Kunde: Celikler Holding
- Kesselspeisepumpe, Braunkohlekraftwerk 600 MW, Thailand, 2017, Kunde: General Electric International, Inc.

#### Rohrleitungen

- Neukaledonien, 2015, Kunde: MH Wirth
- Philippinen, 2015, Kunde: Siemens AG
- Deutschland, 2016, Kunde: Stadtwerke München GmbH
- Frankreich, 2016, Kunde: ENGIE
- Griechenland, 2016, Kunde: Hellenic Petroleum SA
- Raffinerie, Katar, 2016, Kunde: Qatargas Operating Company Limited
- Türkei, 2016, Kunde: Celikler Holding
- Belgien, 2016, Kunde: SVEX nv
- Braunkohlekraftwerk, Australien, 2016, Kunde: EnergyAustralia
- Braunkohlekraftwerk, Australien, 2016, Kunde: AGL Energy
- Gasverflüssigungsanlage, Katar, 2016, Kunde: ASU Oil
- Braunkohlekraftwerk, Thailand, 2017, Kunde: General Electric International, Inc.



Aktive und passive Schwingungstilger

- Frequenzbereich: 1 - 200 Hz, Masse: 147 kg, Rohrleitungen, Chemische Anlage, Deutschland, 2014, Kunde: Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH
- Frequenz: 6 Hz, Masse: 350 kg, Rohrleitungen, LNG-Anlage, Australien, 2015, Kunde: Origin Energy Limited
- Frequenzen: 6, 12 und 19 Hz, Masse: 350 kg, Rohrleitungen, Chemiekonzern, Deutschland, 2015, Kunde: Dow Chemical
- Frequenz: 1,5 Hz, Masse: 2500 kg, Schornsteine, Saudi Arabien, 2016, Kunde: General Electric International, Inc.
- Frequenz: 4 Hz, Masse: 80 kg, Rohrleitungen, Raffinerie, Griechenland, 2016, Kunde: Hellenic Petroleum SA

# VICODA GmbH

Gerhard-Liesegang-Straße 1  
27404 Zeven | Deutschland

Tel. + 49 (0) 42 81 – 98 59-0  
Fax + 49 (0) 42 81 – 98 59-100

[info@vicoda-gmbh.com](mailto:info@vicoda-gmbh.com)  
[www.vicoda.de](http://www.vicoda.de)

A LISEGA Group Company