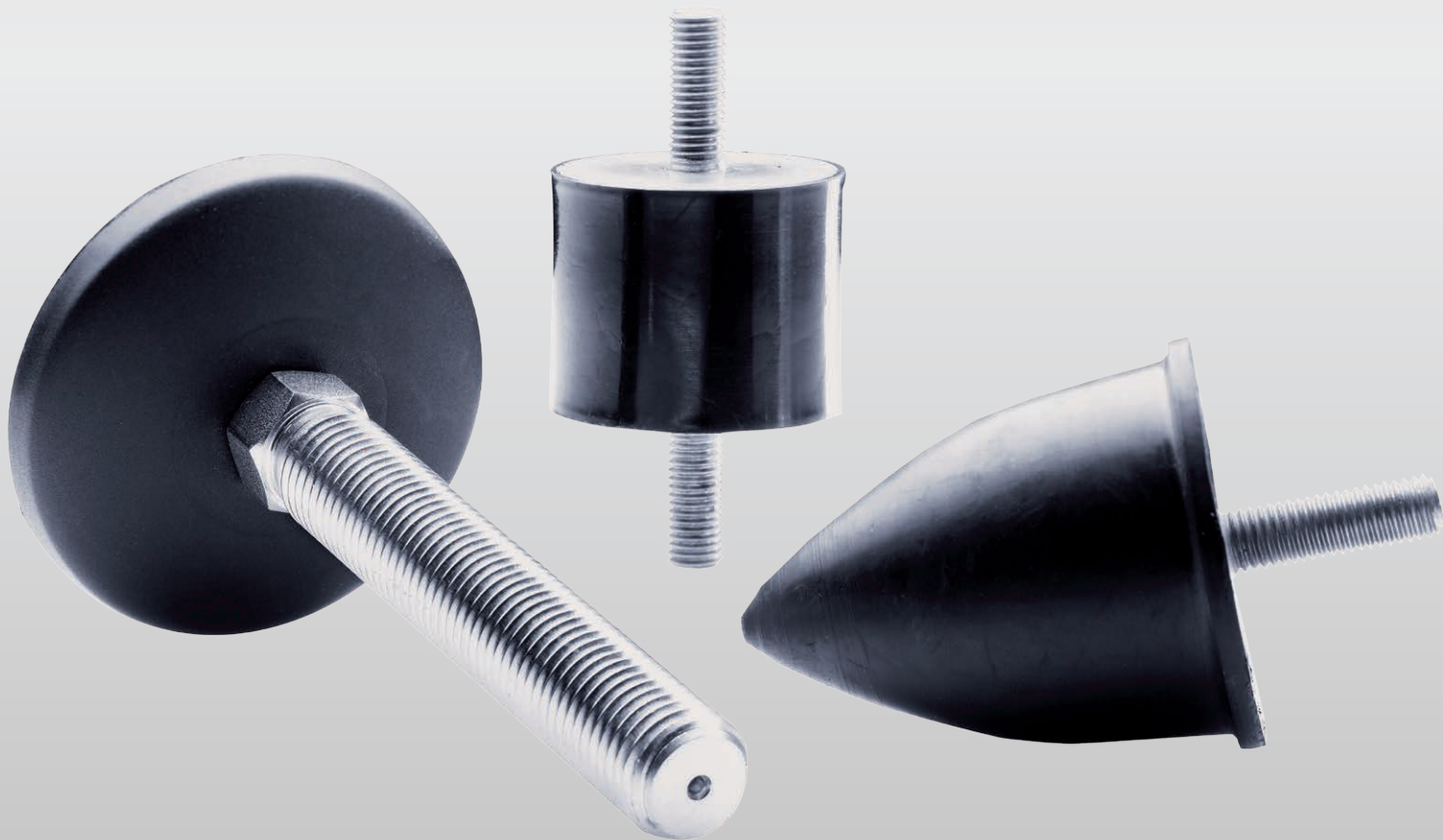


[REIFF TECHNISCHE PRODUKTE]
Schwingungsdämpfungselemente

REIFF

Schwingungs- dämpfungselemente



FERTIGUNG UND BERATUNG



Die Shorehärte der Gummimischung beeinflusst die Schwingungsdämpfungseigenschaften wesentlich

Professioneller Service von der Beratung bis zum Endprodukt

Unsere Experten beraten Sie von Beginn an, legen Einsatzbereiche und Ihre spezifischen Anforderungen fest und setzen Bearbeitungswünsche sowie Sonderanfertigungen für Sie um.

Anwendungsorientierte Beratung

Der Einsatz von Schwingungsdämpfungselementen hängt von verschiedenen Faktoren ab: Gewicht, erzeugende Frequenz und Umfeld der Maschine bestimmen, welches Element zum Einsatz kommt. Sie geben uns Ihre Anforderungen vor, wir wählen das geeignete Produkt für Sie aus.

Beratungsservice

Wir bohren, sägen und bearbeiten die Produkte so, dass sie Ihren individuellen Anforderungen gerecht werden. Zu unserem umfassenden Bearbeitungsservice zählen Produktmodifizierungen von Standardprodukten ebenso wie Sonderanfertigungen.

Lieferbereitschaft

Wir haben eine Vielzahl an Schwingungsdämpfungselementen auf Lager und können so eine schnelle und zuverlässige Lieferung gewährleisten.

SCHWINGUNGS- DÄMPFUNGSELEMENTE

Schwingungen unter Kontrolle

Unsere Schwingungsdämpfungselemente dämmen Erschütterungen und Körperschall, isolieren Maschinenschwingungen und schützen vor Lärm. Sie sind funktional, flexibel und universell einsetzbar – überall dort, wo es um federnde Lagerungen in verschiedenen Bereichen des Maschinen-, Apparate- und Ingenieurbaus geht. Zahlreiche Größen und Ausführungen mit unterschiedlichen Metallteilausführungen und Shorehärten der Elastomere ergeben Konstruktionsmöglichkeiten für vielseitige Anwendungen.

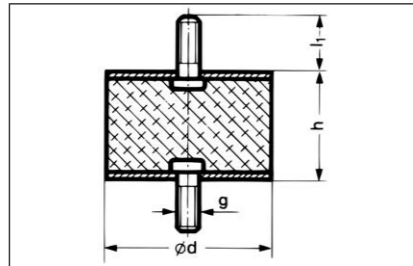
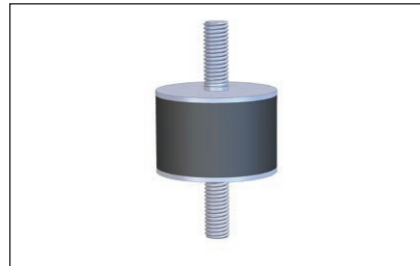


Vielfalt – diverse Gummipuffer und Maschinenfüße werden für den Versand verarbeitet

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|------------------------------|----|
| Gummi-Metall-Puffer | 4 |
| Gummi-Metall-Anschlag-Puffer | 12 |
| Gummi-Metall-Schienen | 16 |
| Gummi-Metall-Elemente | 19 |
| Gummi-Metall-Buchsen | 23 |
| Gummi-Metall-Ramppuffer | 25 |
| Kranpuffer-Anschlagpuffer | 26 |
| Maschinenfüße | 27 |
| Schwingmetall-Elemente | 41 |
| Reibräder | 49 |
| Luftfederbälge | 52 |
| Elastomerfedern | 56 |
| Gummihohlfedern | 62 |
| Baulager | 65 |
| Technische Informationen | 66 |

GM-Puffer Ausführung A



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 2x Außengewinde

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 450620 | 450600 | 161230 | 8 | 8 | M3x6 |
| 161260 | 161860 | 161990 | 10 | 10 | M4x10 |
| | 10104306 | | 10 | 15 | M5x12 |
| | 10107287 | | 12,5 | 10 | M5x10 |
| 162080 | 162100 | 162130 | 15 | 8 | M4x10 |
| | 450660 | | 15 | 10 | M4x10 |
| | 10112942 | | 15 | 12 | M6x15 |
| 10100141 | | | 15 | 15 | M4x10/M4x8 |
| 162290 | 162310 | 161170 | 15 | 15 | M4x13 |
| | 10105242 | | 15 | 15 | M5x8 |
| 162360 | 162520 | 162540 | 15 | 20 | M4x13 |
| 1047490 | 1047480 | 1047470 | 15 | 30 | M4x15 |
| 162610 | 162630 | 162650 | 18 | 8,5 | M6x16 |
| | 10105127 | | 20 | 8 | M6x18 |
| | | 10119538 | 20 | 12 | M6x15 |
| 162660 | 162850 | 162880 | 20 | 15 | M6x15 |
| 10100143 | | | 20 | 20 | M6x10/M6x18 |
| 162910 | 162330 | 163120 | 20 | 20 | M6x15 |
| 163360 | 163460 | 163560 | 20 | 25 | M6x15 |
| 1048230 | 1048220 | 1048240 | 20 | 25 | M6x18 |
| 163600 | 163630 | 163960 | 25 | 10 | M6x18 |
| 164320 | 164380 | 164410 | 25 | 15 | M6x18 |
| 163080 | 164470 | 164480 | 25 | 20 | M6x18 |
| | 1134340 | | 25 | 25 | M6x18 |
| 164500 | 164510 | 164560 | 25 | 30 | M6x18 |
| | 10119722 | | 30 | 15 | M8x12 |
| 64900 | 64820 | 64910 | 30 | 15 | M8x20 |
| 64830 | 64920 | 64840 | 30 | 20 | M8x20 |
| 64890 | 10051813 | 65130 | 30 | 30 | M8x20 |
| 65750 | 65760 | 164600 | 40 | 30 | M8x23 |
| 164620 | 164700 | 164740 | 40 | 40 | M8x23 |
| | 10118038 | | 40 | 50 | M10x20 |
| 164790 | 164450 | 164910 | 50 | 20 | M10x28 |
| | | 1086630 | 50 | 20 | M8x20 |
| | | 10107495 | 50 | 30 | M8x25 |
| 164930 | 164950 | 164970 | 50 | 30 | M10x28 |
| 1047260 | 1047240 | 1047250 | 50 | 30 | M10x33 |
| | | 10107499 | 50 | 35 | M8x28 |
| 164990 | 165070 | 165170 | 50 | 40 | M10x28 |
| 165300 | 165350 | 165400 | 50 | 45 | M10x28 |
| 1047190 | 1047180 | 1047200 | 50 | 45 | M10x33 |
| | | 10107496 | 50 | 50 | M8x25 |
| 164840 | 165760 | 167030 | 50 | 50 | M10x28 |
| | | 10107497 | 60 | 60 | M12x27 |
| 167050 | 167500 | 167940 | 70 | 45 | M10x25 |
| 168210 | 168480 | 168490 | 75 | 25 | M12x37 |
| 168500 | 168510 | 165590 | 75 | 40 | M12x37 |

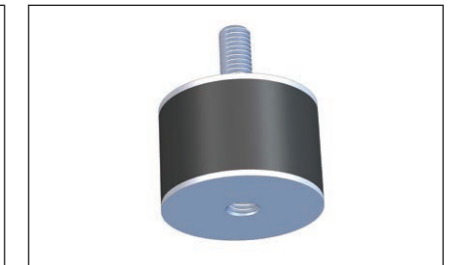
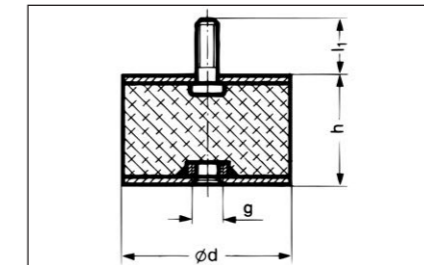
GM-Puffer Ausführung A

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 168530 | 168550 | 168560 | 75 | 50 | M12x37 |
| 168570 | 168580 | 168590 | 75 | 55 | M12x37 |
| 168600 | 168770 | 168810 | 100 | 40 | M16x45 |
| 168840 | 168520 | 168900 | 100 | 55 | M16x45 |
| | | 4677470 | 100 | 60 | M16x45 |
| | 10110337 | | 100 | 75 | M12x43 |
| 1046510 | 1046520 | 1046530 | 100 | 75 | M16x45 |

GM-Puffer Ausführung B

Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

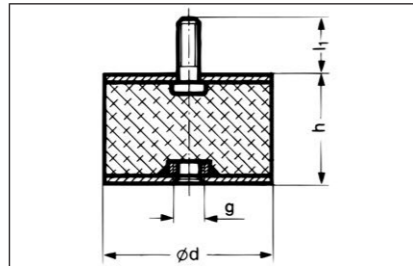
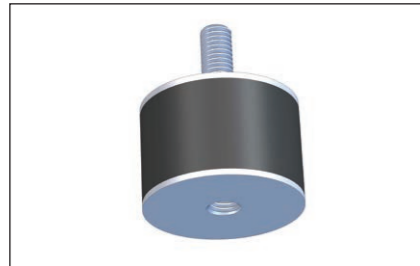
Ausführung: 1x Außen/Innengewinde



| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 168930 | 168950 | 168980 | 8 | 8 | M3x6 |
| 10121502 | | | 10 | 10 | M6x6 |
| | 10110112 | | 10 | 10 | M4x6 |
| 168990 | 169020 | 169050 | 10 | 10 | M4x10 |
| 169140 | 169780 | 170080 | 15 | 15 | M4x13 |
| 168880 | 452690 | 452040 | 15 | 20 | M4x13 |
| 1047460 | 1047440 | 1047450 | 15 | 30 | M4x15 |
| | 10112964 | | 15 | 30 | M5x13 |
| | 10119830 | | 20 | 10 | M6x18 |
| 452020 | 452030 | 452010 | 20 | 15 | M6x15 |
| 452060 | 452080 | 452090 | 20 | 20 | M6x15 |
| | 10119887 | | 20 | 20 | M6x18 |
| 452070 | 452100 | 452120 | 20 | 25 | M6x15 |
| 1047390 | 1047410 | 1047400 | 20 | 25 | M6x18 |
| | 10109707 | | 20 | 30 | M5x15 |
| 452160 | 452130 | 452140 | 25 | 15 | M6x18 |
| 452150 | 10069667 | 452210 | 25 | 20 | M6x18 |
| 452190 | 452200 | 452170 | 25 | 30 | M6x18 |
| | 10013871 | | 30 | 15 | M8x10 |
| | 10039936 | | 30 | 15 | M8x20 |
| 452260 | | | 30 | 20 | M8x20 |
| 452220 | 452230 | 452280 | 30 | 30 | M8x20 |
| | 10051808 | | 30 | 30 | M8x23 |
| | 10114837 | | 40 | 20 | M8x23 |
| 452290 | 452300 | 452310 | 40 | 30 | M8x23 |
| | 10120900 | | 40 | 30 | M8x28 |
| | 10121077 | | 40 | 30 | M10x28 |
| | 10120014 | | 40 | 35 | M8x23 |
| 452270 | 452350 | 452320 | 40 | 40 | M8x23 |
| 452340 | 452360 | 452330 | 50 | 20 | M10x28 |
| 452390 | 452370 | 452380 | 50 | 30 | M10x28 |
| 1047230 | 1047210 | 1047220 | 50 | 30 | M10x33 |

Fortsetzung =>

Fortsetzung: GM-Puffer Ausführung B

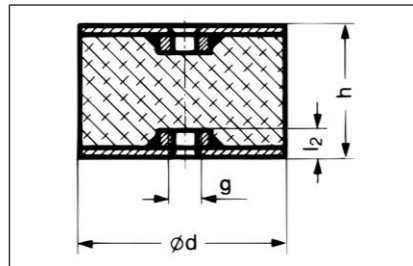
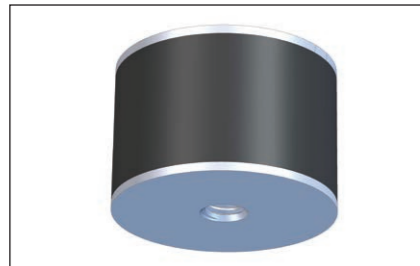


Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 1x Außen/Innengewinde

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x I1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 404420 | 452410 | 452400 | 50 | 40 | M10x28 |
| 452430 | 452460 | 452440 | 50 | 45 | M10x28 |
| 1047170 | 1047150 | 1047160 | 50 | 45 | M10x33 |
| 452450 | 452420 | 452470 | 50 | 50 | M10x28 |
| 452510 | 452480 | | 70 | 45 | M10x25 |
| | | 452500 | 70 | 45 | M10x30 |
| 452490 | 452530 | 452520 | 75 | 40 | M12x37 |
| 452540 | 452560 | 452550 | 75 | 50 | M12x37 |
| 452570 | 452600 | 452580 | 75 | 55 | M12x37 |
| 452610 | 452590 | 452650 | 100 | 40 | M16x45 |
| 452630 | 452660 | 452640 | 100 | 55 | M16x45 |
| 452620 | 452720 | 452680 | 100 | 60 | M16x45 |
| 1046480 | 1046490 | 1046500 | 100 | 75 | M16x45 |

GM-Puffer Ausführung C



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 2x Innengewinde

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x I2 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 452670 | 452710 | 452740 | 8 | 8 | M3x3 |
| 452750 | 452760 | 452730 | 10 | 10 | M4x4 |
| 450820 | 450830 | 450840 | 10 | 15 | M4x4 |
| 452770 | 458000 | 452850 | 13 | 26 | M4x4 |
| 452780 | 452860 | 452840 | 15 | 15 | M4x4 |
| 453390 | 454320 | 453440 | 15 | 20 | M4x4 |
| 10110382 | 10115944 | | 20 | 15 | M6x6 |
| 453510 | 453450 | 453460 | 20 | 20 | M6x6 |
| 453470 | 453480 | 453490 | 20 | 25 | M6x6 |
| 453540 | 453550 | 453560 | 25 | 20 | M6x6 |
| 453570 | 453580 | 453590 | 25 | 30 | M6x6 |
| 453600 | 453610 | 453620 | 30 | 20 | M8x8 |
| | 10115616 | | 30 | 25 | M8x8 |
| 453630 | 453640 | 453650 | 30 | 30 | M8x8 |
| 453660 | 453670 | 453680 | 40 | 30 | M8x8 |
| 453690 | 453760 | 453770 | 40 | 40 | M8x8 |

Fortsetzung ➡

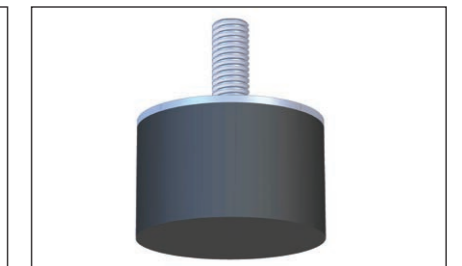
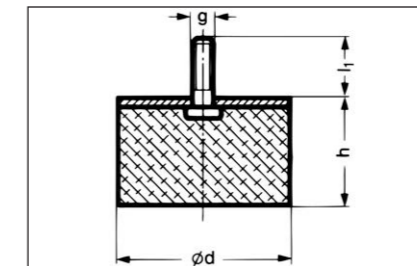
GM-Puffer Ausführung C

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x I2 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| | 10110883 | | 50 | 25 | M10x10 |
| 453780 | 453790 | 453800 | 50 | 30 | M10x10 |
| 453810 | 453820 | 453830 | 50 | 40 | M10x10 |
| 453840 | 453850 | 453860 | 50 | 45 | M10x10 |
| 453870 | 453880 | 453890 | 50 | 50 | M10x10 |
| 453900 | 453910 | 453920 | 70 | 45 | M10x10 |
| 453930 | 453940 | 453960 | 75 | 40 | M12x12 |
| 453970 | 453980 | 453990 | 75 | 50 | M12x12 |
| 454000 | 454010 | 454020 | 75 | 55 | M12x12 |
| | 10111064 | | 100 | 55 | M12x12 |
| 454030 | 454040 | 454050 | 100 | 55 | M16x16 |
| 454060 | 454070 | 454080 | 100 | 60 | M16x16 |
| | 10115630 | | 100 | 70 | M16x16 |
| 1046450 | 1046460 | 1046470 | 100 | 75 | M16x16 |
| | | 10001234 | 125 | 75 | M16x16 |
| 454090 | 454100 | 454120 | 150 | 55 | M16x16 |
| 454140 | 454130 | 454150 | 150 | 75 | M16x16 |
| 1046420 | 1046430 | 1046440 | 200 | 100 | M16x16 |
| | 10077629 | 10104624 | 200 | 100 | M20x20 |

GM-Puffer Ausführung D

Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

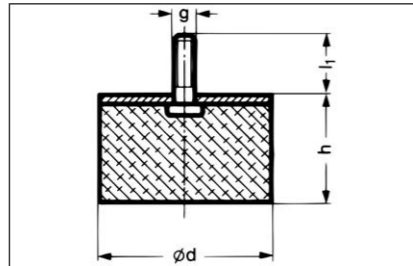
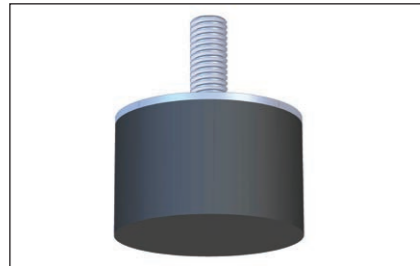
Ausführung: 1x Außengewinde



| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x I1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10123853 | 10120236 | 10124150 | 6 | 7 | M3x6 |
| | 10116015 | | 8 | 10 | M4x10 |
| | 10116681 | | 10 | 5 | M4x10 |
| | 4060110 | | 10 | 10 | M4x10 |
| | 10123627 | | 10 | 15 | M4x10 |
| | 10119035 | | 10 | 15 | M5x10 |
| | 780520 | | 15 | 6 | M4x15 |
| | 10065570 | | 15 | 8 | M4x4 |
| | 10103340 | | 15 | 8 | M4x6 |
| | 10123572 | 10098328 | 15 | 8 | M4x10 |
| | 4463410 | | 15 | 10 | M4x10 |
| | 10119238 | | 15 | 10 | M5x25 |
| 10099088 | 1047520 | 10106019 | 15 | 13 | M4x13 |
| | 10045368 | | 15 | 13 | M4x12 |
| | 10098261 | | 15 | 15 | M4x13 |
| | 1047500 | | 15 | 28 | M4x13 |
| 10121853 | | | 16 | 7 | M4x10 |
| | 10099496 | | 16 | 10 | M5x12 |
| 10099540 | | 10106925 | 18 | 7,5 | M6x16 |
| | | 10122561 | 18 | 7,5 | M6x18 |

Fortsetzung ➡

Fortsetzung: GM-Puffer Ausführung D



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 1x Außengewinde

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| | 10109600 | | 20 | 5 | M6x18 |
| | 10122337 | | 20 | 10 | M5x12 |
| 10097415 | 10105639 | | 20 | 10 | M6x18 |
| | 10105661 | | 20 | 10 | M6x10 |
| | 10114657 | | 20 | 10 | M8x20 |
| | 10105181 | | 20 | 12 | M6x10 |
| | 10099544 | | 20 | 12 | M6x12 |
| | 10109891 | | 20 | 12 | M6x18 |
| | 10109895 | | 20 | 13,5 | M6x18 |
| | 10108455 | | 20 | 13,5 | M6x25 |
| | 4604140 | | 20 | 15 | M6x15 |
| 10095428 | 10043082 | | 20 | 15 | M6x18 |
| | 10117840 | | 20 | 20 | M6x15 |
| | 1134250 | | 20 | 20 | M6x18 |
| | 10109681 | | 20 | 20 | M8x10 |
| | 1047430 | | 20 | 23 | M6x20 |
| | | 10111992 | 20 | 25 | M6x8 |
| | 1048100 | | 25 | 8 | M6x18 |
| | 10081032 | | 25 | 10 | M6x10 |
| | 10104599 | | 25 | 10 | M8x23 |
| | 1048200 | | 25 | 13 | M6x18 |
| 10113595 | | | 25 | 15 | M6x18 |
| 10099503 | | | 25 | 15 | M8x18 |
| | 1047380 | | 25 | 17 | M6x18 |
| | 10026386 | | 25 | 17 | M8x15 |
| | 10114494 | | 25 | 17 | M8x23 |
| | 10119194 | | 25 | 25 | M6x10 |
| | 1047350 | | 25 | 28 | M6x18 |
| | 10035249 | | 25 | 30 | M6x18 |
| | 10120179 | | 30 | 6 | M8x20 |
| | 1032630 | | 30 | 15 | M8x27 |
| | 1134290 | | 30 | 17 | M8x20 |
| | 10111465 | | 30 | 20 | M8x23 |
| | 1127220 | | 30 | 25 | M8x20 |
| | 1047340 | 10026018 | 30 | 28 | M8x20 |
| | 10108707 | | 30 | 40 | M8x20 |
| | 10013763 | | 40 | 20 | M8x23 |
| | 10112704 | | 40 | 20 | M10x28 |
| | 1047320 | | 40 | 28 | M8x23 |
| | 10110962 | | 40 | 28 | M8x33 |
| | 10090565 | | 40 | 30 | M10x23 |
| | 1047300 | | 40 | 38 | M8x23 |
| | 4626550 | | 40 | 40 | M8x23 |
| | 10105321 | | 40 | 45 | M10x25 |
| | 4343870 | | 50 | 10 | M10x10 |
| | 10122828 | | 50 | 15 | M10x25 |
| | 10109950 | | 50 | 17 | M10x23 |

Fortsetzung =>

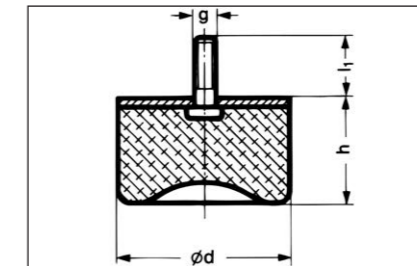
GM-Puffer Ausführung D

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| | 1047290 | 10007301 | 50 | 17 | M10x28 |
| | 10042468 | 10110961 | 50 | 20 | M10x28 |
| | | 10110959 | 50 | 21 | M10x28 |
| | 10105555 | | 50 | 28 | M10x18 |
| | 1047280 | | 50 | 28 | M10x33 |
| | 10115864 | | 50 | 30 | M10x28 |
| | 1125650 | | 50 | 30 | M10x33 |
| | 1048210 | | 50 | 42 | M10x33 |
| | 10108021 | | 70 | 25 | M10x28 |
| | 10115862 | | 70 | 42 | M10x72 |
| | | 10103639 | 70 | 42 | M10x28 |
| | 10119729 | | 70 | 45 | M10x28 |
| | 1134230 | | 75 | 25 | M12x37 |
| | 1047130 | | 75 | 36 | M12x37 |
| | 10096375 | | 75 | 40 | M12x37 |
| | 10115859 | | 75 | 45 | M10x28 |
| | 10113458 | | 75 | 45 | M12x37 |
| | 1047110 | | 75 | 50 | M12x37 |
| | 10119730 | 10011810 | 75 | 51 | M12x37 |
| | 10107989 | | 75 | 70 | M12x37 |
| | 10114962 | | 100 | 36 | M16x43 |
| | 10116261 | | 100 | 40 | M16x41 |
| | 1046540 | | 100 | 50 | M16x45 |
| | 10045182 | | 100 | 100 | M16x43 |

GM-Puffer Ausführung DS

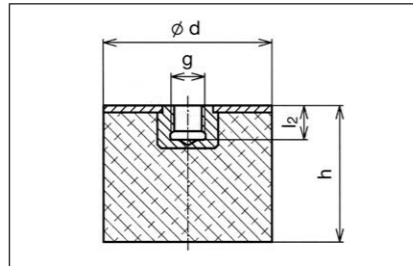
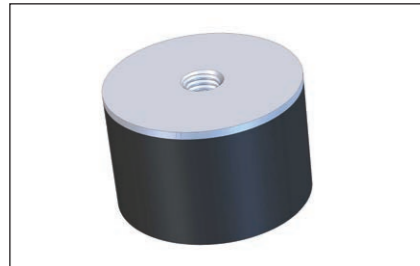
Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 1x Außengewinde



| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10124164 | 1047510 | 10124168 | 15 | 14 | M4x13 |
| 10081733 | 1047420 | | 20 | 23,5 | M6x18 |
| 10093672 | 1047360 | 10093673 | 25 | 18,5 | M6x18 |
| | 1047330 | | 30 | 28,5 | M8x20 |
| | 1047310 | | 40 | 28,5 | M8x23 |
| | 1047270 | 10122340 | 50 | 28 | M10x33 |
| | 1047140 | | 70 | 43 | M10x30 |
| | 1047120 | | 75 | 37 | M12x37 |
| | 1047100 | | 100 | 50 | M16x45 |

GM-Puffer Ausführung E

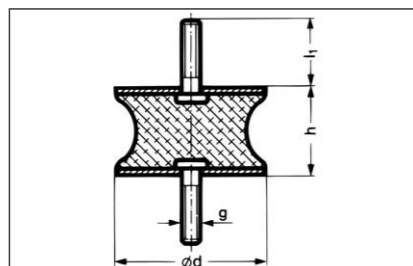
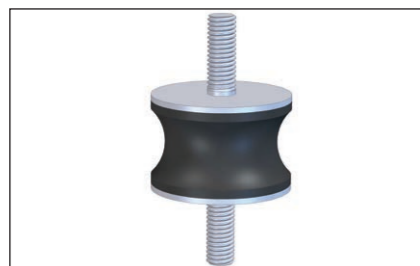


Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 1x Innengewinde

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l2 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10123872 | 10075610 | 10046160 | 10 | 10 | M4x4 |
| | 10109803 | | 10 | 15 | M4x4 |
| 10120646 | 926420 | | 15 | 15 | M4x4 |
| | 811530 | | 20 | 13,5 | M6x6 |
| | 4029490 | 1045670 | 20 | 15 | M6x6 |
| | 978200 | | 20 | 20 | M6x6 |
| | 1134270 | | 20 | 25 | M6x6 |
| | 10110487 | | 25 | 12 | M6x6 |
| | 994700 | | 25 | 28 | M6x6 |
| | 10107914 | | 25 | 30 | M6x6 |
| | 10025563 | | 30 | 15 | M8x8 |
| | 925910 | | 30 | 20 | M8x8 |
| | 10107426 | | 30 | 20 | M10x10 |
| | 1142330 | | 30 | 25 | M8x8 |
| | 627830 | | 30 | 28 | M8x8 |
| | 1134310 | | 30 | 30 | M8x8 |
| | 10120485 | | 30 | 40 | M8x8 |
| | 10117033 | | 40 | 15 | M8x8 |
| | 10108823 | | 40 | 20 | M10x10 |
| | 1134300 | | 40 | 28 | M8x8 |
| | 10117031 | | 40 | 30 | M8x8 |
| | 4002850 | | 40 | 40 | M10x10 |
| | 10016615 | | 50 | 20 | M10x10 |
| | | 10106804 | 50 | 45 | M10x10 |
| | 10025315 | | 75 | 25 | M12x12 |
| | 1062490 | | 100 | 50 | M16x16 |

GM-Puffer Ausführung TA



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 2x Außengewinde – tailliert

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10124170 | 1044560 | 10124176 | 20 | 15 | M6x18 |
| | 10026891 | | 30 | 20 | M8x15 |
| | 1044570 | 10123010 | 30 | 20 | M8x20 |

Fortsetzung =>

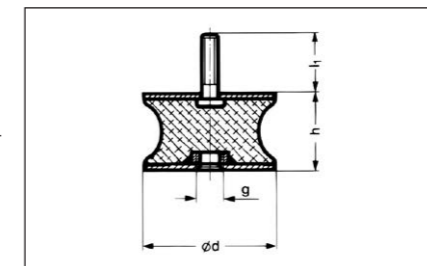
GM-Puffer Ausführung TA

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| | 10119243 | | 40 | 40 | M10x20 |
| | 1044580 | | 40 | 48 | M8x23 |
| 10104133 | 1044590 | | 50 | 30 | M10x33 |
| | 1044600 | | 75 | 40 | M12x37 |
| 10097303 | 1044610 | | 100 | 55 | M16x45 |

GM-Puffer Ausführung TB

Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 1x Außen/Innengewinde – tailliert

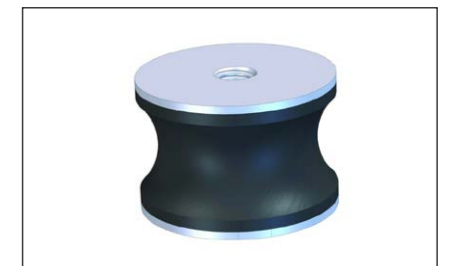
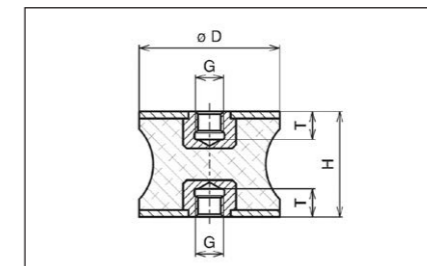


| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10123011 | 10123013 | 10124178 | 25 | 20 | M8x15 |
| | 10123012 | | 30 | 25 | M8x20 |
| | | 10116616 | 50 | 35 | M10x28 |

GM-Puffer Ausführung TC

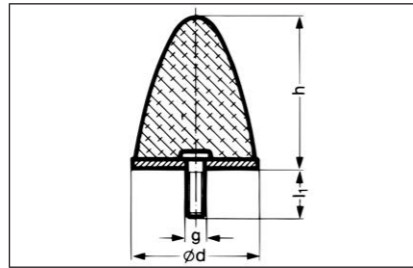
Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore. Toleranz +/- 5° Shore.

Ausführung: 2x Innengewinde – tailliert



| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10117388 | 10124180 | 10124181 | 20 | 30 | M6x6 |
| 10114557 | 10114558 | 10114559 | 30 | 20 | M8x8 |
| 10114561 | 10114562 | 10114563 | 30 | 25 | M8x8 |
| 10114564 | 10114565 | 10114566 | 30 | 30 | M8x8 |
| 10114567 | 10114568 | 10114570 | 40 | 30 | M8x8 |
| 10114571 | 10114572 | 10114573 | 50 | 30 | M10x10 |
| | 10115572 | | 60 | 60 | M10x10 |
| | 10114574 | | 75 | 40 | M12x12 |
| | 10114575 | | 100 | 55 | M16x16 |
| | 10114576 | | 100 | 75 | M16x16 |

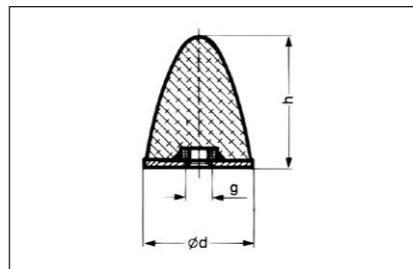
GM-Anschlag-Puffer Ausführung PA parabel



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10123852 | 10119930 | 10124182 | 15 | 15 | M4x10 |
| | 10092616 | | 20 | 15 | M5x10 |
| 10061752 | 1044470 | 10061751 | 20 | 24 | M6x18 |
| 4308350 | 4032070 | 10103294 | 30 | 36 | M8x20 |
| | 10033127 | | 35 | 40 | M8x23 |
| | 10046417 | 10111257 | 50 | 58 | M10x28 |
| | 10026181 | | 50 | 67 | M8x36 |
| | 1044500 | | 75 | 89 | M12x37 |
| | 4183700 | | 95 | 83 | M16x43 |
| | 1044510 | | 115 | 136 | M16x43 |
| | 1045660 | | 165 | 195 | M16x45 |
| | 10082613 | | 30 | 36 | M8x8 |
| | 10035333 | | 30 | 36 | M8x12 |
| | 10122233 | | 50 | 61 | M8x28 |
| | 10121242 | | 50 | 67 | M10x20 |
| | 10121507 | | 60 | 40 | M14x63 |

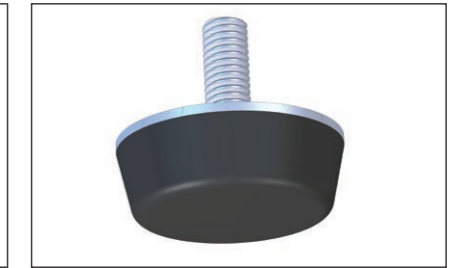
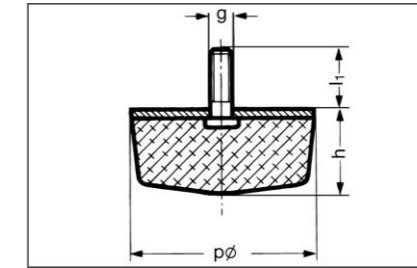
GM-Anschlag-Puffer Ausführung PE parabel



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10124183 | 10116927 | 10124184 | 10 | 10 | M5x5 |
| | 10116928 | | 15 | 15 | M4x4 |
| | 10116929 | | 15 | 15 | M5x5 |
| | 10116930 | | 20 | 15 | M6x6 |
| 10116931 | 10116932 | | 20 | 24 | M6x6 |
| 10116933 | 10116934 | 10116935 | 30 | 30 | M8x8 |
| | 10116936 | | 30 | 36 | M8x8 |
| | 10116937 | | 35 | 40 | M8x8 |
| | | 10116938 | 50 | 50 | M10x10 |
| | 10116939 | | 50 | 67 | M8x8 |
| | 10116940 | | 50 | 67 | M10x10 |
| | 10116941 | | 95 | 83 | M16x16 |
| | 10116942 | | 115 | 136 | M16x16 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KA

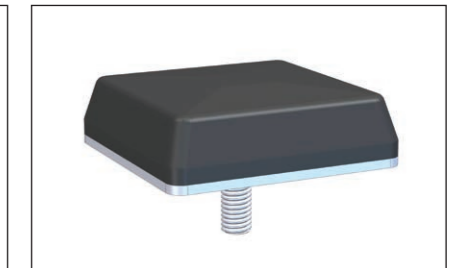
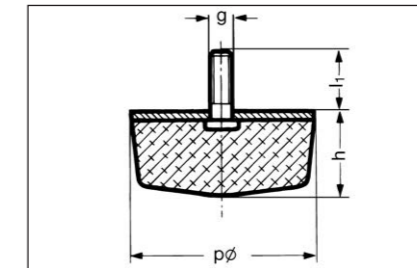


Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.
Bauform: rund

Ausführung: konisch rund

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10124187 | 10111594 | 10124189 | 14 | 6 | M4x10 |
| | 10100187 | | 20 | 13 | M6x10 |
| 1044640 | 1044620 | 1044630 | 25 | 17 | M6x18 |
| | 10110713 | | 45 | 21 | M8x20 |
| 10123040 | 1044650 | 1044660 | 50 | 18 | M10x28 |
| 1044730 | 1044710 | 1044720 | 125 | 45 | M16x45 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KV

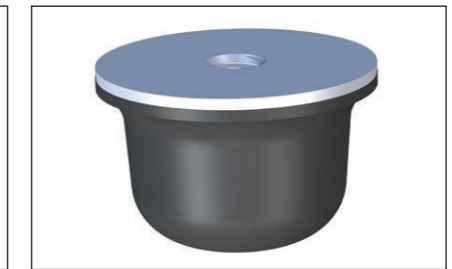
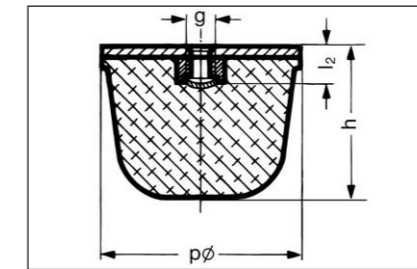


Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.
Bauform: viereck

Ausführung: konisch viereck

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10124190 | 10116786 | 10124191 | 50 | 20 | M10x28 |
| 1044700 | 1044680 | 1044690 | 80 | 25 | M12x35 |

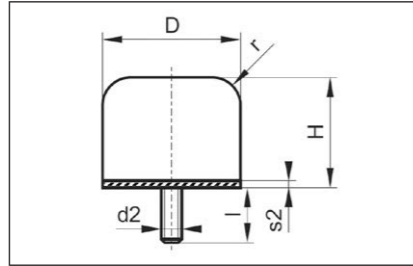
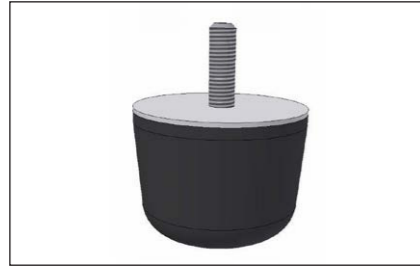
GM-Anschlag-Puffer Ausführung KE



Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. weich | Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l2 |
|-------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10123015 | 1044520 | 10124192 | 50 | 35 | M10x10 |
| | 1044530 | 10110210 | 80 | 60 | M12x12 |
| | 1044540 | | 125 | 90 | M16x16 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KR1

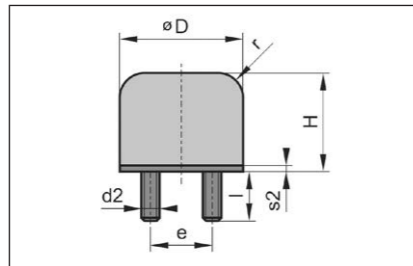


Speziell als Anschlag- oder Anfahrschutz bei Kranen konzipierte Puffer mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Befestigung.

Material:
Naturkautschuk (NK) wahlweise in 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10105025 | 50 | 40 | M10x28 |
| 10122376 | 63 | 50 | M10x28 |
| 10112043 | 80 | 63 | M12x37 |
| 10122378 | 100 | 80 | M12x36 |
| 10109574 | 125 | 100 | M16x36 |
| 10115379 | 125 | 100 | M16x43 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KR2



Speziell als Anschlag- oder Anfahrschutz bei Kranen konzipierte Puffer mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Befestigung.

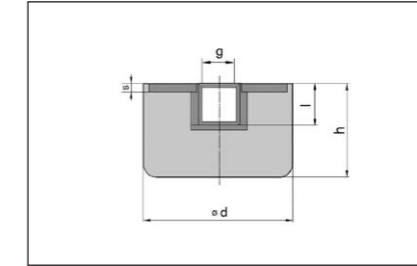
Material:
Naturkautschuk (NK) 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10116957 | 100 | 80 | 2x M12x36 |
| 10116959 | 125 | 100 | 2x M16x36 |
| 10116961 | 160 | 125 | 2x M16x44 |
| 10116963 | 200 | 160 | 2x M20x44 |
| 10106413 | 250 | 200 | 2x M20x47 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KR3

Speziell als Anschlag- oder Anfahrschutz bei Kranen konzipierte Puffer mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Befestigung.

Material:
Naturkautschuk (NK) 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

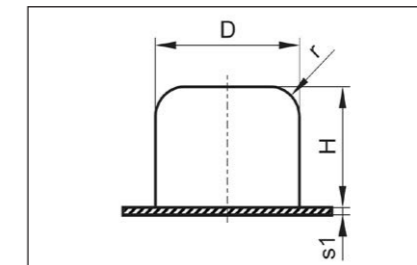


| Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 |
|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10115380 | 125 | 100 | M16x16 |
| 10124290 | 160 | 125 | M16x16 |
| 10124291 | 200 | 160 | M20x20 |

GM-Anschlag-Puffer Ausführung KR4

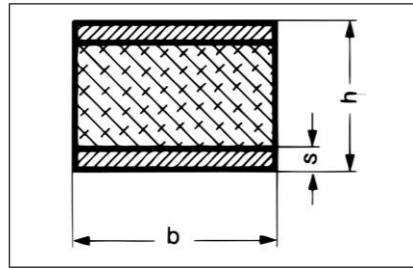
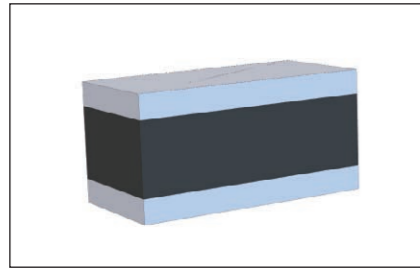
Speziell als Anschlag- oder Anfahrschutz bei Kranen konzipierte Puffer mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Befestigung.

Material:
Naturkautschuk (NK) 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.



| Artikel-Nr. hart | Durchmesser mm | Höhe mm | Grundplatte mm |
|------------------|----------------|---------|----------------|
| 10112522 | 40 | 32 | 50 x 50 |
| 10112525 | 50 | 40 | 63 x 63 |
| 10002750 | 63 | 50 | 80 x 80 |
| 10112526 | 80 | 63 | 100 x 100 |
| 10112528 | 100 | 80 | 125 x 125 |
| 10112529 | 125 | 100 | 160 x 160 |
| 10112532 | 160 | 125 | 200 x 200 |
| 10112533 | 200 | 160 | 250 x 250 |

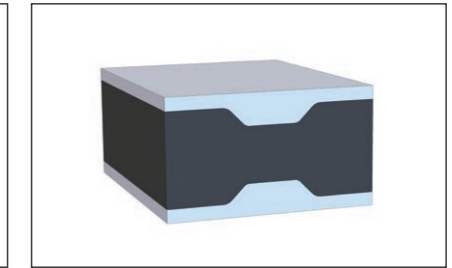
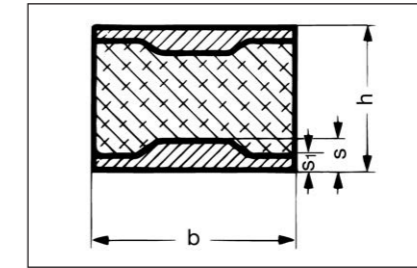
Gummi-Metall-Schienen A



Material:
 Naturkautschuk wahlweise in 43° (weich),
 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
 Toleranz +/- 5° Shore.
 Lieferbar in Originallänge von 2000 mm
 oder kurzfristig als Zuschnitt.

| Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Breite mm | Höhe mm | Länge mm | Stahlstärke S/S1 mm/mm |
|--------------------|------------------|-----------|---------|----------|------------------------|
| 4388490 | 10110485 | 40 | 20 | 2000 | 5/5 |
| 4287310 | | 40 | 35 | 2000 | 8/8 |
| 10064069 | | 40 | 40 | 2000 | 10/10 |
| | 4371040 | 50 | 35 | 2000 | 5/5 |
| 10098611 | | 50 | 35 | 2000 | 10/10 |
| 10107372 | | 50 | 45 | 2000 | 5/5 |
| 4609840 | | 50 | 45 | 2000 | 10/10 |
| 4609830 | | 50 | 55 | 2000 | 10/10 |
| 10105273 | | 50 | 70 | 2000 | 10/10 |
| 10094786 | | 60 | 60 | 2000 | 10/10 |
| 10063388 | | 70 | 30 | 2000 | 10/10 |
| 10066249 | | 70 | 45 | 2000 | 10/10 |
| 10063386 | | 70 | 55 | 2000 | 10/10 |
| 10028627 | | 80 | 45 | 2000 | 10/10 |
| 10084121 | | 80 | 80 | 2000 | 10/10 |
| 10074781 | | 100 | 45 | 2000 | 15/15 |
| 10110858 | | 100 | 50 | 2000 | 15/15 |
| 10095900 | | 100 | 55 | 2000 | 15/15 |
| 10096365 | | 100 | 60 | 2000 | 10/10 |
| 10063387 | | 100 | 60 | 2000 | 15/15 |
| 1067660 | | 100 | 70 | 2000 | 10/10 |
| 10049822 | | 100 | 80 | 2000 | 15/15 |
| 10007070 | | 120 | 60 | 2000 | 15/15 |
| 10044968 | | 150 | 60 | 2000 | 15/15 |
| 10088329 | | 150 | 80 | 2000 | 15/15 |
| 10044969 | | 150 | 100 | 2000 | 15/15 |
| 10125003 | | 200 | 70 | 2000 | 15/15 |
| 10044976 | | 200 | 100 | 2000 | 15/15 |

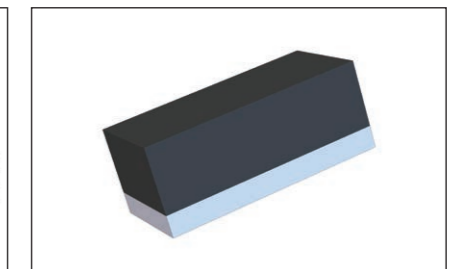
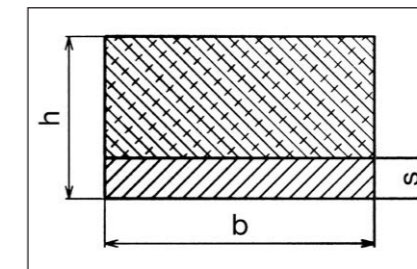
Gummi-Metall-Schienen AV



Material:
 Naturkautschuk wahlweise in 43° (weich),
 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
 Toleranz +/- 5° Shore.
 Lieferbar in Originallänge von 2000 mm
 oder kurzfristig als Zuschnitt.

| Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Breite mm | Höhe mm | Länge mm | Stahlstärke S/S1 mm/mm |
|--------------------|------------------|-----------|---------|----------|------------------------|
| 4388500 | 10124292 | 50 | 35 | 2000 | 5/10 |
| 10100543 | | 50 | 45 | 2000 | 5/10 |
| 10100544 | 10115918 | 60 | 35 | 2000 | 5/11 |
| 10100541 | | 60 | 60 | 2000 | 5/11 |
| 10100545 | | 70 | 30 | 2000 | 5/12 |
| 10100547 | | 70 | 45 | 2000 | 5/12 |
| 10098178 | | 70 | 55 | 2000 | 5/12 |
| 10111529 | | 100 | 45 | 2000 | 5/15 |
| 10110832 | | 100 | 50 | 2000 | 5/15 |
| 10009947 | 10114426 | 100 | 60 | 2000 | 5/15 |
| 10044967 | | 100 | 80 | 2000 | 5/15 |
| 10121192 | | 55 | 50 | 2000 | 5/10 |

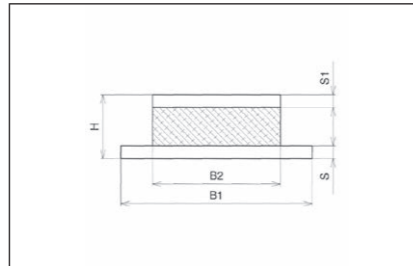
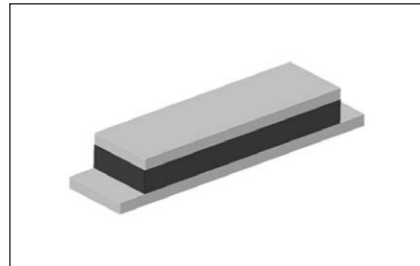
Gummi-Metall-Schienen F



Material:
 Naturkautschuk wahlweise in 43° (weich),
 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
 Toleranz +/- 5° Shore.
 Lieferbar in Originallänge von 2000 mm
 oder kurzfristig als Zuschnitt.

| Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Breite mm | Höhe mm | Länge mm | Stahlstärke S/S1 mm |
|--------------------|------------------|-----------|---------|----------|---------------------|
| 4388510 | 10124491 | 40 | 20 | 2000 | 5 |
| 10101877 | | 40 | 30 | 2000 | 10 |
| | 10116272 | 50 | 30 | 2000 | 10 |
| 10079831 | 10116274 | 50 | 40 | 2000 | 10 |
| 10039799 | | 50 | 45 | 2000 | 5 |
| 10098572 | | 50 | 50 | 2000 | 10 |
| 10108565 | | 60 | 50 | 2000 | 10 |
| 10124569 | 10113479 | 70 | 50 | 2000 | 10 |
| | 10113480 | 70 | 55 | 2000 | 10 |

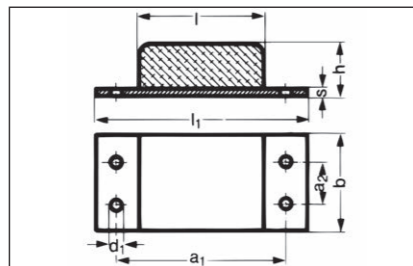
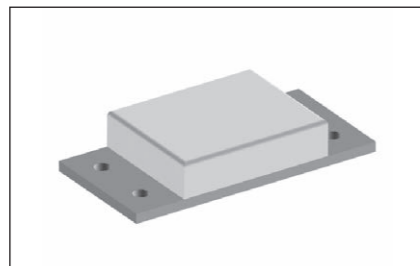
Gummi-Metall-Schienen C



Material:
Naturkautschuk wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.
Lieferbar in Originallänge von 2000 mm oder kurzfristig als Zuschnitt.

| Artikel-Nr. mittel | Artikel-Nr. hart | Breite mm | Höhe mm | Länge mm | Stahlstärke S/S1 mm/mm |
|--------------------|------------------|-----------|---------|----------|------------------------|
| 10108623 | 10124494 | 50 | 40 | 200/150 | 8/12 |
| 10003433 | 10008035 | 50 | 40 | 270/220 | 8/12 |
| 10108626 | | 60 | 100 | 470/230 | 15/15 |
| 10108631 | 10114425 | 60 | 100 | 480/230 | 15/15 |
| 10108632 | | 60 | 100 | 550/430 | 15/15 |

Gummi-Metall-Schienen D

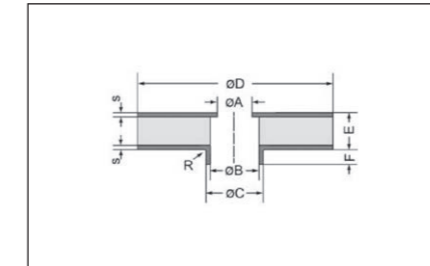


Material:
Naturkautschuk wahlweise in 43° (weich), 57° (mittel) und 68° (hart) Shore.
Toleranz +/- 5° Shore.

| Artikel-Nr. mittel | Breite mm | Höhe mm | Länge mm |
|--------------------|-----------|---------|----------|
| 910300 | 130 | 35 | 50 |
| 4193470 | 130 | 70 | 50 |
| 10100882 | 200 | 45 | 100 |
| 649550 | 200 | 80 | 100 |
| 10100281 | 250 | 45 | 120 |
| 10038194 | 250 | 70 | 120 |
| 10100884 | 300 | 50 | 150 |
| 10100885 | 300 | 80 | 150 |

Gummi-Metall-Ringpuffer Ausführung RI - Ringelement

Als Zug-/Druckfederpaket zusammenstellbar, einfache Befestigung
Einsatzbeispiele:
Lagerung von leichten bis mittelschweren Maschinen und Aggregaten, E- und Verbrennungsmotoren, Kabinen, Rohrleitungen und Geräteschränken.
Mögliche Belastungsarten/-richtungen ist Druck.
Hinweise:
Durch das Vorspannen zweier Ringpuffer gegeneinander ergibt sich insgesamt die doppelte Druck-Federsteifigkeit des einzelnen Ringpuffers.

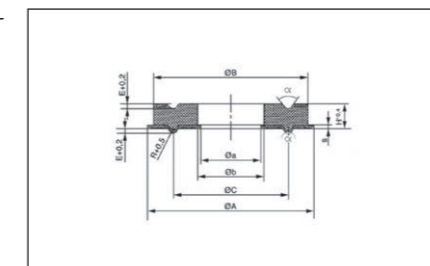


Material: NK
Shorehärte: mittel

| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Höhe mm | Innen Ø mm | Durchmesser mm | Stärke mm |
|-------------|------------|----------|-------------|----------------|-----------|
| 10114744 | 36 | 10 / 6 | 6,2 / - | 15 | 1,0 |
| 10100117 | 36 | 10 / 4 | 8,5 / 12,0 | 18 | 1,0 |
| 10114745 | 36 | 8 / 3 | 16,6 / - | 20 | 1,0 |
| 10019952 | 41 | 8 / 3 | 15,5 / - | 20 | 1,0 |
| 10114748 | 50 | 13 / 9,5 | 16,5 / 20,0 | 23 | 1,5 |
| 10114750 | 60 | 13 / 9,5 | 20,5 / 24,0 | 27 | 1,5 |

Gummi-Metall-Ringfeder Ausführung RF

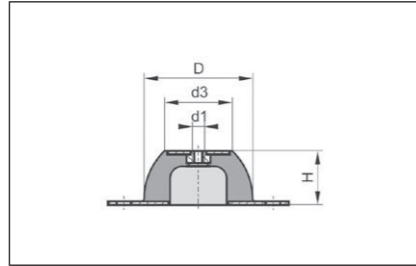
Ringfedern werden bei der Montage vorgespannt und nehmen Zug- und Druckkräfte auf. Bei Federpaketen mit vielen Einzelelementen müssen Knickstützen eingesetzt und die ganze Federsäule geführt werden. Querkräfte können nicht oder nur in ganz geringem Maße aufgenommen werden.



Material: NK
Shorehärte: mittel

| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Höhe mm | Innen Ø mm |
|-------------|------------|---------|------------|
| 10119377 | 65 | 11,0 | 26 |
| 10119380 | 110 | 20,8 | 30 |
| 10119379 | 100 | 27,5 | 35 |
| 10119381 | 110 | 16,0 | 40 |
| 10119378 | 95 | 10,5 | 45 |
| 10031331 | 130 | 16,0 | 55 |
| 10119382 | 153 | 16,0 | 55 |
| 10119383 | 210 | 20,0 | 55 |
| 10119384 | 210 | 20,0 | 95 |

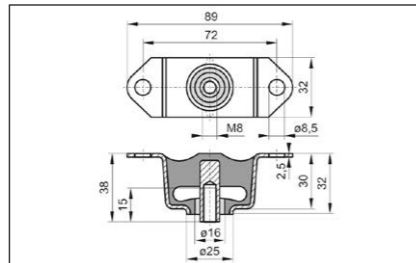
Gummi-Metall-Hutelement Ausführung HK



Die Hutelemente sind sowohl in radialer als auch in axialer Richtung hochelastisch und bieten somit eine hervorragende Stoßisolation. Die besondere Formgebung der Hutelemente ermöglicht die Schall- und Schwingungsisolierung von Maschinen und Aggregaten mit einer niederen Eigenfrequenz. Sie sind speziell zur Lagerung von empfindlichen Instrumenten und Kleingeräten geeignet. Die Elemente dürfen nicht auf Zug belastet werden. Temperaturbeständig -30 ° C bis +80 ° C. **Material:** NK, Härte 40° oder 60° Shore A.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Gewinde g x l1 | Durchmesser mm | Belastung max N |
|-------------|------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| 10121483 | weich | 20 | M6 | 35 | 34 |
| 10121489 | mittel | 20 | M6 | 35 | 90 |
| 10121490 | weich | 20 | M8 | 40 | 60 |
| 10121491 | mittel | 20 | M8 | 40 | 120 |
| 10121492 | weich | 25 | M8 | 50 | 200 |
| 10121493 | mittel | 25 | M8 | 50 | 490 |
| 10121494 | weich | 35 | M10 | 70 | 390 |
| 10121495 | weich | 40 | M10 | 85 | 680 |
| 10121496 | mittel | 40 | M10 | 85 | 1450 |
| 10121497 | mittel | 45 | M10 | 90 | 2150 |

Gummi-Metall-Deckenelement Ausführung DE

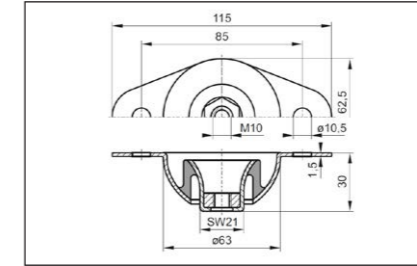


Deckenelemente ist ein reines Hängeelement und eignet sich besonders für die elastische Aufhängung von Beleuchtungskörpern, Apparaten und Rohrleitungen an Decken. Eine Abreißsicherung ist eingebaut.

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde g x l1 | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|---------|----------------|----------|-----------|---------------|
| 10122275 | 53 | M8x15 | 98 | 32 | Aussengewinde |
| 10122278 | 53 | M8 | 98 | 32 | Innengewinde |

Gummi-Metall-Glockenelement Ausführung GL

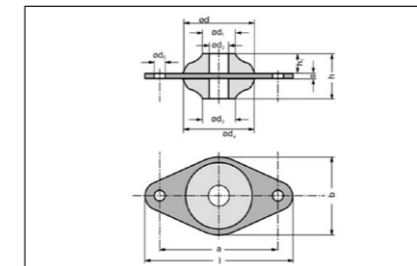
Glocken-Elemente eignen sich für Anwendungen, bei denen Masse (von 2 kg bis 70 kg) hängend gelagert werden sollen.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Gewinde | Länge mm | Breite mm |
|-------------|------------|---------|---------|----------|-----------|
| 10108044 | mittel | 30 | M10 | 115 | 62,5 |

Gummi-Metall-Flanschelement Ausführung FL

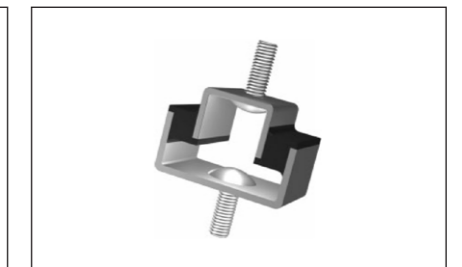
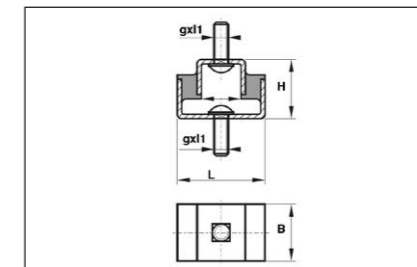
Flanschelemente
 - dämpfen Erschütterungen und Körperschall
 - isolieren Maschinenschwingungen
 - reduzieren Beschleunigungen
 - schützen vor Lärm



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Ø Innenbuchse mm |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|------------------|
| 10120034 | weich | 54 | 117 | 71 | 16 |
| 10096821 | hart | 49 | 117 | 71 | 16 |
| 10116231 | hart | 54 | 117 | 71 | 16 |

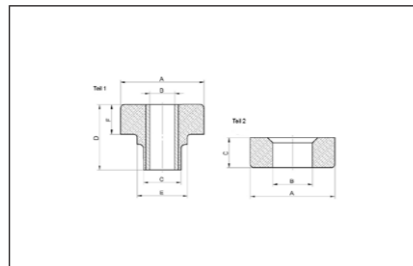
Gummi-Metall-U-Lager Ausführung UL

U-Lager eignen sich zur stoßmindernden bzw. schwingungsisolierenden Lagerung von Apparaten und Geräten.



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde g x l1 | Länge mm | Breite mm |
|-------------|---------|----------------|----------|-----------|
| 10122279 | 36 | M8x21 | 35 | 52 |

Gummi-Metall-Isolierhülse Ausführung IH - Two-Piece Mounts



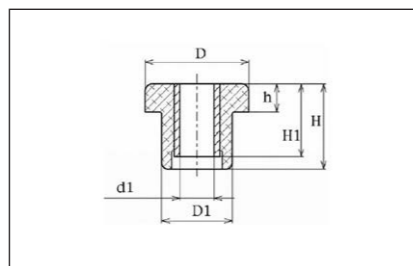
GM-Isolierhülse wurden für Anwendungen mit schweren dynamischen Kräfte sowohl in der statischen und der Rückprallrichtung entwickelt. Bewegung in beide Richtungen wird durch Bauart begrenzt. Die Hülse wird für Motoren, Fahrerhäuser und Nebenaggregate verwendet. GM-Isolierhülse isoliert Schwingungen und absorbiert Schock.

Material: - NR - mittel - schwarz
- CR - mittel - schwarz mit Punkt blau

Shorehärte: mittel

| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Länge mm | Innen Ø mm | Blechdicke mm | Material | Belastung |
|-------------|------------|----------|------------|---------------|----------|--------------------|
| 10115283 | 32 | 27 | 10,0 | 4,0 | NR | 350 N auf 0,6 mm |
| 10116876 | 32 | 32 | 10,0 | 6,0 | CR | 1000 N auf 0,6 mm |
| 10116877 | 48 | 50 | 13,0 | 10,0 | NR | 1700 N auf 0,6 mm |
| 10115287 | 48 | 49 | 13,5 | 10,5 | CR | 850 N auf 1,0 mm |
| 10115288 | 65 | 62 | 16,5 | 15,5 | CR | 2500 N auf 1,2 mm |
| 10116878 | 64 | 62 | 17,0 | 16,0 | CR | 3800 N auf 1,2 mm |
| 10115289 | 88 | 73 | 24,0 | 22,0 | NR | 3800 N auf 1,3 mm |
| 10116879 | 89 | 73 | 24,0 | 23,0 | CR | 5100 N auf 1,3 mm |
| 10115290 | 124 | 86 | 27,0 | 32,0 | NR | 3800 N auf 1,3 mm |
| 10116880 | 124 | 86 | 27,0 | 22,0 | NR | 15800 N auf 1,3 mm |

Gummi-Metall-Isolierhülse Ausführung IZ - Bush Mounts



Bewegung in beide Richtungen wird durch Bauart begrenzt. Die Hülse wird für Motoren, Fahrerhäuser und Nebenaggregate verwendet. GM-Isolierhülse isoliert Schwingungen und absorbiert Schock.

Material: NR

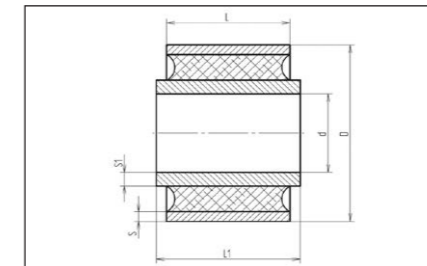
| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Länge mm | Ø Innenbuchse mm | Blechdicke mm | Belastung |
|-------------|------------|----------|------------------|---------------|-------------------|
| 10121877 | 28 | 6/26 | 21 | 8 | 420 N auf 0,6 mm |
| 10121878 | 44 | 10/32 | 32 | 10 | 1500 N auf 1,0 mm |
| 10121879 | 50 | 14/41 | 34 | 16 | 2000 N auf 1,5 mm |
| 10121864 | 63 | 16/38 | 41 | 19 | 2800 N auf 1,8 mm |
| 10121881 | 95 | 20/63 | 57 | 20 | 7900 N auf 3,3 mm |

Gummi-Metall-Buchsen

Gummielastische Lagerungen, vorwiegend für den Einsatz im Fahrzeug- und Maschinenbau.

Diese Elemente können radial, axial und auf Verdrehung beansprucht werden, ohne dass sich der Gummi gegenüber den Metallteilen verschiebt.

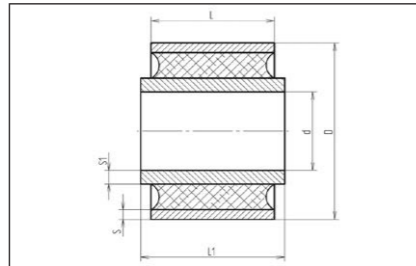
Material: Standardqualität NK (Naturkautschuk) 50-60 Shore A



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Ø Innenbuchse mm | Länge Innenbuchse mm | Ø Außenbuchse mm | Länge Aussenbuchse mm |
|-------------|------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 10100748 | mittel | 8 | 17 | 16 | 15 |
| 10106191 | mittel | 8 | 28 | 16 | 25 |
| 10106192 | mittel | 8 | 17 | 20 | 15 |
| 10106193 | mittel | 8 | 16 | 22 | 10 |
| 10106194 | mittel | 10 | 20 | 18 | 18 |
| 10106195 | mittel | 10 | 24 | 20 | 20 |
| 10106196 | mittel | 10 | 17 | 22 | 15 |
| 10106197 | mittel | 10 | 24 | 22 | 18 |
| 10106198 | mittel | 10 | 26 | 22 | 20 |
| 10106199 | mittel | 10 | 30 | 22 | 25 |
| 10106200 | mittel | 10 | 33 | 22 | 30 |
| 10106201 | mittel | 10 | 17 | 24 | 14 |
| 10106202 | mittel | 10 | 24 | 25 | 20 |
| 10106204 | mittel | 10 | 34 | 25 | 30 |
| 10106206 | mittel | 10 | 51 | 27 | 45 |
| 10106207 | mittel | 10 | 27 | 28 | 20 |
| 10106208 | mittel | 12 | 24 | 22 | 18 |
| 10106209 | mittel | 12 | 24 | 22 | 22 |
| 10106210 | mittel | 12 | 38 | 24 | 35 |
| 10106211 | mittel | 12 | 28 | 25 | 25 |
| 10106212 | mittel | 12 | 36 | 25 | 32 |
| 10106213 | mittel | 12 | 38 | 25 | 35 |
| 10106214 | mittel | 12 | 24 | 26 | 17 |
| 10106215 | mittel | 12 | 24 | 26 | 17,5 |
| 10106216 | mittel | 12 | 24 | 26 | 18 |
| 10106217 | mittel | 12 | 24 | 26 | 20 |
| 10106218 | mittel | 12 | 36 | 26 | 32 |
| 10106219 | mittel | 12 | 36 | 26 | 32 |
| 10106220 | mittel | 12 | 51 | 27 | 45 |
| 10106221 | mittel | 12 | 68 | 27 | 60 |
| 10106222 | mittel | 12 | 80 | 27 | 74 |
| 10106223 | mittel | 12 | 28 | 30 | 25 |
| 10106224 | mittel | 12 | 34 | 30 | 28 |
| 10100796 | weich | 12 | 40 | 30 | 36 |
| 10106225 | mittel | 12 | 44 | 30 | 34 |
| 10106226 | mittel | 12 | 40 | 30 | 36 |
| 10106227 | mittel | 12 | 44 | 30 | 39 |
| 10106228 | mittel | 12 | 51 | 30 | 48 |
| 10106230 | mittel | 12 | 38 | 36 | 30 |
| 10106231 | mittel | 13 | 40 | 30 | 40 |
| 10106232 | mittel | 14 | 48 | 27 | 40 |
| 10106233 | mittel | 14 | 33 | 28 | 30 |
| 10106234 | mittel | 14 | 28 | 30 | 25 |
| 10106235 | mittel | 14 | 76 | 30 | 67 |
| 10106236 | mittel | 14 | 40 | 34 | 32 |
| 10106241 | mittel | 14 | 45 | 46 | 37 |
| 10106238 | mittel | 14,2 | 81 | 38 | 73 |

Fortsetzung →

Fortsetzung: Gummi-Metall-Buchsen



Gummielastische Lagerungen, vorwiegend für den Einsatz im Fahrzeug- und Maschinenbau. Diese Elemente können radial, axial und auf Verdrehung beansprucht werden, ohne dass sich der Gummi gegenüber den Metallteilen verschiebt. **Material:** Standardqualität NK (Naturkautschuk) 50-60 Shore A

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Ø Innenbuchse mm | Länge Innenbuchse mm | Ø Außenbuchse mm | Länge Aussenbuchse mm |
|-------------|------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 10106240 | mittel | 14,2 | 116 | 38 | 107 |
| 10106243 | mittel | 14,2 | 81 | 50 | 73 |
| 10106237 | mittel | 14,25 | 71 | 38 | 63 |
| 10106242 | mittel | 14,25 | 71 | 50 | 63 |
| 10106244 | mittel | 16 | 17 | 32 | 16 |
| 10106245 | mittel | 16 | 28 | 32 | 25 |
| 10106246 | mittel | 16 | 32 | 35 | 28 |
| 10105470 | mittel | 16 | 54 | 36 | 50 |
| 10106247 | mittel | 16 | 62 | 40 | 58 |
| 10106248 | mittel | 16 | 38 | 50 | 32 |
| 10106249 | mittel | 16 | 38 | 34 | 32 |
| 10106250 | mittel | 17 | 71 | 34 | 63 |
| 10106251 | mittel | 18 | 36 | 34 | 32 |
| 10106252 | mittel | 18 | 42 | 34 | 36 |
| 10106253 | mittel | 18 | 71 | 46 | 65 |
| 10106254 | mittel | 18,2 | 65 | 46 | 60 |
| 10106256 | mittel | 18,2 | 81 | 46 | 73 |
| 10106255 | mittel | 18,25 | 71 | 38 | 63 |
| 10106257 | mittel | 20 | 76 | 41 | 70 |
| 10101842 | mittel | 20 | 38 | 44 | 42 |
| 10106258 | mittel | 20 | 42 | 45 | 38 |
| 10097104 | mittel | 20 | 30 | 45 | 30 |
| 10106259 | mittel | 20 | 46 | 45 | 40 |
| 10106261 | mittel | 20 | 62 | 45 | 55 |
| 10106262 | mittel | 20 | 62,5 | 45 | 59,5 |
| 10106263 | mittel | 20 | 70 | 40,5 | 64 |
| 10106264 | mittel | 22 | 40 | 45 | 32 |
| 10106265 | mittel | 22 | 50 | 50 | 40 |
| 10106266 | mittel | 24,3 | 81 | 50 | 78 |
| 10106267 | mittel | 24,3 | 101 | 40 | 98 |
| 10106268 | mittel | 25 | 40 | 45 | 40 |
| 10106269 | mittel | 25 | 56 | 50 | 50 |
| 10106271 | mittel | 25 | 67,5 | 50 | 65,5 |
| 10106272 | mittel | 25 | 85 | 55 | 80 |
| 10105579 | mittel | 25 | 93,5 | 63 | 89,5 |
| 10124269 | mittel | 26 | 45 | 40 | 40 |
| 10097109 | mittel | 27 | 39,5 | 48 | 36,8 |
| 10106273 | mittel | 27,8 | 67 | 50 | 60 |
| 10106274 | mittel | 30 | 66 | 52 | 60 |
| 10097108 | mittel | 30 | 45 | 55 | 45 |
| 10106275 | mittel | 30 | 94 | 60 | 89,5 |
| 10106276 | mittel | 30 | 68 | 60 | 60 |
| 10106277 | mittel | 30 | 85 | 60 | 80 |
| 10097110 | mittel | 30 | 70 | 65 | 70 |
| 10097112 | mittel | 30 | 70 | 70 | 70 |
| 10106278 | mittel | 32 | 55 | 56 | 50 |
| 10106279 | mittel | 38 | 60 | 66 | 60 |

Fortsetzung ➔

Gummi-Metall-Buchsen

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Ø Innenbuchse mm | Länge Innenbuchse mm | Ø Außenbuchse mm | Länge Aussenbuchse mm |
|-------------|------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 10106280 | mittel | 40 | 70 | 75 | 57 |
| 10106281 | mittel | 40 | 88 | 75 | 80 |
| 10106283 | mittel | 40 | 126 | 105 | 110 |
| 10106282 | mittel | 45 | 100 | 75 | 90 |
| 10106284 | mittel | 50 | 60 | 70 | 60 |
| 10106286 | mittel | 50 | 100 | 80 | 95 |
| 10106285 | mittel | 50 | 110 | 80 | 100 |
| 10106287 | mittel | 50 | 110 | 100 | 100 |
| 10106289 | mittel | 50 | 195 | 125 | 138 |
| 10106290 | mittel | 50 | 195 | 125 | 180 |
| 10106291 | mittel | 80 | 120 | 140 | 110 |
| 10106292 | mittel | 100 | 120 | 140 | 110 |
| 10106145 | mittel | 100 | 140 | 165 | 130 |

Gummi-Metall-Ramppuffer Ausführung RP2 - Anfahrtschutz

Dieser robuste Gummipuffer wird als Anfahrtschutz für Verladebühnen eingesetzt, an Überladebrücken und Wechselbrücken.

Material: NK
Shorehärte: hart

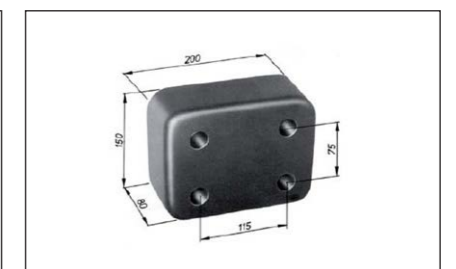
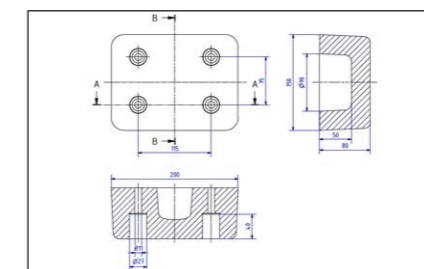


| Artikel-Nr. | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Lochabstand mm |
|-------------|---------|----------|-----------|----------------|
| 10116509 | 80 | 500 | 250 | je 250 |
| 10116510 | 90 | 500 | 250 | je 250 |
| 10116511 | 100 | 500 | 250 | je 250 |
| 10116512 | 140 | 500 | 250 | je 250 |

Gummi-Metall-Ramppuffer Ausführung RP5 - Truck

Ramppuffer mit 4-Loch-Befestigung für die Anbringung an LKW's und Transportfahrzeugen als Anfahrtschutz, für den Einsatz im Nutzfahrzeugbau und als Anprallschutz an Rampen und Gebäuden

Shorehärte: hart



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Lochabstand mm | Material |
|-------------|---------|----------|-----------|----------------|----------|
| 10027635 | 80 | 200 | 150 | 115/75 | NK |
| 10123628 | 80 | 200 | 150 | 115/75 | EPDM |

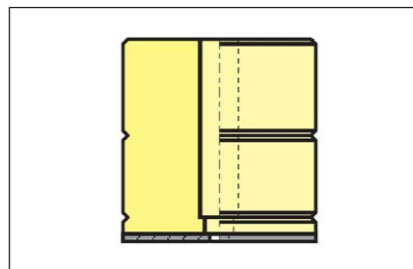
Gummi-Industrie-Fender - Anfahrerschutz



Zur Anbringung an Verladerrampen.
Material: EPDM, schwarz, sehr verschleißfeste Qualität.

| Artikel-Nr. | Breite Gummi mm | Höhe mm | Länge mm | Belastung | Lochabstand mm | Stärke mm |
|-------------|-----------------|---------|----------|-----------|----------------|-----------|
| 4075100 | 80 | 80 | 540 | leicht | 460 | 7 |
| 4075110 | 80 | 80 | 540 | schwer | 460 | 14 |

PU-Aufsetzpuffer-Puffer Ausführung KZA1

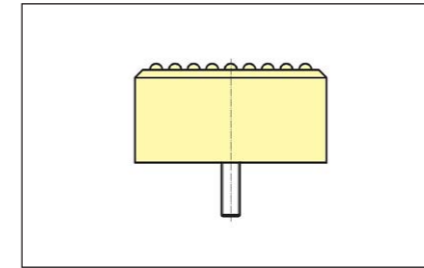


Anschlagpuffer aus zelligem Polyurethan für den Aufzugbau
 zelliges Polyurethan bietet ausgezeichnete Elastizität bei hervorragender Öl-, Benzin, Ozon und Alterungsbeständigkeit, Temperaturbereich -40°C bis +80°C
 Auswahl: Die Festlegung der erforderlichen Puffergröße erfolgt typischerweise nach dem Energieaufnahmevermögen abhängig von der dynamischer Belastung.
Material:
 Elastomer: zelliges Polyurethan-Elastomer
 Raumdichte 0,53 g/cm³
 Metallteile: Stahl, blank

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max kN | Innen Ø mm | Bohrung mm |
|-------------|----------------|---------|------------------|------------|------------|
| 10111367 | 80 | 80 | 7,0 | 35 | 17 |
| 10111368 | 100 | 160 | 23,9 | 35 | 17 |
| 10111369 | 125 | 80 | 15,4 | 35 | 17 |
| 10111365 | 125 | 100 | 39,9 | 35 | 17 |
| 10111371 | 140 | 200 | 46,9 | 35 | 17 |
| 10111372 | 165 | 80 | 26,5 | 35 | 17 |

PU-Kranpuffer Ausführung KZP2

Anschlagpuffer aus dem mikrozelligen Polyurethan-Elastomer stehen als Standard-Programm zur Verfügung. Sie finden im allgemeinen Maschinenbau sowie im Kranbau Verwendung. Die Kranpuffer werden mit Zentralbefestigung (Außen- und Innengewinde), zwei Gewindebolzen oder quadratischer Grundplatte geliefert.



Material:
 Elastomer: zelliges Polyurethan-Elastomer
 Raumdichte 0,53 g/cm³
 Metallteile: Stahl, blank

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde g x l1 | Belastung max kN |
|-------------|----------------|---------|----------------|------------------|
| 10013867 | 80 | 80 | M12x35 | 40 |
| 10120283 | 100 | 100 | M12x35 | 63 |
| 10120230 | 125 | 125 | M12x35 | 100 |
| 10121030 | 160 | 160 | M12x35 | 160 |

Maschinenfuß MS/MA oval 2-Loch

Maschinenfüße können:
 - Schwingungen isolieren
 - Erschütterungen absorbieren
 - Körperschall dämmen
 Von nicht elastisch gelagerten Maschinen werden Schwingungen auch an Gebäude abgestrahlt. Gebäude lassen sich oft leicht anregen.
 Maschinenfüße dämmen diese Schwingungen wirkungsvoll.
 MS - Maschinenfuß ohne Abreißsicherung
 MA - Maschinenfuß mit Abreißsicherung



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde | Länge mm | Abreißsicherung | Ausführung | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------|----------|-----------------|------------|-------------------|
| 10111440 | 23 | M8 | 81 | nein | MS | 95 |
| 10119679 | 30 | M10 | 106 | ja | MA | 125 |
| 10017639 | 30 | M10 | 128 | nein | MS | 175 |
| 10113659 | 30 | M10 | 128 | ja | MA | 175 |
| 10122232 | 39 | M12 | 170 | nein | MS | 150 |
| 10010615 | 39 | M12 | 170 | nein | MS | 280 |
| 10113663 | 39 | M12 | 170 | ja | MA | 280 |
| 10100715 | 52 | M16 | 216 | nein | MS | 650 |
| 10113665 | 52 | M16 | 216 | ja | MA | 650 |

Maschinenfuß MS/MA eckig 4-Loch



Maschinenfüße können:

- Schwingungen isolieren
- Erschütterungen absorbieren
- Körperschall dämmen

Von nicht elastisch gelagerten Maschinen werden Schwingungen auch an Gebäude abgestrahlt.

Maschinenfüße dämmen diese Schwingungen wirkungsvoll.

MS - Maschinenfuß ohne Abreißsicherung

MA - Maschinenfuß mit Abreißsicherung

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde | Länge_x_Breite mm | Abreißsicherung | Ausführung | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------|-------------------|-----------------|------------|-------------------|
| 10098098 | 40 | M12 | 108 x 108 | nein | MS | 500 |
| 10045676 | 52 | M16 | 168 x 168 | nein | MS | 650 |
| 10125016 | 52 | M16 | 168 x 168 | nein | MS | 1000 |
| 10113667 | 52 | M16 | 168 x 168 | ja | MA | 650 |
| 10114924 | 63 | M20 | 184 x 184 | nein | MS | 750 |
| 10100204 | 63 | M20 | 184 x 184 | nein | MS | 1250 |
| 10113668 | 63 | M20 | 184 x 184 | ja | MA | 1250 |
| 10116785 | 63 | M20 | 184 x 184 | ja | MA | 1900 |

Maschinenfuß MAD oval 2-Loch



Wirksame Schwingungs- und Geräuschisolierung verschiedenster

Maschinen mit Drehbewegungen, wie z.B.

- Dieselmotoren, Pumpen, Verbrennungsmotoren, Industriegeratoren,
- Notstromaggregate

Weitere Produktvorteile:

- Sehr gute Kombination zwischen Druck- und Schubbeanspruchung
- mit Abreißsicherung

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde | Abmessung mm | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------|--------------|-------------------|
| 10112371 | 34 | M12 | 93 | 70 |
| 10112372 | 34 | M12 | 93 | 110 |
| 10112373 | 34 | M12 | 93 | 130 |

Maschinenfuß Levelmount® LM

EFFBE-Levelmount® steht für Elemente zur schwingungs- und stoßisolierenden Maschinenaufstellung.

Das bewährte Produktprogramm deckt die Anforderungen an die Eigenfrequenz der Lagerung von 1,5 Hz aufwärts nahezu lückenlos ab.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Nivellierhöhe mm | Gewinde | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|---------|------------------|---------|-------------------|-----------------------|
| 10100402 | 40 | 15 | 5 | M5 | 75 | LM 0-4 |
| 10100403 | 80 | 30 | 15 | M10 | 150 | LM 1-2 |
| 10100404 | 80 | 30 | 15 | M10 | 220 | LM 1-4 |
| 10097934 | 80 | 30 | 15 | M10 | 380 | LM 1-6 |
| 68460 | 80 | 25 | 15 | M10 | 480 | LM 1-11 |
| 10100405 | 120 | 37 | 20 | M12 | 400 | LM 3-6 |
| 10095872 | 120 | 37 | 20 | M12 | 650 | LM 3-11 |
| 10100406 | 120 | 37 | 20 | M12 | 900 | LM 3-25 |
| 68470 | 120 | 32 | 20 | M12 | 1200 | LM 3-33 |
| 10100407 | 160 | 41 | 20 | M16x1,5 | 1100 | LM 5-27 |
| 10100408 | 160 | 41 | 20 | M16x1,5 | 1600 | LM 5-42 |
| 68480 | 160 | 35 | 20 | M16x1,5 | 3000 | LM 5-55 |
| 10100409 | 185 | 45 | 20 | M20x1,5 | 2500 | LM 6-60 |
| 68490 | 185 | 39 | 20 | M20x1,5 | 4000 | LM 6-66 |
| 10100410 | 185 | 45 | 20 | M20x1,5 | 3500 | LM 6-80 |
| 68500 | 238 | 54 | 20 | M24x1,5 | 7000 | LM 7-77 |
| 10100412 | 238 | 60 | 20 | M24x1,5 | 6400 | LM 7-100 |
| 10100418 | 238 | 60 | 20 | M24x1,5 | 7000 | LM 7-150 |
| 10095146 | 315 | 70 | 30 | M30x2 | 8000 | LM 8-200 |
| 68510 | 315 | 70 | 30 | M30x2 | 10000 | LM 8-250 |
| 10100421 | 315 | 70 | 30 | M30x2 | 11000 | LM 8-300 |

Maschinenfuß Levelmount® LM-BA

EFFBE-Levelmount® steht für Elemente zur schwingungs- und stoßisolierenden Maschinenaufstellung.

Das bewährte Produktprogramm deckt die Anforderungen an die Eigenfrequenz der Lagerung von 1,5 Hz aufwärts nahezu lückenlos ab.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Nivellierhöhe mm | Gewinde | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|---------|------------------|---------|-------------------|-----------------------|
| 10100751 | 80 | 30 | 15 | M10 | 150 | LM 1-2 BA |
| 10100752 | 80 | 30 | 15 | M10 | 220 | LM 1-4 BA |
| 10080993 | 80 | 37 | 15 | M10 | 380 | LM 1-6 BA |
| 10100753 | 120 | 37 | 20 | M10 | 400 | LM 3-6 BA |
| 10100754 | 120 | 37 | 20 | M10 | 650 | LM 3-11 BA |
| 4226970 | 120 | 37 | 20 | M10 | 900 | LM 3-25 BA |
| 10100755 | 160 | 41 | 20 | M16 | 1100 | LM 5-27 BA |
| 10100757 | 160 | 41 | 20 | M16 | 1600 | LM 5-42 BA |

Fortsetzung ➔

Fortsetzung: Maschinenfuß Levelmount® LM-BA



EFFBE-Levelmount® steht für Elemente zur schwingungs- und stoßisolierenden Maschinenaufstellung.
Das bewährte Produktprogramm deckt die Anforderungen an die Eigenfrequenz der Lagerung von 1,5 Hz aufwärts nahezu lückenlos ab.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Nivellierhöhe mm | Gewinde | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|---------|------------------|---------|-------------------|-----------------------|
| 10100758 | 185 | 45 | 20 | M20 | 2500 | LM 6-60 BA |
| 10100759 | 185 | 45 | 20 | M20 | 3500 | LM 6-80 BA |
| 10100760 | 238 | 60 | 20 | M30 | 6400 | LM 7-100 BA |
| 10100761 | 238 | 60 | 20 | M30 | 7000 | LM 7-150 BA |

Maschinenfuß MC



Mit der Typenreihe Cup Mount (CP) ist eine universal einsetzbare Baureihe von Elementen verfügbar.
Die abribsichere Konstruktion erlaubt die Belastung des Elementes nicht nur auf Druck und Zug, sondern auch auf Schub/Scherung.
Diese Elemente finden vielfach Verwendung als Lagerungselemente von Maschinen, Geräten und Aggregaten im stationären, als auch mobilen Einsatz.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Gewinde | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|---------|---------|-------------------|-----------------------|
| 10101604 | 58 | 28 | M6 | 15 | CP C1010 |
| 10101605 | 58 | 28 | M6 | 35 | CP C1015 |
| 10096716 | 58 | 28 | M6 | 60 | CP C1035 |
| 10101607 | 58 | 28 | M6 | 100 | CP C1050 |
| 10101608 | 76 | 38 | M10 | 35 | CP C2020 |
| 10101610 | 76 | 38 | M10 | 60 | CP C2040 |
| 10094387 | 76 | 38 | M10 | 90 | CP C2060 |
| 10094389 | 76 | 38 | M10 | 200 | CP C2090 |
| 10097410 | 76 | 38 | M10 | 250 | CP C2125 |
| 10101613 | 124 | 63 | M16 | 250 | CP C4100 |
| 10101614 | 124 | 63 | M16 | 350 | CP C4135 |
| 10101615 | 124 | 63 | M16 | 500 | CP C4200 |
| 10053418 | 124 | 63 | M16 | 750 | CP C4300 |

Maschinenfuß Levelmount® HPRSF-G

Aufbau: Elastomer-Metall-Kombination mit beweglicher Befestigungs- und Nivellierspindel

Eigenschaften: rutschfest, Körperschalldämmend schwingungsisolierend
Belastungsbereich 3kN - 30kN, Eigenfrequenz (stat.) > 15 Hz, Neigungsausgleich bis 15°
Anwendungsbereich: verankerungsfreie, rutschfeste Aufstellung von Maschinen und Anlagen

Werkstoffe: Elastomerkörper aus Nitrilkautschuk (NBR) - Härte 70 Sh A, hoher Elastizität, öl- und alterungsbeständig

Metallteile aus Stahl verchromt bzw. verzinkt

Nivellierung: Nivellierung über Gewindespindel

Lieferumfang: Element mit Nivellierspindel, 2 Muttern und 2 U-Scheiben



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Spindelmaß g x l | Höhe1_/_ Höhe2 mm | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 10100941 | 50 | M20x100 | 14 / 42 | 300 | HPRSF-G 50 |
| 10100942 | 80 | M20x100 | 17 / 45 | 850 | HPRSF-G 80 |
| 10122811 | 100 | M16x150 | 19 / 47 | 3000 | HPRSF-G 100 |
| 10122812 | 100 | M16x200 | 19 / 47 | 3000 | HPRSF-G 100 |
| 10100943 | 100 | M20x100 | 19 / 47 | 2000 | HPRSF-G 100 |
| 10122686 | 125 | M16x150 | 19 / 47 | 3000 | HPRSF-G 125 |
| 10122687 | 125 | M16x200 | 19 / 47 | 3000 | HPRSF-G 125 |
| 10100944 | 125 | M20x100 | 19 / 47 | 3000 | HPRSF-G 125 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Kunststoff

Kunststoff PA, ohne Anschraubbohrungen Nylon PA

Beschreibung: schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

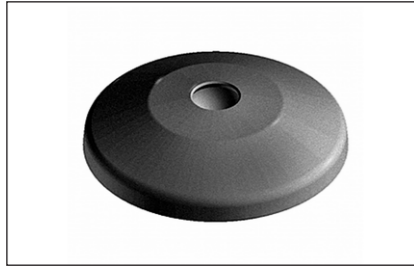
Kunststoff PA, Farbe schwarz

Kugelgelenk, Schwenkbereich ±20°



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10075012 | 30 | 18 | 500 |
| 10075020 | 40 | 18 | 900 |
| 10075021 | 45 | 18 | 900 |
| 10075022 | 50 | 18 | 900 |
| 10075023 | 60 | 18 | 900 |
| 10075024 | 80 | 18 | 900 |
| 10075025 | 100 | 18 | 900 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Kunststoff mit Anti-Slip-Platte



Kunststoff PA, ohne Anschraubbohrungen Nylon PA

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

Kunststoff PA, Farbe schwarz / thermoplastisches Elastomer

Eigenschaften:

beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10075026 | 30 | 18 | 500 |
| 10075027 | 50 | 18 | 900 |
| 10075028 | 45 | 18 | 900 |
| 10075029 | 50 | 18 | 900 |
| 10075030 | 60 | 18 | 900 |
| 10075031 | 80 | 18 | 900 |
| 10075032 | 100 | 18 | 900 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Zinkguss



Zinkdruckguss, ohne Anschraubbohrungen

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

Zinkdruckguss, Farbe schwarz pulverbeschichtet

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110583 | 30 | 18 | 2000 |
| 10110584 | 40 | 18 | 3000 |
| 10110585 | 45 | 18 | 3000 |
| 10110586 | 50 | 18 | 3000 |
| 10110588 | 60 | 18 | 3000 |
| 10110589 | 80 | 18 | 3000 |
| 10110590 | 100 | 18 | 3500 |
| 10110591 | 120 | 18 | 3500 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Zinkguss mit Anti-Slip-Platte

Zinkdruckguss, ohne Anschraubbohrungen

Beschreibung:

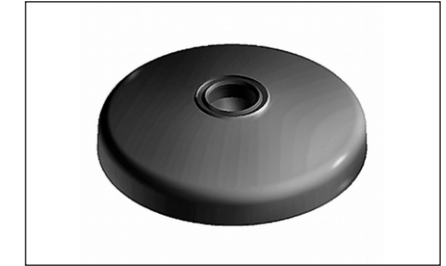
schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

Zinkdruckguss, Farbe schwarz pulverbeschichtet / thermoplastisches Elastomer

Eigenschaften: beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110592 | 30 | 18 | 2000 |
| 10110593 | 40 | 18 | 3000 |
| 10110594 | 45 | 18 | 3000 |
| 10110595 | 50 | 18 | 3000 |
| 10110596 | 60 | 18 | 3000 |
| 10110598 | 80 | 18 | 3000 |
| 10110599 | 100 | 18 | 3500 |
| 10110600 | 120 | 18 | 3500 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Edelstahl

Edelstahl, ohne Anschraubbohrungen

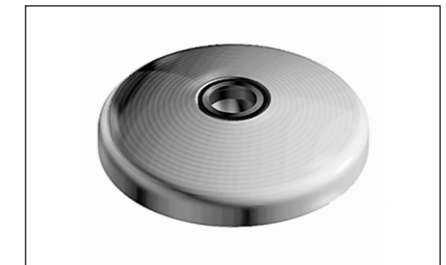
Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

Edelstahl (1.4305), Farbe blank

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110610 | 30 | 18 | 2000 |
| 10110612 | 40 | 18 | 3000 |
| 10110613 | 45 | 18 | 3000 |
| 10110614 | 50 | 18 | 3500 |
| 10110615 | 60 | 18 | 3500 |
| 10110616 | 80 | 18 | 3500 |
| 10110617 | 100 | 18 | 4000 |
| 10110618 | 120 | 18 | 4000 |

Teller für Gelenkstellfüße MP1 - Edelstahl mit Anti-Slip-Platte



Edelstahl, ohne Anschraubbohrungen

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

Edelstahl (1.4305) Farbe blank / Material thermoplastisches Elastomer

Eigenschaften beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110619 | 30 | 18 | 2000 |
| 10110620 | 40 | 18 | 3000 |
| 10110621 | 45 | 18 | 3000 |
| 10110622 | 50 | 18 | 3500 |
| 10110623 | 60 | 18 | 3500 |
| 10110625 | 80 | 18 | 3500 |
| 10110627 | 100 | 18 | 4000 |
| 10110628 | 120 | 18 | 4000 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Kunststoff



Kunststoff PA, mit Anschraubbohrungen Nylon PA

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

Kunststoff PA, Farbe schwarz

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110573 | 80 | 18 | 900 |
| 10110577 | 100 | 18 | 900 |
| 10110578 | 120 | 18 | 900 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Kunststoff mit Anti-Slip-Platte



Kunststoff PA, ohne Anschraubbohrungen Nylon PA

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

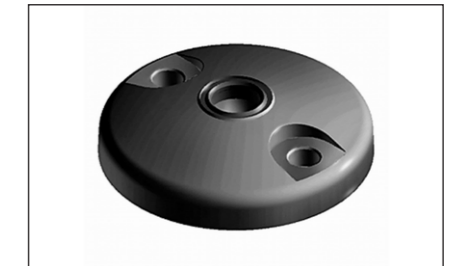
Kunststoff PA, Farbe schwarz / thermoplastisches Elastomer

Eigenschaften beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110579 | 80 | 18 | 900 |
| 10110581 | 100 | 18 | 900 |
| 10110582 | 120 | 18 | 900 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Zinkguss



Zinkdruckguss, mit Anschraubbohrungen

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

Zinkdruckguss, Farbe schwarz pulverbeschichtet

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110601 | 6 | 18 | 3000 |
| 10110603 | 80 | 18 | 3000 |
| 10110604 | 100 | 18 | 3500 |
| 10110605 | 120 | 18 | 3500 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Zinkguss mit Anti-Slip-Platte



Zinkdruckguss, mit Anschraubbohrungen

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

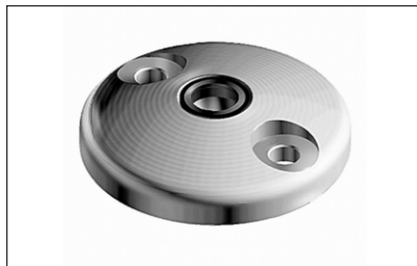
Zinkdruckguss, Farbe schwarz pulverbeschichtet / thermoplastisches Elastomer

Eigenschaften beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)

Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110606 | 60 | 18 | 3000 |
| 10110607 | 80 | 18 | 3000 |
| 10110608 | 100 | 18 | 3500 |
| 10110609 | 120 | 18 | 3500 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Edelstahl



Edelstahl, mit Anschraubbohrungen

Beschreibung:

schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten

Material:

Edelstahl (1.4305), Farbe blank
Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110629 | 80 | 18 | 3500 |
| 10110630 | 100 | 18 | 4000 |
| 10110631 | 120 | 18 | 4000 |

Teller für Gelenkstellfüße MP2 - Edelstahl mit Anti-Slip-Platte



Edelstahl, mit Anschraubbohrungen

Beschreibung:

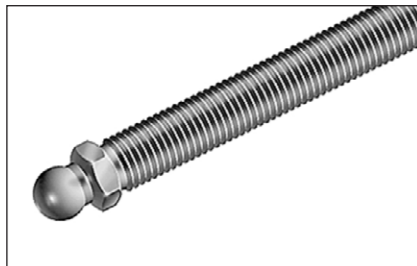
schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, die Anti-Slip-Platte verhindert das Verrutschen von Stellfüßen auf glatten Industrieböden und kann Vibrationen dämpfen

Material:

Edelstahl (1.4305), Farbe blank / thermoplastisches Elastomer
Eigenschaften beständig gegen Öl und Wasser (bis 60° C)
Kugelgelenk Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung |
|-------------|----------------|---------|-----------|
| 10110632 | 80 | 18 | 3500 |
| 10110633 | 100 | 18 | 4000 |
| 10110634 | 120 | 18 | 4000 |

Maschinenfuß-Spindel Stahl



Gewindestange für Gelenkstellfüße MP1, MP2, MP3

Material:

Stahl, verzinkt
Kugelgelenk 15 mm, Schwenkbereich ±20°

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde g x l | Schlüsselweite mm | Ø Kugel mm | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------------|-------------------|------------|-------------------|
| 10110430 | 7,5 | M10x45 | 14 | 15 | 470 |
| 10110438 | 7,5 | M10x90 | 14 | 15 | 470 |
| 10110439 | 7,5 | M10x150 | 14 | 15 | 470 |
| 10110441 | 7,5 | M12x100 | 14 | 15 | 770 |
| 10110446 | 7,5 | M12x125 | 14 | 15 | 770 |

Fortsetzung ➡

Maschinenfuß-Spindel Stahl

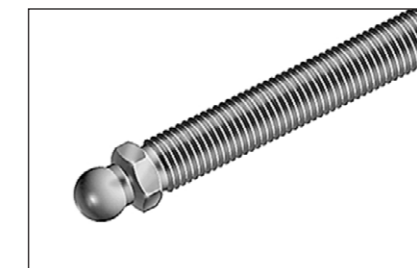
| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde g x l | Schlüsselweite mm | Ø Kugel mm | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------------|-------------------|------------|-------------------|
| 10110448 | 7,5 | M12x150 | 14 | 15 | 770 |
| 10110449 | 7,5 | M16x66 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110451 | 7,5 | M16x100 | 17 | 15 | 1450 |
| 10119462 | 7,5 | M16x125 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110452 | 7,5 | M16x150 | 17 | 15 | 1450 |
| 10122037 | 7,5 | M16x200 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110454 | 10,5 | M20x85 | 22 | 15 | 2430 |
| 10110455 | 10,5 | M20x100 | 22 | 15 | 2430 |
| 10119461 | 10,5 | M20x125 | 22 | 15 | 2430 |
| 10110456 | 10,5 | M20x150 | 22 | 15 | 2430 |

Maschinenfuß-Spindel Edelstahl

Gewindestange für Gelenkstellfüße MP1, MP2, MP3

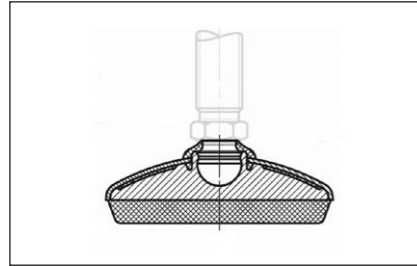
Material:

Edelstahl 1.4301t
Kugelgelenk 15 mm, Schwenkbereich ±20°



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde g x l | Schlüsselweite mm | Ø Kugel mm | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------------|-------------------|------------|-------------------|
| 10110457 | 7,5 | M10x45 | 14 | 15 | 470 |
| 10110458 | 7,5 | M10x90 | 14 | 15 | 470 |
| 10110459 | 7,5 | M10x150 | 14 | 15 | 470 |
| 10110460 | 7,5 | M12x100 | 14 | 15 | 770 |
| 10110461 | 7,5 | M12x125 | 14 | 15 | 770 |
| 10110462 | 7,5 | M12x150 | 14 | 15 | 770 |
| 10110463 | 7,5 | M16x66 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110464 | 7,5 | M16x100 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110465 | 7,5 | M16x150 | 17 | 15 | 1450 |
| 10110466 | 10,5 | M20x85 | 22 | 15 | 2430 |
| 10110467 | 10,5 | M20x100 | 22 | 15 | 2430 |
| 10110468 | 10,5 | M20x150 | 22 | 15 | 2430 |

Teller für Integral-Stellfüße MP3



Beschreibung:
schwenkbarer, nivellierbarer Stellfuß zum Ausgleich von Bodenunebenheiten, mit Dichtlippe, dicht bis 8° Neigung, max. 20° möglich.

Material:

Teller: Edelstahl 1.4301
Anti-Slip-Platte: TPE, beständig gegen Öl und Wasser (bis 60°C), mit antibakteriellem und antimikrobiellem Schutz

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Belastung max. kg |
|-------------|----------------|---------|-------------------|
| 10110635 | 60 | 29 | 700 |
| 10110636 | 80 | 29 | 700 |
| 10110637 | 100 | 29 | 700 |

Maschinenaufstellung SLM



Die Typenreihe SLM eignet sich aufgrund ihrer niedrigen Eigenfrequenz sehr gut zur Empfängerisolation und zur Lösung von Schwingungsproblemen bei Zwischendecken-aufstellungen.

Anwendungsbereich:

Messmaschinen, Meßtischplatten, Fundamente, Pressen, Stanzautomaten, Nippelmaschinen, Kompressoren, Lüfter

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe mm | Nivellierhöhe mm | Gewinde | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|---------|------------------|---------|-------------------|-----------------------|
| 10076540 | 73 | 65 | 5 | M10 | 65 | SLM 1 A |
| 10076464 | 105 | 65 | 5 | M12 | 100 | SLM 3 A |
| 10101620 | 127 | 90 | 6 | M12 | 280 | SML 6 A |
| 10101621 | 172 | 90 | 6 | M12 | 600 | SML 12 A |
| 10101622 | 245 | 90 | 6 | M16 | 1300 | SML 24 A |
| 10101625 | 338 | 90 | 6 | M16 | 2600 | SML 48 A |
| 10101626 | 468 | 90 | 6 | M24 | 5500 | SML 96 A |
| 10101628 | 610 | 90 | 6 | M24 | 10000 | SML 192 A |

Maschinenaufstellung KE

Niveaustabiler Nivellierschuh mit rutschhemmendem Belag, die Verstellung erfolgt über einen Keil durch eine seitliche Stellschraube mit Feingewinde.



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Nivellierhöhe mm | Breite mm | Länge mm | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|------------------|-----------|----------|-------------------|-----------------------|
| 10103058 | 36 | ±4 | 55 | 105 | 1500 | KE 5-0/0 Metall |
| 10103102 | 46 | ±4 | 55 | 105 | 900 | KE 5-5/5 Metall |
| 10103106 | 40 | ±4 | 115 | 115 | 2300 | KE 10-0/0 Cermalan |
| 10103107 | 50 | ±4 | 115 | 115 | 2000 | KE 10-5/5 Cermalan |
| 10103108 | 47 | ±4 | 150 | 150 | 4000 | KE 20-0/0 Metall |
| 10103109 | 57 | ±4 | 150 | 150 | 3600 | KE 20-5/5 Metall |
| 10103110 | 50 | ±4 | 200 | 200 | 7200 | KE 40-0/0 Metall |
| 10103111 | 60 | ±4 | 200 | 200 | 6400 | KE 40-5/5 Metall |
| 10103113 | 68 | ±4 | 220 | 250 | 10000 | KE 60-0/0 Metall |
| 10103114 | 78 | ±4 | 220 | 250 | 9000 | KE 60-5/5 Metall |
| 10103115 | 84 | ±4 | 400 | 300 | 15000 | KE 70-0/0 Metall |
| 10103116 | 94 | ±4 | 400 | 300 | 13500 | KE 70-5/5 Metall |

Riffelplatte RPV

Maschinenlagerung für Maschinen ohne Befestigungsmöglichkeit, Maschinen die besonders steife Auslegung erfordern

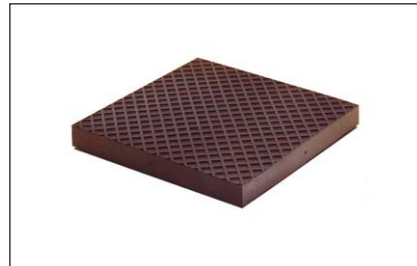
Material:

CR-Qualität mit hohe Elastizität, öl- und alterungsbeständig.



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Breite mm | Länge mm | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|-----------|----------|-------------------|-----------------------|
| 10104066 | 8 | 225 | 225 | 3000 | RPV 22 |
| 68630 | 8 | 450 | 450 | 12000 | RPV 45 |

Riffelplatte EP

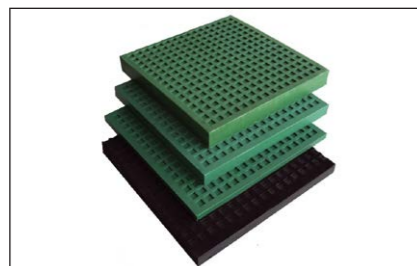


Maschinenlagerung zum Aufstellen von Maschinen. Riffelmuster auf der Unterseite ermöglicht den Ausgleich geringer Bodenunebenheiten.

Material:
CR-Qualität Öl - und alterungsbeständig.
Härte: 80 Shore A

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Breite mm | Länge mm | Belastung max. kg | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|-----------|----------|-------------------|-----------------------|
| 10109540 | 25 | 250 | 250 | 12000 | EP 25 |

Riffelplatte EG



Maschinenlagerung zum Aufstellen von Maschinen. Riffelmuster auf beiden Seiten ermöglicht den Ausgleich geringer Bodenunebenheiten. Zur Isolierung und Dämpfung von Maschinen mit hoher Eigendynamik

Material:
NBR - Öl - und alterungsbeständig.

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Breite mm | Länge mm | Farbe | Ausführung | Belastung max. kg |
|-------------|---------|-----------|----------|---------|------------|-------------------|
| 10122582 | 16 | 100 | 100 | grün | zweiseitig | 2500 |
| 10120897 | 15 | 148 | 148 | schwarz | einseitig | 2000 |
| 10116544 | 8 | 200 | 200 | grün | zweiseitig | 5000 |
| 10116557 | 16 | 200 | 200 | schwarz | zweiseitig | 4400 |
| 10116545 | 16 | 200 | 200 | grün | zweiseitig | 5000 |
| 10116546 | 24 | 200 | 200 | grün | zweiseitig | 5000 |

Lochplatte IM



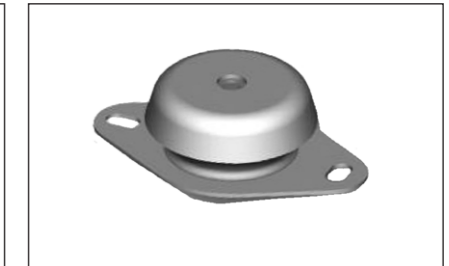
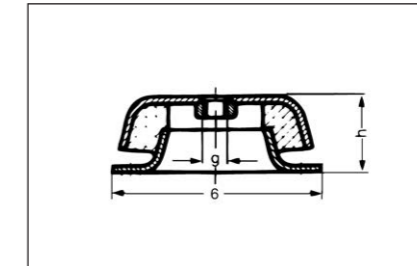
Hochleistungsfähiger stoß- und vibrationshemmender Werkstoff. Lochbohrungen an der Unterseite zur Erhöhung der Elastizität, quadratisches Profil an der Oberseite für bessere Rutschfestigkeit.

Material:
NBR

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Breite mm | Länge mm | Farbe | Belastung max. kg |
|-------------|---------|-----------|----------|---------|-----------------------|
| 10119264 | 25 | 500 | 1000 | schwarz | 5 kg/cm ² |
| 10119265 | 50 | 500 | 1000 | schwarz | 5 kg/cm ² |
| 10119266 | 25 | 500 | 1000 | schwarz | 12 kg/cm ² |
| 10119267 | 50 | 500 | 1000 | schwarz | 12 kg/cm ² |

Maschinenfuß MS oval 2-Loch - SCHWINGMETALL®

SCHWINGMETALL®Topf-Elemente für Niveauregulierung und befestigungsloses Aufstellen.

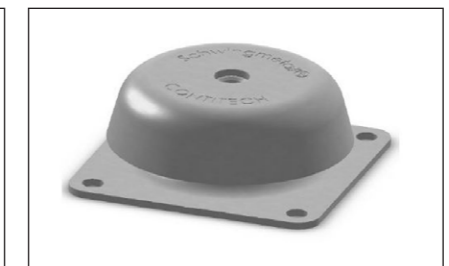
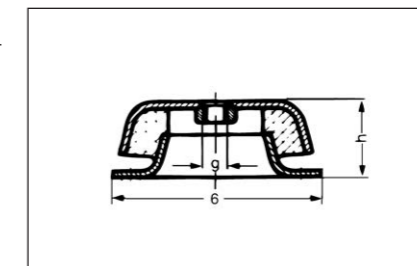


| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------|----------|-------------------|
| 10113175 | 33 | M10 | 103965 | 250 |

Maschinenfuß MS eckig 4-Loch - SCHWINGMETALL®

SCHWINGMETALL®Topf-Elemente werden in fünf Größen und drei Elastomer-Härten geliefert. Für Niveauregulierung und befestigungsloses Aufstellen der Größen:

58540, 33629 und 58541 sind verschiedene Kombinationen lieferbar.

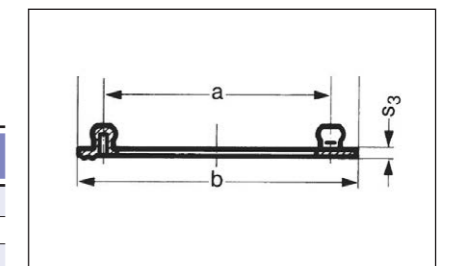


| Artikel-Nr. | Höhe mm | Gewinde | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|---------|---------|----------|-------------------|
| 66330 | 40 | M12 | 58540 | 360 |
| 66340 | 50 | M16 | 33629 | 700 |
| 66350 | 70 | M20 | 58541 | 1200 |

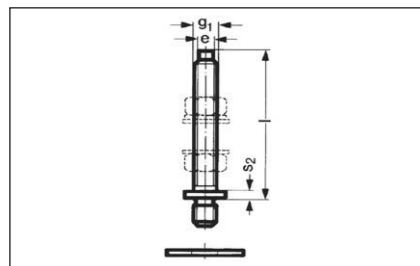
Matte

Die Unterlegmatte erlaubt eine befestigungslose Aufstellung ohne jede Verankerung, bei geringen bis mittleren Querkräften.

| Artikel-Nr. | für Form-Nr. |
|-------------|--------------|
| 10098230 | 58540 |
| 4132620 | 33629 |
| 10098229 | 58541 |



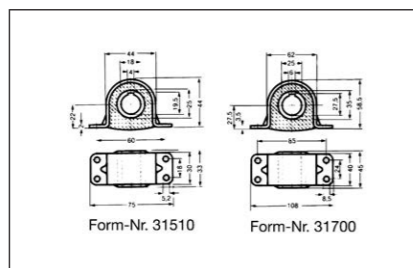
Nivellierspindel



Nivellierspindel ermöglichen leicht, sicher und genau das Einrichten und Nivellieren von Maschinen und Apparaten.

| Artikel-Nr. | Gewinde | Länge mm | für Form-Nr. |
|-------------|---------|----------|--------------|
| 10099550 | M12 | 85 | 58540 |
| 4132610 | M16 | 96 | 33629 |
| 10099553 | M20 | 106 | 58541 |

Geräteelemente B2 - SCHWINGMETALL®

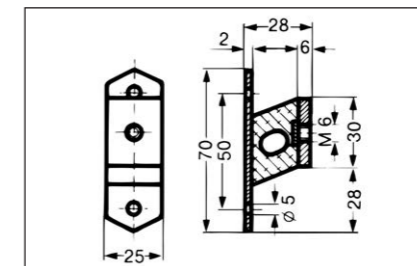


SCHWINGMETALL® Bügel-Elemente sind geeignet um Wellenenden elastisch auf ebenen Flächen zu befestigen. Das Element erlaubt axiale, radiale, torsionale und kardanische Bewegungen, jeweils mit einer eigenen Federsteifigkeit.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Innen Ø mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|------------|----------|
| 66410 | weich | 44,0 | 75 | 33 | 18 | 31510 |
| 66430 | mittel | 44,0 | 75 | 33 | 18 | 31510 |
| 66450 | hart | 44,0 | 75 | 33 | 18 | 31510 |
| 66420 | weich | 58,5 | 108 | 45 | 25 | 31700 |
| 66440 | mittel | 58,5 | 108 | 45 | 25 | 31700 |
| 10102913 | hart | 58,5 | 108 | 45 | 25 | 31700 |

Geräteelemente E1 - SCHWINGMETALL® - 25284

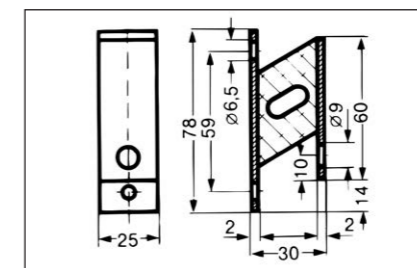
SCHWINGMETALL® Geräte-Elemente eignen sich besonders, um geringe Massen (von 2 kg bis 25 kg je Lagerpunkt) bei niedrigen Eigenfrequenzen zu lagern.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66470 | weich | 28 | 70 | 25 | 25284 |
| 66510 | mittel | 28 | 70 | 25 | 25284 |
| 66550 | hart | 28 | 70 | 25 | 25284 |

Geräteelemente E2 - SCHWINGMETALL® - 21423

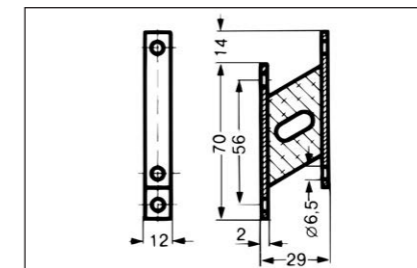
SCHWINGMETALL® Geräte-Elemente eignen sich besonders, um geringe Massen (von 2 kg bis 25 kg je Lagerpunkt) bei niedrigen Eigenfrequenzen zu lagern.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66480 | weich | 30 | 78 | 25 | 21423 |
| 66520 | mittel | 30 | 78 | 25 | 21423 |
| 66560 | hart | 30 | 78 | 25 | 21423 |

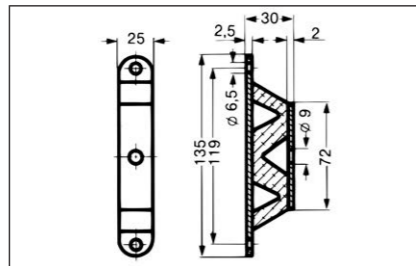
Geräteelemente E3 - SCHWINGMETALL® - 25187

SCHWINGMETALL® Geräte-Elemente eignen sich besonders, um geringe Massen (von 2 kg bis 25 kg je Lagerpunkt) bei niedrigen Eigenfrequenzen zu lagern.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66490 | weich | 29 | 84 | 12 | 25187 |
| 66530 | mittel | 29 | 84 | 12 | 25187 |
| 66570 | hart | 29 | 84 | 12 | 25187 |

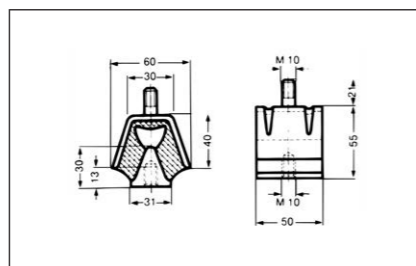
Geräteelemente W - SCHWINGMETALL® - 24332



SCHWINGMETALL® Geräte-Elemente eignen sich besonders, um geringe Massen (von 2 kg bis 25 kg je Lagerpunkt) bei niedrigen Eigenfrequenzen zu lagern.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66500 | weich | 30 | 135 | 25 | 24332 |
| 66540 | mittel | 30 | 135 | 25 | 24332 |
| 66580 | hart | 30 | 135 | 25 | 24332 |

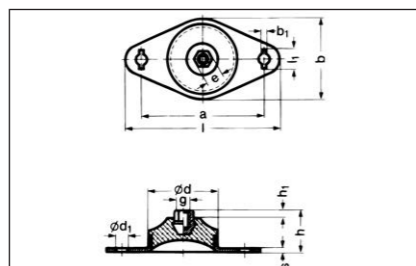
Dach-Elemente LA - SCHWINGMETALL®



SCHWINGMETALL® Dach-Elemente sind vielfach einsetzbare Aggregatlager. Im Allgemeinen werden sie so eingesetzt, dass die statische Last in Z-Richtung wirkt. Es gibt Dach-Elemente mit Abreißsicherung.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Gewinde mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|------------|----------|-----------|----------|
| 66140 | mittel | 55 | M10x24 | 40 | 55 | 38451 |
| 66150 | mittel | 118 | 2xM12 | 176 | 70 | 33660 |

Hut Element HU - SCHWINGMETALL®



SCHWINGMETALL® Hut-Elemente zur Lagerung von Messgeräten und kleineren Aggregaten. Die Federung ist sehr weich und in allen Richtungen gleich. Hut-Elemente müssen axial belastet werden. Naturkautschuk wahlweise in 40°, 55° und 65° Shore.

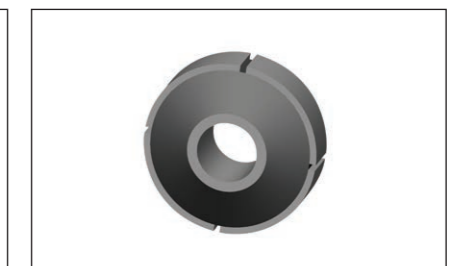
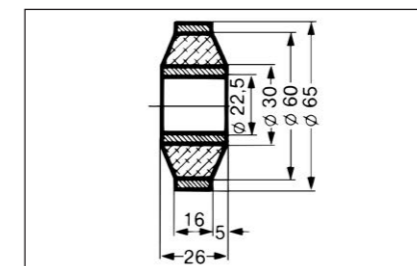
| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66210 | weich | 20 | 60 | 35 | 27860 |
| 66240 | mittel | 20 | 60 | 35 | 27860 |
| 66270 | hart | 20 | 60 | 35 | 27860 |
| 66220 | weich | 32 | 90 | 50 | 27859 |
| 66250 | mittel | 32 | 90 | 50 | 27859 |
| 66280 | hart | 32 | 90 | 50 | 27859 |

Hut Element HU - SCHWINGMETALL®

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66230 | weich | 50 | 140 | 80 | 27924 |
| 66260 | mittel | 50 | 140 | 80 | 27924 |
| 66290 | hart | 50 | 140 | 80 | 27924 |

Ring-Element T1 - SCHWINGMETALL® - 21489

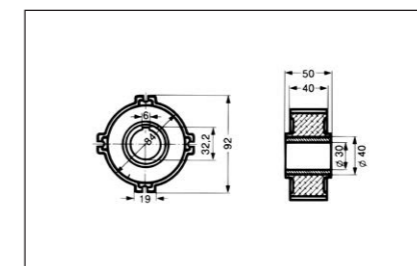
SCHWINGMETALL® Ring-Elemente Außenring vierteilig mit 1,5 mm Schlitzbreite. Einbau mit 1 mm Vorspannung, d = 64 mm Naturkautschuk wahlweise in 40°, 55° und 65° Shore.



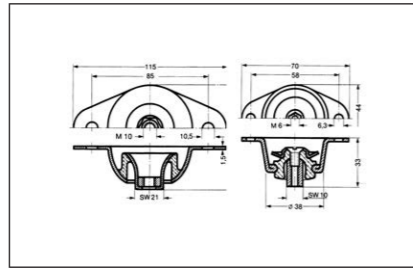
| Artikel-Nr. | Shorehärte | Außen Ø mm | Breite mm | Innen Ø mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|----------|
| 66590 | weich | 65 | 26/16 | 22,5 | 21489 |
| 66610 | mittel | 65 | 26/16 | 22,5 | 21489 |
| 66630 | hart | 65 | 26/16 | 22,5 | 21489 |

Torsionsbuchse T2 - SCHWINGMETALL® - 27843a

SCHWINGMETALL® Torsionsbuchse Zur weichen Axialfederung bei guter Radialführung und für torsionselastische Gelenke. Naturkautschuk wahlweise in 40°, 55° und 65° Shore.

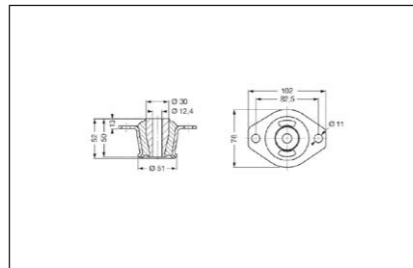
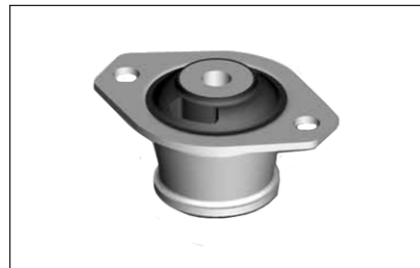


| Artikel-Nr. | Shorehärte | Außen Ø mm | Breite mm | Innen Ø mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|----------|
| 66600 | weich | 84/92 | 40/50 | 30 | 27843a |
| 66620 | mittel | 84/92 | 40/50 | 30 | 27843a |

Glocken-Element GL - SCHWINGMETALL®

SCHWINGMETALL® Glocken-Elemente eignen sich für Anwendungen, bei denen Masse (von 2 kg bis 70 kg) hängend gelagert werden sollen.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Gewinde | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|---------|----------|-----------|----------|
| 10096984 | weich | 33 | M6 | 70 | 44 | 58500 |
| 404390 | mittel | 33 | M6 | 70 | 44 | 58500 |
| 10096985 | hart | 33 | M6 | 70 | 44 | 58500 |
| 66390 | weich | 30 | M10 | 115 | 62,5 | 27994 |
| 404380 | mittel | 30 | M51 | 115 | 62,5 | 27994 |
| 404410 | hart | 30 | M10 | 115 | 62,5 | 27994 |

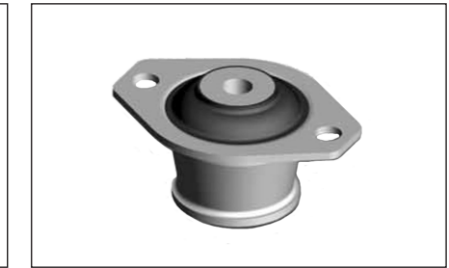
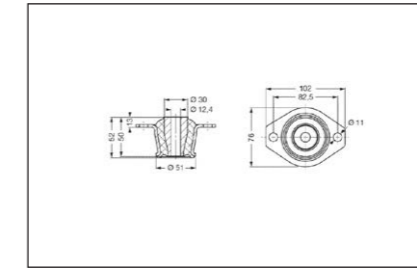
Konuslager KS - SCHWINGMETALL® - 210356

SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung.
Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit cx,y bezogen auf die axiale Steifigkeit cz wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112976 | weich | 52 | 102 | 76 | 210356 | 65 |
| 10112977 | mittel | 52 | 102 | 76 | 210356 | 110 |
| 10112978 | hart | 52 | 102 | 76 | 210356 | 135 |

Konuslager KA - SCHWINGMETALL® - 210355

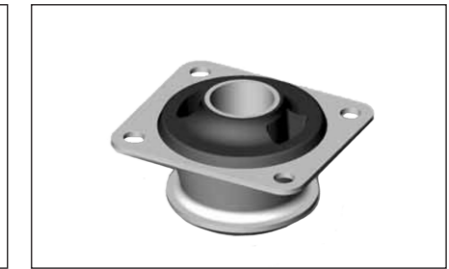
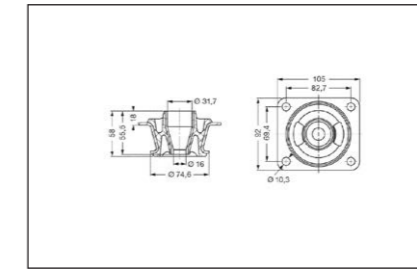
SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung.
Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit cx,y bezogen auf die axiale Steifigkeit cz wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112973 | weich | 52 | 102 | 76 | 210355 | 100 |
| 10112974 | mittel | 52 | 102 | 76 | 210355 | 175 |
| 10112975 | hart | 52 | 102 | 76 | 210355 | 225 |

Konuslager KS - SCHWINGMETALL® - 210352

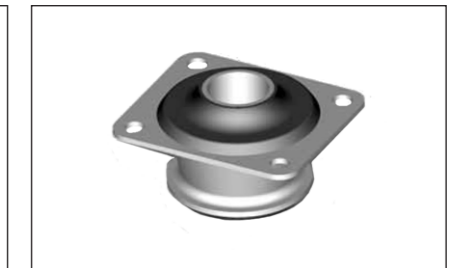
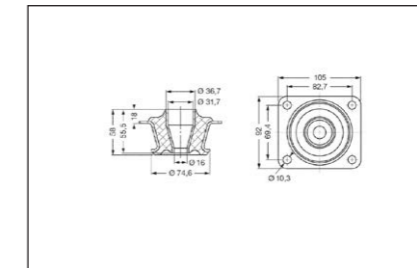
SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung.
Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit cx,y bezogen auf die axiale Steifigkeit cz wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112970 | weich | 58 | 105 | 92 | 210352 | 75 |
| 10112971 | mittel | 58 | 105 | 92 | 210352 | 125 |
| 10112972 | hart | 58 | 105 | 92 | 210352 | 170 |

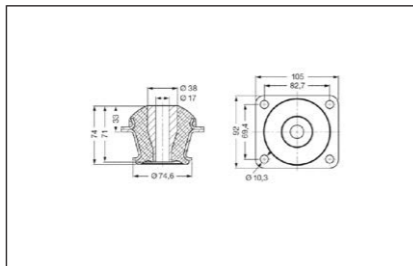
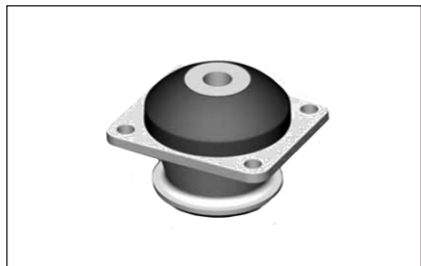
Konuslager KA - SCHWINGMETALL® - 210089

SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung.
Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit cx,y bezogen auf die axiale Steifigkeit cz wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.



| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112967 | weich | 58 | 105 | 92 | 210089 | 110 |
| 10112968 | mittel | 58 | 105 | 92 | 210089 | 180 |
| 10112969 | hart | 58 | 105 | 92 | 210089 | 250 |

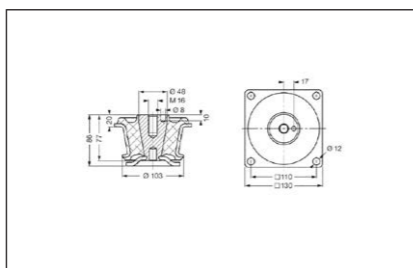
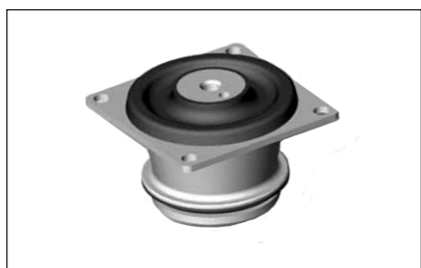
Konuslager KA - SCHWINGMETALL® - 210444



SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung
 Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit $c_{x,y}$ bezogen auf die axiale Steifigkeit c_z wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112960 | weich | 74 | 105 | 92 | 210444 | 180 |
| 10105270 | mittel | 74 | 105 | 92 | 210444 | 300 |
| 10112962 | hart | 74 | 105 | 92 | 210444 | 440 |

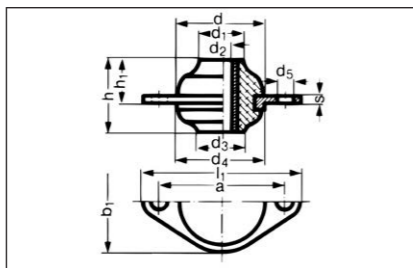
Konuslager KA - SCHWINGMETALL® - 210470



SCHWINGMETALL® Konuslager für Motor- und Kabinenlagerung
 Hinweis: Durch die hohe Radialsteifigkeit $c_{x,y}$ bezogen auf die axiale Steifigkeit c_z wird eine gute Querstabilität erreicht. Mit entsprechenden Scheiben (optional) ergänzt, verfügen diese Lager über Endanschlag bzw. Abreißsicherung.

| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. | Belastung max. kg |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|-------------------|
| 10112980 | weich | 86 | 130 | 130 | 210470 | 120 |
| 10112981 | mittel | 86 | 130 | 130 | 210470 | 190 |
| 10112982 | hart | 86 | 130 | 130 | 210470 | 300 |

Flansch-Element FL - SCHWINGMETALL®



SCHWINGMETALL® Elemente
 - dämpfen Erschütterungen und Körperschall
 - isolieren Maschinenschwingungen
 - reduzieren Beschleunigungen
 - schützen vor Lärm

Shorehärte: weich

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66650 | 40 | 90 | 48 | 48685 |
| 759670 | 44 | 115 | 71 | 48688 |
| 66660 | 54 | 115 | 71 | 48686 |
| 66670 | 62 | 150 | 90 | 48690 |
| 10028083 | 68 | 174 | 108 | 48694 |

Fortsetzung ➡

Flansch-Element FL - SCHWINGMETALL®

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|---------|----------|-----------|----------|
| 66690 | 76 | 174 | 108 | 48693 |
| 66680 | 82 | 174 | 108 | 48692 |

Hydrolager HY - SCHWINGMETALL®

SCHWINGMETALL® Hydrolager eignen sich besonders als Motor- und Kabinenlagerungen. Hydrolager zeichnen sich durch kompakte Bauweise aus.
 - integrierte Hydraulikeinheit ist wartungsfrei
 - integrierter Zuganschlag



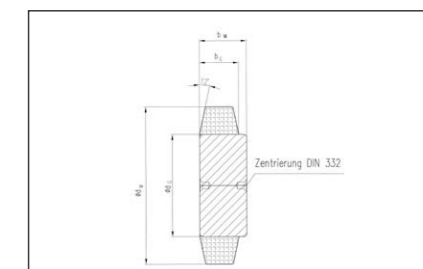
| Artikel-Nr. | Shorehärte | Höhe mm | Länge mm | Breite mm | Form-Nr. |
|-------------|------------|---------|----------|-----------|----------|
| 10097034 | 40 | 62,5 | 90 | 56 | V 250 |
| 10097035 | 45 | 103,0 | 126 | 89 | V 600 |
| 10094440 | 55 | 103,0 | 126 | 89 | V 1500 |
| 10097032 | 60 | 103,0 | 126 | 89 | V 1500 |
| 10097033 | 70 | 103,0 | 126 | 89 | V 1500 |
| 10097036 | 55 | 120,0 | 126 | 108 | V 3200 |

Gummi-Metall Reibrad

Reibräder bestehen aus einem Elastomerbelag und einem Metallkörper. Der Reibbelag ist fest mit dem Metallteil verbunden. Die verwendete Elastomer-Mischung auf der Basis von Polychloropren hat eine Härte von 80° +/- 5 Shore A.

Ausführung: Sie ist verschleißfest und weitgehend ölbeständig, soll jedoch Temperaturen von 70° C nicht überschreiten. Nach Einlauf des Antriebes sind kurzzeitige Spitzen bis 80° C zulässig. Der Metallkörper ist aus handelsüblichem Automatenstahl 9 S 20 K hergestellt. Für die nachträgliche Bearbeitung sind Zentrierungen vorhanden.

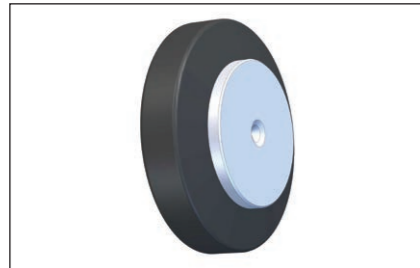
Eigenschaften der Reibräder:
 - große Leistungsübertragung
 - hoher Wirkungsgrad
 - lange Lebensdauer
 - geringer Raumbedarf
 - geräuscharmer Lauf
 - niedrige Lagerbelastung
 - problemloser Einbau
 - wartungsfreier Betrieb



| Artikel-Nr. | Ø Gummi mm | Ø Metall mm | Breite Gummi mm | Breite Metall mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| 4384300 | 40 | 25 | 10 | 13 | 40/10-25 |
| 4384320 | 45 | 28 | 11 | 14 | 45/11-28 |

Fortsetzung ➡

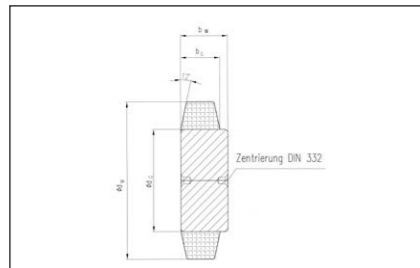
Fortsetzung: Gummi-Metall Reibrad



Reibräder bestehen aus einem Elastomerbelag und einem Metallkörper. Der Reibbelag ist fest mit dem Metallteil verbunden. Die verwendete Elastomer-Mischung auf der Basis von Polychloropren hat eine Härte von 80° +/- 5 Shore A.

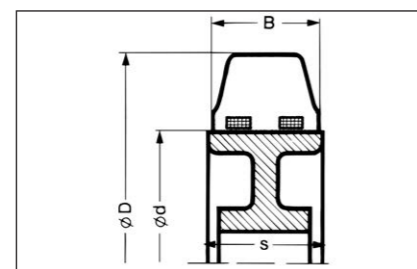
Ausführung: Sie ist verschleißfest und weitgehend ölbeständig, soll jedoch Temperaturen von 70° C nicht überschreiten. Nach Einlauf des Antriebes sind kurzzeitige Spitzen bis 80° C zulässig. Der Metallkörper ist aus handelsüblichem Automatenstahl 9 S 20 K hergestellt. Für die nachträgliche Bearbeitung sind Zentrierungen vorhanden.

- Eigenschaften der Reibräder:
- große Leistungsübertragung
 - hoher Wirkungsgrad
 - lange Lebensdauer
 - geringer Raumbedarf
 - geräuscharmer Lauf
 - niedrige Lagerbelastung
 - problemloser Einbau
 - wartungsfreier Betrieb



| Artikel-Nr. | Ø Gummi mm | Ø Metall mm | Breite Gummi mm | Breite Metall mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| 4384330 | 50 | 32 | 12 | 16 | 50/12-32 |
| 4384340 | 56 | 35 | 14 | 18 | 56/14-35 |
| 4384350 | 63 | 40 | 16 | 20 | 63/16-40 |
| 4384360 | 71 | 45 | 18 | 22 | 71/18-45 |
| 4384370 | 80 | 50 | 20 | 25 | 80/20-50 |
| 4384380 | 90 | 55 | 22 | 27 | 90/22-55 |
| 4384390 | 100 | 65 | 25 | 30 | 100/25-65 |
| 4384400 | 112 | 70 | 28 | 33 | 112/28-70 |
| 4384410 | 125 | 80 | 32 | 37 | 125/32-80 |
| 4384430 | 140 | 90 | 36 | 41 | 140/36-90 |
| 4384440 | 160 | 100 | 40 | 45 | 160/40-100 |

Reibring zylindrischer Radkörper RM - NK



Reibringe für Gummiwälzgetriebe bestehen aus der Laufflächenschicht, der Bodenschicht und dem Festigkeitsträger.

Laufflächenschicht:

Die Laufflächenschicht ist mit ihren Eigenschaften auf die besonderen Anforderungen abgestimmt.

Material: RM - NK

| Artikel-Nr. | Breite mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| 404450 | 50 | 125 | 75 | 125/50-75 z |
| 81730 | 50 | 160 | 100 | 160/100-50 z |
| 81740 | 50 | 180 | 120 | 180/120-50 z |
| 81760 | 75 | 200 | 100 | 200/100-75 z |
| 81770 | 50 | 200 | 140 | 200/140-50 z |
| 81790 | 75 | 230 | 120 | 230/120-75 z |
| 81810 | 50 | 230 | 170 | 230/170-50 z |

Fortsetzung ➔

Reibring zylindrischer Radkörper RM - NK

| Artikel-Nr. | Breite mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| 81820 | 75 | 250 | 140 | 250/140-75 z |
| 81830 | 60 | 250 | 170 | 250/170-60 z |
| 81840 | 60 | 280 | 190 | 280/190-60 z |
| 81850 | 60 | 310 | 220 | 310/220-60 z |
| 81860 | 60 | 360 | 270 | 360/370-60 z |
| 81870 | 75 | 360 | 270 | 360/270-75 z |
| 81880 | 60 | 400 | 305 | 400/305-60 z |
| 81890 | 75 | 415 | 305 | 415/305-75 z |
| 10099248 | 85 | 500 | 370 | 500/370-85 z |
| 660400 | 65 | 500 | 410 | 500/410-65 z |
| 660410 | 100 | 560 | 410 | 560/410-100 z |
| 660430 | 100 | 1000 | 850 | 1000/850-100 z |

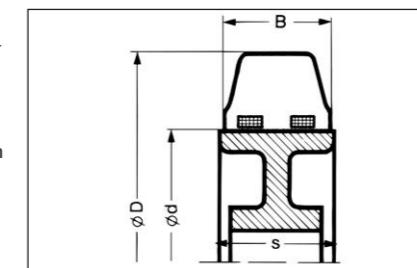
Reibring zylindrischer Radkörper RS - CR

Reibringe für Gummiwälzgetriebe bestehen aus der Laufflächenschicht, der Bodenschicht und dem Festigkeitsträger.

Laufflächenschicht:

Die Laufflächenschicht ist mit ihren Eigenschaften auf die besonderen Anforderungen abgestimmt.

Material: RS - CR



| Artikel-Nr. | Breite mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| 81630 | 50 | 60 | 30 | 60/50-30 z |
| 81640 | 60 | 71 | 34 | 71/60-34 z |
| 81650 | 60 | 85 | 40 | 85/60-40 z |
| 81660 | 50 | 86 | 40 | 86/50-40 z |
| 81670 | 50 | 95 | 50 | 95/50-50 z |
| 81680 | 60 | 95 | 50 | 95/60-50 z |
| 81690 | 45 | 100 | 60 | 100/45-60 z |
| 10099236 | 50 | 125 | 75 | 125/50-75 z |
| 10099238 | 50 | 160 | 100 | 160/50-100 z |
| 10099240 | 75 | 200 | 100 | 200/75-100 z |
| 10099239 | 50 | 200 | 140 | 200/50-140 z |
| 10099241 | 50 | 230 | 170 | 230/50-170 z |
| 10099242 | 75 | 230 | 120 | 230/75-120 z |
| 10099243 | 75 | 250 | 140 | 250/75-140 z |
| 10099244 | 60 | 250 | 190 | 250/60-190 z |
| 10099246 | 60 | 310 | 220 | 310/60-220 z |
| 10099250 | 100 | 560 | 410 | 560/100-410 z |
| 660420 | 75 | 750 | 640 | 750/75-640 z |

Reibring konischer Radkörper RM - NK



Reibringe für Gummiwälzgetriebe bestehen aus der Laufflächenschicht, der Bodenschicht und dem Festigkeitsträger.

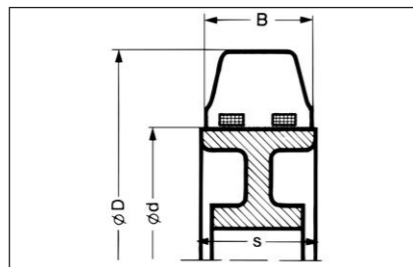
Laufflächenschicht:

Die Laufflächenschicht ist mit ihren Eigenschaften auf die besonderen Anforderungen abgestimmt.

Material: RM - NK

| Artikel-Nr. | Breite mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| 649950 | 75 | 360 | 270 | 360/75-270 k |
| 81900 | 85 | 500 | 370 | 500/85-370 k |

Reibring konischer Radkörper FM - NK



Reibringe für Gummiwälzgetriebe bestehen aus der Laufflächenschicht, der Bodenschicht und dem Festigkeitsträger.

Laufflächenschicht:

Die Laufflächenschicht ist mit ihren Eigenschaften auf die besonderen Anforderungen abgestimmt.

Material: FM - NK

| Artikel-Nr. | Breite mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| 10064129 | 75 | 300 | 220 | 300/75-220 k FM |

Einfaltenbalg Phoenix Typ „1 B“



Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln.

Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 68640 | 170 | 49 / 104 | 6,4 | 1 B 04 |
| 68650 | 230 | 49 / 119 | 13,7 | 1 B 07 |
| 68660 | 280 | 55 / 135 | 18,6 | 1 B 12 |
| 68690 | 380 | 55 / 175 | 37,3 | 1 B 22 |
| 68700 | 435 | 55 / 175 | 55,9 | 1 B 34 |
| 68710 | 490 | 60 / 180 | 78,5 | 1 B 49 |

Einfaltenbalg Phoenix Typ „1 B“ mit Platte

Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10108094 | 215 | 50 / 90 | 11,5 | SP 1 B 07 |

Einfaltenbalg ContiTech Typ „FS“

Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10112327 | 160 | 50 / 110 | 4,4 | FS 40-6 |
| 10101578 | 180 | 51 / 115 | 7,5 | FS 70-7 |
| 10100991 | 230 | 50 / 135 | 10,9 | FS 120-9 |
| 10100992 | 265 | 51 / 140 | 15,7 | FS 200-10 |
| 10100996 | 335 | 55 / 175 | 26,8 | FS 310-12 |
| 10100993 | 340 | 51 / 150 | 29,0 | FS 330-11 |
| 10100994 | 400 | 51 / 175 | 42,2 | FS 530-11 |

Einfaltenbalg ContiTech Typ „FS“ mit Platte



Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10100987 | 160 | 50/110 | 4,4 | FS 40-6 G1/8 |
| 10115852 | 180 | 51/115 | 7,5 | FS 70-7 G1/4 |
| 10107379 | 265 | 51/140 | 15,7 | FS 200-10 G3/4 |
| 10117675 | 340 | 51/150 | 29,0 | FS 330-11 G1/4 |
| 10112944 | 340 | 51/150 | 29,0 | FS 330-11 G3/4 |
| 10110374 | 400 | 51/175 | 42,2 | FS 530-11 G1/4 |
| 10116227 | 620 | 51/117 | 45,7 | FS 1710-12 Wulst |

Zweifaltenbalg Phoenix Typ „2 B“



Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 68720 | 175 | 80 / 200 | 5,9 | 2 B 04 R |
| 68750 | 235 | 85 / 225 | 12,8 | 2 B 07 R |
| 68760 | 285 | 85 / 265 | 18,6 | 2 B 12 R |
| 68780 | 295 | 85 / 300 | 21,6 | 2 B 15 R |
| 68800 | 335 | 85 / 285 | 28,4 | 2 B 20 R |
| 68840 | 350 | 85 / 285 | 30,4 | 2 B 22 R |

Zweifaltenbalg ContiTech Typ „FD“

Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10101573 | 160 | 70 / 170 | 3,2 | FD 40-10 |
| 10101574 | 180 | 72 / 200 | 5,2 | FD 70-13 |
| 10101575 | 230 | 75 / 230 | 10,6 | FD 120-17 |
| 10107354 | 245 | 75 / 250 | 11,7 | FD 138-18 |
| 10101545 | 265 | 75 / 275 | 14,5 | FD 200-19 |
| 10101576 | 340 | 75 / 305 | 27,6 | FD 330-22 |
| 10101577 | 400 | 77 / 310 | 42,0 | FD 530-22 |
| 10112014 | 650 | 100 / 500 | 160,0 | FD 1730-40 |

Zweifaltenbalg ContiTech Typ „FD“ mit Platte

Einsatzmöglichkeiten:

Die Luftfeder wird vorwiegend als Hauptfeder in Straßen- und Schienenfahrzeugen eingesetzt. Faltenbälge werden z.B. für die Lagerung von vibrierenden / schwingenden Maschinen eingesetzt. Luftfederbälge sind als Einfalten-, Zweifalten- oder Schlauchrollbälge lieferbar. Federkennlinien können wir Ihnen gerne übermitteln. Evtl. benötigte Spannringe sind auf Anfrage für verschiedene Typen als Sonderanfertigung lieferbar.



| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10107741 | 140 | 65 / 150 | 3,4 | FD 44-10 G3/8 |
| 10107788 | 230 | 75 / 230 | 10,6 | FD 120-17 G1/4 |
| 10107859 | 265 | 75 / 275 | 14,5 | FD 200-19 G3/4 |
| 10107771 | 265 | 75 / 275 | 14,5 | FD 200-19 G1/4 |
| 10108457 | 415 | 77 / 350 | 48,2 | FD 530-30 G1 |

Schlauchrollbalg ContiTech Typ „SK“ /„SZ“ mit Platte



Luftfedern in der Schwingungsisolierung
ContiTech Air Spring Systems bietet Lösungen für die schwingungsisolierte Lagerung von Maschinen. Luftfedern können durch Druckänderung der Belastung angepasst werden.

| Artikel-Nr. | Durchmesser mm | Höhe min / max | Tragkraft kN | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|
| 10110469 | 70 | 30 / 63 | 1,15 | SK 19-4 |
| 10114090 | 100 | 38 / 84 | 3,10 | SK 37-6 |
| 10114091 | 100 | 95 / 205 | 2,20 | SZ 35-11 |
| 10114095 | 115 | 95 / 200 | 3,30 | SZ 50-11 |
| 10114097 | 140 | 100 / 235 | 5,70 | SZ 70-11 |
| 10114100 | 170 | 90 / 200 | 7,80 | SZ 100-11 |
| 10114102 | 190 | 95 / 200 | 10,90 | SZ 140-11 |

Elastomerfeder CR



EFFBE Elastomerfedern CR
Rundfedern nach DIN ISO 10069-1
Elastomerrundfedern aus den Materialien EFFBE 295 und EFFBE Urelast sind in vielen verschiedenen Abmessungen mit Durchmessern von 16 mm bis 125 mm und Höhen von 12 mm bis 160 mm erhältlich.

Material: CR

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|------------|------------|---------|
| 10098719 | 12 | 16 | 6,5 | 1612 CR |
| 10095241 | 16 | 16 | 6,5 | 1616 CR |
| 10021895 | 20 | 16 | 6,5 | 1620 CR |
| 10098721 | 25 | 16 | 6,5 | 1625 CR |
| 10098722 | 16 | 20 | 8,5 | 2016 CR |
| 10098728 | 20 | 20 | 8,5 | 2020 CR |
| 10098729 | 25 | 20 | 8,5 | 2025 CR |
| 10098730 | 32 | 20 | 8,5 | 2032 CR |
| 10086326 | 20 | 25 | 10,5 | 2520 CR |
| 10098732 | 25 | 25 | 10,5 | 2525 CR |
| 10098733 | 32 | 25 | 10,5 | 2532 CR |
| 10098734 | 40 | 25 | 10,5 | 2540 CR |
| 10098735 | 32 | 32 | 13,5 | 3232 CR |
| 10098739 | 40 | 32 | 13,5 | 3240 CR |
| 10023783 | 50 | 32 | 13,5 | 3250 CR |
| 10098740 | 63 | 32 | 13,5 | 3263 CR |
| 10098741 | 32 | 40 | 13,5 | 4032 CR |
| 1120330 | 40 | 40 | 13,5 | 4040 CR |
| 1120340 | 50 | 40 | 13,5 | 4050 CR |
| 10094524 | 63 | 40 | 13,5 | 4063 CR |

Fortsetzung ➡

Elastomerfeder CR

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|------------|------------|-----------|
| 10098742 | 80 | 40 | 13,5 | 4080 CR |
| 10098744 | 32 | 50 | 17 | 5032 CR |
| 1120360 | 40 | 50 | 17 | 5040 CR |
| 1120370 | 50 | 50 | 17 | 5050 CR |
| 10098745 | 63 | 50 | 17 | 5063 CR |
| 10098746 | 80 | 50 | 17 | 5080 CR |
| 10098747 | 100 | 50 | 17 | 50100 CR |
| 10098748 | 32 | 63 | 17 | 6332 CR |
| 10098749 | 40 | 63 | 17 | 6340 CR |
| 10098750 | 50 | 63 | 17 | 6350 CR |
| 10098644 | 63 | 63 | 17 | 6363 CR |
| 10098751 | 80 | 63 | 17 | 6380 CR |
| 10098752 | 100 | 63 | 17 | 63100 CR |
| 10098754 | 125 | 63 | 17 | 63125 CR |
| 10124539 | 25 | 80 | 21 | 8025 CR |
| 10098755 | 32 | 80 | 21 | 8032 CR |
| 10098756 | 40 | 80 | 21 | 8040 CR |
| 10098757 | 50 | 80 | 21 | 8050 CR |
| 10088978 | 63 | 80 | 21 | 8063 CR |
| 10045878 | 80 | 80 | 21 | 8080 CR |
| 10098758 | 100 | 80 | 21 | 80100 CR |
| 10098760 | 125 | 80 | 21 | 80125 CR |
| 10098761 | 32 | 100 | 21 | 10032 CR |
| 10098774 | 40 | 100 | 21 | 10040 CR |
| 10098775 | 50 | 100 | 21 | 10050 CR |
| 10098780 | 63 | 100 | 21 | 10063 CR |
| 10098781 | 80 | 100 | 21 | 10080 CR |
| 10098782 | 100 | 100 | 21 | 100100 CR |
| 10015015 | 125 | 100 | 21 | 100125 CR |
| 10098783 | 32 | 125 | 27 | 12532 CR |
| 10098784 | 40 | 125 | 27 | 12540 CR |
| 10098785 | 50 | 125 | 27 | 12550 CR |
| 10098786 | 63 | 125 | 27 | 12563 CR |
| 10098787 | 80 | 125 | 27 | 12580 CR |
| 10098788 | 100 | 125 | 27 | 125100 CR |
| 10098789 | 125 | 125 | 27 | 125125 CR |
| 10098790 | 160 | 125 | 27 | 125160 CR |

Elastomerfeder PUR

EFFBE Elastomerfedern PUR
Rundfedern nach DIN ISO 10069-1
Elastomerrundfedern aus den Materialien EFFBE 295 und EFFBE Urelast sind in vielen verschiedenen Abmessungen mit Durchmessern von 16 mm bis 125 mm und Höhen von 12 mm bis 160 mm erhältlich.

Material: PUR



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|------------|------------|-----------|
| 10098624 | 12 | 16 | 6,5 | 1612 U 90 |
| 10040911 | 16 | 16 | 6,5 | 1616 U 90 |

Fortsetzung ➡

Fortsetzung: Elastomerfeder PUR



EFFBE Elastomerfedern PUR
Rundfedern nach DIN ISO 10069-1
Elastomerrundfedern aus den Materialien EFFBE 295 und EFFBE Urelast sind in vielen verschiedenen Abmessungen mit Durchmessern von 16 mm bis 125 mm und Höhen von 12 mm bis 160 mm erhältlich.

Material: PUR

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|------------|------------|-------------|
| 10098625 | 20 | 16 | 6,5 | 1620 U 90 |
| 10098626 | 25 | 16 | 6,5 | 1625 U 90 |
| 10040912 | 16 | 20 | 8,5 | 2016 U 90 |
| 10040913 | 20 | 20 | 8,5 | 2020 U 90 |
| 10041097 | 25 | 20 | 8,5 | 2025 U 90 |
| 10040908 | 32 | 20 | 8,5 | 2032 U 90 |
| 10040909 | 20 | 25 | 10,5 | 2520 U 90 |
| 10098627 | 25 | 25 | 10,5 | 2525 U 90 |
| 10098628 | 32 | 25 | 10,5 | 2532 U 90 |
| 10040906 | 40 | 25 | 10,5 | 2540 U 90 |
| 10041091 | 32 | 32 | 13,5 | 3232 U 90 |
| 10040907 | 40 | 32 | 13,5 | 3240 U 90 |
| 10098629 | 50 | 32 | 13,5 | 3250 U 90 |
| 10098630 | 63 | 32 | 13,5 | 3263 U 90 |
| 10098631 | 32 | 40 | 13,5 | 4032 U 90 |
| 10098632 | 40 | 40 | 13,5 | 4040 U 90 |
| 10098633 | 50 | 40 | 13,5 | 4050 U 90 |
| 10098634 | 63 | 40 | 13,5 | 4063 U 90 |
| 10040910 | 80 | 40 | 13,5 | 4080 U 90 |
| 10098635 | 32 | 50 | 17 | 5032 U 90 |
| 10098636 | 40 | 50 | 17 | 5040 U 90 |
| 10098637 | 50 | 50 | 17 | 5050 U 90 |
| 10095952 | 63 | 50 | 17 | 5063 U 90 |
| 10098639 | 80 | 50 | 17 | 5080 U 90 |
| 10098640 | 100 | 50 | 17 | 50100 U 90 |
| 10098641 | 32 | 63 | 17 | 6332 U 90 |
| 10098642 | 40 | 63 | 17 | 6340 U 90 |
| 10098643 | 50 | 63 | 17 | 6350 U 90 |
| 10022086 | 63 | 63 | 17 | 6363 U 90 |
| 10098645 | 80 | 63 | 17 | 6380 U 90 |
| 10098646 | 100 | 63 | 17 | 63100 U 90 |
| 10098647 | 125 | 63 | 17 | 63125 U 90 |
| 10098648 | 32 | 80 | 21 | 8032 U 90 |
| 10098650 | 40 | 80 | 21 | 8040 U 90 |
| 10098651 | 50 | 80 | 21 | 8050 U 90 |
| 10098652 | 63 | 80 | 21 | 8063 U 90 |
| 10098653 | 80 | 80 | 21 | 8080 U 90 |
| 10098654 | 100 | 80 | 21 | 80100 U 90 |
| 10098655 | 125 | 80 | 21 | 80125 U 90 |
| 10098657 | 32 | 100 | 21 | 10032 U 90 |
| 10098658 | 40 | 100 | 21 | 10040 U 90 |
| 10098659 | 50 | 100 | 21 | 10050 U 90 |
| 10098660 | 63 | 100 | 21 | 10063 U 90 |
| 10098661 | 80 | 100 | 21 | 10080 U 90 |
| 10098662 | 100 | 100 | 21 | 100100 U 90 |
| 10098663 | 125 | 100 | 21 | 100125 U 90 |
| 10098664 | 32 | 125 | 27 | 12532 U 90 |

Fortsetzung ➡

Elastomerfeder PUR

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|------------|------------|-------------|
| 10098665 | 40 | 125 | 27 | 12540 U 90 |
| 10098666 | 50 | 125 | 27 | 12550 U 90 |
| 10098667 | 63 | 125 | 27 | 12563 U 90 |
| 10098668 | 80 | 125 | 27 | 12580 U 90 |
| 10098669 | 100 | 125 | 27 | 125100 U 90 |
| 10098672 | 125 | 125 | 27 | 125125 U 90 |
| 10098673 | 160 | 125 | 27 | 125160 U 90 |

Elastomerdruckstück PUR

EFFBE Druckstücke PUR
Urelast-Druckstücke werden vorzugsweise in Stanz-, Zieh- und Prägwerkzeugen zum Abheben und Auswerfen der Blechteile eingesetzt

Material: PUR



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Belastung max N | Außen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|-----------------|------------|---------|
| 10041095 | 9,5 | 100 | 6 | 80-06 |
| 10040652 | 15,5 | 450 | 10 | 80-10 |
| 10041096 | 25 | 1500 | 16 | 80-16 |
| 10098617 | 25 | 3000 | 24 | 80-24 |
| 10098618 | 35 | 3000 | 30 | 80-30 |
| 10098620 | 32 | 12000 | 32 | 80-32 |
| 10098621 | 40 | 25000 | 39,5 | 80-40 |

Elastomerfeder Federteller

Verwendung: Für größere Federwege werden Elastomerfedern in Reihe geschichtet. Die Einzelfedern sind hierbei durch Federteller voneinander zu trennen. Bei gleichen Federkräften addieren sich die Einzelfederwege. Die Federsäulen müssen grundsätzlich geführt werden.

Material: MS 58



| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Innen Ø mm | für Feder Ø | Typ Nr. |
|-------------|------------|------------|-------------|---------|
| 10112999 | 20 | 6,5 | 16 | A20 |
| 10113000 | 25 | 8,5 | 20 | A25 |
| 10113001 | 30 | 10,5 | 25 | A30 |
| 10113002 | 40 | 13,5 | 32 | A40 |
| 10113004 | 50 | 13,5 | 40 | A50 |
| 10113005 | 60 | 16,5 | 50 | A60 |
| 10113006 | 80 | 16,5 | 63 | A80 |

Fortsetzung ➡

Fortsetzung: Elastomerfeder Federteller



Verwendung: Für größere Federwege werden Elastomerfedern in Reihe geschichtet. Die Einzelfedern sind hierbei durch Federteller voneinander zu trennen. Bei gleichen Federkräften addieren sich die Einzelfederwege. Die Federsäulen müssen grundsätzlich geführt werden.

Material: MS 58

| Artikel-Nr. | Außen Ø mm | Innen Ø mm | für Feder Ø | Typ Nr. |
|-------------|------------|------------|-------------|---------|
| 10113007 | 100 | 20,5 | 80 | A100 |
| 10113008 | 120 | 20,5 | 100 | A120 |
| 10113009 | 150 | 26,0 | 125 | A150 |

Elastomerfeder Führungsbolzen



Führung und Zentrierung der Federn werden idealerweise mit Führungsbolzen (DIN 9835) erreicht. Sie sind erforderlich bei ungünstiger Federgeometrie und um ein Ausknicken bei Federsäulen zu vermeiden.

| Artikel-Nr. | Gewinde | Länge mm | Außen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|----------|------------|---------|
| 10113011 | M4 | 20 | 6 | B 6x20 |
| 10113012 | M4 | 25 | 6 | B 6x25 |
| 10113013 | M4 | 32 | 6 | B 6x32 |
| 10113014 | M6 | 20 | 8 | B 8x20 |
| 10113015 | M6 | 25 | 8 | B 8x25 |
| 10113016 | M6 | 32 | 8 | B 8x32 |
| 10113017 | M6 | 40 | 8 | B 8x40 |
| 10113018 | M6 | 50 | 8 | B 8x50 |
| 10113019 | M8 | 20 | 10 | B 10x20 |
| 10113020 | M8 | 25 | 10 | B 10x25 |
| 10113021 | M8 | 32 | 10 | B 10x32 |
| 10113022 | M8 | 40 | 10 | B 10x40 |
| 10113023 | M8 | 50 | 10 | B 10x50 |
| 10113024 | M8 | 63 | 10 | B 10x63 |
| 10113025 | M10 | 32 | 13 | B 13x32 |
| 10113026 | M10 | 40 | 13 | B 13x40 |
| 10113027 | M10 | 50 | 13 | B 13x50 |
| 10113028 | M10 | 63 | 13 | B 13x63 |
| 10113029 | M10 | 80 | 13 | B 13x80 |
| 10113030 | M10 | 95 | 13 | B 13x95 |
| 10113031 | M12 | 32 | 16 | B 16x32 |
| 10113032 | M12 | 40 | 16 | B 16x40 |
| 10113033 | M12 | 50 | 16 | B 16x50 |
| 10113034 | M12 | 63 | 16 | B 16x63 |
| 10113035 | M12 | 80 | 16 | B 16x80 |
| 10113036 | M12 | 95 | 16 | B 16x95 |

Fortsetzung ➔

Elastomerfeder Führungsbolzen

| Artikel-Nr. | Gewinde | Länge mm | Außen Ø mm | Typ Nr. |
|-------------|---------|----------|------------|----------|
| 10113037 | M12 | 118 | 16 | B 16x118 |
| 10113038 | M12 | 140 | 16 | B 16x140 |
| 10113039 | M16 | 32 | 20 | B 20x32 |
| 10113040 | M16 | 40 | 20 | B 20x40 |
| 10113041 | M16 | 50 | 20 | B 20x50 |
| 10113042 | M16 | 63 | 20 | B 20x63 |
| 10113044 | M16 | 80 | 20 | B 20x80 |
| 10113045 | M16 | 95 | 20 | B 20x95 |
| 10113046 | M16 | 118 | 20 | B 20x118 |
| 10113047 | M16 | 140 | 20 | B 20x140 |
| 10113048 | M20 | 32 | 25 | B 25x32 |
| 10113049 | M20 | 40 | 25 | B 25x40 |
| 10113050 | M20 | 50 | 25 | B 25x50 |
| 10113051 | M20 | 63 | 25 | B 25x63 |
| 10113052 | M20 | 80 | 25 | B 25x80 |
| 10113053 | M20 | 95 | 25 | B 25x95 |
| 10113054 | M20 | 118 | 25 | B 25x118 |
| 10113055 | M20 | 140 | 25 | B 25x140 |
| 10113057 | M20 | 180 | 25 | B 25x180 |

Elastomerhohlstange PUR

Stangen, Platten und Ringe ergänzen das Lieferprogramm der Normreihen. Für den Einsatz gelten die Anwendungsbeschreibungen und Einbauhinweise gleichermaßen. Sie finden in Bereichen des konstruktiven Maschinen-, Werkzeug und Anlagenbaus Verwendung.

Material: PUR



| Artikel-Nr. | Länge mm | Außen Ø mm | Innen Ø mm | Herstellerbezeichnung |
|-------------|----------|------------|------------|-----------------------|
| 10114542 | 300 | 16 | 6,5 | 16-300 U90 |
| 10114543 | 300 | 20 | 8,5 | 20-300 U90 |
| 10114544 | 300 | 25 | 10,5 | 25-300 U90 |
| 10114545 | 300 | 32 | 13,5 | 32-300 U90 |
| 10114546 | 300 | 40 | 13,5 | 40-300 U90 |
| 10114547 | 400 | 50 | 17,0 | 50-400 U90 |
| 10114549 | 400 | 63 | 17,0 | 63-400 U90 |
| 10114550 | 400 | 80 | 21,0 | 80-400 U90 |
| 10114551 | 300 | 100 | 21,0 | 100-300 U90 |
| 10114552 | 300 | 125 | 27,0 | 125-300 U90 |

Hohlfeder TO



Tonnenförmige Gummihohlfeder TO werden eingesetzt im gesamten Fahrzeugbau als Alleinabfederung, Zusatzfederung, Anschlagfederung, Kombinationsfederung und Aufbaufederung, als Anhängerkupplung und Auffahrpuffer.

Ein weiteres Einsatzgebiet hat die Gummihohlfeder im allgemeinen Maschinenbau gefunden als Stoß-, Erschütterungs- und Schwingisolierung, bei Passiv- und Aktiventstörung, zur Arbeitsaufnahme und zum Spannungs- und Dehnungsausgleich.

Material:

Naturkautschuk 60° - 65° Shore

Eigenschaften:

- lineare Anfangssteifigkeit
- knickstabil
- Aufnahme von Querkräften
- für Spitzenkräfte bis 100kN

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Ø Außen mm | Bohrung mm | Belastung kN | Buchse/Flansch | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|------------|------------|--------------|----------------|-----------------------|
| 69020 | 25 | 34 | 8 | 1,85 | a.A. / a.A. | TO 25/34 Kern N |
| 939600 | 36 | 70 | 14 | 9,50 | B220 / F108 | TO 37/70 Kern N |
| 69040 | 55 | 55 | 14 | 3,10 | a.A. / a. A. | TO 55/55 Kern N |
| 69050 | 56 | 90 | 24 | 21,00 | B219 / F107 | TO 56/90 Kern N |
| 1004094 | 56 | 140 | 29 | 64,00 | B214 / F105 | TO 56/140 Kern N |
| 69070 | 60 | 75 | 19 | 10,00 | B217 / F108 | TO 60/75 Kern N |
| 69090 | 70 | 85 | 24 | 3,95 | B219 / F107 | TO 70/85 Kern N |
| 10098247 | 88 | 130 | 34 | 39,50 | B211 / F103 | TO 70/85 Kern N |
| 69130 | 90 | 108 | 29 | 12,00 | B212 / F105 | TO 90/108 Kern N |
| 10098248 | 95 | 140 | 39 | 39,50 | B209 / F104 | TO 95/140 Kern N |
| 69190 | 110 | 120 | 34 | 10,00 | B211 / F103 | TO 110/120 Kern N |
| 10051879 | 120 | 140 | 39 | 24,30 | B209 / F104 | TO 120/140 Kern N |
| 69250 | 140 | 125 | 39 | 23,40 | B209 / F104 | TO 140/125 Kern N |
| 69270 | 150 | 155 | 39 | 37,00 | B209 / F104 | TO 150/155 Kern N |
| 10098252 | 180 | 188 | 39 | 64,50 | B202 / F102 | TO 180/188 Kern N |

Hohlfeder EE



Einfach eingeschnürte Gummihohlfeder EE

Material:

Naturkautschuk 60° - 65° Shore

- gegenüber Tonnenfedern geringere Anfangssteifigkeit
- größere Einfederung als TO möglich
- Kräfte bis 50 kN

| Artikel-Nr. | Höhe mm | Ø Außen mm | Bohrung mm | Belastung kN | Buchse/Flansch | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|------------|------------|--------------|----------------|-----------------------|
| 10030463 | 70 | 80 | 19 | 6,70 | B213 / F107 | EE 70/80 Kern B |
| 10098240 | 96 | 96 | 19 | 12,70 | B211 / F106 | EE 96/96 Kern B |
| 629650 | 100 | 120 | 19 | 22,40 | B212 / F103 | EE 100/120 Kern B |
| 69230 | 125 | 92 | 19 | 6,75 | B210 / F103 | EE 125/92 Kern B |
| 10098242 | 130 | 100 | 19 | 9,40 | B208 / F103 | EE 130/100 Kern B |
| 10051212 | 143 | 130 | 24 | 25,00 | B205 / F103 | EE 143/130 Kern A |

Hohlfeder ME

Mehrfach eingeschnürte Gummihohlfeder ME

Material:

Naturkautschuk 60° - 65° Shore

Eigenschaften:

- je nach Anzahl der Einschnürungen gegenüber TO und EE geringere Anfangssteifigkeit
- größere Federwege
- Kräfte bis 25 kN



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Ø Außen mm | Bohrung mm | Belastung kN | Buchse/Flansch | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|------------|------------|--------------|----------------|-----------------------|
| 10026903 | 80 | 60 | 14 | 1,95 | B219 / F107 | ME 80/60 Kern C |
| 10026906 | 120 | 66 | 15 | 3,80 | B219 / F107 | ME 80/60 Kern A |
| 69290 | 160 | 110 | 19 | 19,80 | B208 / F103 | ME 160/110 Kern B |
| 10098246 | 180 | 110 | 19 | 18,00 | B210 / F103 | ME 180/110 Kern A |
| 69330 | 235 | 135 | 29 | 25,00 | B202 / F102 | ME 235/135 Kern C |

Hohlfeder KE

Kegelförmige Gummihohlfeder KE

Material:

Naturkautschuk 60° - 65° Shore

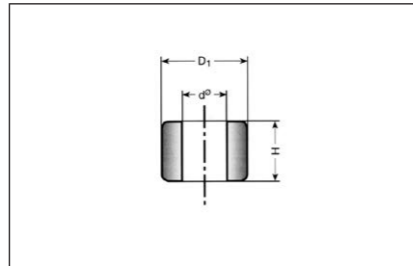
Eigenschaften:

- für sehr weichen Kennlinienanlauf
- starke Progression
- Kräfte bis 10 kN



| Artikel-Nr. | Höhe mm | Ø Außen mm | Bohrung mm | Belastung kN | Buchse/Flansch | Herstellerbezeichnung |
|-------------|---------|------------|------------|--------------|----------------|-----------------------|
| 69110 | 87 | 75 | 14 | 2,05 | B218 / F109 | KE 87/75 Kern B |
| 69170 | 110 | 80 | 15 | 5,60 | B219 / F107 | KE 110/80 Kern A |
| 10098243 | 110 | 92 | 19 | 28,20 | B214 / F106 | KE 110/92 Kern C |
| 10098245 | 160 | 105 | 19 | 9,60 | B214 / F103 | KE 160/105 Kern B |
| 69310 | 180 | 120 | 24 | 6,10 | B209 / F102 | KE 180/120 Kern A |

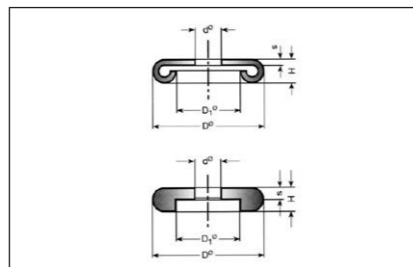
Hohlfeder Buchse



Zur Befestigung der Hohlfedern

| Artikel-Nr. | Ø Außen mm | Ø Innen mm | für Gewinde | Typ Nr. |
|-------------|------------|------------|-------------|---------|
| 10099185 | 25,0 | 12,5 | M12 | B 205 |
| 10099186 | 20,0 | 12,5 | M12 | B 208 |
| 10099187 | 25,0 | 16,5 | M16 | B 209 |
| 10099188 | 20,0 | 12,5 | M12 | B 210 |
| 10099189 | 20,0 | 12,5 | M12 | B 211 |
| 10015006 | 20,0 | 12,5 | M12 | B 212 |
| 10099190 | 20,0 | 10,5 | M10 | B 213 |
| 10099191 | 20,0 | 12,5 | M12 | B 214 |
| 10099193 | 15,0 | 8,5 | M8 | B 218 |
| 10083590 | 15,0 | 10,5 | M10 | B 219 |
| 10099194 | 15,0 | 10,5 | M10 | B 220 |

Hohlfeder Flansch



Zur Befestigung der Hohlfedern

| Artikel-Nr. | Ø Außen mm | Ø Innen mm | für Gewinde | Typ Nr. |
|-------------|------------|------------|-------------|---------|
| 10100293 | 34,5 | 24,6 | M10 | F 101 |
| 10100294 | 60,0 | 40,0 | M16 | F 102 |
| 10100295 | 50,5 | 39,0 | M12 | F 103 |
| 10100296 | 50,5 | 39,0 | M16 | F 104 |
| 10021615 | 38,2 | 26,5 | M12 | F 105 |
| 10100297 | 34,5 | 24,6 | M12 | F 106 |
| 10083592 | 32,0 | 22,8 | M10 | F 107 |
| 10025950 | 28,4 | 19,4 | M10 | F 108 |
| 10100298 | 38,2 | 26,5 | M8 | F 109 |

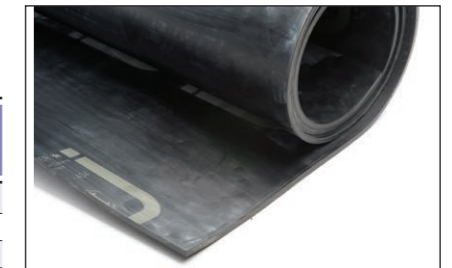
Unbewehrte Elastomer-Baulager

Gestützte Bauteile sind Beanspruchungen unterworfen, die sich als Druck, Verkantung und Verschiebung an den Unterstützungspunkten auswirken. Auch massiv und starr erscheinende Bauwerke bewegen sich unmerklich und übertragen außer dem Eigengewicht durch Temperaturschwankungen und Winddruck, horizontale Kräfte. Damit diese hohen Spannungen nicht zu einer Überanspruchung der Bauteile führen, müssen zwischen Über- und Unterbau elastische Zwischenglieder eingeschaltet werden, die freie horizontale Bewegungen und Verkantungen auf festen Untersützungen zulassen. Unbewehrte Elastomer-Baulager sind hierfür besonders gut geeignet und haben sich in der Praxis ausgezeichnet bewährt. Sie verhindern Spannungskonzentrationen und lassen freie horizontale Bewegungen und Verkantungen zu. Durch einfache Montage, Wartungsfreiheit und niedrige Einbauhöhe lassen sich mit unbewehrten Elastomer-Baulagern ideal Lagerungsbedingungen erreichen.

Plattengröße 1200 x 3600 mm, Zuschnitte kurzfristig möglich

Material: EPDM

| Artikel-Nr. | Dicke mm |
|-------------|----------|
| 68520 | 5 |
| 68530 | 10 |
| 68540 | 15 |
| 68550 | 20 |
| 68560 | 25 |
| 1169260 | 30 |



EINLEITUNG

Gummi-Metall-Lager

Gummi-Metall-Lager

- sind bestimmt für den vielfältigen Einsatz im Maschinen- und Ingenieurbau
- zur Schwingungsisolierung von Antrieben und Maschinen
- zum Schutz von Instrumenten, Präzisionsmaschinen und Geräten vor Schwingung und Stoß
- zur Minderung und Dämmung von Körperschall
- ermöglichen Relativbewegungen und bauen dadurch Zwangskräfte und -spannungen ab.

Gummi verdankt seine guten Isolationseigenschaften zunächst seiner Fähigkeit, sich bis zu hohen Dehnungswerten zu verformen. Durch den niedrigen Elastizitätsmodul werden daher bei relativ kleinen Abmessungen der Elemente große Federwege erreicht, die für eine schwingungstechnisch richtige Auslegung elastischer Lagerungen notwendig sind.

Durch eine spezielle Rezeptur beim Aufbau der Gummimischungen sowie zweckmäßige Formgebung der Gummikörper können spezifische Eigenschaften der Federelemente erreicht werden, die es ermöglichen, sie den jeweiligen Einsatzbedingungen hervorragend anzupassen.

Die Elemente sind unempfindlich gegen Korrosion und daher wartungsfrei. Bei Bedarf können besonders öl- und witterungsbeständige Mischungen eingesetzt werden. Die Elemente können nur dann zuverlässig die ihnen gestellten Aufgaben erfüllen, wenn sie schwingungstechnisch richtig eingesetzt werden. Dazu soll der Beitrag über mechanische Schwingungen dem Konstrukteur Anleitung und Hilfestellung sein. Oftmals erweist sich jedoch die einfache Betrachtung eines Systems als Einmassenschwinger mit einem Freiheitsgrad als unzulänglich.

In diesen Fällen muss die Punktmasse zum „starreren Körper“ erweitert und dessen Schwingungsverhalten untersucht werden. Um den Umfang in Grenzen zu halten, musste auf die Herleitung der Bewegungsgleichungen verzichtet werden, nicht aber auf die Bereitstellung aller benötigten Matrixelemente zur elektronischen Bestimmung der erzwungenen und freien Schwingungsverläufe. Letztere sind, besonders bei vernachlässigter Dämpfung, in der Regel von untergeordnetem Interesse, wurden jedoch aus methodischen Erwägungen aufgenommen.

Der Schubmodul

Die wichtigste Größe zur rechnerischen Behandlung von Gummifedern ist das Schubmodul (Gleitmodul) G. Es ist nicht von der Konstruktionsform der Gummifedern abhängig, sondern nur von dem Werkstoff Gummi. Das Schubmodul liegt in Abhängigkeit von der Shore-Härte für jede Gummimischung fest.

Der Elastizitätsmodul

Zwischen dem Elastizitätsmodul E und dem Schubmodul G besteht die aus der Elastizitätstheorie bekannte Beziehung:

$$G = \frac{E}{2(1 + \frac{1}{\mu})}$$

Darin ist μ die Querdehnungszahl oder Poissonsche Konstante. Gummi als volumenelastischer und völlig inkompressibler Werkstoff hat eine Querdehnungszahl $\mu = -2$, woraus

$$E = 3G \quad \text{folgt.}$$

Diese Beziehung ist für die Berechnung von Gummifedern unbrauchbar, weil druckbeanspruchte Elastomerfedern – primäres Betätigungsfeld ingenieurmäßiger Berechnung und Konstruktion – in ihrem Druck-Stauchungsverhalten weniger von der Werkstoffhärte, als vielmehr von der Gestalt, Form und dem Profil des Elastomerkörpers beeinflusst werden. Aus der festhaftenden Verbindung zwischen Metallplatte und Gummikörper (gebundene Gummifeder) resultiert eine Behinderung der Querdehnung an den Stirnflächen und damit eine ungleichmäßige Verteilung der Schubspannungen als Einflussgrößen für die Steifigkeit des auf Druck beanspruchten Gummikörpers.

Zur praktischen Ermittlung der Druckfederkonstanten bedient man sich einer Ersatzrechnung, bei der ein formabhängiger Korrekturfaktor (Formfaktor) q eingeführt wird, der zwar kein echter Werkstoffkennwert ist, es aber erlaubt, das Hooksche Gesetz anzuwenden. Der Formfaktor wird aus dem Verhältnis der belasteten Körperfläche zur freien Mantelfläche (Auswölfläche) des Elastomerelementes gebildet: q = eine belastete Fläche / gesamte freie Oberfläche

Die Berechnung des Elastizitätsmoduls E_c kann für einfache geometrische Körper mit ausgeprägter Druckfläche wie Quader, Zylinder und Hohlzylinder nach der Formel:

$$E_c = 3G(1 + q + q^2)$$

erfolgen. Aus der Definition des Formfaktors folgt für einen Gummiquader der Breite b, Länge l und Höhe h:

$$q = \frac{bl}{2h(b+l)}$$

oder

$$q \approx \frac{b}{2h}$$

, wenn gilt: $l \gg b$

und für den Hohlzylinder mit dem Außendurchmesser D, dem Innendurchmesser d und der Höhe h ergibt sich:

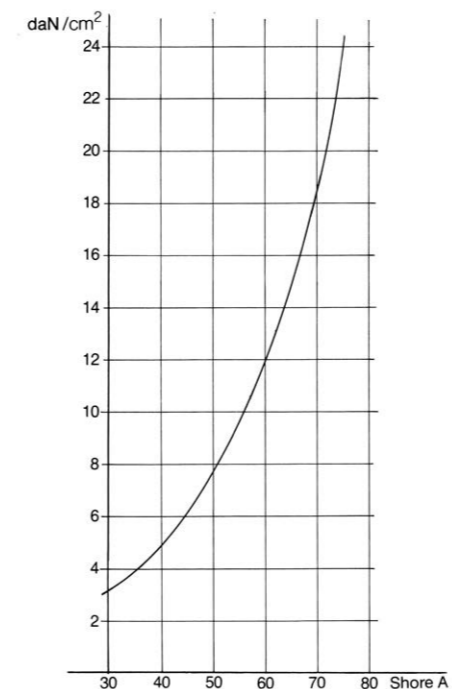
$$q = \frac{D-d}{4h}$$

bzw.

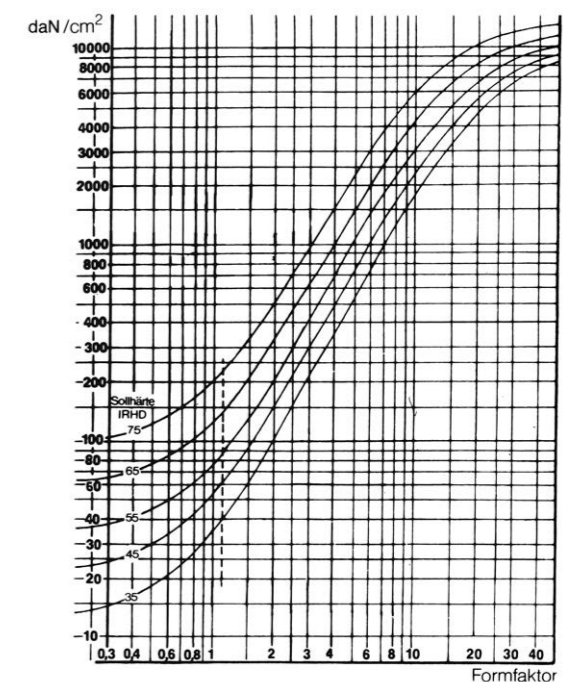
$$q = \frac{D}{4h}$$

im Falle des Vollzylinders.

Schubmodul G



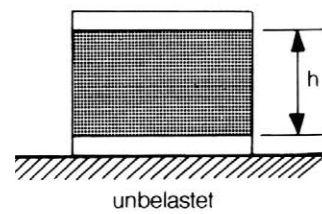
Elastizitätsmodul E_c



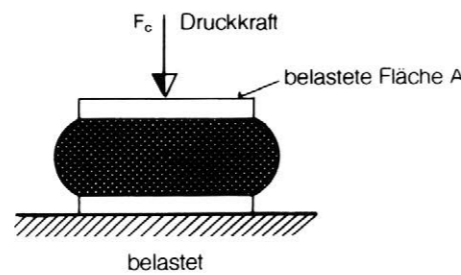
Statische Druckbeanspruchung

Mit dem aus dem Gleitmodul und dem Formfaktor abgeleiteten Ersatzmodul E_c errechnet sich die Drucksteifigkeit k_c zu:

$$k_c = \frac{F_c}{f_c} = \frac{AE_c}{h}$$



Diese Gleichung gilt nur für den linearen oder quasilinearen Druck-Verformungsbereich, d. h. solange die statische Einfederung f_c keine Werte größer als ca. 20 % der unbelasteten Gummihöhe h annimmt. Aus Haltbarkeitsgründen wird man jedoch nur 10 % bis höchstens 15 % von h bei der praktischen Auslegung zulassen.

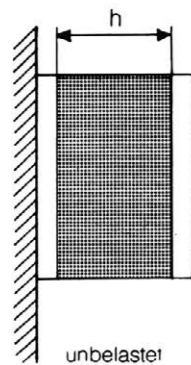


Statische Schubbeanspruchung

Ersetzt man in obiger Gleichung den Ersatzmodul E_c durch den Gleitmodul G , erhält man bei ausschließlicher Schubbelastung für die Schubsteifigkeit:

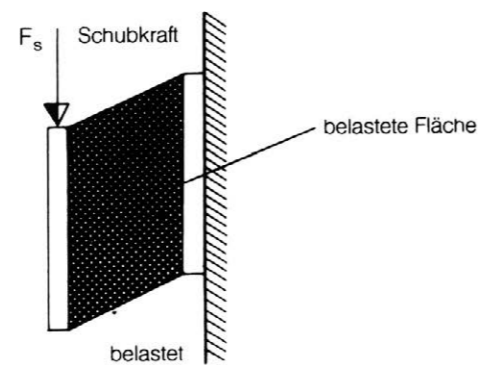
$$k_s = \frac{F_s}{f_s} = \frac{AG}{h}$$

Die Linearitätsgrenze der Schubverformung f_s liegt bei ca. 35 % der Gummischichtdicke. Aus den bereits genannten Gründen sollte f_s nicht mehr als ein Viertel der Gummihöhe betragen.



Sind den Schubverformungen Druckspannungen überlagert, so führt dies je nach Federaufbau zu einem mitunter auch überproportionalen Abfall der Schubsteifigkeit, was im Hinblick auf den jeweiligen Einsatzfall bedeutsam werden kann.

Mit zunehmendem Verhältnis der Höhe einer Elastomerfeder zu ihren Grundrissabmessungen wird die Schubverformung zusätzlich von der sogenannten Doppelbiegung überlagert; der Schubwiderstand wird relativ kleiner. Für die praktische Bemessung ist dieser virtuelle Schubmodul G' maßgebend.

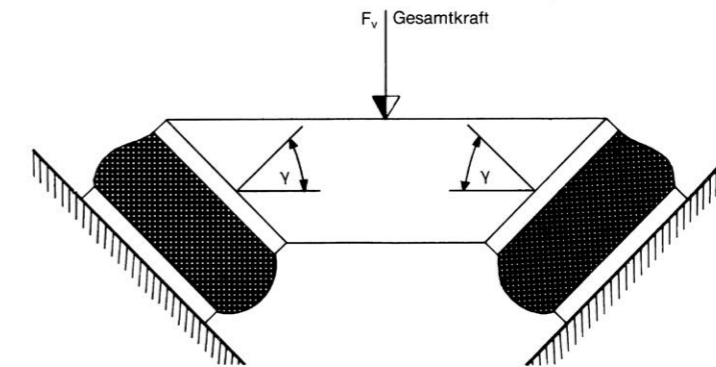


Schräglagerung

Durch einen zu den Systemachsen geneigten Einbau von Einzelfedern oder Federpaketen lassen sich die guten Druck- und Schubverformungseigenschaften von Elastomerfedern in idealer Weise miteinander kombinieren. So eignet sich die Schräglagerung beispielsweise besonders gut für Schiffshauptantriebe, wo sie nicht nur einen Beitrag zur Schwingungsentkopplung leistet, sondern auch wegen der im Vergleich zur Drucksteifigkeit niedrigeren Schubsteifigkeit die

„Roll“-Eigenfrequenz (Drehschwingung um die Motorlängsachse) und die Eigenfrequenz der Vertikalschwingung herabsetzt. Für ein Paar unter dem Winkel γ geneigte Federn lässt sich die vertikale Gesamtsteifigkeit k_v mit bekannten Druck- und Schubsteifigkeiten k_c und k_s berechnen:

$$k_v = \frac{F_v}{f_v} = 2 (k_c \sin^2 \gamma + k_s \cos^2 \gamma)$$



Zugbeanspruchung

Zugbeanspruchung führt in Gummi-Metallverbindungen zu Spitzenspannungen an den Hafträndern. Durch Vergrößerung der Haftfläche (z.B. bei Taillenpuffern) lassen sich diese Spannungen zwar abbauen, doch sollten Zugbeanspruchungen wegen der Kerbempfindlichkeit des Kautschuks generell vermieden werden.

Elastomerauswahl

Elastomere sind aus unterschiedlichen Kautschuk-Basisstoffen (Polymeren) aufgebaute Werkstoffe, die entsprechend dem verwendeten Polymer und den Mischungszusätzen unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

Neben den Werkstoffeigenschaften einer Gummifeder, die sich aus ihrem Aufbau (Rezeptur) herleiten, lassen sich durch konstruktive Maßnahmen elastische Lagerungselemente entwickeln, die dem besonderen Einsatzfall hervorragend angepasst sind.

Die Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten von Polymeren und Mischungszusätzen erschwert eine optimale Werkstoffauswahl. Hinzu kommt, dass sich durch einseitige Bevorzugung eines bestimmten Merkmals die übrigen und damit die Lagerung insgesamt verschlechtern können.

Orientierungstafel für die Vorauswahl von Elastomerwerkstoffen

| Lieferbare Härten (Shore A) | Daten | | | | Elastomer-Werkstoffbasis chemisch-technische Bezeichnung darunter: (Handelsnamen) Beispiele | Kurzeichen | Eigenschaften | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|---|------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| | Temperaturbeständigkeit | kurzzeitige Spitzentemp. | Zugfestigkeit (N/mm ²) | Zugdehnung % | | | Zugfestigkeit | Einreißwiderstand | Abriebwiderstand | Rückstellvermögen | Stoßelastizität | Ozónbeständigkeit | Flammwidrigkeit | Säurebeständigkeit (verd.) | Benzin- und Mineralölbest. | Gasundurchlässigkeit | Wasseraufnahmebest. | Temperaturbeständigkeit - | Temperaturbeständigkeit + | |
| 25-95 -40 +110 | +100 | 25 | 800 | Naturkautschuk | NR | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | | |
| 30-90 -30 +120 | +150 | 25 | 450 | Chloroprenkautschuk (Bayprene, Neoprene) | CR | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | | | |
| 30-90 -40 +150 | +180 | 20 | 450 | Äthylen-Propylen-Kautschuk | EPDM | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 6 | 3 | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | | |
| 25-95 -40 +140 | +160 | 25 | 500 | Nitrilkautschuk (Perbunan) | NBR | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | | |
| 35-95 -30 +110 | +150 | 25 | 450 | Styrol-Butadien-Kautschuk | SBR | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | | |
| 55-98 -30 +80 | +100 | 30 | 800 | Polyurethankautschuk (Urepan) | PUR | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 5 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | | |
| 40-80 -70 +180 | +225 | 8 | 250 | Silikonkautschuk | SI | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 1 | 1 | | |
| 65-90 -30 +225 | +350 | 20 | 400 | Fluor-Kautschuk (Viton) | FPM | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 4 | 1 | | |

1 = sehr gut 2 = gut 3 = befriedigend 4 = ausreichend 5 = mangelhaft 6 = ungenügend

Die tabellarische Zusammenstellung von Werkstoffeigenschaften ist daher nur als grobe Orientierung zu verstehen. Durch Modifikation der Rezepturen bedingte Eigenschaftsabweichungen verändern das Vergleichsbild.

Prüfungen elastomerer Werkstoffe (Natur- und Synthesekautschuk)

Kautschuk-Prüfungen dienen der Bestimmung von Qualitätsmerkmalen. Unter dem Einfluss von Kräften, Temperatur und Chemikalien ändern sich die Eigenschaften elastomerer Werkstoffe. Es ist die Aufgabe der mit der Konstruktion und Bemessung von Elastomerfedern befassten Ingenieure, diesen Veränderungen Rechnung zu tragen und die Eigenschaftswerte so festzulegen, dass sie den Erfordernissen des praktischen Einsatzes genügen. Dabei ist wichtig, die Gesamtkonzeption im Auge zu behalten und ihre Verschlechterung nicht zuzulassen, um einseitig Höchstwerte eines bestimmten Eigenschaftsmerkmals zu erreichen. Eine Beurteilung ist aber erst dann möglich, wenn prüffähige Werkstoffkennwerte vorliegen, deren normgerechte Ermittlung zusammen mit ständiger Qualitätsprüfung durch unser Labor sichergestellt werden.

Folgende Messungen werden durchgeführt:

| | |
|---|------------|
| Dichte | DIN 53 479 |
| Zugfestigkeit und Bruchdehnung | DIN 53 504 |
| Stoßelastizität (Rückprallelastizität) | DIN 53 512 |
| Druckverformungsrest | DIN 53 517 |
| Weiterreißfestigkeit (Strukturfestigkeit) | DIN 53 507 |
| Eindruckhärte- Shorehärte | DIN 53 505 |
| Verschleißbeständigkeit - DIN-Abrieb | DIN 53 516 |
| Alterungsbeständigkeit | DIN 53 508 |

Mechanische Bearbeitung von Kautschuk-Metall-Verbindungen

Nach der Vulkanisation müssen Gummi-Metall-Verbindungen oftmals ihrem Verwendungszweck entsprechend mechanisch bearbeitet, d.h. gesägt, gebohrt, geschliffen und geschweißt werden. Für das Sägen empfiehlt sich der Einsatz von Schnellsägemaschinen mit einer Schnittfrequenz > 100/m in oder von Bandsägen mit gut geführtem Sägeblatt. Ausreichende Kühlung und Schmierung verhindern Überhitzung und gewährleisten saubere Bearbeitung.

Bei Schleif- und Schweißarbeiten besteht das Risiko einer zu hohen Wärmeentwicklung an der Haftstelle zwischen Kautschuk und Metall und damit Ablösungsgefahr. Darum ist eine Erwärmung der Metallarmaturen über 70 °C unbedingt zu vermeiden.

Häufig sind auch Gewindelöcher und Durchgangsbohrungen anzubringen. Dabei sind die Bohrungen so auszuführen, dass ein Abtrennen des Kautschuks von der Haftfläche ausgeschlossen wird.

SCHWINGUNGSTECHNIK

Mechanische Schwingungen

Im Maschinenbau und im Bauingenieurwesen haben Schwingungsfragen immer schon eine wichtige Rolle gespielt. Der Drang und auch Zwang nach immer leichter Ausführung von Maschinen und Baukonstruktionen macht diese in verstärktem Maße „schwingungsempfindlich“. Da es sich hierbei überwiegend um feste Körper, im Idealfall um „Punktmassen“, handelt, sollte der berechnende Ingenieur und gestaltende Konstrukteur mit den Grundtatsachen über das Schwingungsverhalten solcher Objekte, den mechanischen Schwingungen, vertraut sein. Er sollte die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen und eventuellen Risiken geplanter und mitunter aufwendiger Maßnahmen zur Abwehr unerwünschter Schwingungen beurteilen können und damit in der Lage sein, von Fachingenieuren entwickelte Problemlösungen zu beurteilen und mitverantwortlich zu verwirklichen.

Sind bei auftretenden Schwingungsproblemen alle Maßnahmen der primären Schwingungsabwehr (Minimierung der Erregerkräfte, stat. u. dyn. Auswuchten, Massenausgleich etc.) erschöpft, so kann das Schwingungsverhalten eines Systems oftmals nur durch elastische Abkopplung verbessert werden, indem geeignete Federelemente zwischen

- Erreger und zu schützende Umgebung (aktive Entstörung) oder
- erregende Umgebung und zu schützendes Objekt (passive Entstörung)

geschaltet werden.

Diese Abkopplung bewirkt die Entstehung neuer Massen oder Teilkörper, die als Teil einer „Schwingerkette“ voneinander unabhängige Horizontal-, Vertikal- und Drehbewegungen ausführen können. Jede unabhängige Massen- oder Teilkörperbewegungsrichtung (Koordinate) eines technischen Systems wird Freiheitsgrad genannt. Bei komplizierten Systemen, wie zum Beispiel „Kraftfahrzeug auf welliger Straße“, kommen sehr schnell hundert und mehr mechanische Freiheitsgrade ins Spiel, wodurch der Aufwand zur Bestimmung der zeitabhängigen Bewegungsabläufe immens wird und nur noch elektronisch bewältigt werden kann. Diese Bewegungsabläufe können aus

Allgemeines

Wie kompliziert auch modelliert wird, ob dem System ein, zwei, vier oder noch mehr Freiheitsgrade zugebilligt werden, solange als Systemkomponenten nur starre Körper, Federn und Dämpfer verwendet werden, haben die Bewegungsgleichungen folgenden Aufbau:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{w}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{w}} + \mathbf{K}\mathbf{w} = \mathbf{f} \quad (1.0.1)$$

Darin bedeuten:

M = Massen-, **C** = Dämpfungs- und
K = Federsteifigkeitsparameterwerte

Erregergrößen werden durch **f**, Verschiebungsgrößen durch **w** beschrieben. Die Punkte deuten auf die den Verschiebungsgrößen zugeordneten Geschwindigkeiten (1 Punkt) bzw. Beschleunigungen (2 Punkte) hin und symbolisieren im

Energiebetrachtungen und durch „Zerlegen“ des Systems in Einzelgebilde bestimmt werden, indem für jedes Einzelgebilde getrennt das Kräfte- und Momentengleichgewicht formuliert wird. Die zwischen den bzw. auf die Teilkörper wirkenden Feder- und Dämpfungskräfte ergeben ein System von gekoppelten Bewegungsgleichungen (Differentialgleichungen), deren Lösungen eine der Zahl der Freiheitsgrade entsprechende Anzahl von Eigenfrequenzen, Eigenschwingungsformen und Resonanzstellen liefern (die genannten Begriffe werden anhand eines Beispiels im Anhang erläutert).

Eine Einteilung schwingungsfähiger Systeme nach der Zahl der Freiheitsgrade ist sehr formal und eine Frage der Modellfindung. Systeme „haben“ nicht einfach eine bestimmte Anzahl von Freiheitsgraden, diese werden zur Beschreibung interessierender Systembewegungen eingeführt. Dabei ist der Schwingungstechniker bemüht, den Rechenaufwand und damit die Zahl der Freiheitsgrade zu minimieren, solange der interessierende Frequenzbereich entsprechend niedrig ist und durch das Modell gut erfasst wird. Hier sind bereits einige Risiken versteckt, die zusammen mit Ungenauigkeiten der Eingangsparameter (statische und dynamische Federsteifigkeiten, Dämpfungswerte, Massen und Trägheitsmomente, Erregerkräfte und -momente, Erregerfrequenzen etc.) die Auslegung einer elastischen Lagerung beeinflussen können und ein gewisses Maß an Interpretationsfähigkeit von Berechnungsergebnissen erforderlich machen.

Viele technische Schwingungsprobleme lassen sich mit dem Modell des „1-Massen-Schwingers“ (eine Masse mit einem Freiheitsgrad) hinreichend genau beschreiben und daher sind sein Schwingungsverhalten und die es kennzeichnenden Begriffe von grundlegender Bedeutung. Für kompliziertere Systeme empfiehlt sich die Einführung der übersichtlichen und anschaulichen Matrixschreibweise, die eine Vielzahl von Größen miteinander verknüpft. Programme zum Matrizenkalkül sind für fast alle Rechnertypen verfügbar und daher auch ohne vertiefte Kenntnis der Matrizenalgebra nutzbar.

mathematischen Sprachgebrauch das einmalige und zweimalige Differenzial (Ableitung) der jeweiligen Verschiebungsordinate nach der Zeit.

Durch die fettgedruckte Schreibweise sollen mehrere Bewegungs(differential)gleichungen mit der entsprechenden Anzahl von Freiheitsgraden eines Systems gewissermaßen zu einer einzigen Gleichung (Matrizengleichung) zusammengefasst werden. Geeignete Transformationsverfahren und die Ausnutzung von Symmetrieeigenschaften erlauben es immer, auch komplizierte Schwinger von n Freiheitsgraden auf n Schwinger mit nur einem Freiheitsgrad zurückzuführen.

SCHWINGUNGSTECHNIK

1. Lineare Schwinger von einem Freiheitsgrad

Die allgemeine Form des linearen Bewegungsgleichungssystems (1.0.1) bestimmt sich für den Einmassenschwinger aus dem Gleichgewicht aller am Massenpunkt angreifenden äußeren Kräfte und Trägheitskräfte in x-Richtung gemäß Abb 1.

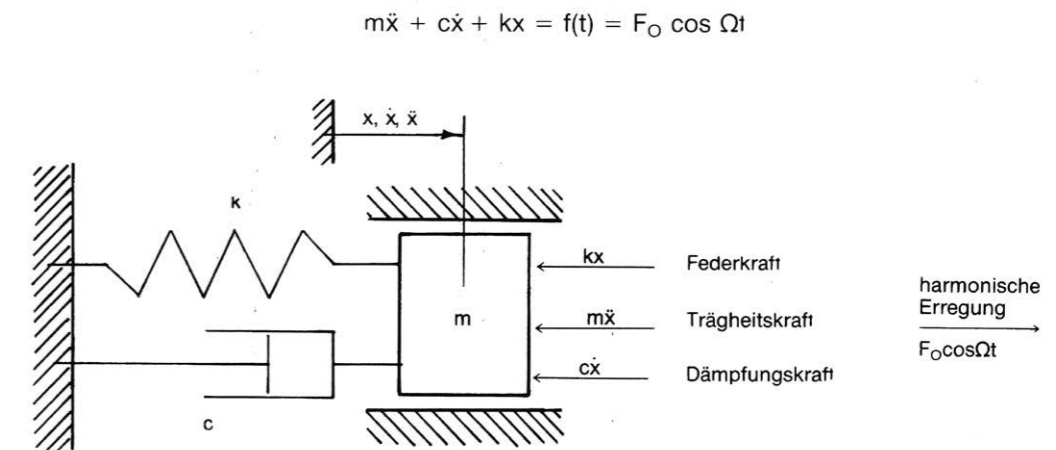


Abb. 1 Kräftegleichgewicht am Einmassenschwinger von einem Freiheitsgrad

Linear heißt, dass in den Bewegungs(differential)gleichungen nur lineare Glieder auftreten, d.h. die Federkraft proportional zur Auslenkung x und die Dämpfungskraft proportional zur Auslenkungsgeschwindigkeit \dot{x} (viskoser Dämpfer) angenommen werden kann. Im einzelnen bedeuten:

m = Masse [kg]
 c = Dämpfungskonstante [kg/s]
 k = Federsteifigkeit [N/m] oder [kg/s²]
 f = (t) zeitabhängige Erregerkraft [N]
 F_0 = Maximalwert (Amplitude) der Erregerkraft [NJ]
 Ω = Erreger(kreis)frequenz [Rad/s]
 t = Zeit [s] (Sekunden)

Die Bewegungsgleichung beschreibt eine erzwungene, gedämpfte Schwingung. Sobald die „Anlaufphase“ (Einschwingvorgang) abgeschlossen ist, schwingt das System nur noch mit der Erregerfrequenz Ω sinusförmig, d.h. die als Lösung interessierenden Kraft- und Weggrößen ändern sich nach harmonischem Zeitgesetz:

$$x = A \cos(\Omega t - \varphi) \quad (1.0.2)$$

φ = Phasenunterschied zw. Erregung und Systemantwort

Vor der Ergebnisdiskussion der noch unbekanntenen Schwingungamplitude A und des Phasenwinkels φ sind jedoch noch einige grundsätzliche Betrachtungen am „freien Schwinger“ notwendig.

SCHWINGUNGSTECHNIK

1.1 Freie, ungedämpfte Schwingungen

Sie entstehen, wenn das System aus seiner Ruhelage ausgelenkt und anschließend ohne schwingungserregende Kraft sich selbst überlassen wird. Durch stets vorhandene dämpfende Widerstände klingt die Schwingung allmählich ab, die Amplituden werden kleiner. Daher darf die Dämpfung nicht vernachlässigt werden, soll der Schwingungsvorgang eines frei schwingenden Körpers formelmäßig einigermaßen richtig wiedergegeben werden.

Trotzdem ist es sinnvoll, ungedämpfte Schwingungen zu betrachten. Vor allem dann, wenn die Dämpfung klein ist und man sich nicht für den Schwingungsverlauf im einzelnen, sondern nur für die Eigenfrequenzen (Anzahl der freien Schwingungen/ Zeiteinheit) interessiert.

Die Bewegungsgleichung hat dann folgende Form: $m\ddot{x} + kx = 0$ (1.1.1)
 oder mit $\omega^2 = k/m$: $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ (1.1.1a)
 Die allgemeine Lösung dieser Gleichung heißt: $x = B \sin(\omega t + \varphi_0)$ (1.1.2)

B ist darin die Amplitude der freien Schwingung, φ_0 der Nullphasenwinkel. Sie lassen sich aus den bei Schwingungsbeginn geltenden Weg- und Geschwindigkeitsgrößen ermitteln. Zum gleichen Ergebnis x gelangt man, wenn man einen

Pfeil (Zeiger) der Länge B um einen festen Punkt (Ruhelage) mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω rotieren lässt und die Parallelprojektion der gleichförmig kreisenden Pfeilspitze auf die Bewegungsrichtung betrachtet:

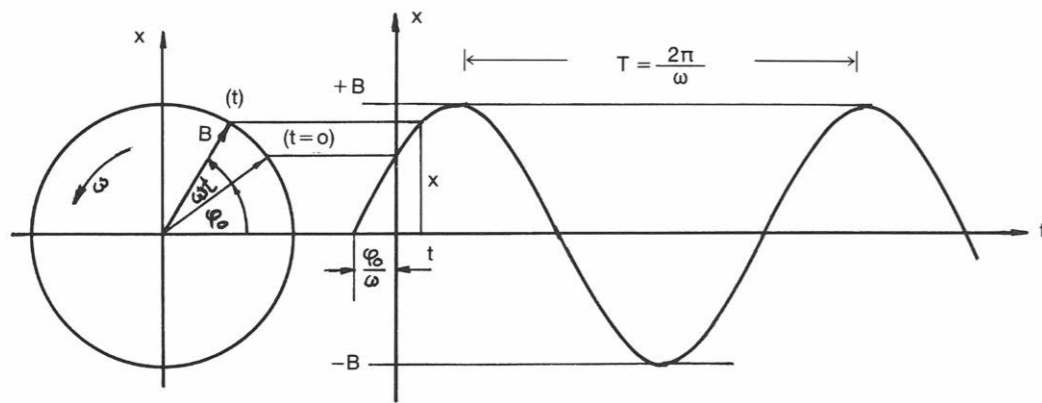


Abb. 2 Zeigerbild der harmonischen Schwingung

Auf die so entstehende hin- und hergehende geradlinige Bewegung, auch harmonische genannt, können die Gesetze der gleichförmigen Bewegung eines Punktes auf einer Kreisbahn

angewendet werden. Die Analogie liefert folgende wichtige Beziehungen:

Frequenz: $f = 1/T = \omega/2\pi$ [1/s = 1Hz] (eine volle Schwingung / Sekunde)
 Schwingungsdauer: $T = 2\pi/\omega$ [s] (Schwingungsdauer = Periode = Zeit/1 Umlauf)
 Eigenkreisfrequenz: $\omega = 2\pi f = \sqrt{k/m}$ [Rad/s] (1.1.3)
 Eigenfrequenz: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/m}$ [Hz] (1.1.4)

Zwischen der Drehzahl n [1/min] und der Kreisfrequenz ω besteht außerdem folgender formelmäßiger Zusammenhang: $n = 60 f = 30 \omega/\pi$ bzw. $\omega = \pi n/30$ (1.1.5)

SCHWINGUNGSTECHNIK

Federung

An Federelementen angreifende Kraftgrößen (Kräfte und Momente) rufen Formänderungsgrößen (Verschiebungen und Verdrehungen) hervor, deren grafische Zuordnung als Last-verschiebungsdiagramme oder Federkennlinien bezeichnet werden. In Abhängigkeit von der Art der Beanspruchung und geometrischen Formgebung unterscheidet man lineare, progressive und degressive Federkennlinien oder sogar solche, die abschnittsweise alle genannten Verlaufsformen zeigen.

Die Federsteifigkeit oder Federrate k ist dem Betrage nach gleich der Steigung der Tangente an die jeweilige Kennlinie in einem beliebigen Punkt D.

$k_{\text{progressiv}} = CD/BC$ (abhängig von D)
 $k_{\text{degressiv}} = CD/AC$ (abhängig von D)
 $k_{\text{linear}} = CD/OC$ (konstant)

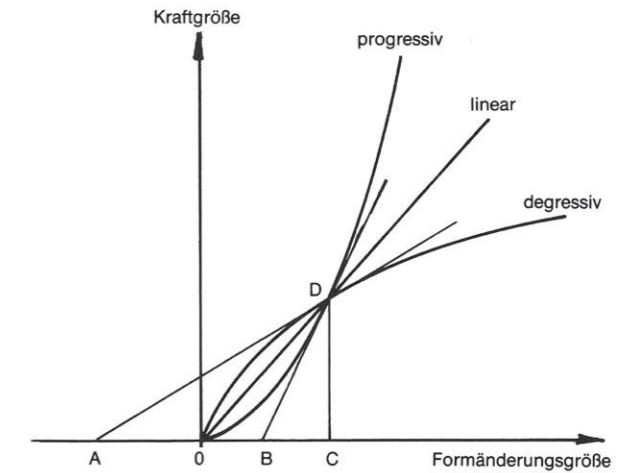


Abb. 3 Federkennlinien

Bei linearer Feder kann die Federsteifigkeit auch durch die statische Einfederung x_{st} unter der Gewichtskraft G dargestellt werden. Es gilt dann unter der Voraussetzung, dass die Federrate unabhängig von der Frequenz ist:

$k = G/x_{st} = mg/x_{st}$

Mit $\omega^2 = k/m$ folgt damit für die Eigenkreisfrequenz: $\omega^2 = g/x_{st}$. Setzt man für die Erdbeschleunigung $g = 981 \text{ cm/s}^2$ ein, ergibt sich für die Eigenfrequenz bzw. -drehzahl:

$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{981/x_{st}} \approx 5/\sqrt{x_{st}}$ [Hz] (1.1.6)

$n \approx 300/\sqrt{x_{st}}$ [1/min] x_{st} in [cm]! (1.1.7)

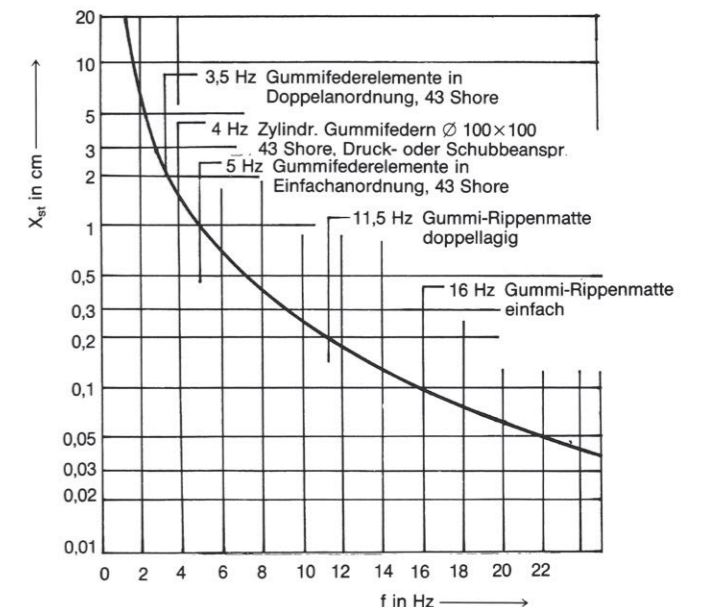


Abb. 4 Eigenfrequenzen in Abhängigkeit von der statischen Einfederung

SCHWINGUNGSTECHNIK

1.2 Erzwungene, gedämpfte Schwingungen (periodische Erregung)

Erregungen können in Form von Kraft- und Bewegungserregung auftreten. Im folgenden sollen nur periodische Erregergrößen betrachtet werden, die sich jedoch stets als Summe einzelner harmonischer Erregungen (Fourier-Reihen) darstellen lassen und bei linearen Systemen phasengerecht überlagert werden dürfen. Drei technisch wichtige Fälle gilt es getrennt zu untersuchen:

1. Kräfteerregung nach Abb. 1:
 $f_1(t) = F_0 \cos \Omega t$

2. Unwuchterregung durch eine mit der Winkelgeschwindigkeit Ω umlaufende Masse m_e :
 $f_2(t) = m_e r \Omega^2 \cos \Omega t$ gemäß Abb. 5a und

3. Weg- oder Stützerregung durch periodische Bewegung des Federankerungspunktes bzw. Aufstellortes nach dem Weggesetz:
 $u(t) = u_0 \sin \Omega t$
 und der daraus abgeleiteten Geschwindigkeit:
 $u(t) = U_0 \Omega \cos \Omega t$ (Abb. 5b).

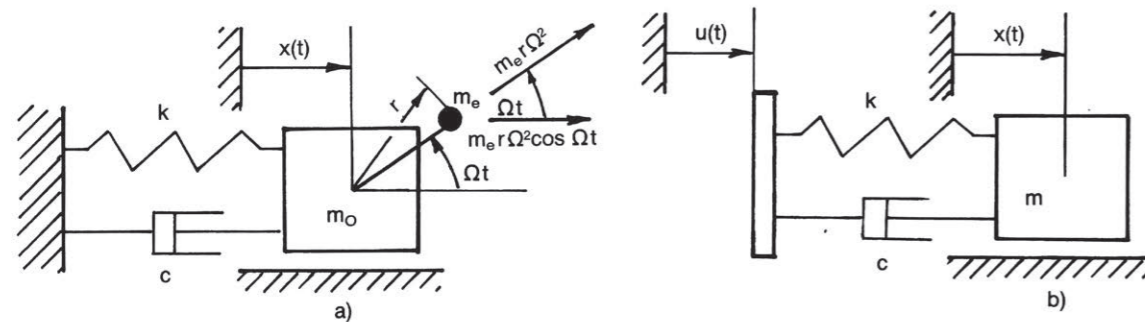


Abb. 5 Unwucht- und Stützerregung des Feder-Masse-Schwingers

Aus Abb. 5b wird erkennbar, dass sich die absolute Federverlängerung und damit die Federkraft aus der Differenz der Wege $x(t)$ und $u(t)$ ergibt. Entsprechendes gilt auch für die geschwindigkeitsabhängige Dämpfungskraft, so dass die Gleichung: $m\ddot{x} + c(\dot{x}-\dot{u}) + k(x-u) = 0$ die Bewegung der Masse m beschreibt. Durch Einsetzen und Umordnung erhält man hieraus die Erregerfunktion:

$f_3(t) = u_0 [k \sin \Omega t + c\Omega \cos \Omega t]$ mit u_0 als Wegamplitude.

Der Klammerausdruck ist von einer bei Schwingungsproblemen häufig auftretenden Bauart und kann aufgrund der wichtigen allgemeinen Beziehung:

$$C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \sin(\omega t + \alpha)$$

mit $\sin \alpha = C_2 / \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, $\cos \alpha = C_1 / \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, $\tan \alpha = C_2 / C_1$

in der gleichwertigen Form: $f_3(t) = u_0 \sqrt{k^2 + (c\Omega)^2} \sin(\Omega t + \alpha)$, dargestellt werden.

$\tan \alpha = c\Omega / k$

SCHWINGUNGSTECHNIK

Dämpfung

Für mathematische Zwecke kann die Gummifeder vereinfacht als ein Modell angesehen werden, das aus einer idealen Feder mit der Steifigkeit k und parallelgeschaltetem Viskosedämpfer mit der Dämpfungskonstanten c besteht. In den meisten Fällen gibt diese, auch als Kelvin-Voigt-Modell bekannte Anordnung die Wirklichkeit gut wieder und wird daher häufig benutzt. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die Kautschukdämpfung sich wesentlich von viskoser Dämpfung unterscheidet, was experimentelle Ergebnisse erkennen lassen.

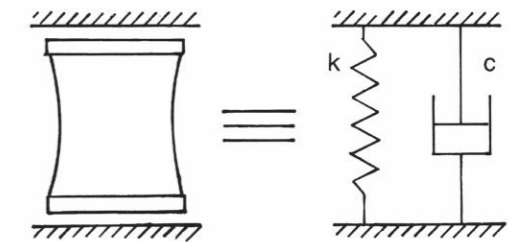


Abb.6 KELVIN-VOIGT-MODELL einer Gummifeder

Wie bereits gezeigt wurde, ergibt sich durch die Formulierung des Kraftgesetzes bei Wegerregung (Zusammenfassung der Federkraft kx und der Dämpfungskraft $c\dot{x}$) eine Phasenverschiebung α , die als dynamischer Federkennwert interpretiert wird und aus Messungen frequenzabhängig ermittelt werden kann.

In der hergeleiteten Beziehung: $\tan \alpha = c\Omega / k$ (1.2.1)

bezeichnet man $d = \tan \alpha$ als Verlustfaktor und α als den zugehörigen Verlustwinkel, der die Phasenverschiebung zwischen der durch die Feder übertragenen Kraft und der Federverformung wiedergibt. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Phasenverschiebung ϕ zwischen Erregung und Bewegung einer Masse m in dem gewählten Lösungsansatz (1.0.2) für die betrachteten Bewegungsgleichungen:

1. $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f_1(t) = F_0 \cos \Omega t$ (1.2.2)

2. $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f_2(t) = m_e r \Omega^2 \cos \Omega t$ ($m = m_0 + m_e$) (1.2.3)

3. $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f_3(t) = u_0 [k \sin \Omega t + c\Omega \cos \Omega t]$ (1.2.4)

Von den zahlreichen, die Dämpfung kennzeichnenden Größen sollen zwei eingeführt werden, die sich aus der Dämpfungskonstanten c herleiten und sich bei der Darstellung und Lösung der vorstehenden Bewegungsgleichungen als zweckmäßig erwiesen haben:

die Abklingkonstante $\delta = \frac{c}{2m}$ [1/s] und der Dämpfungsgrad $D = \delta / \omega_0 = \frac{c}{2\sqrt{km}}$

Bei der Betrachtung des gedämpften freien Schwingers fällt auf, dass neben dem Abklingen der Amplituden die Frequenzen unterhalb derjenigen des ungedämpften Systems liegen, entsprechend dem Weg-Zeit-Gesetz:

$x(t) = e^{-\delta t} (C_1 \sin \omega_d t + C_2 \cos \omega_d t)$ $e = 2.71828218 \dots$ (1.2.5)

Es ist daher notwendig, die beiden Eigenkreisfrequenzen voneinander zu unterscheiden, indem z. B. die Frequenz des ungedämpften Systems mit $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ bezeichnet wird. Beide Frequenzen sind über die Abklingkonstante δ bzw. den Dämpfungsgrad D folgendermaßen miteinander verknüpft:

$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \delta^2 / \omega_0^2} = \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$ (1.2.6)

Substituiert man in der Gleichung (1.2.1) die Werte für c durch $2m\delta$ und k durch $m\omega_0^2$, so lässt sich der Dämpfungsgrad D auch durch den Verlustwinkel α ausdrücken und ebenso eine Verbindung zum Dämpfungswinkel θ gemäß Abb. 7 herstellen:

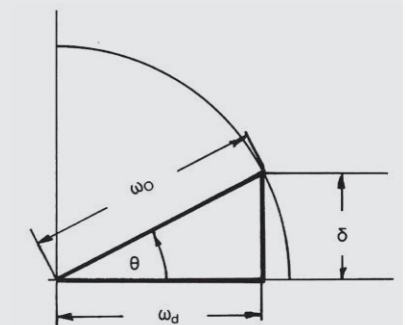
$D = \sin \theta = \delta / \omega_0 = \omega_0 / 2\Omega \tan \alpha$ (1.2.7)

Für den Fall der Resonanz ($\Omega = \omega_0$) vereinfacht sich diese Gleichung zu:

$D = 1/2 \tan \alpha \approx \alpha/2$ (1.2.7a)

Liegen keine genaueren Messwerte vor, so kann die Werkstoffdämpfung D überschlägig aus der Werkstoffelastizität nach DIN 53512 wie folgt ermittelt werden:

$D \approx (100 - \text{Elastizität [\%]}) / 950$ (1.2.8)



SCHWINGUNGSTECHNIK

Dämpfung

Als Richtwerte für Gummifedern gelten Verlustwinkel von 3 bis 7 Grad, entsprechende Dämpfungsgrade sind 0.025 bis 0.065 (niedrigdämpfende Elastomerwerkstoffe). Bei hochdämpfenden Elastomeren können jedoch auch Verlustwinkel bis 20 Grad erreicht werden. Allgemein gültige Dämpfungswerte, etwa in Abhängigkeit von der Shorehärte, lassen sich nicht angeben, da die Dämpfung von vielen Parametern (Gummiqualität, Temperatur, Verformungsgeschwindigkeit und -beschleunigung, Formgebung und Spannungsart) abhängt. Beobachtet man das dynamische Verhalten einer Gummifeder unter schwingender Beanspruchung im Last-Verschiebungs-Diagramm, so fällt auf, dass die Be- und Entlastungskurve in der

Regel nicht identisch sind, sondern eine Schleife (Hysteresekurve) bilden, deren Flächeninhalt ein Maß für die Dämpfung und gleichbedeutend mit der Verlustarbeit ist, die dem System in Form von Wärmeenergie entzogen wird. Je größer die Dämpfung ist, desto steiler verläuft die Dämpfungsschleife und mit ihr die Gerade durch die Scheitelpunkte der Hystereseschleife. Die Steigung dieser Geraden ist aber gleichbedeutend mit der dynamischen Federsteifigkeit im „Betriebspunkt“ (unter statischer Vorlast) und unterscheidet sich mitunter deutlich von der Tangentensteigung der Federkennlinie – der statischen Steifigkeit – im gleichen Punkt (Abb. 8).

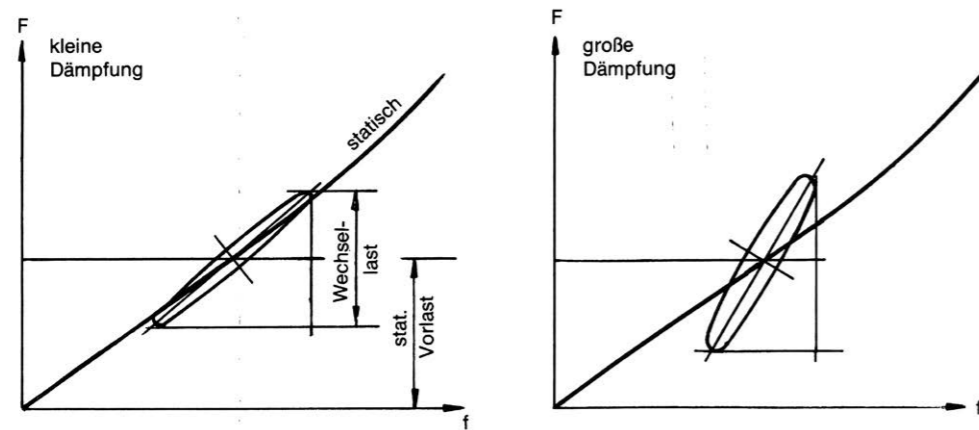


Abb. 8 Dynamisch beanspruchte Gummifedern mit unterschiedlicher Dämpfung

Größere Shorehärten bedeuten größere Dämpfung und damit höhere Federsteifigkeiten. Für dynamische Berechnungen kann somit die statische Steifigkeit nicht einfach übernommen werden, sondern muss mit einem geeigneten Faktor multipliziert werden. Aus diesem Grund ist bei Gummifedern das „dynamisch-statische Steifigkeitsverhältnis“ stets zu berücksichtigen. Es nimmt mit höherer Frequenz und Shorehärte zu, mit steigender Amplitude ab und ist außerdem noch temperatur- und mischungsabhängig. In dem üblichen Härtebereich zwischen 35 und 95 sh gelten als Richtwerte für das Steifigkeitsverhältnis 1,1 bis 3,0.

Mit der Einführung des Dämpfungsgrades D lassen sich die Bewegungsgleichungen (1.2.2), (1.2.3) und (1.2.4) auf eine zweckmäßigere Form bringen:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \ddot{x} + 2 D \omega_0 \dot{x} + \omega_0^2 x &= \omega_0^2 s_1 \cos \Omega t & s_1 &= \frac{F_0}{m \omega_0^2} \\
 2. \quad \ddot{x} + 2 D \omega_0 \dot{x} + \omega_0^2 x &= \Omega^2 s_2 \cos \Omega t & s_2 &= \frac{m_e r}{m_0 + m_e} = \frac{m_e r}{m} \\
 3. \quad \ddot{x} + 2 D \omega_0 \dot{x} + \omega_0^2 x &= \omega_0 [\omega_0 \sin \Omega t + 2 D \Omega \cos \Omega t] s_3 & s_3 &= u_0
 \end{aligned}$$

Die unbekanntenen Amplituden A dieser Bewegungsgleichungen ergeben sich mit dem partikulären Ansatz (1.0.2) und dem dimensionslosen Abstimmungsverhältnis $\eta = \Omega/\omega_0$ (1.2.9)

$$\text{wie folgt: } 1. \quad A = s_1 \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4 D^2 \eta^2}} = s_1 V_1 \quad (1.2.10)$$

$$2. \quad A = s_2 \frac{\eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4 D^2 \eta^2}} = s_2 V_3 \quad (1.2.11)$$

$$3. \quad A = s_3 \frac{1 + 4 D^2 \eta^2}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4 D^2 \eta^2}} = s_3 V_2 \quad (\text{Absolutbewegung}) \quad (1.2.12)$$

SCHWINGUNGSTECHNIK

Dämpfung

und die zugehörigen Phasenwinkel (Nacheilwinkel) errechnen sich aus:

$$1. \quad \tan \varphi = \frac{2 D \eta}{1 - \eta^2} \quad (\text{Krafterregung}) \quad (1.2.10a)$$

$$2. \quad \tan \varphi = \frac{2 D \eta}{1 - \eta^2} \quad (\text{Unwucherregung}) \quad (1.2.11)$$

$$3. \quad \tan \varphi = \frac{2 D \eta^3}{1 - \eta^2 + 4 D^2 \eta^2} \quad (\text{Weg- oder Stützerregung}) \quad (1.2.12a)$$

Neben den Wegamplituden A interessieren aber auch die Amplituden F der auf das Fundament übertragenen dynamischen Kräfte, die man durch Zusammenfassung der Kraftanteile kx und $c\dot{x}$ bzw. $k(x-u)$ und $c(\dot{x}-\dot{u})$ erhält:

$$1. \quad \dot{F} = F_0 \sqrt{\frac{1 + 4 D^2 \eta^2}{(1 - \eta^2)^2 + 4 D^2 \eta^2}} = F_0 V_2 \quad (1.2.13)$$

$$2. \quad \dot{F} = \frac{m_e r}{m} k \eta^2 V_2 = \frac{m_e r}{m} k V_4 \quad (1.2.14)$$

$$3. \quad \dot{F} = u_0 k \eta^2 V_2 = u_0 k V_4 \quad (\text{Relativbewegung}) \quad (1.2.15)$$

Mit Hilfe der dimensionslosen Größen V_1, V_2, V_3 und V_4 sind die Schwingungen und die auf das Fundament übertragenen dynamischen Kräfte einer Maschine bestimmt. Dividiert man in den Gleichungen (1.2.10) bis (1.2.12) die Wegamplituden A durch die zugehörigen dimensionsbehafteten Werte s_1, s_2, s_3 und verfährt entsprechend bei den Kräften, so geben die jeweils

gültigen V-Werte unmittelbar das Verhältnis von übertragenen zu erregenden Größen wieder, das seinerseits eine Funktion des Abstimmungsverhältnisses η und des Dämpfungsgrades D ist. Die Funktionen V_1, V_2, V_3 und V_4 werden als Vergrößerungsfunktionen bezeichnet, ihre Schaubilder zeigt die Abb. 9:

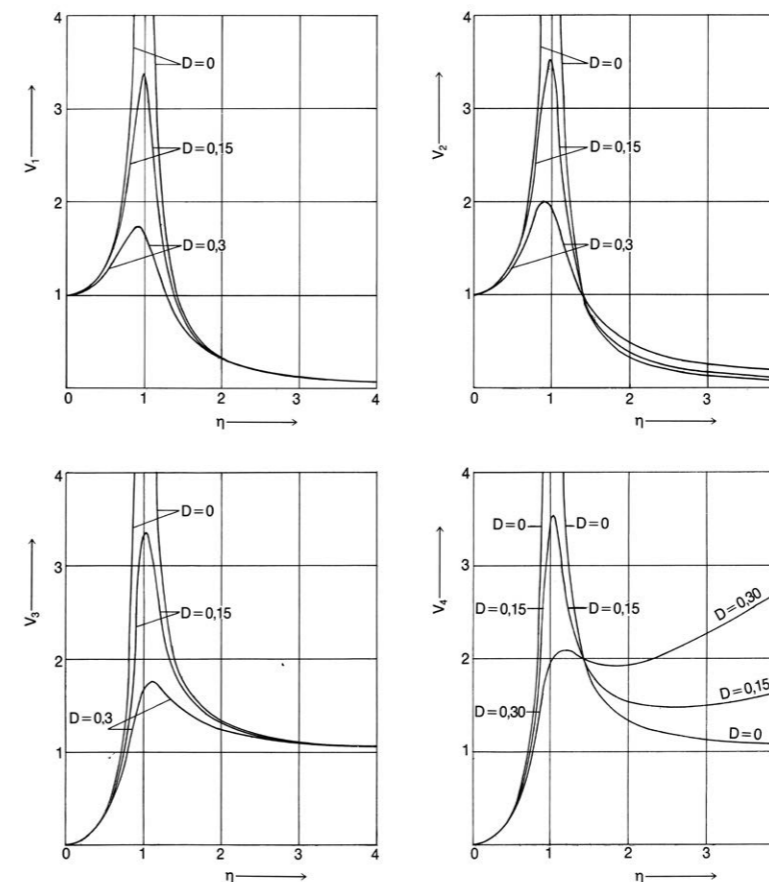


Abb. 9 Vergrößerungsfunktionen: V_1, V_2, V_3, V_4

SCHWINGUNGSTECHNIK

Schwingungsisolation

Nimmt das Abstimmungsverhältnis $\eta = \Omega/\omega_0$ den Wert 1 an, spricht man von Resonanz. In diesem Fall werden die Amplituden bei geringer oder verschwindender Dämpfung sehr groß. Man nennt diesen Zustand ($\eta = 1$) kritisch. Für $\eta < 1$ wird von einer unterkritischen Erregung des Schwingers bzw. von einem hochabgestimmten System gesprochen, bei $\eta < 1$ von überkritischer Erregung bzw. von einem tiefabgestimmten System. Dementsprechend sind auch die Bezeichnungen der Erregerkreisfrequenz Ω unterkritisch ($\Omega < \omega_0$), kritisch ($\Omega = \omega_0$) und überkritisch ($\Omega > \omega_0$).

In Abhängigkeit von der Dämpfung können für die Vergrößerungsfunktionen V_1, V_2 und V_3 Werte des Abstimmungsverhältnisses η angegeben werden, für die die Funktionswerte maximal werden:

$$V_1: \eta_{\max} = \Omega/\omega_0 = \omega_d/\omega_0 = \sqrt{1-2D^2} \quad (1.2.16)$$

$$\max V_1 = \frac{1}{2D\sqrt{1-D^2}} \quad (1.2.16a)$$

$$V_2: \eta_{\max} = \Omega/\omega_0 = \omega_d/\omega_0 \approx \sqrt{1-2D^2} \quad (1.2.17)$$

$$\max V_2 \approx \frac{1}{2D} \left(1 + \frac{5}{2} D_2\right) \quad \begin{matrix} \text{für } (D \ll 1) \\ \text{für kleine } D \end{matrix} \quad (1.2.17a)$$

$$V_3: \eta_{\max} = \Omega/\omega_0 = \omega_d/\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{1-2D^2}} \quad (1.2.18)$$

$$\max V_3 = \frac{1}{2D\sqrt{1-D^2}} \quad (1.2.18a)$$

Auffallend ist, dass die Funktion V_2 das Übertragungsverhalten in den Gleichungen (1.2.12) und (1.2.13) bestimmt. Damit tritt bei der Wegerregung die selbe Vergrößerungsfunktion wie für die dynamische Fundamentkraft bei konstanter Amplitude der Erregerkraft auf.

Schwingungsisolation heißt nun, durch geeignete Wahl des Abstimmungsverhältnisses η zu erreichen, dass die durch die Federung übertragenen dynamischen Kräfte nur noch einen Bruchteil der Erregerkräfte ausmachen. Im Falle der konstanten Amplitude der Erregerkraft F_0 erzielt man die kleinste Schwingungsamplitude im tief abgestimmten Bereich ($\eta > 1$) nach der Gleichung (1.2.10):

$$\frac{A}{F_0/m\omega_0^2} = \frac{A}{F_0/k} = V_1 = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$$

Für verschwindende Dämpfung ($D = 0$) wird V_1 im überkritischen Bereich negativ, an der Resonanzstelle tritt ein Phasensprung von 180° ($\tan \varphi = 0$) auf, d. h. Schwingung und Zwangskraft sind in Gegenphase. Interessant ist aber nicht das Vorzeichen, sondern der Betrag der Schwingungsamplitude, der sich dann wie folgt berechnen lässt:

$$\frac{A}{F_0/k} = \frac{1}{|1-\eta^2|} \quad (1.2.19)$$

Die Schwingungsamplitude A ist also dem Betrag nach gleich der statischen Einfederung unter der konstanten Erregerkraftamplitude, multipliziert mit dem Vergrößerungsverhältnis. Ist die Dämpfung vernachlässigbar, erhält man aus (1.2.13) dieselbe Beziehung für das Kraftübertragungsverhalten:

$$\frac{\dot{F}}{F_0} = \frac{1}{|1-\eta^2|} \quad (1.2.20)$$

Beide Gleichungen geben also die „Durchlässigkeit“ des Systems, die Erregergröße F_0 betreffend wieder. Folgerichtig kann dazu der Isolationsgrad als Differenzbetrag zu 100 % eingeführt werden:

$$i = \left[1 - \frac{1}{|1-\eta^2|}\right] \cdot 100 [\%] \quad (1.2.21)$$

Die Schwingungsisolation ist somit eine Funktion des Abstimmungsverhältnisses η . Während der Dämpfung praktische Bedeutung nur im Bereich $0,8 < \eta < 1,2$ zukommt. Die Isolationswirkung beginnt nach (1.2.21) erst bei η -Werten, die größer als $\sqrt{2}$ sind, für $\eta = 2,5$ ist sie bereits 80 % und anzustreben sind Isolationsgrade von über 90 % mit den entsprechenden η -Werten von 3 bis 5.

Wird die Dämpfung berücksichtigt, errechnet sich der Isolationsgrad allgemein zu:

$$i = [1 - V] \cdot 100 [\%] \quad (1.2.22)$$

Für V ist die jeweils gültige Vergrößerungsfunktion einzusetzen.

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

2. Linearer Schwinger mit 6 Freiheitsgraden (starrer Körper)

Wie bereits erwähnt, lassen sich viele Schwingungsprobleme mit dem Modell des Schwingers von einem Freiheitsgrad beschreiben und unter Anwendung der Gleichungen des ersten Abschnittes lösen. Sind jedoch, wie es bei den verschiedensten Aufgabenstellungen aus der täglichen Ingenieurpraxis der Fall ist, gleichzeitig Erregerkräfte und -momente in mehreren Richtungen wirksam, dann muss auch die entsprechende Anzahl von Freiheitsgraden eingeführt werden. Die Masse m wird jetzt als „starrer Körper“ betrachtet, dessen Schwerpunkt

mit dem Ursprung eines räumlichen Koordinatensystems x, y, z zusammenfällt und dessen Bewegungskordinaten der Einfachheit halber die gleiche Bezeichnung wie die Koordinatenachse tragen. Neben Schwerpunktverschiebungen in den 3 Koordinatenrichtungen sind Drehbewegungen φ_x, φ_y und φ_z des starren Körpers um die Koordinatenachsen möglich, so dass ein Einmassensystem mit 6 Freiheitsgraden vorliegt (Abb. 10).

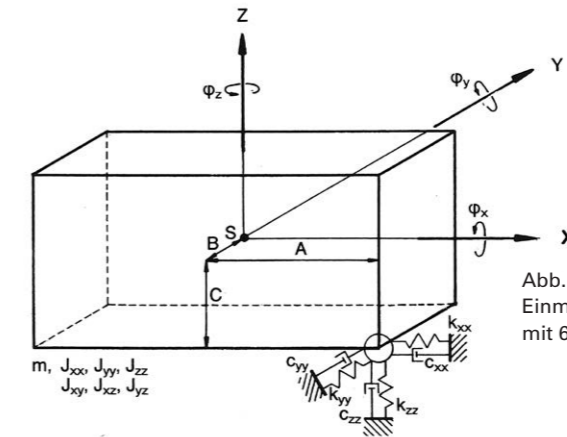


Abb. 10 Einmassensystem mit 6 Freiheitsgraden

Die für dieses Modell entwickelte Theorie ist an gewisse Voraussetzungen geknüpft, und manche vereinfachende Annahme, besonders im Hinblick auf die dynamischen Federparameter, ist in ihr enthalten, die strenger Überprüfung nicht standhält. Nichtsdestoweniger hat sie sich seit Jahren bewährt bei der Untersuchung des statischen und dynamischen Verhaltens von elastisch gelagerten Massen wie Motoren, Generatoren, Pumpen, Fundamenten usw. und die auf ihr beruhenden Rechenprogramme gehören zu den am häufigsten verwendeten. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Rechenaufwand bei Systemen von mehreren Freiheitsgraden erheblich wird und daher nur noch elektronisch bewältigt werden

kann. Die Bewegungsgleichungen enthalten nun weitere Feder- und Dämpfungskraftanteile, weshalb man sie kürzer und übersichtlicher in Matrixschreibweise als beste Basis für rechnergestützte Lösungsverfahren formuliert. Hierbei fasst man nach Gleichung (1.0.1) die Massenparameter als Koeffizienten der Beschleunigungsgrößen zusammen und verfährt entsprechend mit den Dämpfungs- und Steifigkeitsparametern. Es entstehen zweidimensionale Zahlenfelder, die sich in Zeilen und Spalten untergliedern und als Matrix bezeichnet werden. Jedes Matrixelement (Koeffizient) erhält zwei Indizes, die seine Zeilen- und Spaltennummer angeben und es damit eindeutig kennzeichnen. Matrizen, die nur aus einer Zeile oder Spalte bestehen, heißen auch Vektoren.

2.1 Erzwungene (periodische) Schwingung des starren Körpers mit Dämpfung

Das allgemeine lineare Bewegungsgleichungssystem (1.0.1)

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{w}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{w}} + \mathbf{K}\mathbf{w} = \mathbf{f}$$

liegt bereits in Matrixnotation vor. Großbuchstaben stehen für Matrizen, Kleinbuchstaben für Vektoren. Es sind also: \mathbf{M} = Massenmatrix, \mathbf{C} = Dämpfungsmatrix, \mathbf{K} = Steifigkeitsmatrix, \mathbf{f} = Vektor der Kräfte und Momente, die am Schwerpunkt angreifen bzw. um die Systemachsen drehen. Der Verschiebungsvektor \mathbf{w} und die aus ihm abgeleiteten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sind unbekannt.

Im Falle des Einmassensystems mit 6 Freiheitsgraden sind 6 Gleichungen zur Formulierung der Bewegungsgesetze für die unbekannteren Verschiebungen und Verdrehungen \mathbf{w} erforderlich. Sie können aus Energiebetrachtungen gewonnen werden und lauten unter der Voraussetzung, dass alle Federachsen parallel zu den Systemachsen verlaufen, d. h. Schräglagerung ausgeschlossen wird:

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

2.1 Erzwungene (periodische) Schwingung des starren Körpers mit Dämpfung

in x-Richtung
 $m\ddot{x} + \sum k_{xx}x + \sum c_{xx}\dot{x} + \sum k_{xy}C\phi_y + \sum c_{xy}C\dot{\phi}_y - \sum k_{xz}B\phi_z - \sum c_{xz}B\dot{\phi}_z = \hat{F}_x \cos(\Omega t + \Psi_{tx})$ (2.1.1a)

in y-Richtung
 $m\ddot{y} + \sum k_{yy}y + \sum c_{yy}\dot{y} - \sum k_{yx}C\phi_x - \sum c_{yx}C\dot{\phi}_x + \sum k_{yy}A\phi_z + \sum c_{yy}A\dot{\phi}_z = \hat{F}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ty})$ (2.1.1b)

in z-Richtung
 $m\ddot{z} + \sum k_{zz}z + \sum c_{zz}\dot{z} + \sum k_{zz}B\phi_x + \sum c_{zz}B\dot{\phi}_x - \sum k_{zz}A\phi_y - \sum c_{zz}A\dot{\phi}_y = \hat{F}_z \cos(\Omega t + \Psi_{tz})$ (2.1.1c)

Drehung um die x-Achse
 $J_{xx}\ddot{\phi}_x - J_{xy}\ddot{\phi}_y - J_{xz}\ddot{\phi}_z - \sum k_{yy}C\phi_y - \sum c_{yy}C\dot{\phi}_y + \sum k_{zz}B\phi_z + \sum c_{zz}B\dot{\phi}_z + \sum (k_{yy}C^2 + k_{zz}B^2)\phi_x + \sum (c_{yy}C^2 + c_{zz}B^2)\dot{\phi}_x - \sum k_{zz}AB\phi_y - \sum c_{zz}AB\dot{\phi}_y - \sum k_{yy}AC\phi_z - \sum c_{yy}AC\dot{\phi}_z = \hat{M}_x \cos(\Omega t + \Psi_{rx})$ (2.1.1d)

Drehung um die y-Achse
 $J_{yy}\ddot{\phi}_y - J_{yx}\ddot{\phi}_x - J_{yz}\ddot{\phi}_z + \sum k_{xx}C\phi_x + \sum c_{xx}C\dot{\phi}_x - \sum k_{zz}A\phi_z - \sum c_{zz}A\dot{\phi}_z - \sum k_{zz}AB\phi_x - \sum c_{zz}AB\dot{\phi}_x + \sum (k_{xx}C^2 + k_{zz}A^2)\phi_y + \sum (c_{xx}C^2 + c_{zz}A^2)\dot{\phi}_y - \sum k_{xx}BC\phi_z - \sum c_{xx}BC\dot{\phi}_z = \hat{M}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ry})$ (2.1.1e)

Drehung um die z-Achse
 $J_{zz}\ddot{\phi}_z - J_{zx}\ddot{\phi}_x - J_{zy}\ddot{\phi}_y - \sum k_{xx}B\phi_x - \sum c_{xx}B\dot{\phi}_x + \sum k_{yy}A\phi_y + \sum c_{yy}A\dot{\phi}_y - \sum k_{yy}AC\phi_x - \sum c_{yy}AC\dot{\phi}_x - \sum k_{xx}BC\phi_y - \sum c_{xx}BC\dot{\phi}_y + \sum (k_{xx}B^2 + k_{yy}A^2)\phi_z + \sum (c_{xx}B^2 + c_{yy}A^2)\dot{\phi}_z = \hat{M}_z \cos(\Omega t + \Psi_{rz})$ (2.1.1f)

In Elementschreibweise:

$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J_{xx} & -J_{xy} & -J_{xz} \\ 0 & 0 & 0 & -J_{yx} & J_{yy} & -J_{yz} \\ 0 & 0 & 0 & -J_{zx} & -J_{zy} & J_{zz} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \\ \ddot{\phi}_x \\ \ddot{\phi}_y \\ \ddot{\phi}_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\phi}_x \\ \dot{\phi}_y \\ \dot{\phi}_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x(t) \\ F_y(t) \\ F_z(t) \\ M_x(t) \\ M_y(t) \\ M_z(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{F}_x \cos(\Omega t + \Psi_{tx}) \\ \hat{F}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ty}) \\ \hat{F}_z \cos(\Omega t + \Psi_{tz}) \\ \hat{M}_x \cos(\Omega t + \Psi_{rx}) \\ \hat{M}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ry}) \\ \hat{M}_z \cos(\Omega t + \Psi_{rz}) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x(t) \\ F_y(t) \\ F_z(t) \\ M_x(t) \\ M_y(t) \\ M_z(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{F}_x \cos(\Omega t + \Psi_{tx}) \\ \hat{F}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ty}) \\ \hat{F}_z \cos(\Omega t + \Psi_{tz}) \\ \hat{M}_x \cos(\Omega t + \Psi_{rx}) \\ \hat{M}_y \cos(\Omega t + \Psi_{ry}) \\ \hat{M}_z \cos(\Omega t + \Psi_{rz}) \end{bmatrix}$$

$\hat{F}_x, \hat{F}_y, \hat{F}_z$ = Amplituden der im Massenschwerpunkt angreifenden harmonischen Kräfte
 $\hat{M}_x, \hat{M}_y, \hat{M}_z$ = Amplituden der harmonischen, im Uhrzeigersinn um die Koordinatenachsen drehenden Momente
 Ψ_x, Ψ_y, Ψ_z = Phasenwinkel der Erregergrößen gleicher Erregerfrequenz
 Ω = Erregerkreisfrequenz
 (Berechnung erfolgt für jede Harmonische getrennt)

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

2.1 Erzwungene (periodische) Schwingung des starren Körpers mit Dämpfung

Als Sonderfall der Matrizenmultiplikation findet die Multiplikation einer Matrix mit einem Spaltenvektor in der Weise statt, dass, beginnend mit dem ersten Zeilenvektor der Matrix, das erste Zeilenelement mit dem ersten Spaltenelement, das zweite Spaltenelement mit dem zweiten Spaltenelement des Vektors usw. multipliziert wird und die (Skalar-)Produkte addiert werden. Verfährt man ebenso mit den übrigen Zeilenvektoren

und wendet das Rechenschema auf die gegebenen Massen-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrizen an, erhält man schließlich das Gleichungssystem (2.1.1). Alle drei genannten Matrizen sind quadratisch (6 Zeilen und 6 Spalten) und außerdem symmetrisch, d. h. für ihre Elemente gilt: $a_{ik} = a_{ki}$. Es sind also pro Matrix maximal 21 Elemente zu berechnen.

Die Massenmatrix

Im einfachsten Fall kann der „starre Körper“ als Quader betrachtet werden (z. B. Motorblock mit Symmetrieeigenschaften). Dann ist die Masse m dem Betrage nach gleich dem Motorgewicht und die (polaren) Massenträgheitsmomente können berechnet oder Formelsammlungen direkt entnommen werden (Abb. 11):

y-z-Ebene: $J_{xx} = \frac{m}{12} (b^2 + h^2)$
 x-z-Ebene: $J_{yy} = \frac{m}{12} (l^2 + h^2)$
 x-y-Ebene: $J_{zz} = \frac{m}{12} (l^2 + b^2)$

Die Systemachsen sind gleichzeitig Symmetrieeachsen, woraus folgt, dass die Zentrifugalmomente verschwinden:
 $J_{xy} = J_{yx} = J_{xz} = J_{zx} = J_{yz} = J_{zy} = 0$

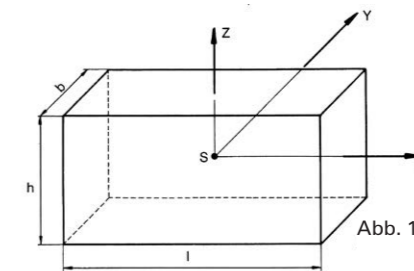


Abb. 11 „Starrer Körper“ als Quader

Häufiger jedoch besteht das System aus mehreren, starr miteinander verbundenen Einzelmassen, wie im Fall des abgebildeten Kompressorfundaments. Dann empfiehlt sich folgendermaßen vorzugehen:

1. Zerlegung des Systems in Einzelmassen m_i , mit Symmetrieeigenschaften. Die Massenschwerpunkte S_i bildenden Ursprung von i Koordinatensystemen mit parallelen x -, y - und z -Achsen.
2. Festlegung eines Bezugskordinatensystems (zweckmäßig ist die Wahl des Koordinatensystems einer Einzelmasse) und Berechnung der Koordinaten x_s, y_s und z_s des Gesamtschwerpunktes (Massenmittelpunkt) S aller Teilmassen m_i :

$$x_s = \frac{\sum x_i m_i}{\sum m_i} \quad y_s = \frac{\sum y_i m_i}{\sum m_i} \quad z_s = \frac{\sum z_i m_i}{\sum m_i} \quad m = \sum m_i \quad (2.1.2a-d)$$

3. Bestimmung der drei Massenträgheitsmomente aller Einzelmassen, bezogen auf ihre eigenen Koordinatenachsen (Eigenanteile). Die zugehörigen Zentrifugalmomente sind wegen der vorausgesetzten Symmetrie gleich Null.
4. Die Berechnung der Massenträgheitsmomente J_{xx}, J_{yy} und J_{zz} bezüglich der durch S verlaufenden Schwerachsen x, y und z erfolgt separat für jede der durch die Schwerachsen aufgespannten Ebenen, indem zu den „Eigenanteilen“ die mit dem Quadrat des Abstandes Einzelschwerpunkt-Gesamtschwerpunkt multiplizierten Massen m_i (Satz von STEINER) addiert werden. Die jeweiligen Zentrifugalmomente J_{xy}, J_{xz} und J_{yz} errechnen sich wegen der fehlenden Eigenanteile nur aus den „Steiner“-Anteilen für Zentrifugalmomente als Produkte der Massen m_i mit den vorzeichenbehafteten Koordinatenwerten der S_i relativ zu S . Sie können, im Gegensatz zu Massenträgheitsmomenten, auch negativ werden.

Das Verfahren soll am Beispiel des Kompressorfundaments (Abb. 12) veranschaulicht werden:

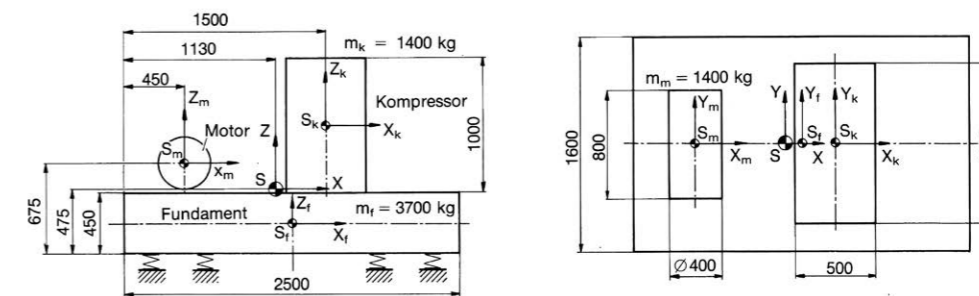


Abb. 12 Schwingungs isolierte Aufstellung eines Kolbenkompressors

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Massenmatrix

- Das System besteht aus den Teilmassen m_f , m_m und m_k (Fundament, Motor und Kompressor).
- Das Bezugskordinatensystem liege im Ursprung von m_f . Mit den Abmessungen und Gewichtsangaben der Abb. 12 sind die Gesamtschwerpunktkoordinaten:

$$x_s = \frac{0 \cdot 3700 - 800 \cdot 1400 + 250 \cdot 1400}{6500} \approx -120 \text{ mm}$$

$$y_s = 0 \text{ (wegen Symmetrie zur Längsachse)}$$

$$z_s = \frac{0 \cdot 3700 + 450 \cdot 1400 + 725 \cdot 1400}{6500} \approx +250 \text{ mm}$$

- Massenträgheitsmomente, bezogen auf die eigenen Systemachsen (Eigenanteile):

$$J_{x_f x_f} = \frac{3700}{12} (1.6^2 + 0.45^2) = 852 \text{ kgm}^2 \quad J_{y_k y_k} = \frac{1400}{12} (0.5^2 + 1.0^2) = 146 \text{ kgm}^2$$

$$J_{x_m x_m} = 1400 \left(\frac{0.4^2}{16} + \frac{0.8^2}{12} \right) = 89 \text{ kgm}^2 \quad J_{z_f z_f} = \frac{3700}{12} (2.5^2 + 1.6^2) = 2716 \text{ kgm}^2$$

$$J_{x_k x_k} = \frac{1400}{12} (1.2^2 + 1.0^2) = 285 \text{ kgm}^2 \quad J_{z_m z_m} = 1400 \left(\frac{0.4^2}{16} + \frac{0.8^2}{12} \right) = 89 \text{ kgm}^2$$

$$J_{y_f y_f} = \frac{3700}{12} (2.5^2 + 0.45^2) = 1990 \text{ kgm}^2 \quad J_{z_k z_k} = \frac{1400}{12} (0.5^2 + 1.2^2) = 197 \text{ kgm}^2$$

$$J_{y_m y_m} = \frac{1400 \cdot 0.4^2}{8} = 28 \text{ kgm}^2$$

- Massenträgheitsmomente, bezogen auf die Schwerachsen:

$$J_{xx} = 852 + 3700 \cdot 0.25^2 + 89 + 1400 \cdot 0.2^2 + 285 + 1400 \cdot 0.475^2 = 1829 \text{ kgm}^2$$

$$J_{yy} = 1990 + 3700 (0.12^2 + 0.25^2) + 28 + 1400 (0.68^2 + 0.2^2) + 146 + 1400 (0.37^2 + 0.475^2) = 3659 \text{ kgm}^2$$

$$J_{zz} = 2716 + 3700 \cdot 0.12^2 + 89 + 1400 \cdot 0.68^2 + 197 + 1400 \cdot 0.37^2 = 3894 \text{ kgm}^2$$

Zentrifugalmomente, bezogen auf die Schwerachsen:

$J_{xy} = 0$, da alle Schwerpunkte auf der x-Achse (Symmetrieachse) liegen und damit die y-Werte verschwinden.

$J_{yz} = 0$, mit der gleichen Begründung

$$J_{xz} = 3700 \cdot (+0,12) \cdot (-0,25) + 1400 \cdot (-0,68) \cdot (+0,2) + 1400 \cdot (+0,37) \cdot (+0,475) = -55 \text{ kgm}^2$$

Die Massenträgheits- und Zentrifugalmomente sind für ein Koordinatensystem berechnet worden, dessen Achsen parallel zu den Federachsen verlaufen. Es ist jedoch möglich, dieses System so um seinen im Schwerpunkt liegenden Ursprung zu drehen, dass die Massenträgheitsmomente extremal und die Zentrifugalmomente gleich Null werden.

Man spricht in diesem Falle von Trägheitshauptachsen und Hauptträgheitsmomenten. Ihre Lage bzw. Größe lässt sich aus den bekannten Massen- und Zentrifugalmomenten ermitteln.

Die Steifigkeitsmatrix

Koeffizientenvergleich der Verschiebungsgrößen in Gleichung (2.1.1) führt sofort auf die benötigten Elemente k_{ik} der Steifigkeitsmatrix **K**:

$$k_{11} = \sum k_{xx} \quad \Sigma = \text{Summation über die Anzahl der Lager}$$

$$k_{12} = k_{13} = k_{14} = 0 \quad (\text{da Schräglagerung nicht berücksichtigt wird})$$

$$k_{15} = \sum k_{xx} C \quad (\text{für jedes Lager wird das Produkt aus Längssteifigkeit und vertikalem Schwerpunktabstand gebildet und die Produkte aufsummiert})$$

$$k_{16} = -\sum k_{xx} B \quad k_{23} = k_{23} = 0 \quad k_{24} = -\sum k_{yy} C \quad k_{26} = \sum k_{yy} A$$

$$k_{22} = \sum k_{yy} \quad k_{34} = \sum k_{zz} B \quad k_{35} = -\sum k_{zz} A \quad k_{36} = 0$$

$$k_{33} = \sum k_{zz} \quad k_{45} = -\sum k_{zz} AB \quad k_{46} = -\sum k_{yy} AC$$

$$k_{44} = \sum (k_{yy} C^2 + k_{zz} B^2) \quad k_{56} = -\sum k_{xx} BC$$

$$k_{55} = \sum (k_{xx} C^2 + k_{zz} A^2) \quad k_{66} = -\sum k_{xx} BC$$

$$k_{66} = \sum (k_{xx} B^2 + k_{yy} A^2)$$

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Dämpfungsmatrix

Wie bereits erwähnt, ist die Dämpfung keine konstante Größe, sondern unter anderem abhängig von der statischen Federvorlast, Schwingungsamplitude und Erregerfrequenz. Das trifft aber auch auf die dynamische Steifigkeit zu, die mit der Dämpfung über die Gleichung (1.2.1) verknüpft ist. Für dynamische Berechnungen müssten demnach die Federwerte belastungsabhängig ermittelt werden, was vielfach mit einem hohen messtechnischen Aufwand verbunden ist. Mit den gemessenen Dämpfungskonstanten können die Elemente c_{ik} der Matrix **C** analog zu den k_{ik} der Steifigkeitsmatrix **K** gebildet werden.

In den meisten Fällen genügt es jedoch, für die interessierenden Schwingungsverläufe Höchstwerte anzugeben. Nach (1.2.16a) ist $\max V_1$ die Resonanzüberhöhung Q , für die bei kleinen Dämpfungsgraden ($D < 0,14$) gilt: $Q \approx \frac{1}{2D}$ oder $D \approx \frac{1}{2Q}$. Andererseits ist $D = \frac{c}{2\sqrt{km}}$, woraus durch Gleichsetzen der bei den Dämpfungsausdrücke im Resonanzfall folgt: $c = \frac{\sqrt{km}}{Q}$. Die Resonanzüberhöhung Q liegt bei niedrigdämpfenden Elastomeren im Bereich zwischen 8 und 20 und würde noch bei hochdämpfenden Elastomeren ($Q > 4$) brauchbare Näherungswerte ergeben. Mit den bekannten dynamischen Steifigkeiten und Dämpfungsgraden lassen sich die Dämpfungskonstanten demnach in der für die elektronische Berechnung besonders geeigneten Form angeben:

$$c_{xx} = \frac{\sqrt{k_{xx} \cdot m'}}{Q} \quad c_{yy} = \frac{\sqrt{k_{yy} \cdot m'}}{Q} \quad c_{zz} = \frac{\sqrt{k_{zz} \cdot m'}}{Q} \quad (2.1.3a-c)$$

Hier ist m' der Anteil der Gesamtmasse m , der auf das betreffende Lager entfällt.

Im allgemeinen Fall gleichmäßiger Lastverteilung teilt man die Gesamtmasse durch die Lageranzahl.

Liegen nun seitens des Maschinenherstellers Angaben über die Erregergrößen vor oder sind diese bestimmt, so können das lineare Differentialgleichungssystem zweiter Ordnung (2.1.1) mit jeder geeigneten Methode gelöst und die unbekanntes zeitabhängigen Schwerpunktverschiebungen und Achsenverdrehungen **w** berechnet werden.

Mathematisch gesehen besteht die Lösung aus einem allgemeinen und partikulären Teil, wobei der allgemeine Teil Ausdrücke enthält, die die freie gedämpfte Schwingung ($f = 0$) beschreiben. In einem gedämpften System klingen diese freien Schwingungen jedoch schnell ab, und es gilt das bereits bei der Diskussion des Systems von einem Freiheitsgrad Gesagte: die resultierende, stationäre Bewegung erfolgt in allen Richtungen im Takte der Erregerfrequenz Ω nach dem allgemeinen Weg-Zeit-Gesetz:

$$\text{in Komponenten: } \mathbf{w}(t) = \hat{\mathbf{w}} \cos(\Omega t + \Phi) \quad (2.1.4)$$

$$w_1(t) = \hat{w}_1 \cos(\Omega t + \Phi_1) = x(t) = \hat{x} \cos(\Omega t + \Phi_{1x}) \quad (2.1.4a)$$

$$w_2(t) = \hat{w}_2 \cos(\Omega t + \Phi_2) = y(t) = \hat{y} \cos(\Omega t + \Phi_{1y}) \quad (2.1.4b)$$

$$w_3(t) = \hat{w}_3 \cos(\Omega t + \Phi_3) = z(t) = \hat{z} \cos(\Omega t + \Phi_{1z}) \quad (2.1.4c)$$

$$w_4(t) = \hat{w}_4 \cos(\Omega t + \Phi_4) = \varphi_x(t) = \hat{\varphi}_x \cos(\Omega t + \Phi_{1x}) \quad (2.1.4d)$$

$$w_5(t) = \hat{w}_5 \cos(\Omega t + \Phi_5) = \varphi_y(t) = \hat{\varphi}_y \cos(\Omega t + \Phi_{1y}) \quad (2.1.4e)$$

$$w_6(t) = \hat{w}_6 \cos(\Omega t + \Phi_6) = \varphi_z(t) = \hat{\varphi}_z \cos(\Omega t + \Phi_{1z}) \quad (2.1.4f)$$

Darin sind: $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}, \hat{\varphi}_x, \hat{\varphi}_y, \hat{\varphi}_z =$ unbekannte Amplituden

$\Phi_{1x}, \Phi_{1y}, \Phi_{1z}, \Phi_{1x}, \Phi_{1y}, \Phi_{1z} =$ zugehörige unbekannte Phasenwinkel

Aus dem allgemeinen Ausdruck: $w_n(t) = \hat{w}_n \cos(\Omega t + \phi_n)$ lässt sich nun die der Verschiebungsgröße w_n entsprechende Geschwindigkeit und Beschleunigung ableiten und in das Gleichungssystem (2.1.1) einsetzen. Das Rechnen mit den Ansatzfunktionen (2.1.4) ist aber außerordentlich mühevoll. Man kann es umgehen, indem man sich eines mathematischen Hilfsmittels bedient, das in praktisch allen Ingenieurbereichen unverzichtbar ist und besonders in der Schwingungstechnik vorteilhaft angewendet wird: die komplexe Darstellung harmonischer Schwingungen. Wegen seiner großen Bedeutung soll anhand eines Beispiels der Begriff „komplex“ erläutert werden:

Die Lösung algebraischer Gleichungen kann zu Ausdrücken führen, die neben „reellen“ Zahlenwerten auch Wurzeln mit negativen Radikanden enthalten. So lauten die Lösungen der Gleichung $z^2 + 2z + 5 = 0$: $z_1 = -1 + \sqrt{-4}$ und $z_2 = -1 - \sqrt{-4}$. Es gibt auf der reellen Zahlenachse keinen Wert, dessen Quadrat -4 ist. „Eindimensional“ ist das Problem also nicht zu lösen. Der Ausdruck $\sqrt{-4}$ ist jedoch in die Faktoren $\sqrt{-1} \cdot \sqrt{4}$ zerlegbar und ergibt somit $2\sqrt{-1}$. Allgemein lässt sich jeder Wurzelausdruck mit negativem Radikanden als Produkt aus einer reellen Zahl und $\sqrt{-1}$ darstellen. Diese reellen Koeffizienten trägt man anschaulich auf einer zweiten Zahlengeraden ab, die senkrecht auf der reellen Achse steht und sie im Nullpunkt schneidet.

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Dämpfungsmatrix

Der reell nicht interpretierbare Ausdruck $\sqrt{-1}$ heißt definitionsgemäß imaginäre Einheit j ($j^2 = -1$); die zur reellen Achse orthogonale Zahlengerade wird als imaginäre Achse bezeichnet. In diesem Koordinatensystem können nun die Lösungen z_1 und z_2 durch Abtragen der reellen Werte -1 auf der reellen Achse und $+2$ bzw. -2 auf der imaginären Achse dargestellt werden.

Zahlen, die aus reellen und imaginären Anteilen bestehen, sind komplexe Zahlen. Ihr Betrag r ist gleich der Wurzel aus der Summe der Quadrate von Realteil und Imaginärteil. Jeder Punkt der durch die reelle und imaginäre Achse aufgespannten komplexen Zahlenebene stellt eine komplexe Zahl dar. Insbesondere besteht ein wichtiger Zusammenhang zwischen trigonometrischen und exponentiellen Größen nach der EULERSchen Formel:

$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi \quad (2.1.5.)$$

$$e^{-j\varphi} = \cos \varphi - j \sin \varphi \quad (2.1.5a)$$

Zwei komplexe Zahlen nennt man *konjugiert* (in Zeichen: z und \bar{z}), wenn ihre Realteile gleich und ihre Imaginärteile sich nur durch das Vorzeichen unterscheiden. Die allgemeine Darstellung einer komplexen Zahl (und ihrer konjugierten) ist der Abb. 13 zu entnehmen:

$$z = a + jb = r (\cos \varphi + j \sin \varphi) = r e^{j\varphi} \quad (2.1.6.)$$

$$z = a - jb = r (\cos \varphi - j \sin \varphi) = r e^{-j\varphi} \quad (2.1.6.a)$$

$$|z| = r = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \tan \varphi = b/a$$

Darüberhinaus zeigt die Abbildung auch die beiden konjugiert komplexen Zahlen z_1 und z_2 : Man kann nun $w_n(t)$ als den Imaginärteil eines in der komplexen Zahlenebene mit der Winkelgeschwindigkeit Ω umlaufenden Zeigers auffassen:

$$w_n(t) = \text{Im}(z(t)) \quad (2.1.7)$$

$$z = A e^{j(\Omega t + \varphi)} \quad (2.1.8a)$$

$$= A e^{j\varphi} e^{j\Omega t} \quad (2.1.8b)$$

$$|z| = A \quad (2.1.9)$$

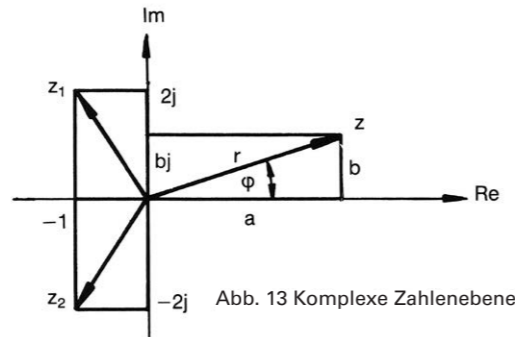


Abb. 13 Komplexe Zahlenebene

Der Betrag der komplexen Zahl z ist also gleich dem Betrag des umlaufenden Zeigers und damit auch gleich der Schwingungsamplitude A . Mit der EULERSchen Formel kann der Lösungsansatz (2.1.4) für jede Verschiebungsrichtung folgendermaßen geschrieben werden:

$$w_n(t) \hat{=} \hat{w}_n e^{j(\Omega t + \varphi_n)} = \hat{w}_n \cos(\Omega t + \varphi_n) + j \hat{w}_n \sin(\Omega t + \varphi_n) \quad (2.1.10)$$

(Realteil) (Imaginärteil)

Zu dem reellen Lösungsansatz (2.1.4) ist durch die Exponentialfunktion ein imaginärer Anteil addiert worden, was den weiteren Rechengang erheblich erleichtert. Schließlich ergibt die Vereinfachung des Exponents in (2.1.10):

$$w_n(t) \hat{=} \hat{w}_n e^{j(\Omega t + \varphi_n)} = \hat{w}_n e^{j\varphi_n} e^{j\Omega t} = \hat{w}_n e^{j\Omega t} \quad (2.1.10a)$$

\hat{w}_n wird *komplexe Amplitude* genannt und in Abb. 14 gezeigt.

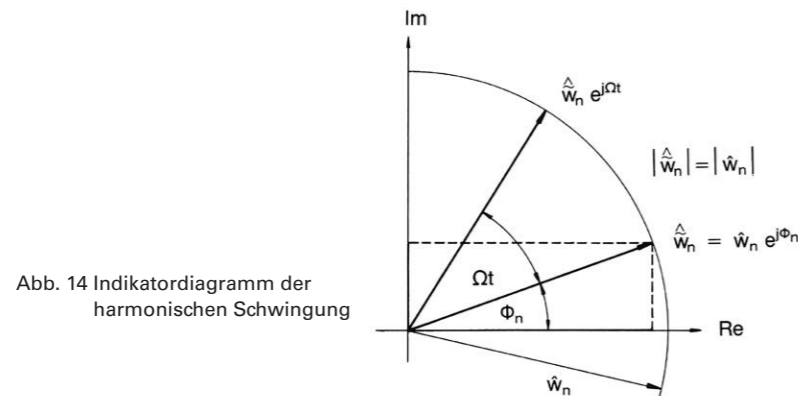


Abb. 14 Indikator diagramm der harmonischen Schwingung

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Dämpfungsmatrix

Die Tilde \sim bedeutet, dass der betreffende Ausdruck komplex ist, d. h. um einen imaginären Anteil erweitert wurde. Alle im Folgenden mit einer Tilde gekennzeichneten Ausdrücke bestehen aus Real- und Imaginärteil. Der bekannte Belastungsvektor f ist von der gleichen Bauart wie der Vektor w der unbekanntenen Verschiebungen und daher analog zu (2.1.10a):

$$f_n(t) \hat{=} \hat{f}_n e^{j(\Omega t + \psi_n)} = \hat{f}_n e^{j\psi_n} e^{j\Omega t} = \hat{f}_n e^{j\Omega t} \quad (2.1.11)$$

mit der komplexen Erregeramplitude: $\hat{f}_n = \hat{f}_n e^{j\psi_n}$

In den Gleichungen (2.1.10) und (2.1.11) ist statt des Gleichheitszeichens das Symbol $\hat{=}$ verwendet worden, um das Hinzufügen von Imaginärteilen anzuzeigen.

Aus (2.1.10a) lassen sich die Geschwindigkeiten \dot{w}_n und Beschleunigungen \ddot{w}_n ableiten:

$$w_n(t) = \hat{w}_n e^{j\Omega t} \quad \dot{w}_n(t) = j\Omega \hat{w}_n e^{j\Omega t} \quad \ddot{w}_n(t) = -\Omega^2 \hat{w}_n e^{j\Omega t}$$

Sie ergeben, zusammen mit (2.1.11) in (2.1.1) eingesetzt:

$$\mathbf{M}(-\Omega^2 \hat{w}) e^{j\Omega t} + \mathbf{C}j\Omega \hat{w} e^{j\Omega t} + \mathbf{K} \hat{w} e^{j\Omega t} = \hat{f} e^{j\Omega t} \quad (2.1.12)$$

Nach Division mit $e^{j\Omega t}$ nimmt das Gleichungssystem (2.1.12) die Form

$$(\mathbf{K} - \Omega^2 \mathbf{M} + j\Omega \mathbf{C}) \hat{w} = \hat{f} \quad (2.1.12a)$$

an.

Der Klammerausdruck kann abgekürzt als Matrix $\tilde{\mathbf{S}}$, geschrieben werden:

$$\tilde{\mathbf{S}} \hat{w} = \hat{f} \quad (2.1.12b)$$

Daraus folgt: $\hat{w} = \tilde{\mathbf{S}}^{-1} \hat{f} \quad (2.1.13)$

Die Matrix $\tilde{\mathbf{S}}^{-1}$ wird als Kehrmatrix von $\tilde{\mathbf{S}}$ bezeichnet. Ihre Berechnung gehört zu den Standardoperationen des Matrizenkalküls. Ob nun das Gleichungssystem (2.1.12b) oder (2.1.13) gelöst wird, hängt von dem verfügbaren Rechenprogramm ab. Da alle beteiligten Größen komplex sind, müssen die Programme auch für komplexe Algebra ausgelegt sein. Aber auch Standardroutinen zur Lösung linearer Gleichungssysteme können diese Aufgabe bewältigen, wenn die komplexen Größen zuvor in allgemeine Form, d. h. in Real- und Imaginärteil aufgespalten, gebracht werden:

$$\tilde{\mathbf{S}} = \mathbf{S}_r + j\mathbf{S}_i \quad \hat{w} = \hat{w}_r + j\hat{w}_i \quad \hat{f} = \hat{f}_r + j\hat{f}_i \quad (2.1.14a-c)$$

Dann wird (2.1.12b): $(\mathbf{S}_r + j\mathbf{S}_i)(\hat{w}_r + j\hat{w}_i) = \hat{f}_r + j\hat{f}_i \quad (2.1.15)$

oder ausmultipliziert: $\mathbf{S}_r \hat{w}_r - \mathbf{S}_i \hat{w}_i + j(\mathbf{S}_i \hat{w}_r + \mathbf{S}_r \hat{w}_i) = \hat{f}_r + j\hat{f}_i \quad (2.1.15a)$

Zwei komplexe Größen sind nur dann gleich, wenn sie in ihren Real- und Imaginärteilen übereinstimmen. Daraus folgt unmittelbar:

$$\begin{aligned} \mathbf{S}_r \hat{w}_r - \mathbf{S}_i \hat{w}_i &= \hat{f}_r \\ \mathbf{S}_i \hat{w}_r + \mathbf{S}_r \hat{w}_i &= \hat{f}_i \end{aligned} \quad \text{in Matrixform: } \begin{bmatrix} \mathbf{S}_r & -\mathbf{S}_i \\ \mathbf{S}_i & \mathbf{S}_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{w}_r \\ \hat{w}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{f}_r \\ \hat{f}_i \end{bmatrix} \quad (2.1.16)$$

\mathbf{S}_r = Realteil der Matrix $\tilde{\mathbf{S}} = \mathbf{K} - \Omega^2 \mathbf{M}$

\mathbf{S}_i = Imaginärteil der Matrix $\tilde{\mathbf{S}} = \Omega \mathbf{C}$

Die Komponenten des Belastungsvektors \hat{f} sind nach Real- und Imaginärteilen getrennt:

$$\hat{f}_r = \begin{bmatrix} \hat{F}_x \cos \psi_{tx} \\ \hat{F}_y \cos \psi_{ty} \\ \hat{F}_z \cos \psi_{tz} \\ \hat{M}_x \cos \psi_{rx} \\ \hat{M}_y \cos \psi_{ry} \\ \hat{M}_z \cos \psi_{rz} \end{bmatrix} \quad \hat{f}_i = \begin{bmatrix} \hat{F}_x \sin \psi_{tx} \\ \hat{F}_y \sin \psi_{ty} \\ \hat{F}_z \sin \psi_{tz} \\ \hat{M}_x \sin \psi_{rx} \\ \hat{M}_y \sin \psi_{ry} \\ \hat{M}_z \sin \psi_{rz} \end{bmatrix}$$

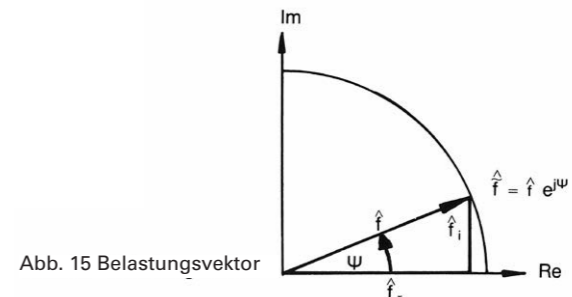


Abb. 15 Belastungsvektor

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Dämpfungsmatrix

Sind die Erregerfrequenz Ω und der Belastungsvektor \hat{f} gegeben, ist das gesamte lineare Gleichungssystem mit geeigneten Standardmethoden lösbar. Durch die notwendige Zerlegung hat sich der Aufwand erhöht, die Zahl der Gleichungen auf zwölf verdoppelt. Wie die Gleichung (2.1.16) zeigt, besteht die Koeffizientenmatrix der Verschiebungen selbst wieder aus den Matrizen S_r und S_i . Eine Matrix, deren Elemente Matrizen sind, nennt man Über- oder Hypermatrix. Für die mit H bezeichnete Koeffizientenmatrix müssen jetzt die Elemente h_{11} bis h_{1212} bestimmt werden. Dazu ist zunächst einmal die Berechnung der Matrixelemente von S_i notwendig. Sie erhält man, wenn man von jedem Element der Steifigkeitsmatrix K das mit Ω^2 multiplizierte Element der Massenmatrix M mit gleichen Indizes subtrahiert. Damit sind bereits die Elemente h_{11} bis h_{66} festgelegt und auch die Elemente h_{77} bis h_{1212} , wenn die Zeilen- und Spaltenindizes jeweils um 6 erhöht werden. Die noch fehlenden Elemente entsprechen den mit Ω multiplizierten Dämpfungsmatrixelementen, deren Vorzeichen bei Elementen mit einem Spaltenindex > 6 wechselt:

$$\begin{bmatrix} K - \Omega^2 M & -\Omega C \\ \Omega C & K - \Omega^2 M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_r \\ \hat{\phi}_{zr} \\ \hat{x}_i \\ \hat{\phi}_{zi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{F}_x \cos \psi_{ix} \\ \hat{M}_z \cos \psi_{iz} \\ \hat{F}_x \sin \psi_{ix} \\ \hat{M}_z \sin \psi_{iz} \end{bmatrix} \quad (2.1.16a)$$

Als Lösung ergeben sich die 12 Amplituden:

$$\hat{w}_r = (\hat{x}_r, \hat{y}_r, \hat{z}_r, \hat{\phi}_{xr}, \hat{\phi}_{yr}, \hat{\phi}_{zr}) \quad \hat{w}_i = (\hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{z}_i, \hat{\phi}_{xi}, \hat{\phi}_{yi}, \hat{\phi}_{zi})$$

Das Gleichungssystem (2.1.1) ist einschließlich der Erregungsfunktionen rein reell. Folglich können auch nur reelle Teile der Zeitfunktion als Lösungen für die Verschiebungen in Frage kommen:

$$\begin{aligned} w(t) &= \text{Re}[\hat{w} e^{j\Omega t}] = \text{Re}[(\hat{w}_r + j\hat{w}_i) (\cos \Omega t + j \sin \Omega t)] \\ &= \text{Re}[\hat{w}_r \cos \Omega t - \hat{w}_i \sin \Omega t + j(\hat{w}_r \sin \Omega t + \hat{w}_i \cos \Omega t)] \\ &= \hat{w}_r \cos \Omega t - \hat{w}_i \sin \Omega t \end{aligned} \quad (2.1.17)$$

Aus (2.1.17) lassen sich die Amplituden \hat{w} sofort aus den bekannten Real- und Imaginärteilen angeben:

$$\hat{w} = \sqrt{\hat{w}_r^2 + \hat{w}_i^2} \quad \text{Der Ansatz: } \cos \phi = \hat{w}_r / \sqrt{\hat{w}_r^2 + \hat{w}_i^2}, \quad \sin \phi = \hat{w}_i / \sqrt{\hat{w}_r^2 + \hat{w}_i^2}$$

liefert die vollständige Lösung:

$$w(t) = \sqrt{\hat{w}_r^2 + \hat{w}_i^2} [\cos \Omega t \cos \phi - \sin \Omega t \sin \phi] = \hat{w} \cos(\Omega t + \phi) \quad (2.1.18)$$

$$\tan \phi = \hat{w}_i / \hat{w}_r$$

w sind die auf den *Schwerpunkt* und die *Schwerachsen* bezogenen Verschiebungen und Verdrehungen, ϕ die zugehörigen Phasenwinkel relativ zu Ωt . In seine 6 Komponenten aufgespalten entspricht der Verschiebungsvektor $w(t)$ dem Gleichungssystem der Weg-Zeit-Funktionen:

$$\begin{aligned} x(t) &= \hat{x}_r \cos \Omega t - \hat{x}_i \sin \Omega t = \hat{x} \cos(\Omega t + \phi_{ix}) & \hat{x} &= \sqrt{\hat{x}_r^2 + \hat{x}_i^2} & \tan \phi_{ix} &= \hat{x}_i / \hat{x}_r \\ y(t) &= \hat{y}_r \cos \Omega t - \hat{y}_i \sin \Omega t = \hat{y} \cos(\Omega t + \phi_{iy}) & \hat{y} &= \sqrt{\hat{y}_r^2 + \hat{y}_i^2} & \tan \phi_{iy} &= \hat{y}_i / \hat{y}_r \\ z(t) &= \hat{z}_r \cos \Omega t - \hat{z}_i \sin \Omega t = \hat{z} \cos(\Omega t + \phi_{iz}) & \hat{z} &= \sqrt{\hat{z}_r^2 + \hat{z}_i^2} & \tan \phi_{iz} &= \hat{z}_i / \hat{z}_r \\ \phi_x(t) &= \hat{\phi}_{xr} \cos \Omega t - \hat{\phi}_{xi} \sin \Omega t = \hat{\phi}_x \cos(\Omega t + \phi_{ix}) & \hat{\phi}_x &= \sqrt{\hat{\phi}_{xr}^2 + \hat{\phi}_{xi}^2} & \tan \phi_{ix} &= \hat{\phi}_{xi} / \hat{\phi}_{xr} \\ \phi_y(t) &= \hat{\phi}_{yr} \cos \Omega t - \hat{\phi}_{yi} \sin \Omega t = \hat{\phi}_y \cos(\Omega t + \phi_{iy}) & \hat{\phi}_y &= \sqrt{\hat{\phi}_{yr}^2 + \hat{\phi}_{yi}^2} & \tan \phi_{iy} &= \hat{\phi}_{yi} / \hat{\phi}_{yr} \\ \phi_z(t) &= \hat{\phi}_{zr} \cos \Omega t - \hat{\phi}_{zi} \sin \Omega t = \hat{\phi}_z \cos(\Omega t + \phi_{iz}) & \hat{\phi}_z &= \sqrt{\hat{\phi}_{zr}^2 + \hat{\phi}_{zi}^2} & \tan \phi_{iz} &= \hat{\phi}_{zi} / \hat{\phi}_{zr} \end{aligned} \quad (2.1.18a-f)$$

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Die Dämpfungsmatrix

Schwerpunktverschiebungen und Achsenverdrehungen sind wichtige Zwischenergebnisse auf dem Wege zur Berechnung dynamischer Federwege und Schwingweiten interessierender Punkte der periodisch erregten Masse (z. B. elastische Verbindungen von Anschlussleitungen an Motorgehäuse). Jede solche Massenpunktverschiebung u setzt sich aus einer direkten Translation der betreffenden Koordinate und den beiden Drehwinkeln der übrigen Koordinatenachsen, multipliziert mit den entsprechenden Achsenabständen, zusammen:

$$u_x = x + C \phi_y - B \phi_z \quad u_y = y + A \phi_z - C \phi_x \quad u_z = z + B \phi_x - A \phi_y \quad (2.1.9a-c)$$

In der Gleichung (2.1.19) erfolgt nun, für jede Komponente getrennt, die Anpassung an die Lösung aus (2.1.16):

$$\begin{aligned} \hat{u}_{xr} &= \hat{x}_r + C \hat{\phi}_{yr} - B \hat{\phi}_{zr} & \hat{u}_{xi} &= \hat{x}_i + C \hat{\phi}_{yi} - B \hat{\phi}_{zi} & \hat{u}_x &= \sqrt{\hat{u}_{xr}^2 + \hat{u}_{xi}^2} \\ \hat{u}_{yr} &= \hat{y}_r + A \hat{\phi}_{zr} - C \hat{\phi}_{xr} & \hat{u}_{yi} &= \hat{y}_i + A \hat{\phi}_{zi} - C \hat{\phi}_{xi} & \hat{u}_y &= \sqrt{\hat{u}_{yr}^2 + \hat{u}_{yi}^2} \\ \hat{u}_{zr} &= \hat{z}_r + B \hat{\phi}_{xr} - A \hat{\phi}_{yr} & \hat{u}_{zi} &= \hat{z}_i + B \hat{\phi}_{xi} - A \hat{\phi}_{yi} & \hat{u}_z &= \sqrt{\hat{u}_{zr}^2 + \hat{u}_{zi}^2} \end{aligned}$$

Kraftübertragung

Zur Beurteilung der Isolationswirkung einer elastischen Lagerung oder zur Abschätzung der Körperschalldämmung ist es nützlich, die auf das Fundament wirkenden Reststörkräfte zu kennen. Die resultierenden, d. h. durch die Lagerung insgesamt übertragenen Kräfte und Momente lassen sich durch Auflösung der Gleichung (1.0.1) nach den durch die Federung übertragenen Kraftanteilen gewinnen:

$$C\dot{w} + Kw = f - M\ddot{w} \quad (2.1.20)$$

Zweimaliges Ableiten der Gleichung (2.1.17) nach der Zeit ergibt die noch unbekannte Beschleunigung:

$$\ddot{w}(t) = -\Omega^2 \hat{w}_r \cos \Omega t + \Omega^2 \hat{w}_i \sin \Omega t \quad (2.1.21)$$

In der Gleichung (2.1.1) hat der Belastungsvektor die Form Formel 89, was in Analogie zu (2.1.17) und (2.1.18) seine Zerlegung in Real- und Imaginärteil erlaubt:

$$f = \hat{f}_r \cos \Omega t - \hat{f}_i \sin \Omega t \quad (2.1.22)$$

Mit den vorstehenden Gleichungen geht (2.1.20) in das System der übertragenen Kraftgrößen

$$T = (\hat{f}_r + \Omega^2 M \hat{w}_r) \cos \Omega t - (\hat{f}_i + \Omega^2 M \hat{w}_i) \sin \Omega t \quad (2.1.23)$$

über, deren Amplituden

$$|T| = \sqrt{(\hat{f}_r + \Omega^2 M \hat{w}_r)^2 + (\hat{f}_i + \Omega^2 M \hat{w}_i)^2} \quad (2.1.24)$$

mit den bekannten \hat{f}_r und \hat{f}_i jetzt berechenbar sind.

Für die Vertikalkomponente liefert (2.1.24) beispielsweise:

$$|T_{tz}| = \sqrt{(\hat{F}_z \cos \psi_{tz} + \Omega^2 m \hat{z}_r)^2 + (\hat{F}_z \sin \psi_{tz} + \Omega^2 m \hat{z}_i)^2}$$

2.2 Freie (ungedämpfte) Schwingung des starren Körpers

Gegenüber dem Einmassensystem von einem Freiheitsgrad hat sich die Zahl der Freiheitsgrade beim starren Körper um weitere fünf erhöht und mit ihr die Anzahl möglicher Resonanzstellen und zugehöriger Eigenfrequenzen. Für ihre Bestimmung ist der Einfluss der Dämpfung vernachlässigbar, wodurch sich die Gleichung (1.0.1) vereinfacht:

$$M\ddot{w} + Kw = 0 \quad (2.2.1)$$

Der Lösungsansatz mit unbekanntem Amplituden und Nullphasenwinkeln

$$w(t) = \hat{w} \sin(\omega t + \phi_0) \quad (2.2.2)$$

führt unmittelbar auf das Gleichungssystem: $(K - \omega^2 M) \hat{w} = 0$ (2.2.3)

das sich aber auch aus bereits bekannten Ergebnissen herleiten lässt, wenn die formale Übereinstimmung zwischen den Zeigerdiagrammen der Abb. 2 und Abb. 14 beachtet wird. Anstatt im Takt der Erregerfrequenz Ω schwingt das "freie" System nach seiner Auslenkung aus der Ruhelage gleichförmig mit seiner Eigenfrequenz ω , und an die Stelle des Phasenwinkels ϕ zwischen Massenerregung und -antwort ist der Nullphasenwinkel ϕ_0 getreten, der aus den "Anfangsbedingungen" $w(0) = w_{(t=0)}$ und $\dot{w}(0) = \dot{w}_{(t=0)}$ berechnet wird. Der Lösungsansatz entspricht dann der Gleichung (2.1.10a):

$$w_n(t) = \hat{w}_n e^{j(\omega t + \phi_{0n})} = \hat{w}_n e^{j\phi_{0n}} e^{j\omega t} = \hat{w}_n e^{j\omega t}$$

Aus Gleichung (2.1.16) wird bei fehlender Dämpfung und Belastung: $S_r \hat{w}_r = 0$ und $S_i \hat{w}_i = 0$ oder $(K - \omega^2 M) \hat{w}_r = 0$ und $(K - \omega^2 M) \hat{w}_i = 0$ (2.2.3a-b)

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

2.2 Freie (ungedämpfte) Schwingung des starren Körpers

Sind in der Massenmatrix **M** die Zentrifugalmomente von Null verschieden, so kommen die "Eigenwerte" ω^2 nicht nur in der "Hauptdiagonalen" (Elemente, deren Spalten- und Zeilenindex übereinstimmen) der Matrix **S**, sondern auch in anderen Koeffizienten vor. In diesem Fall spricht man von einem allgemeinen Eigenwertproblem, das durch Umformung der Mehrzahl der Lösungsverfahren zugänglich gemacht werden kann. Angestrebt wird eine Matrix **S***, in der die Eigenwerte ω^2 lediglich in den Hauptdiagonalelementen erscheinen als Differenz einer noch zu berechnenden Matrix **A** und der mit dem unbekanntem Parameter ω^2 multiplizierten Einheitsmatrix **E**. Bei der letzteren handelt es sich definitionsgemäß um eine Matrix, deren Hauptdiagonalelemente den Wert 1, alle übrigen Elemente den Wert 0 haben.

Allen bisher behandelten Matrizen ist gemeinsam, dass sie in Zeilen- und Spaltenanzahl übereinstimmen und demzufolge eine quadratische Koeffizientenanordnung besitzen. Einer quadratischen Matrix **A** kann eine Zahl Δ zugeordnet werden, die durch

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \quad (2.2.4)$$

dargestellt ist und als *Determinante* der Ordnung n von **A**, geschrieben $\det(A)$, bezeichnet wird, äußerlich gekennzeichnet durch zwei senkrechte Begrenzungsstriche zur Unterscheidung von den bei Matrizen üblichen eckigen oder runden Klammern. Sie hat den Wert

$$\det A = \sum_{k=1}^n a_{ik} A_{ik} \quad (2.2.5)$$

Darin ist A_{ik} eine Determinante der Ordnung (n-1), die man durch Weglassen aller Elemente der i-ten Zeile und k-ten Spalte von a_{ik} erhält und deren Vorzeichen bei ungeradzahlgiger Summe der Indizes (i + k) negativ wird. Sind zwei Zeilen (oder Spalten) einer Determinante gleich oder proportional zueinander, so ist ihr Wert gleich Null. Matrizen, deren Determinanten von Null verschieden sind, werden als regulär, andernfalls als singular bezeichnet. Zu jeder quadratischen nicht singularen Matrix **M** gehört eine zu ihr inverse Matrix **M**⁻¹ derart, dass gilt:

$$\mathbf{M}^{-1} \mathbf{M} = \mathbf{M} \mathbf{M}^{-1} = \mathbf{E} \quad (2.2.6)$$

Die in dieser Definition enthaltene Behauptung, dass die bei den Matrizen **M** und **M**⁻¹ im Produkt vertauschbar sind, kann bewiesen werden. Im allgemeinen Fall der Multiplikation zweier Matrizen gilt das kommutative Gesetz nicht, d. h. bei der Multiplikation einer Matrix **U** von links (vorn) mit einer Matrix **V** erzielt man ein anderes Ergebnis als bei Multiplikation von rechts (hinten). Der Begriff der inversen Matrix oder Kehrmatrix tauchte bereits im Abschnitt 2.1 auf. Dort gelangt man zu der Gleichung (2.1.13) durch Linksmultiplikation von (2.1.12b) mit **S**⁻¹.

Als nächster Schritt im Sinne der Aufgabenstellung wird nun die reguläre Massenmatrix **M** durch die Einheitsmatrix **E** ersetzt durch Linksmultiplikation von (2.2.3) mit **M**⁻¹:

$$(\mathbf{M}^{-1} \mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M}^{-1} \mathbf{M}) \hat{\mathbf{w}} = (\mathbf{M}^{-1} \mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{E}) \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0} \quad (2.2.7)$$

$$\text{und mit } \mathbf{A} = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{K}: \quad (\mathbf{A} - \omega^2 \mathbf{E}) \mathbf{w} = \mathbf{0} \quad (2.2.8)$$

Das homogene Gleichungssystem (2.2.3) ist also durch Matrizenmultiplikation in die Form (2.2.8) mit den gewünschten Eigenschaften transformiert worden und liegt als spezielles Eigenwertproblem vor, für das diverse leistungsfähige Lösungsverfahren und Rechenprogramme existieren (siehe Literaturhinweis).

Man unterscheidet direkte und indirekte Lösungsverfahren, von denen die letzteren iterativ arbeiten und sich daher für die elektronische Berechnung besonders gut eignen. Zu den direkten Verfahren gelangt man durch Berücksichtigung der Tatsache, dass das Gleichungssystem (2.2.8) außer der „trivialen“ Lösung $\hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0}$ nur dann Lösungen hat, wenn gilt:

$$\det \mathbf{S}_* = \det (\mathbf{A} - \omega^2 \mathbf{E}) = 0 \quad (2.2.9)$$

„Entwicklung“ der Determinante (2.2.9) mit den unbestimmten Werten ω^2 nach Gleichung (2.2.5) führt im Falle des starren Körpers auf eine algebraische Gleichung höchstens 6. Grades in $\lambda = \omega^2$ deren Wurzeln λ_i die gesuchten Eigenwerte sind. Das Polynom $P(\lambda) = 0$ heißt *charakteristische Gleichung*, $\det (\mathbf{A} - \lambda \mathbf{E})$ die *charakteristische Determinante* des speziellen Eigenwertproblems. Setzt man nun nacheinander die λ_i in das Gleichungssystem (2.2.8) ein, entsteht eine dem Grad des Polynoms entsprechende Anzahl verschiedener homogener Gleichungssysteme, aus denen die Komponenten der zugehörigen Verschiebungsvektoren $\hat{\mathbf{w}}_i$ bestimmt werden können. Die Verschiebungen $\hat{\mathbf{w}}_i$ sind die zu jedem der 6 Eigenwerte λ_i gehörenden Eigenvektoren. Wegen der Homogenität von (2.2.8) sind diese allerdings nur bis auf einen konstanten Faktor festgelegt, der willkürlich bleibt und beliebige Normierung erlaubt.

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

2.2 Freie (ungedämpfte) Schwingung des starren Körpers

In Spalten angeordnet bilden die Eigenvektoren die *Modalmatrix*, während die mit λ multiplizierte Einheitsmatrix das Spektrum der Eigenwerte auf der Hauptdiagonalen wiedergibt und daher auch Spektralmatrix genannt wird. Durch die Modalmatrix sind die den einzelnen Eigenwerten zugeordneten Schwingungsformen bestimmt. Anhand eines Modells lassen sich die Begriffsdefinitionen anschaulich darstellen:

Zur Untersuchung der Biegeschwingungen eines an seinen Enden frei drehbar gelagerten Trägers der Länge l wird die kontinuierlich verteilte Trägermasse in drei gleichgroße Einzelmassen m aufgeteilt, die in vertikaler Richtung **v** schwingen (Abb. 16).

Durch diese willkürliche Aufteilung ist ein System von 3 Freiheitsgraden entstanden, dessen Modalmatrix **V** aus den Eigenvektoren $\hat{\mathbf{v}}_1, \hat{\mathbf{v}}_2$ und $\hat{\mathbf{v}}_3$ besteht. Die Elemente der ersten Zeile sind auf „1“ gesetzt:

$$\mathbf{V} = \begin{matrix} (\lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3) \\ \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

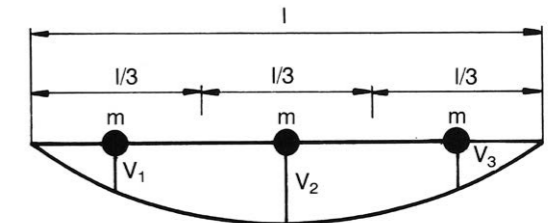


Abb. 16 Masseloser Balken mit 3 Einzelmassen

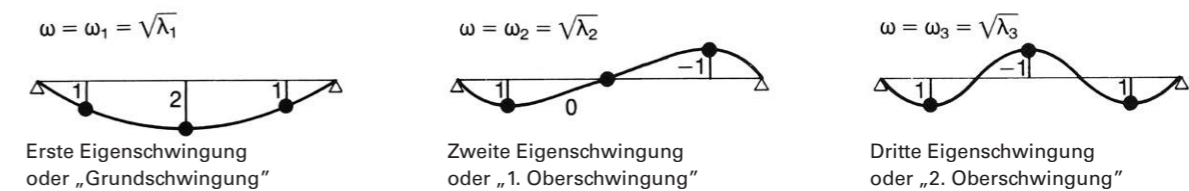


Abb. 17 Schwingungsformen am masselosen Balken mit 3 Einzelmassen

Die freie, ungedämpfte Balkenschwingung läuft mit der gewählten Normierung für die drei Massen nach folgendem Weg-Zeit-Gesetz ab:

$$\begin{aligned} v_1 &= C_1 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_1 t + a_1) + C_2 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_2 t + a_2) + C_3 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_3 t + a_3) \\ v_2 &= C_1 \cdot 2 \cdot \sin(\omega_1 t + a_1) + C_2 \cdot 0 \cdot \sin(\omega_2 t + a_2) - C_3 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_3 t + a_3) \\ v_3 &= C_1 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_1 t + a_1) - C_2 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_2 t + a_2) + C_3 \cdot 1 \cdot \sin(\omega_3 t + a_3) \end{aligned}$$

Aus den Zustandsgrößen zur Zeit t = 0 lassen sich die unbekanntes C_i und a_i berechnen. Ausführlicher wird hierauf bei der freien Schwingung des starren Körpers mit beliebiger Modalmatrix eingegangen. Streng genommen hat der betrachtete Balken eine kontinuierlich verteilte Masse und somit unendlich viele Eigenfrequenzen. Durch "Diskretisierung" des Systems, d. h. Zerlegung in Einzelmassen, kann sein Schwingungsverhalten aber beliebig genau erfasst werden. Im vorliegenden Fall betragen die Fehler gegenüber der "exakten" Lösung für ω_1 0 %, für ω_2 2 % und für ω_3 14,2 %. Interessant sind neben der Grundschwingung noch die erste, seltener die zweite Oberschwingung. Soll deren Frequenz präziser bestimmt werden, sind entsprechend der geforderten Genauigkeit mehr Massen einzuführen.

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Symmetrie und Schwingungsentkopplung

Schwingungsfähige Systeme haben eine ihren Freiheitsgraden entsprechende Anzahl von Eigenvektoren und diese wiederum eine gleichgroße Anzahl von Komponenten, die Auskunft darüber geben, in welchem Verhältnis die Amplituden in den beteiligten Koordinatenrichtungen stehen, wenn das System frei schwingt. Man spricht in diesem Fall auch von Schwingungskopplung, die zu minimieren ein wichtiger Bestandteil schwingungs-isolierender Maßnahmen ist. Gelingt es nun, möglichst viele Komponenten der Eigenvektoren verschwinden zu lassen, ist das System in den betreffenden Koordinatenrichtungen entkoppelt. Da die Eigenvektoren aus der modifizierten Matrix $(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M})$ berechnet werden, müssen deren Nichtdiagonalelemente den Wert Null annehmen. Wie das erreicht wird, lässt sich am Beispiel eines symmetrischen starren Körpers verdeutlichen, für den keine Zentrifugalmomente existieren:

$$\begin{bmatrix} k_{11} - m\omega^2 & 0 & 0 & 0 & k_{15} & k_{16} \\ 0 & k_{22} - m\omega^2 & 0 & k_{24} & 0 & k_{26} \\ 0 & 0 & k_{33} - m\omega^2 & k_{34} & k_{35} & 0 \\ 0 & k_{42} & k_{43} & k_{44} - J_{xx}\omega^2 & k_{45} & k_{46} \\ k_{51} & 0 & k_{53} & k_{54} & k_{55} - J_{yy}\omega^2 & k_{56} \\ k_{61} & k_{62} & 0 & k_{64} & k_{65} & k_{66} - J_{zz}\omega^2 \end{bmatrix}$$

Die in Elementschreibweise dargestellte Matrix $(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M})$ setzt einen starren Körper mit Achsensymmetrie und eine zu den Achsen parallele Lagerung voraus. In der vorliegenden Form enthält die Matrix keinen Zeilenvektor, der nicht irgendeine Komponente mit den übrigen gemeinsam hat, so dass totale Kopplung aller Koordinaten miteinander besteht. Im Idealfall ist die Matrix nur auf ihrer Hauptdiagonalen besetzt. Dann lautet beispielsweise die Gleichung in x-Richtung:

$$(k_{11} - m\omega^2) \cdot \hat{x} = (\sum k_{xx} - m\omega^2) \hat{x} = 0 \tag{2.2.10}$$

woraus $\omega^2 = \sum k_{xx}/m$ sofort folgt. An die Stelle einer Masse mit 6 Freiheitsgraden sind rechnerisch 6 Massen mit einem Freiheitsgrad getreten, was totale Entkopplung und beträchtliche Rechenerleichterung bedeutet. Es werden zunächst Lagerungen betrachtet, deren Federn in ihren Steifigkeiten k_{xx} , k_{yy} und k_{zz} übereinstimmen. Letztere lassen sich aus den Nichtdiagonalelementen ausklammern, so dass nur noch über die vorzeichenbehafteten Lagerkoordinaten A, Bund C summiert wird. Bei Lagersymmetrie ist deren Summe und damit das betreffende Element gleich Null.

a) Lagerung symmetrisch zur x-z-Ebene
in diesem Fall gilt: $k \cdot \sum B = 0 = k_{16} = k_{61} = k_{34} = k_{43} = k_{45} = k_{54} = k_{56} = k_{65}$

Es entstehen zwei homogene Gleichungssysteme (2.2.11) und (2.2.12), in denen Kopplung zwischen \hat{x} , \hat{z} und $\hat{\phi}_y$, sowie \hat{y} , $\hat{\phi}_x$ und $\hat{\phi}_z$ besteht:

$$\begin{bmatrix} \sum k_{xx} - m\omega^2 & 0 & \sum k_{xx}C \\ 0 & \sum k_{zz} - m\omega^2 & - \sum k_{zz}A \\ \sum k_{xx}C & - \sum k_{zz}A & \sum (k_{xx}C^2 + k_{zz}A^2) - J_{yy}\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{z} \\ \hat{\phi}_y \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

$$\begin{bmatrix} \sum k_{yy} - m\omega^2 & - \sum k_{yy}C & \sum k_{yy}A \\ - \sum k_{yy}C & \sum (k_{yy}C^2 + k_{zz}B^2) - J_{xx}\omega^2 & - \sum k_{yy}AC \\ \sum k_{yy}A & \sum k_{yy}AC & \sum (k_{xx}B^2 + k_{yy}A^2) - J_{zz}\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{y} \\ \hat{\phi}_x \\ \hat{\phi}_z \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

b) Lagerung symmetrisch zur x-z-Ebene und y-z-Ebene
zusätzlich zu a) gilt die Bedingung: $k \cdot \sum A = 0 = k_{26} = k_{62} = k_{35} = k_{53} = k_{46} = k_{64}$, wodurch jeweils nur noch zwei gekoppelte Schwingungen übrig bleiben:

$$\begin{bmatrix} \sum k_{xx} - m\omega^2 & \sum k_{xx}C \\ \sum k_{xx}C & \sum (k_{xx}C^2 + k_{zz}A^2) - J_{yy}\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{\phi}_y \end{bmatrix} = \mathbf{0} \tag{2.2.13}$$

$$\begin{bmatrix} \sum k_{yy} - m\omega^2 & - \sum k_{yy}C \\ - \sum k_{yy}C & \sum (k_{yy}C^2 + k_{zz}B^2) - J_{xx}\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{y} \\ \hat{\phi}_x \end{bmatrix} = \mathbf{0} \tag{2.2.14}$$

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Symmetrie und Schwingungsentkopplung

Die Vertikalschwingung $z(t)$ und die Drehschwingung um die Hochachse $\phi_z(t)$ sind jetzt vollständig entkoppelt, ihre Eigenfrequenzen errechnen sich unmittelbar aus:

$$\sum k_{zz} - m\omega^2 = 0 \tag{2.2.15}$$

und $\sum (k_{xx} B^2 + k_{yy} A^2) - J_{zz}\omega^2 = 0 \tag{2.2.16}$

Bei konstruktiv bedingter unsymmetrischer Lageranordnung ist eine Schwingungsentkopplung trotzdem möglich, wenn die Summe der Produkte aus Lagersteifigkeit und -koordinate ebenfalls Null wird. Das macht den Einsatz von Federn unterschiedlicher Steifigkeit erforderlich.

Lösungsmethoden

Für die elektronische Berechnung der Eigenwerte und -vektoren bedient man sich, wie gesagt, der indirekten Lösungsverfahren. Sie arbeiten nicht mit dem charakterischen Polynom, sondern iterativ, d. h. durch eine Folge geeigneter Matrizenmultiplikationen (Ähnlichkeitstransformationen) mit der Matrix \mathbf{A} entsteht eine Matrix Δ , deren Hauptdiagonalelemente λ_i die gesuchten Eigenwerte und deren übrige Elemente gleich Null oder beliebig klein sind.

Sind Programme verfügbar, welche das spezielle Eigenwertproblem (2.2.8) lösen ohne nach den Eigenschaften der Matrix \mathbf{A} zu fragen, können die Lösungen direkt für weitere Berechnungen (z. B. Normierung der Eigenvektoren oder Umrechnung der Koppelkreisfrequenzen in [Hz] oder [U/min]) übernommen werden. Viele Programme basieren jedoch auf dem klassischen JACOBI-Verfahren, das aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts stammt und inzwischen einige Modifikationen erfahren hat. Dieses relativ einfache Verfahren nutzt die Vorteile, die es mathematisch und rechentechnisch bei der Behandlung symmetrischer Matrizen gibt, hat aber den Nachteil, dass es eben nur auf diese anwendbar ist. Um es nutzen zu können, müsste die Matrix $\mathbf{A} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{K}$ symmetrisch sein. Obwohl beide Matrizen \mathbf{M} und \mathbf{K} symmetrisch sind, geht diese Eigenschaft nicht auf die Matrix \mathbf{A} über, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die in Elementschreibweise vorliegende Matrix $(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M})$ betrachtet. Zeilenweise Division mit den entsprechenden Elementen der Massenmatrix \mathbf{M} ergibt beispielsweise

$$a_{34} = k_{34}/m \text{ und } a_{43} = k_{43}/J_{xx}$$

und damit Ungleichheit bei der Koeffizienten.

Bei den in der Ingenieurpraxis auftretenden Eigenwertproblemen sind $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{K}$ meist symmetrisierbare Matrizen. Eine als Verfahren von CHOLESKY bezeichnete Zerlegungsmethode hilft die Symmetrisierung schrittweise zu bewerkstelligen. Dazu nimmt man eine obere Dreiecksmatrix \mathbf{R} (deren Elemente "unter" der Hauptdiagonalen gleich Null sind), transponiert sie durch Vertauschung der Zeilen und Spalten in die untere Dreiecksmatrix \mathbf{R}^T , bildet das Produkt aus beiden und setzt es gleich der Massenmatrix \mathbf{M} :

$$\mathbf{R}^T \mathbf{R} = \mathbf{M} \tag{2.2.17}$$

Bei symmetrischer Matrix \mathbf{M} und positiven Hauptdiagonalelementen m_i lassen sich die Elemente der Dreiecksmatrizen $r_{ik}^T = r_{ki}$ aus \mathbf{M} bestimmen. Mit der Beziehung (2.2.17) wird (2.2.3) zu

$$(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{R}^T \mathbf{R}) \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0} \tag{2.2.18}$$

und nach Linksmultiplikation mit \mathbf{R}^T :

$$(\mathbf{R}^T \mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{R}^T \mathbf{R}^T \mathbf{R}) \hat{\mathbf{w}} = (\mathbf{R}^T \mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{E}) \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0} \tag{2.2.19}$$

Wird \mathbf{R} ausgeklammert, geht das Gleichungssystem (2.2.19) über in

$$(\mathbf{R}^T \mathbf{K} \mathbf{R}^{-1} - \omega^2 \mathbf{E}) \mathbf{R} \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0} \tag{2.2.20}$$

Mit den Abkürzungen: $\mathbf{K}^* = \mathbf{R}^T \mathbf{K} \mathbf{R}^{-1}$ und $\hat{\mathbf{w}}^* = \mathbf{R} \hat{\mathbf{w}}$ ergibt sich schließlich

$$(\mathbf{K}^* - \omega^2 \mathbf{E}) \hat{\mathbf{w}}^* = \mathbf{0} \tag{2.2.21}$$

Auf die Matrix \mathbf{K}^* gehen die Symmetrieeigenschaften von \mathbf{K} über. Durch die Ähnlichkeitstransformationen bleiben die Eigenwerte unverändert, lediglich die Eigenvektoren beziehen sich jetzt auf ein anderes Koordinatensystem $\hat{\mathbf{w}}^*$ aus dem die auf das Ursprungssystem bezogenen Eigenvektoren $\hat{\mathbf{w}}$ mit der Rücktransformation

$$\hat{\mathbf{w}} = \mathbf{R}^{-1} \hat{\mathbf{w}}^* \tag{2.2.22}$$

zu gewinnen sind.

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Lösungsmethoden

Mit dem CHOLESKY-Verfahren ist unter den gemachten Voraussetzungen die Zerlegung einer "Vollmatrix" **M** möglich. Im Sonderfall einer nur auf der Hauptdiagonalen besetzten Massenmatrix, für verschwindende Zentrifugalmomente also, kommt man leichter zum Ziel durch Zerlegung von **M** in zwei gleiche Faktoren

$$\mathbf{M}^{1/2}\mathbf{M}^{1/2} = \mathbf{M} \quad (2.2.23)$$

deren Diagonalelemente gleich der Wurzel aus den entsprechenden m_i ($m, m, m, J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}$) sind. Durch Einsetzen und Ausklammern ergeben sich folgende Zwischenergebnisse:

$$(\mathbf{K} - \omega^2\mathbf{M}) \hat{\mathbf{w}} = (\mathbf{K} - \omega^2\mathbf{M}^{1/2}\mathbf{M}^{1/2}) \hat{\mathbf{w}} = (\mathbf{K}\mathbf{M}^{-1/2} - \omega^2\mathbf{M}^{1/2}) \mathbf{M}^{1/2} \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0}$$

Linksmultiplikation mit $\mathbf{M}^{-1/2}$ führt zu $(\mathbf{M}^{-1/2}\mathbf{K}\mathbf{M}^{-1/2} - \omega^2\mathbf{E}) \mathbf{M}^{1/2} \hat{\mathbf{w}} = \mathbf{0} \quad (2.2.24)$

Die Abkürzungen $\mathbf{K}^* = \mathbf{M}^{-1/2}\mathbf{K}\mathbf{M}^{-1/2}$ und $\hat{\mathbf{w}}^* = \mathbf{M}^{1/2} \hat{\mathbf{w}}$ zeigen die formale Übereinstimmung mit (2.2.21) auf und es bleibt nur noch die Rücktransformation analog (2.2.22) mit $\mathbf{M}^{-1/2}$

Normierung

Das von der elektronischen Berechnung gelieferte Ergebnis sei nach endlich vielen Schritten eine Matrix **U**, die näherungsweise eine Diagonalmatrix ist und deren Diagonalelemente näherungsweise die gesuchten Eigenwerte sind. Als Konvergenz- bzw. Abbruchkriterium lässt sich (nach t Transformationen) die Quadratsumme der Nichtdiagonalelemente verwenden

$$S_t = \sum_{\substack{k=1 \\ i \neq k}}^6 (u_{ik})^2 \cdot \varepsilon$$

Dieses Kriterium wird auch in Rechenprogrammen benutzt, wobei ε im Programm als Zahlenwert vorgegeben wird, der üblicherweise zwischen 10^{-6} und 10^{-8} liegt.

Parallel zu der Spektralmatrix **U** wurde die Modalmatrix **V** berechnet, so dass auch die den Eigenwerten u_{kk} zugeordneten Spaltenvektoren \mathbf{v}_k bekannt sind:

$$\begin{matrix} u_{11} & u_{22} & u_{33} & u_{44} & u_{55} & u_{66} \\ \hline v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} & v_{15} & v_{16} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & v_{24} & v_{25} & v_{26} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{51} & v_{52} & v_{53} & v_{54} & v_{55} & v_{56} \\ v_{61} & v_{62} & v_{63} & v_{64} & v_{65} & v_{66} \end{matrix} \quad (2.2.26a-f)$$

Im Idealfall vollständiger Schwingungsentkopplung ist jeder Koordinate eindeutig ein Eigenwert zuzuordnen. Die Hauptdiagonalelemente v_{kk} erhalten den Wert "1", alle Nichtdiagonalelemente sind Null. Bei gekoppelten Schwingungen geht diese Eindeutigkeit dem Kopplungsgrad entsprechend verloren, es ist aber möglich, mit Hilfe einer Selektionssystematik die vorherrschenden Koordinaten von Eigenwerten herauszufiltern. Dies wird beispielhaft an einem BASIC-Programmsegment aufgezeigt, in dem es mehr auf Transparenz und weniger auf knappen Programmierstil und optimale Speicherplatzausnutzung ankommen soll. Mit den bekannten Matrizen **U** und **V** läuft es wie folgt ab:

```

9500 REM**Normierung der Eigenvektoren** (Befehlssatz des Matrix-ROM HP Serie 80)
9510 REM** Bei Versionen ohne Matrizenbefehle sind Unterprogramme zu verwenden**
9520 MAT VH = ZER ! Eigenvektorsortiermatrix wird Nullmatrix
9530 MAT VHH = ZER ! Eigenvektorzwischenergebnismatrix wird Nullmatrix
9540 MAT UHH = ZER ! Eigenwertzwischenergebnismatrix wird Nullmatrix
! Die Matrizen VH, VHH und UHH müssen bereits dimensioniert sein
9550 MAT VH = V ! VH wird Operationsmatrix
9560 FOR J = 1 TO 6
9570 DISP MAXAB (VH) ! Suche des betragsgrößten Elements v(lmax, kmax)
9580 lmax = MAXABROW ! Zeilenindex des betragsgrößten Elements
9590 kmax = MAXABCOL ! Spaltenindex des betragsgrößten Elements
    
```

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Normierung

```

9600 MAT VHH (,lmax) = V (,kmax) ! Umordnen des betreffenden Spaltenvektors und des
9610 UHH (lmax, lmax) = U (kmax, kmax) ! zugehörigen Eigenwertes
9620 FOR L = 1 TO 6
9630 VH (lmax,L) = 0
9640 VH (L,kmax) = 0 !Damit die betreffenden Zeilen- und Spaltenelemente beim nächsten
!Schleifendurchlauf nicht berücksichtigt werden.
9650 NEXT L
9660 NEXT J
9670 REM**Normierung der Eigenvektoren und Umrechnung der Eigenwerte**
9680 FOR J = 1 TO 6
9690 FOR L = 1 TO 6
9700 V (L, J) = VHH (L, J) / VHH (J, J) ! Normierung nach den Diagonalelementen
9710 NEXT L
9720 U (J, J) = SQR (UHH (J,J)) . 30/PI ! Umrechnung der Eigenwerte in Umdrehungen/Minute
9730 NEXT J
    
```

Weg-Zeit-Gesetz der freien (ungedämpften) Schwingung des starren Körpers

Der in Analogie zur erzwungenen Schwingung nach (2.1.10a) gemachte Exponentialansatz führt entsprechend den Gleichungen (2.1.17) und (2.1.18) im Falle der freien Schwingung zur Lösung

$$\mathbf{w}(t) = \mathbf{w}_c \cos \omega t - \mathbf{w}_s \sin \omega t = \hat{\mathbf{w}} \cos (\omega t - \varphi_0) \quad (2.2.27)$$

ihm gleichwertig zur Seite steht der häufig verwendete Ansatz (2.2.2).

$$\mathbf{w}(t) = \mathbf{w}_s \sin \omega t - \mathbf{w}_c \cos \omega t = \hat{\mathbf{w}} \sin (\omega t - \varphi_0)$$

mit dem jetzt die weitere Berechnung durchgeführt werden soll. Durch das Vorhandensein mehrerer Eigenfrequenzen heißen die Teillösungen für die Schwingung mit $\omega = \omega_i$:

$$\mathbf{w}_i(t) = \mathbf{w}_{si} \sin \omega_i t + \mathbf{w}_{ci} \cos \omega_i t = \hat{\mathbf{w}}_i \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) = p_i \mathbf{v}_i \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) \quad (2.2.28)$$

und in Komponenten:

$$x_i(t) = x_{si} \sin \omega_i t + x_{ci} \cos \omega_i t = \hat{x}_i \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) = p_i v_{i1} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) \quad (2.2.28a)$$

$$y_i(t) = y_{si} \sin \omega_i t + y_{ci} \cos \omega_i t = \hat{y}_i \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) = p_i v_{i2} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) \quad (2.2.28b)$$

$$\varphi_{yi}(t) = \varphi_{ysi} \sin \omega_i t + \varphi_{ysi} \cos \omega_i t = \hat{\varphi}_{yi} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) = p_i v_{i3} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) \quad (2.2.28e)$$

$$\varphi_{zi}(t) = \varphi_{zsi} \sin \omega_i t + \varphi_{zsi} \cos \omega_i t = \hat{\varphi}_{zi} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) = p_i v_{i4} \sin (\omega_i t + \varphi_{oi}) \quad (2.2.28f)$$

Stellvertretend für alle Koordinatenrichtungen des starren Körpers gibt die Abb. 18 anschaulich die mit der Eigenfrequenz ω_i schwingenden Größen in x-Richtung wieder

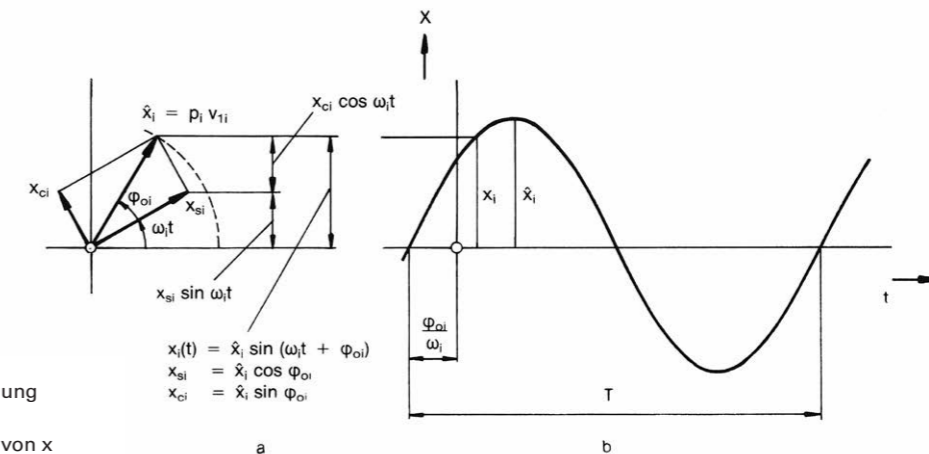


Abb. 18
Sinusschwingung
a) Zeigerbild;
b) Zeitverlauf von x

SCHWINGUNGSTECHNIK (ANHANG)

Literaturhinweise

Meltzer, G.; Kirchberg, S.: Schwingungs- und Körperschallabwehr bei Maschinenaufstellungen.
Dresden: ZIAS, Schriftenreihe Arbeitsschutz, Heft 45

Fischer, U.; Stephan, W.: Schwingungen.
Birkhäuser Verlag

Holzweißig, F.; Dresig, H.: Lehrbuch der Maschinendynamik.
Springer-Verlag

Krämer, E.: Maschinendynamik.
Springer-Verlag

Gasch, R.; Knothe, K.: Strukturtechnik, Band 1: Diskrete Systeme.
Springer-Verlag

Knaebel, M.: Technische Schwingungslehre, B. G. Teubner

Battermann, W.; Köhler, R.: Elastomere Federung. Elastische Lagerungen.
Verlag von W. Ernst und Sohn

Göbel, E. F.: Gummifedern. Berechnung und Gestaltung.
Springer-Verlag

Waller, H.; Krings, W.: Matrizenmethoden in der Maschinen- und Bauwerksdynamik.
Bibliographisches Institut

Dietrich, G.; Stahl, H.: Matrizen und Determinanten und ihre Anwendung in Technik und Ökonomie.
Verlag Harri Deutsch

Spezielle Literatur für die elektronische Berechnung

Engeln-Müllges, G.; Reutter, F.: Formelsammlung zur Numerischen Mathematik. Mit Standard-Fortran 77-Programmen. B. I.
Wissenschaftsverlag
Von den gleichen Autoren, im gleichen Verlag erschienen Programme zur Numerischen Mathematik in den Programmiersprachen:
BASIC, PASCAL, C, TURBO-BASIC, PL/1, MODULA-2 und APL.

Dankert, J.: Numerische Methoden der Mechanik.
Springer-Verlag

Brebbia, C. A.; Ferrante, A. J.: Computational Methods for the Solution of Engineering Problems.
Pentech Press Uimited, Plymouth

Diese technische Information ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung der Informationsschrift oder von Teilen davon ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 noch zulässig.

Mit freundlicher Unterstützung von Elastometall.

NOTIZEN

Hauptsitz Reutlingen

Tübinger Str. 2–6
72762 Reutlingen
Tel.: +49 7121 323-0
kundenservice@reiff-gruppe.de

REIFF TECHNISCHE PRODUKTE GMBH

DEUTSCHLAND**Niederlassung Leipzig**

Fraunhoferstraße 8
04178 Leipzig
Tel.: +49 34205 776-0
leipzig@reiff-gruppe.de

Niederlassung Chemnitz

Otto-Schmerbach-Straße 35
09117 Chemnitz
Tel.: +49 371 26 78-0
chemnitz@reiff-gruppe.de

Niederlassung Wallau

Nassaustraße 19b
65719 Hofheim-Wallau
Tel.: +49 6173 60 04-0
info@reiff-gruppe.de

Niederlassung Offenburg

Industriestraße 15
77656 Offenburg
Tel.: +49 781 9 69 18-0
offenburg@reiff-gruppe.de

**Logistikzentrum
und Ladengeschäft**

Allmendstraße 6
72770 Reutlingen-Betzingen
Tel.: +49 7121 323-1300
logistik@reiff-gruppe.de

INTERNATIONAL**ROLLER-TECH S.à.r.l.**

4385 Ehlerange
Luxemburg
www.roller-tech.eu

ROLLER BELGIUM SPRL

4040 Liège/Herstal
1400 Nivelles
Belgien
www.roller-tech.eu

REIFF Technical Products Co., Ltd.

Duhui Road No. 1835
201108 Shanghai
China
www.reiff-tp.cn

Hauptsitz Reutlingen

Tübinger Str. 2–6
72762 Reutlingen
Tel.: +49 7121 323-0
kundenservice@reiff-gruppe.de

REIFF TECHNISCHE PRODUKTE GMBH

DEUTSCHLAND**Niederlassung Leipzig**

Fraunhoferstraße 8
04178 Leipzig
Tel.: +49 34205 776-0
leipzig@reiff-gruppe.de

Niederlassung Chemnitz

Otto-Schmerbach-Straße 35
09117 Chemnitz
Tel.: +49 371 26 78-0
chemnitz@reiff-gruppe.de

Niederlassung Wallau

Nassaustraße 19b
65719 Hofheim-Wallau
Tel.: +49 6173 60 04-0
info@reiff-gruppe.de

Niederlassung Offenburg

Robert-Bosch-Str. 2
77656 Offenburg
Tel.: +49 781 9 69 18-0
offenburg@reiff-gruppe.de

**Logistikzentrum
und Ladengeschäft**

Allmendstraße 6
72770 Reutlingen-Betzingen
Tel.: +49 7121 323-1300
logistik@reiff-gruppe.de

INTERNATIONAL**ROLLER-TECH S.à.r.l.**

4385 Ehlerange
Luxemburg
www.roller-tech.eu

ROLLER BELGIUM SPRL

4040 Liège/Herstal
1400 Nivelles
Belgien
www.roller-tech.eu

REIFF Technical Products Co., Ltd.

Duhui Road No. 1835
201108 Shanghai
China
www.reiff-tp.cn