

# VULKAN



---

NTIK Hamburg

Funktionsprinzipien von elastischen  
Kupplungen und Lagern erklärt und an  
Modellen gezeigt

---

# AGENDA

## SCHWINGUNGSBOGEN

- Kurzvorstellung Vulkan
- Linearschwingungen Theorie
- Eigenfrequenzen im Campbell Diagramm
- Funktionen einer Kupplung
- Drehschwingungsbeispiel
- Drehschwingungen am Modell und im Beispiel
- Service Life



VULKAN

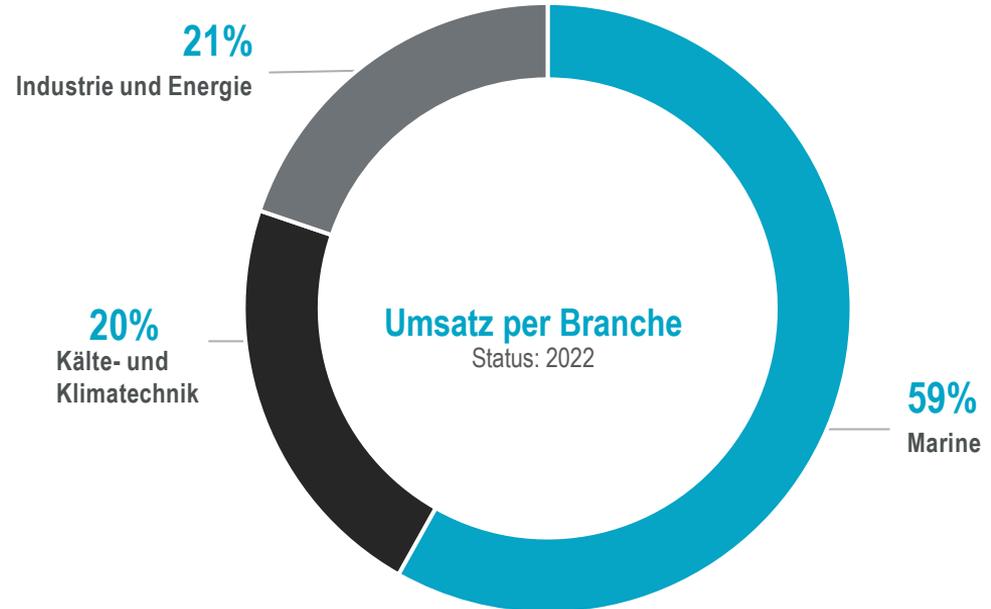
Firmenpräsentation

2023

# VULKAN GRUPPE

## WELTWEITE ÜBERSICHT

- > Besteht seit 1889
- > Umsatz 221.3 Million €
- > 14,300 Kunden
- > 1,419 Mitarbeiter
- > 18 Standorte
- > 5 Produktionsstätten
- > 3 Branchen



# VULKAN GRUPPE EIGENTÜMER FAMILIE

Seit 1941 befindet sich die VULKAN Gruppe zu 100 Prozent im Besitz der Familie Hackforth. Seit vier Generationen fühlt sich die Familie der Tradition und den Werten eines mittelständischen Familienunternehmens verpflichtet: Verlässlichkeit, Qualität und eine starke Kundenorientierung.

Bernhard Hackforth Sr // \*1871 / †1954

Bernhard Hackforth Jr // \*1914 / †1990

Bernd Hackforth // \*1949

Sebastian Hackforth // \*1978



Bernhard  
Hackforth Sr



Bernhard  
Hackforth Jr



Sebastian Hackforth

Bernd Hackforth

# VULKAN GRUPPE GESCHÄFTSFÜHRUNG



**S. Meise**  
COO (Chief Operations Officer) /  
CTO (Chief Technology Officer)

**S. Hackforth**  
Managing Partner

**S. Oelert**  
CEO (Chief Executive Officer) /  
CFO (Chief Financial Officer)

# VULKAN GRUPPE

## MEHR ALS 130 JAHRE GESCHICHTE



Die Geschichte von VULKAN begann mit der Gründung der Maschinenfabrik Louis Schwarz in Dortmund.



Gründung der Maschinenfabrik HACKFORTH & Co. durch den Ingenieur Bernhard Hackforth in Herne, Deutschland



Bernhard Hackforth jr. (1914 - 1990) übernahm von seinem Vater die alleinige Verantwortung für das Unternehmen.

1889

1898

1926

1941

1949

1951

Die erste Kupplung der Welt wurde für den Einsatz in Hubmaschinen, Hebezeugen und Wendegetrieben hergestellt.



Die Maschinenfabrik Hackforth & Co. übernahm die Produktion von VULKAN Kupplungs- und Getriebebau GmbH



VULKAN erwarb die alleinigen Herstellungs- und weltweiten Vermarktungsrechte für eine hochflexible Kupplung, die EZ-Kupplung



# VULKAN GRUPPE

## MEHR ALS 130 JAHRE GESCHICHTE



Bernd Hackforth (1949) tritt als Mitinhaber in das Unternehmen ein



VULKAN führt die Strategie ACOTEC (Advanced COUPLINGS Technology) ein.



VULKAN wird 125 Jahre alt.

1977

2005

2010

2012

2014

2015

VULKAN richtet eine hauseigene Vulkanisation ein, um die Kontrolle des Prozesses zu gewährleisten.



Sebastian Hackforth (1978) wird Geschäftsführer der Hackforth Holding GmbH & Co. KG.



Das neue Verwaltungsgebäude der VULKAN-Gruppe wird eingeweiht.



# VULKAN GRUPPE 2015

## NEUES VERWALTUNGSGEBÄUDE

Das neue Verwaltungsgebäude der VULKAN-Gruppe ist ein Meilenstein in der langen Unternehmensgeschichte und ein Bekenntnis zum Standort der Konzernverwaltung in Herne.

2015

Nach einer Bauzeit von 14 Monaten sind rund 180 Mitarbeiter in das neue Gebäude umgezogen. Zum ersten Mal sind die Mitarbeiter aller VULKAN-Unternehmen unter einem Dach vereint.



# VULKAN GRUPPE GLOBALE PRÄSENZ



- 
- 18 Standorte
  - 5 Produktionsstätten
- 



VULKAN USA



VULKAN Brasilien



VULKAN Deutschland



VULKAN China



VULKAN Indien

# VULKAN GRUPPE

## 3 STARKE MARKEN

### VULKAN COUPLINGS

#### Maritime Antriebe

- > Handelsschiffe
- > Passagierschiffe
- > Yachten
- > Arbeitsschiffe
- > Spezialschiffe
- > Hilfsantriebe

#### Stationäre Energieerzeugung

- > Permanente Stromversorgung
- > Temporäre Stromversorgung
- > Notstromversorgung

### VULKAN DRIVE TECH

#### Industrielle Antriebslösungen

- > Öl & Gas
- > Bergbau
- > Eisen & Stahl
- > Erneuerbare Energie
- > Allgemeiner Maschinenbau

### VULKAN LOKRING

#### Kälte- und Klimatechnik

- > OEM / Produktion
- > Kältetechnik und Klimatisierung
- > Kältetechnik-Geräte
- > Fahrzeug-Klimatisierung

# VULKAN COUPLINGS

## KUPPLUNGS-GESCHICHTE



VULKAN erwirbt das alleinige Herstellungs- und weltweite Vertriebsrecht für die "hochelastische EZ-Kupplung".



Die ersten Tochtergesellschaften werden in Spanien, Großbritannien, den USA, Japan und Brasilien gegründet.



VULKAN gewährleistet durch die hauseigene Vulkanisation die Einhaltung höchster Qualitätsstandards



VULKAN liefert die größten MESLU-Schalt-Kupplungen, die das Unternehmen je gebaut hat, mit einem Nenn Drehmoment von 390 kNm.

1951

1967

1969-1975

1982

2005

2010

2013

VULKAN baut die bis dahin jemals größte hochelastische Kupplung der Welt, die EZ 560 mit einem Drehmoment von 981 kNm.



VULKAN entwickelt eine Kupplung mit extrem hoher Drehelastizität, genannt RATO.



VULKAN Kupplungen begründen die ACOTEC Strategie.



# AGENDA

## SCHWINGUNGSBOGEN

- Kurzvorstellung Vulkan
- Linearschwingungen Theorie
- Eigenfrequenzen im Campbell Diagramm
- Funktionen einer Kupplung
- Drehschwingungsbeispiel
- Drehschwingungen am Modell und im Beispiel
- Service Life

# NATÜRLICHE EIGENFREQUENZ

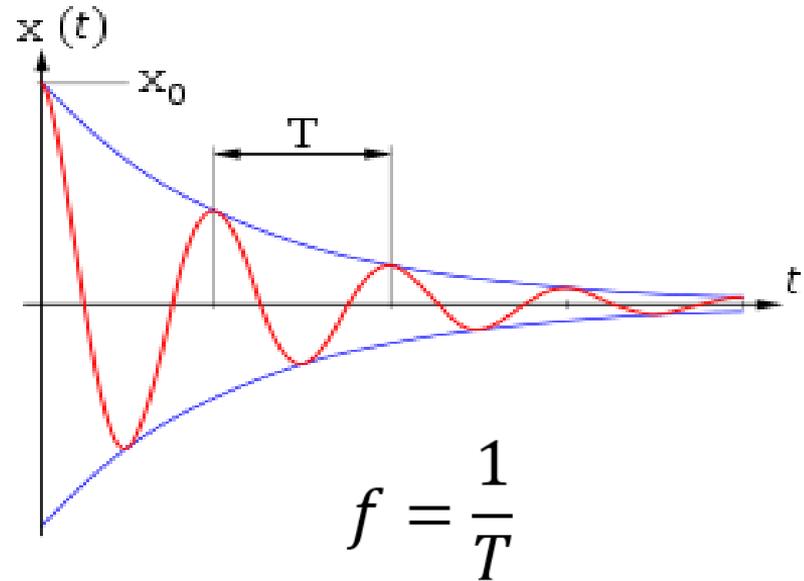
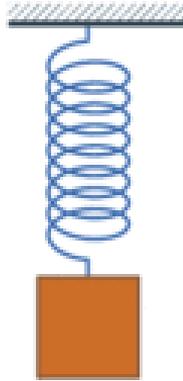
## FEDER-MASSSE SYSTEM - LINEARSCHWINGER

Jedes Feder-Massesystem schwingt nach Erregung mit seiner Eigenfrequenz

Die vertikale ungedämpfte Eigenfrequenz  $f$  in Hz wird wie folgt berechnet:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

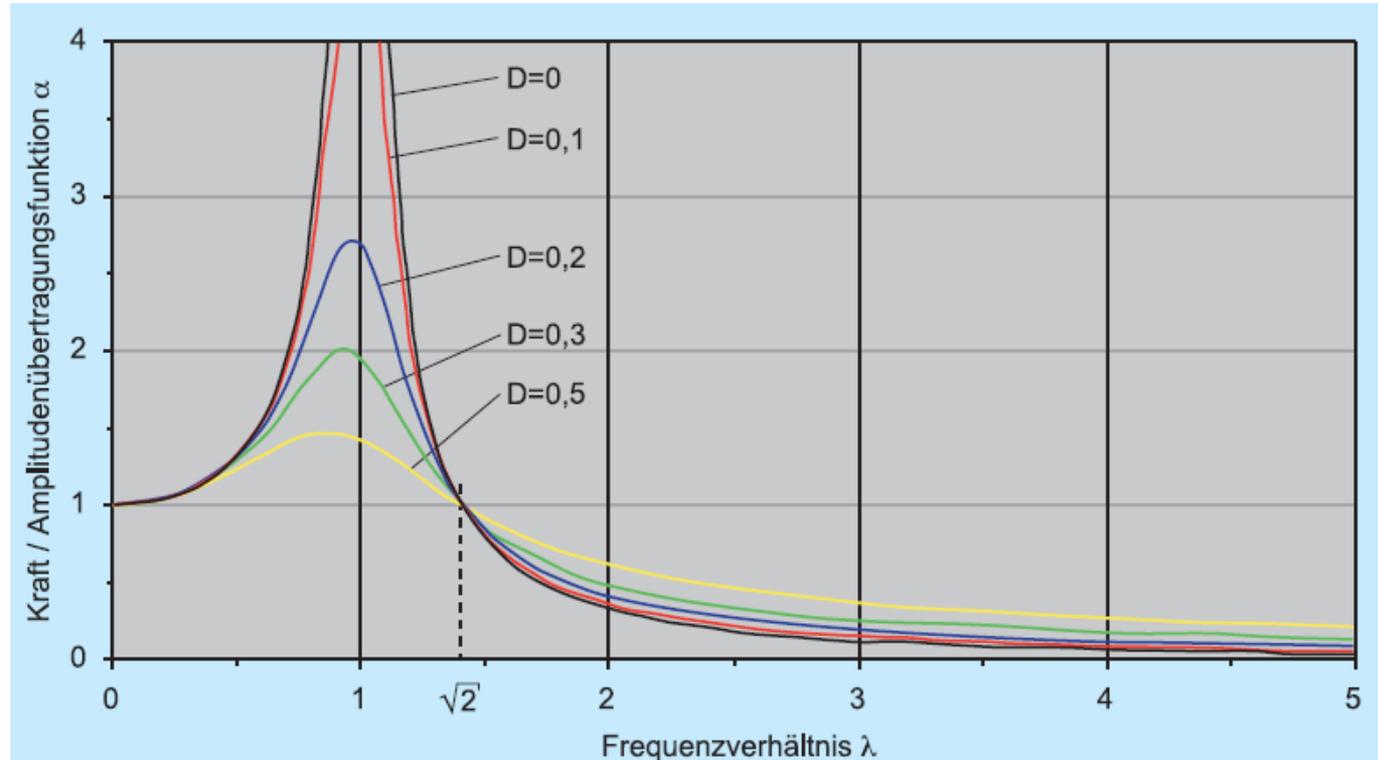
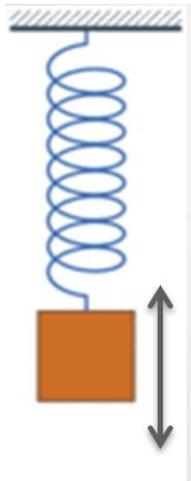
$k$  = Federsteifigkeit in N/m  
 $m$  = Masse in kg

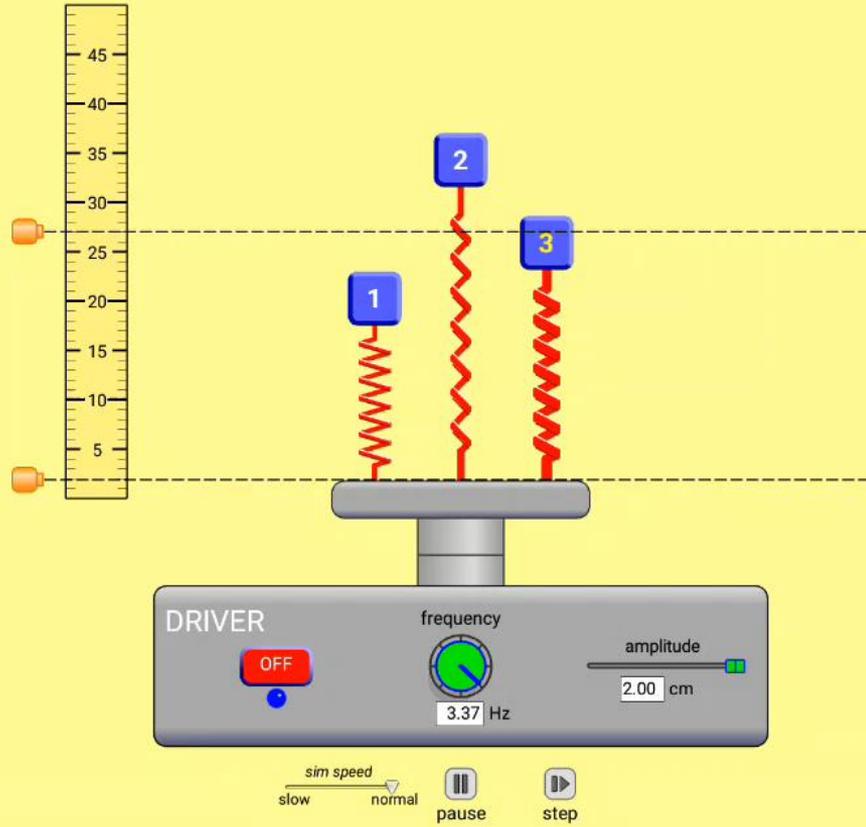


# EIGENFREQUENZ

ÜBER- UND UNTERKRITISCHE BEREICHE EINER SCHWINGUNG

Schwingungsmodell  
- Einmassenschwinger





Number of Resonators

Select Preset

Resonator 3

mass 1.0 kg

spring constant 900 N/m

frequency = 4.775 Hz

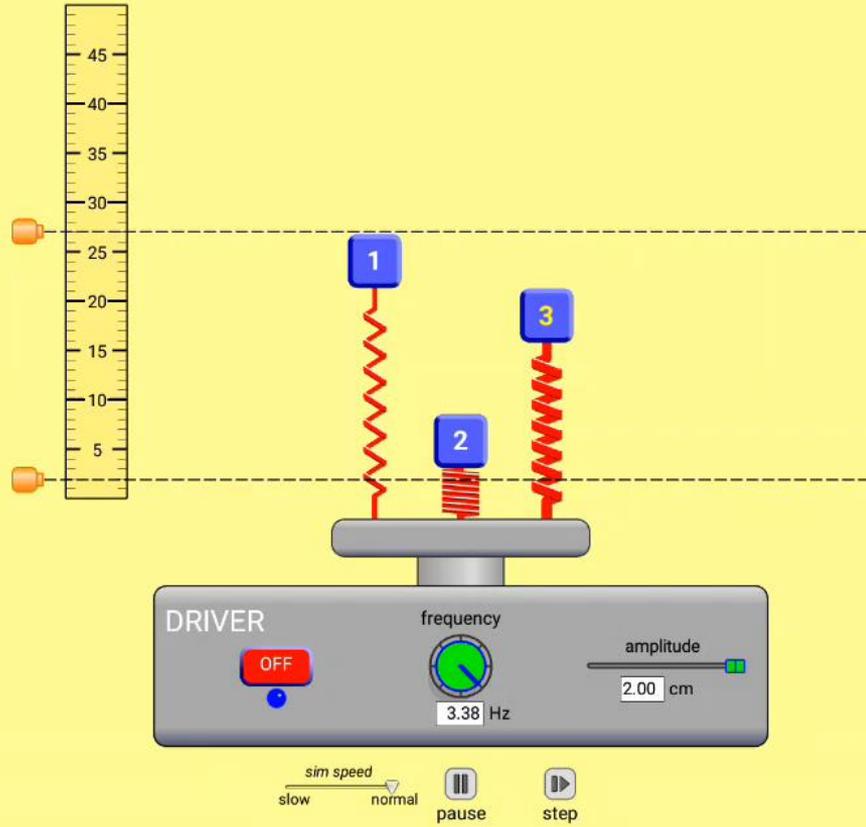
damping constant 1.0 N/(m/s)

Gravity:  on  off

Ruler

Reset All

PhET



Number of Resonators

Select Preset

**Resonator 3**

mass  
1.0 kg

spring constant  
900 N/m  
frequency = 4.775 Hz

damping constant  
1.0 N/(m/s)

Gravity:  on  off

Ruler

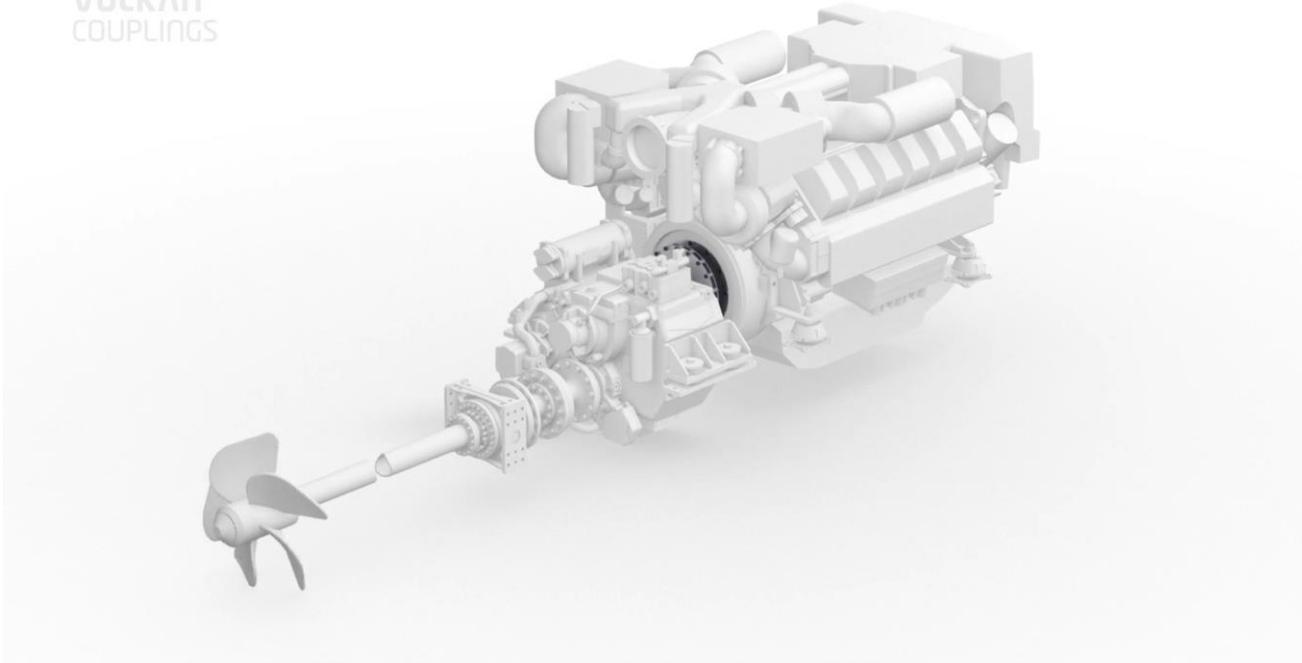
Reset All

PhET

# ANTRIEBSANLAGE

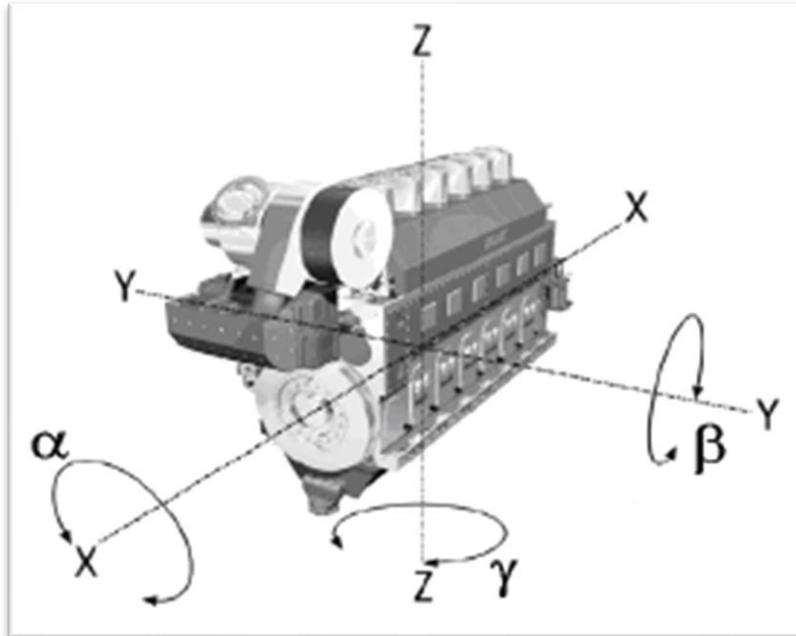
BEWEGUNGEN / SCHWINGUNGEN

VULKAN  
COUPLINGS



# EIGENSCHWINGFORMEN EINES MOTORS

FREQUENZEN - ANREGUNGEN – SYSTEMANTWORT – CAMPBELL DIAGRAMM



F-Mode	Diretion	Freq [Hz]
Pitching	$\beta$	5,8
Lateral	Y	6,7
Vertical	Z	8,8
Yawing	Y	13,1
Longitudinal	X	13,8
Rolling	$\alpha$	20,1

# EIGENSCHWINGFORMEN EINES MOTORS

FREQUENZEN - ANREGUNGEN – SYSTEMANTWORT – CAMPBELL DIAGRAMM

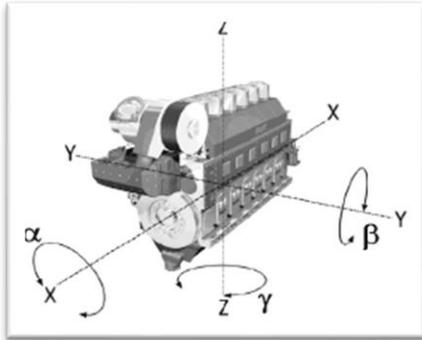
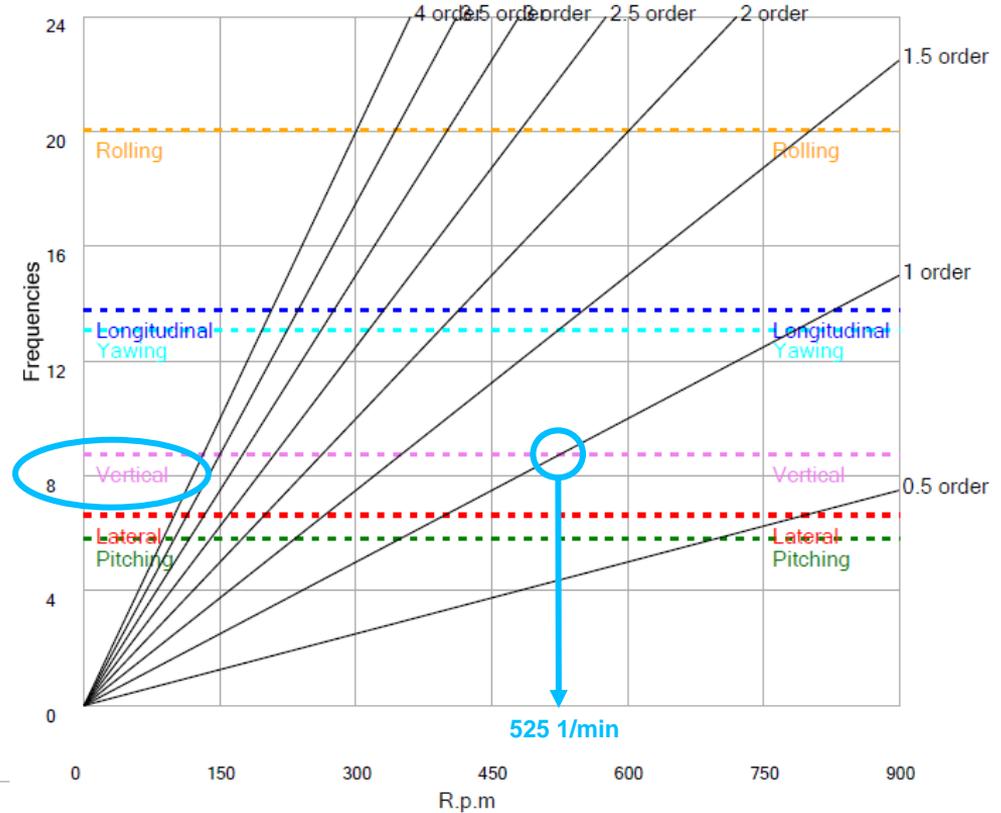


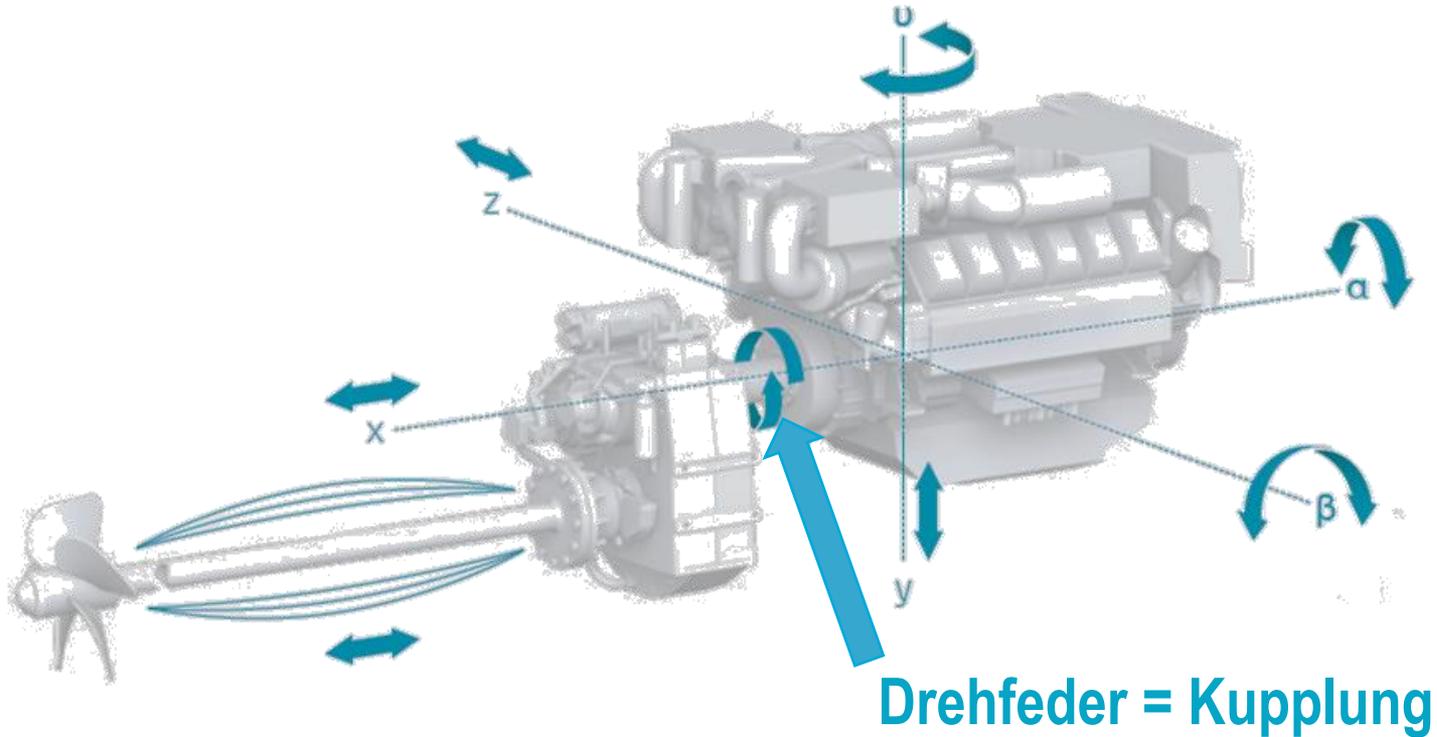
Table 3.1 Coupled natural frequencies and mode shapes

F-Mode	Freq [Hz]	Mode Shape					
		x	y	z	α	β	γ
Pitching	5.84	1.00	0.01	-0.05	-0.01	0.71	0.00
Lateral	6.67	-0.01	1.00	-0.08	-0.63	0.00	0.02
<b>Vertical</b>	<b>8.78</b>	0.03	0.07	1.00	-0.02	0.01	0.00
Yawing	13.12	-0.14	0.07	-0.01	0.24	0.09	1.00
Longitudinal	13.80	1.00	0.01	-0.02	0.04	-0.60	0.14
Rolling	20.09	0.00	0.44	-0.01	1.00	0.00	-0.11



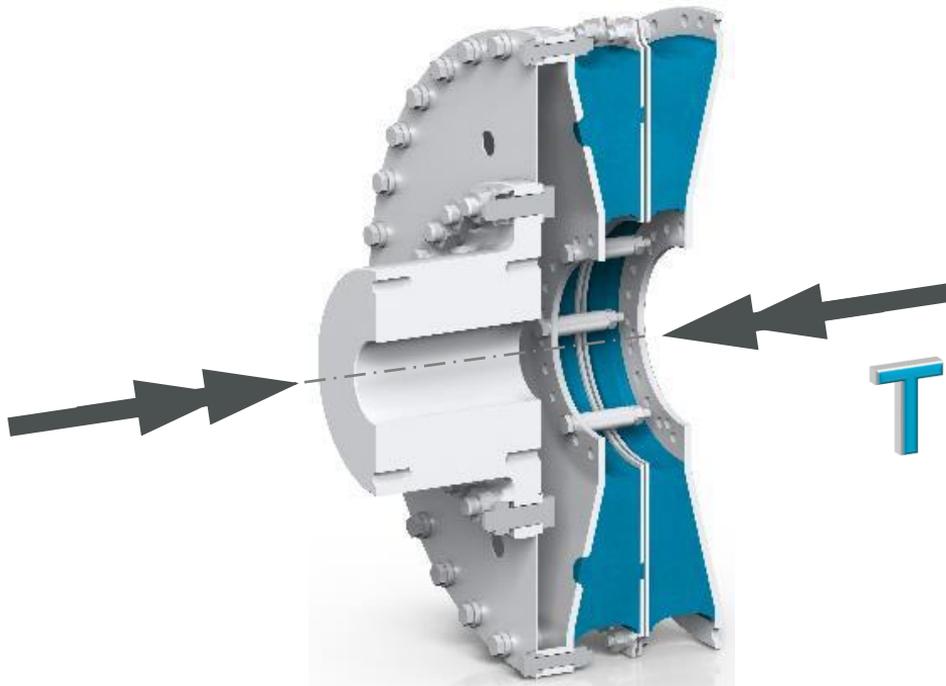
# NATÜRLICHE EIGENFREQUENZ

BEWEGUNGEN – FREIHEITSGRADE EIGENSCHWINGFORMEN EINES ANTRIEBSSYSTEMS



# WARUM BENÖTIGEN WIR EINE KUPPLUNG

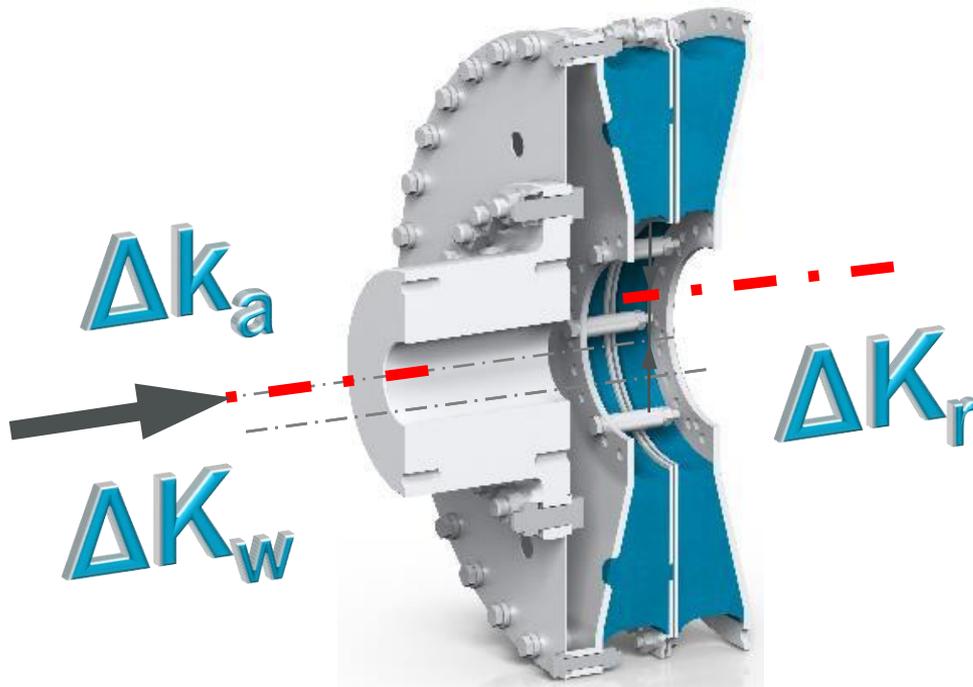
## FUNKTIONEN



- ✓ Übertragung von Drehmoment

# WARUM BENÖTIGEN WIR EINE KUPPLUNG

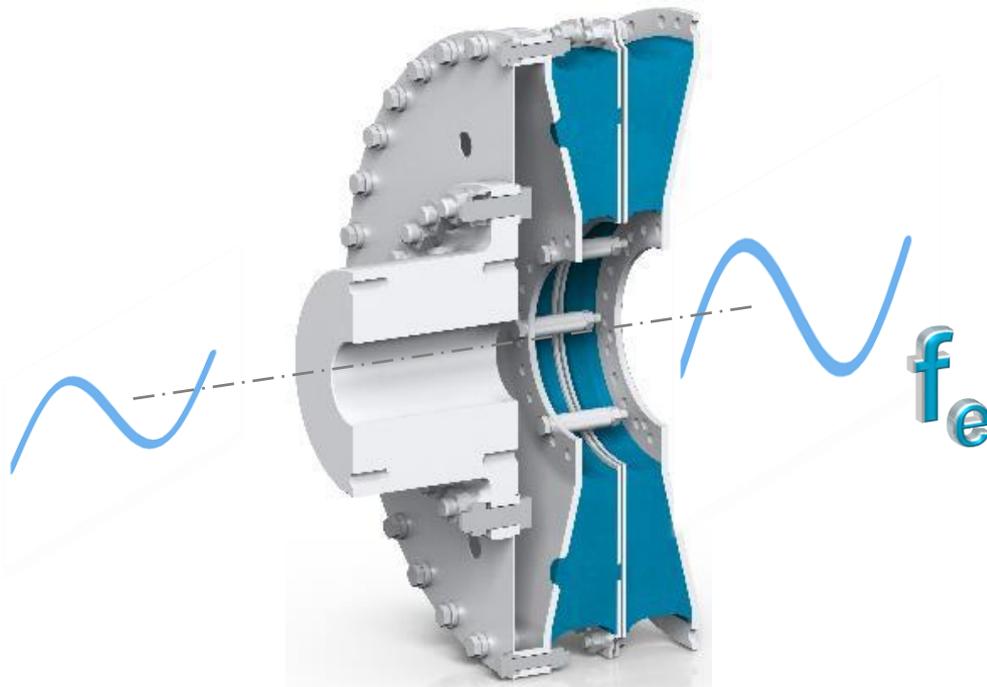
## FUNKTIONEN



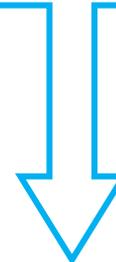
- ✓ Übertragung von Drehmoment
- ✓ Ausgleichen von Verlagerung

# WARUM BENÖTIGEN WIR EINE KUPPLUNG

## FUNKTIONEN



- ✓ Übertragung von Drehmoment
- ✓ Ausgleichen von Verlagerung
- ✓ Geräusch- / Schwingungsreduktion
- ✓ Schwingungsabstimmung der Anlage



**Eigenfrequenz des Systems**

# VULKAN COUPLINGS

TORSIONAL VIBRATIONS

Example Tacoma Bridge 7. November 1940

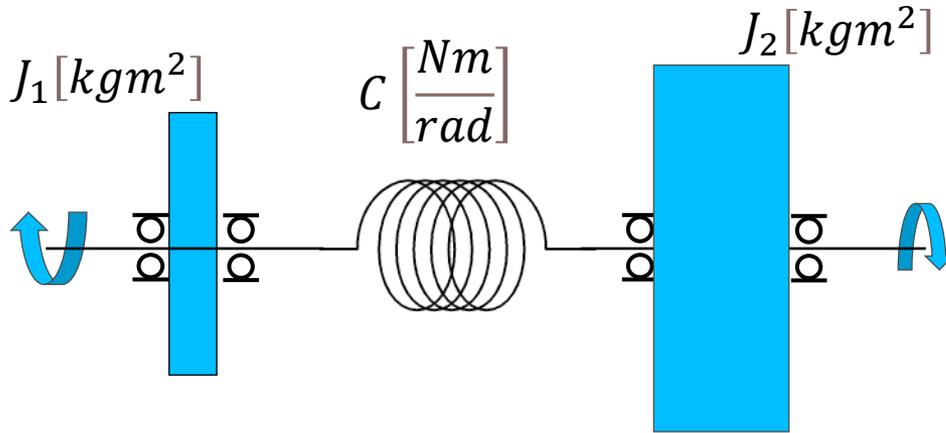


# NATÜRLICHE EIGENFREQUENZ

## FEDER-MASSE SYSTEM - DREHSCHWINGUNG

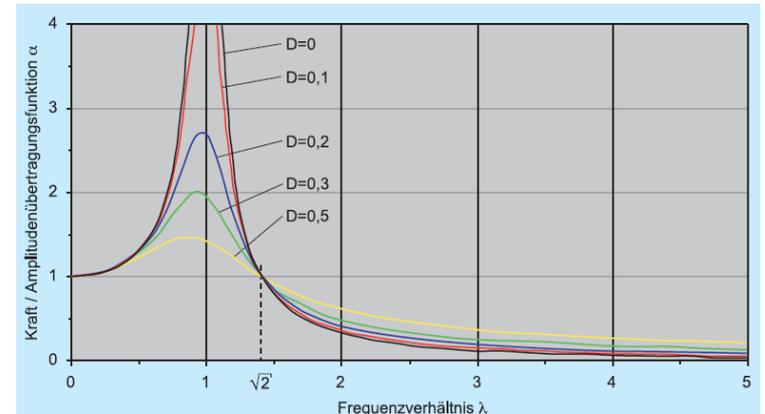
### Torsionsschwingungs Modell

- 2-Massen-Drehschwinger



Die ungedämpfte torsionale Eigenfrequenz  $f$  in Hz wird wie folgt berechnet:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{C \times \left( \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right)}$$

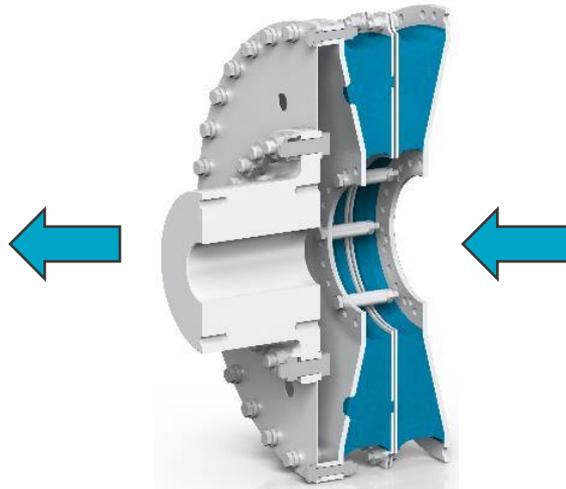


# FEDERFUNKTION - WECHSELMOMENTE

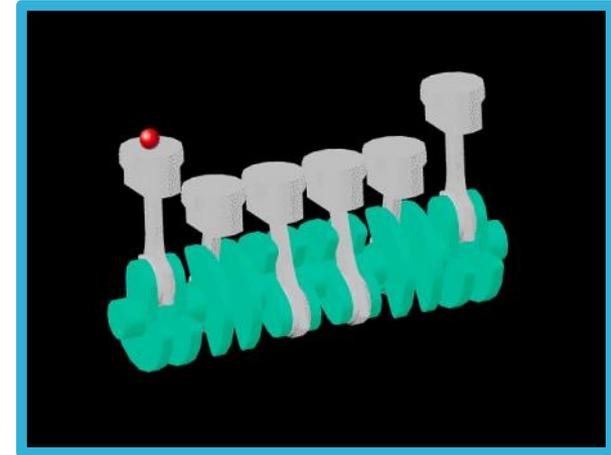
WECHSELMOMENTE AUFNEHMEN – ZAHNABHEBEN VERHINDERN



Zahnkontakt



Vorspannung

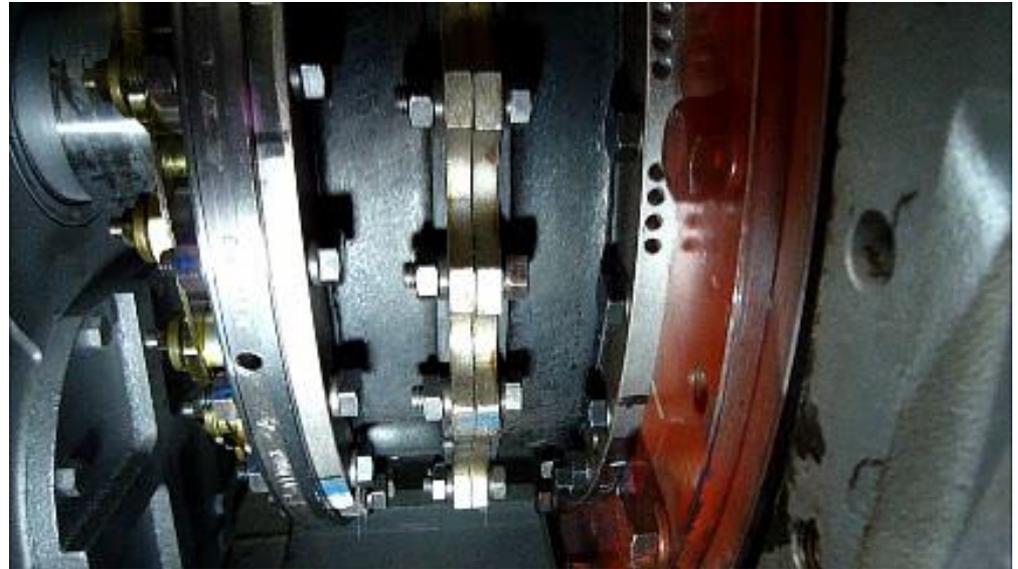
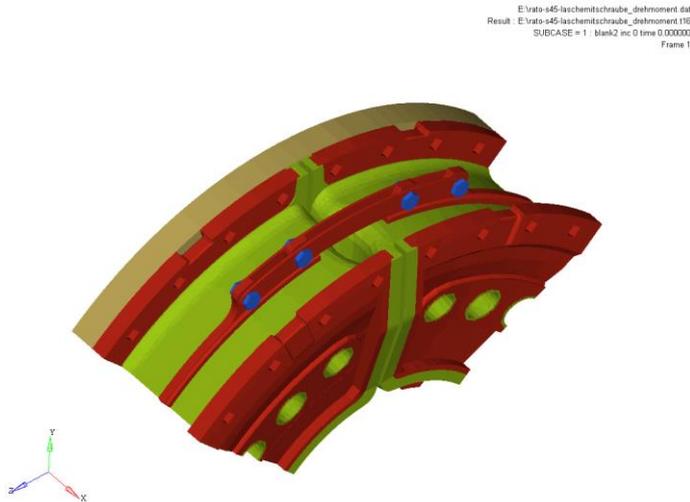


Drehmoment  
+ Wechselmomente

# DREHMOMENT UND WECHSELMOMENTE

## PRAXISBEISPIEL

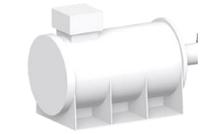
Kupplungs-“verdrehung“ in der Theorie und in der Praxis sichtbar gemacht mittels Stroboskop



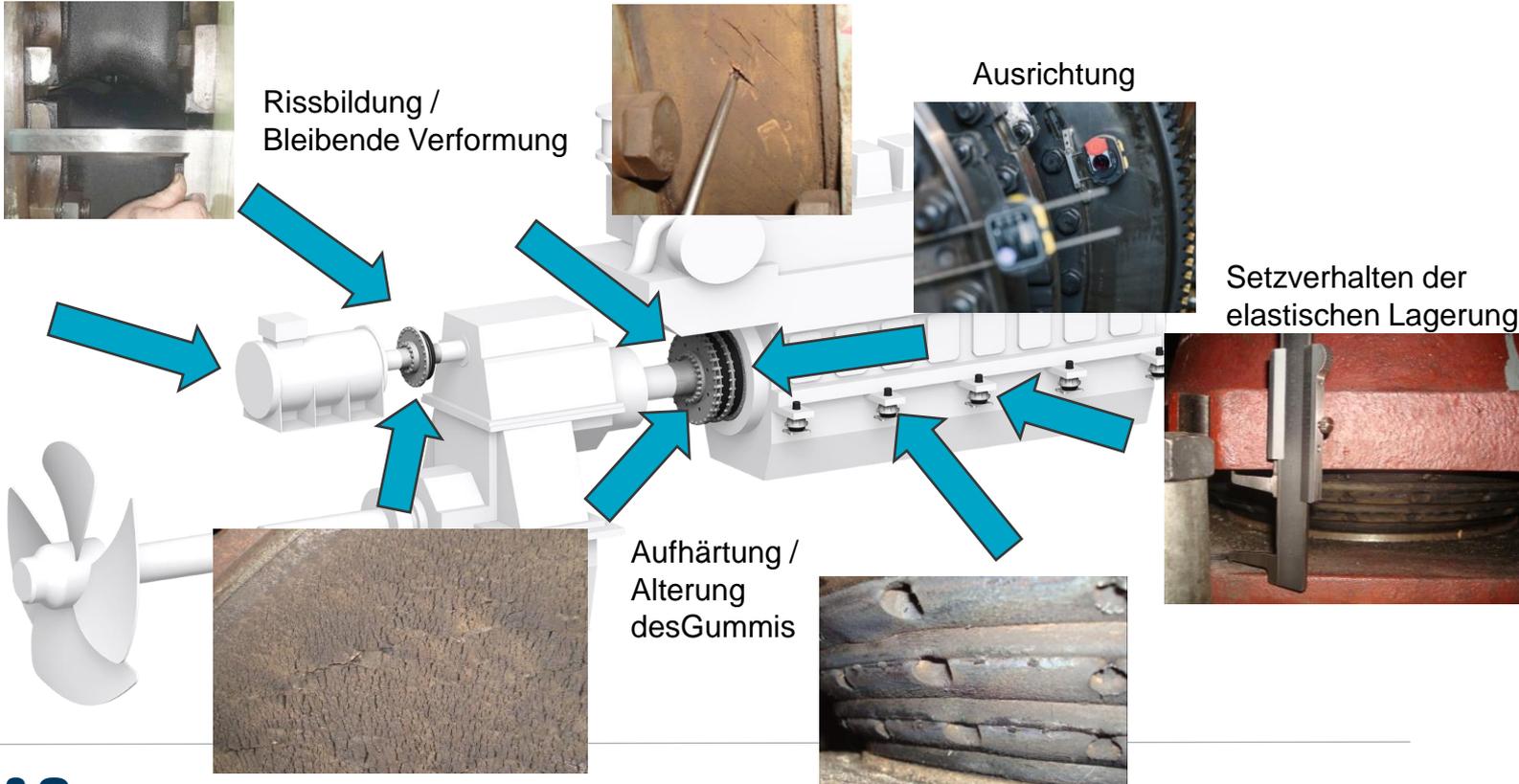
# THEORETISCH BERECHNETE ANTRIEBSANLAGE

VERÄNDERUNGEN WÄHREND DES BETRIEBS / EINFLUSS AUF DAS GESAMTSYSTEMS

Neuer  
Wellengenerator



$$J = \frac{1}{2}mr^2$$



# INSPEKTION VON VULKAN KUPPLUNGEN

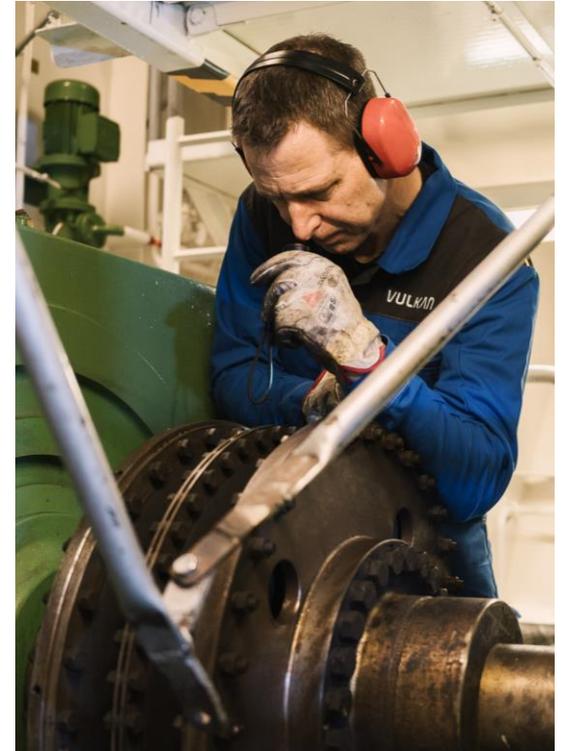
Vulkan empfiehlt mindestens **zweimal jährlich** und nach außergewöhnlichen Betriebszuständen, die elastischen Kupplungen zu überprüfen.

Generell gibt es zwei Möglichkeiten der Inspektion, die dann Vulkan zwecks Beurteilung zur Verfügung gestellt werden können.

1. Anhand eines ausgefüllten **Inspection sheet**
2. Aussagefähige **Bilder** (in normaler Auflösung resolution) von der Oberfläche, Auffälligkeiten und etwaigen Beschädigungen

In beiden Fällen sind folgende zusätzlichen Angaben notwendig:

- Kupplungs Kommissionsnummer
- Betriebsstunden
- Kupplungstyp / Größe
- Ristiefen (wenn Risse vorhanden)
- Bleibende Verformung



# RATO S / RATO S+

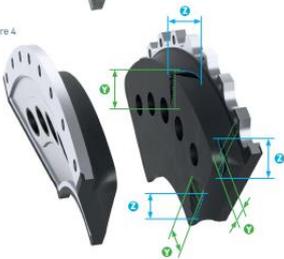
## SERVICE LIFE OF HIGHLY FLEXIBLE COUPLINGS

As a result of the deformation, aging and load of the flexible element during normal operation, cracks may get formed that are permissible in our natural rubber elements up to a certain limit (Figure 3 and Figure 4). Depending on size, visual shape, age and location of cracks a rework by grinding and coating could be recommended in order to extend the total lifetime. Surface cracks in the flexible element of a RATO S / RATO S+ coupling are permissible, if these cracks occur on all sides of the entire rubber surface up to a depth as mentioned (Figure 3, depth  $\Phi$ ). With defined cracks predominantly in the outer rubber surface, the segment faces and segment corners the maximum allowed length and depth is mentioned in the table (Figure 4, depth  $\Phi$ ). If the permissible influenced area is a combination of the mentioned cracks is exceeded, it is recommended to replace the flexible element as soon as possible.

Figure 3



Figure 4



### PERMISSIBLE DEPTHS OF CRACKS RATO S

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 0310	9	16	42
G 0510	11	19	49
G 0810	13	22	57
G 1210	4	7	19
G 1310	5	8	21
G 1410	5	9	23
G 1510	5	9	25
G 1610	6	10	27
G 1710	6	11	29
G 1810	7	12	31
G 1910	7	12	31
G 2010	7	13	33
G 2110	7	13	33
G 2210	8	14	36
G 2310	8	14	36
G 2410	9	15	39
G 2510	9	15	39
G 2610	9	16	42
G 2710	9	16	42
G 2810	10	17	46
G 2910	10	17	46
G 3010	11	19	49
G 3110	11	19	49
G 3210	12	20	53
G 3310	12	20	53
G 3410	13	22	57
G 3510	13	22	57

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 3610	14	23	62
G 3710	14	23	62
G 3810	15	25	67
G 3910	15	25	66
G 4010	15	25	66
G 4310	16	27	72
G 4410	16	27	72
G 4510	17	29	78
G 4610	17	29	78
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25	43	114
G 7310	28	48	126

Size	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
G 4710	17	29	78
G 4810	17	29	78
G 4910	19	32	84
G 5010	19	32	84
G 5110	19	32	84
G 5310	20	34	91
G 5410	20	34	90
G 5510	20	34	90
G 5610	20	34	90
G 5720	21	36	96
G 5810	22	37	98
G 6010	22	37	98
G 6210	23	39	104
G 6310	23	39	104
G 6510	24	40	106
G 6810	25	42	112
G 7010	25		

# VULKAN KUPPLUNGEN UND LAGER

WE ENSURE THAT SYSTEMS WORK BETTER



**VIELEN DANK**  
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

# DISCLAIMER

Any liability for information given within this presentation will be herewith disclaimed.

1. The basic target of this presentation is the provision of information, no responsibility is given for the correctness, completeness and admissibility of these information or any illustration within this presentation.
2. All rights of the author to illustrations and/or any other information given within this presentation remain with him.
3. Rights to given added values, inventions and third party labelings remain with the rights owner.
4. The presentation should only be used for the purpose of describing VULKAN or VULKAN products and may only be used or duplicated unrestrictedly and without modifications.