

Mechanik, Lager & Antriebe

Kraft übertragen, Wellen ausrichten und Vibration einordnen.

Das kannst du danach

- Du unterscheidest Kraft, Drehmoment, Leistung und Drehzahl.
- Du begründest einfache Lager-, Montage- und Schmierentscheidungen.
- Du trennst Achsausrichtung, Unwuchtkraft und tatsächliche Schwingung.

Dein Weg durch das Heft

- 01 Kraft, Hebel und Drehmoment · S. 2
- 02 Motor und Getriebe zusammendenken · S. 3
- 03 Radiale und axiale Lagerbelastung · S. 4
- 04 Montagekraft und Schmierfilm · S. 5
- 05 Kupplung, Bremse und Feder · S. 6
- 06 Zwei Achspunkte statt nur eines · S. 7
- 07 Unwucht ist eine Massenfrage · S. 8
- 08 Eine Diagnose braucht Vergleichsbedingungen · S. 9

SO LERNST DU DAMIT

Lies ein Kapitel und rechne das Beispiel nach. Löse danach die Aufgaben zuerst selbst. Auf den Hilfeseiten findest du Denkanstöße; die Lösungen erklären den Weg und typische Stolperstellen.

Die Beispiele dienen dem Lernen. Konkrete Arbeit, Prüfung und Freigabe richten sich nach Aufgabe, Zeichnung, Herstellerangaben und betrieblichen Vorgaben. Dieses Heft ersetzt keine Unterweisung.

KAPITEL 01 | VERSTEHEN

Kraft, Hebel und Drehmoment

Eine Kraft kann verschieben oder drehen. Für ein Drehmoment zählt der senkrechte Abstand zwischen Drehachse und Wirkungslinie der Kraft: $M = F \times l$. Der Abstand zum Griffende allein ist nur bei senkrechter Kraftrichtung der wirksame Hebelarm.

Bei einem idealen Hebel im Gleichgewicht sind die entgegengesetzten Momente gleich. Ein längerer Hebel reduziert die nötige Kraft, vergrößert aber den Weg am Angriffspunkt. Arbeit und Energie verschwinden dadurch nicht. Reale Hebel haben Reibung, Eigengewicht und Grenzen ihrer Belastbarkeit.



Ideal im Gleichgewicht: $F1 \times l1 = F2 \times l2$

BEISPIEL / LERNZIEL

200 N wirken senkrecht in 0,25 m Abstand zur Achse: $M = 50 \text{ Nm}$. Bei einem 0,50-m-Hebel würden für dasselbe ideale Moment 100 N reichen.

Praxistipp

Zeichne die Wirkungslinie und den senkrechten Abstand. So vermeidest du die falsche Hebellänge.

Typischer Fehler

Nm für Drehmoment und Joule für Arbeit haben dieselben Grundeinheiten, beschreiben hier aber verschiedene Größen.

Meine Notizen

KAPITEL 02 | VERSTEHEN

Motor und Getriebe zusammendenken

Motorarten unterscheiden sich in Aufbau und Verhalten. Ein Asynchronmotor benötigt für sein Drehmoment Schlupf gegenüber dem Drehfeld; ein Synchronmotor läuft im synchronen Betrieb mit dessen Drehzahl. Servo beschreibt ein geregeltes Antriebssystem, nicht nur eine einzelne Motorbauart.

Für ein Getriebe verwenden wir $i = n_{\text{eingang}}/n_{\text{ausgang}}$. Bei $i > 1$ sinkt die Ausgangsdrehzahl. Idealerweise steigt das Drehmoment im gleichen Verhältnis; mit Wirkungsgrad η gilt näherungsweise $M_{\text{aus}} = M_{\text{ein}} \times i \times \eta$. Der passende Arbeitspunkt muss weiterhin zur Last und zum Antrieb passen.



Bei $\eta = 0,90$: 4 Nm am Eingang $\rightarrow$ 10,8 Nm am Ausgang.

BEISPIEL / LERNZIEL

Vorgegeben: 1500 U/min, 4 Nm, $i = 3$, $\eta = 0,90$. Ausgang: 500 U/min und 10,8 Nm. Die Abgabeleistung beträgt 90 % der Eingangsleistung; ein Getriebe erzeugt keine zusätzliche Energie.

Praxistipp

Halte die Definition der Übersetzung direkt neben die Rechnung. Andere Unterlagen können das Verhältnis anders definieren.

Typischer Fehler

Mehr Drehmoment am Ausgang bedeutet bei dieser Übersetzung weniger Drehzahl.

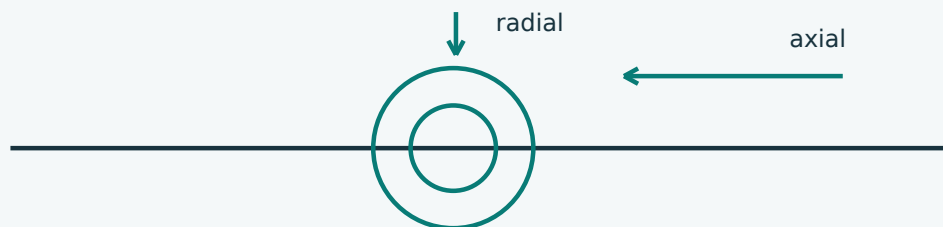
Meine Notizen

KAPITEL 03 | VERSTEHEN

Radiale und axiale Lagerbelastung

Ein Lager führt bewegte Teile und überträgt Kräfte. Radial bedeutet quer zur Wellenachse, axial entlang der Achse. Gleitlager arbeiten mit gleitenden Flächen, Wälzlager mit Wälzkörpern zwischen Laufbahnen. Die Bauart entscheidet mit, welche Belastungen aufgenommen werden können.

Ein Rillenkugellager kann je nach Ausführung radiale und begrenzte axiale Lasten tragen. Ein Zylinderrollenlager der Bauform NU ermöglicht in der üblichen Anordnung axiale Verschiebung zwischen den Ringen; es ist kein allgemeines Festlager für Axialkräfte. Die reale Auswahl braucht konkrete Lasten, Drehzahl und Herstellerdaten.



Radial: quer zur Achse. Axial: entlang der Achse.

BEISPIEL / LERNZIEL

Eine Welle soll sich bei Erwärmung längen können. Eine passende Loslagerfunktion kann diese Bewegung ermöglichen; beide Lager ohne Prüfung starr festzulegen kann zusätzliche Belastungen erzeugen.

Praxistipp

Zeichne Lastpfeile und gewünschte Bewegungsfreiheit, bevor du eine Bauart auswählst.

Typischer Fehler

Eine schematische Lagerzeichnung liefert noch keine Tragzahl oder Lebensdauer.

Meine Notizen

KAPITEL 04 | VERSTEHEN

Montagekraft und Schmierfilm

Bei einem Presssitz darf die Montagekraft nicht unnötig durch die Wälzkörper geleitet werden. Wird ein Innenring auf die Welle gefügt, wird die Kraft passend am Innenring eingeleitet. Für einen Außenringsitz im Gehäuse gilt die entsprechende Betrachtung für den Außenring.

Schmierung soll unter anderem Reibung und Verschleiß begrenzen. Schmierstoff, Menge, Zuführung, Sauberkeit und Abdichtung müssen zusammenpassen. Mehr Fett ist nicht automatisch besser: Überfüllung oder unverträgliche Mischungen können selbst Probleme verursachen.

BEISPIEL / LERNZIEL

Ein Lagerinnenring soll auf einen Wellensitz. Druck auf den Außenring würde die Kraft über Wälzkörper und Laufbahnen führen. Ein passender Montageaufbau stützt den tatsächlich gefügten Ring.

Praxistipp

Frage vor dem Fügen: Welcher Ring sitzt fest, und welchen Weg nimmt die Kraft?

Typischer Fehler

Ein rau laufendes Lager wird nicht durch beliebiges Nachfetten automatisch wieder brauchbar.

Meine Notizen

KAPITEL 05 | VERSTEHEN

Kupplung, Bremse und Feder

Eine Kupplung überträgt Drehmoment zwischen Wellen. Je nach Bauart kann sie begrenzte Lageabweichungen aufnehmen. Das ersetzt keine passende Ausrichtung. Eine Bremse erzeugt ein entgegenwirkendes Moment und wandelt beim Verzögern Bewegungsenergie meist in Wärme um.

Eine Feder speichert Energie durch elastische Verformung. Für eine ideale lineare Feder gilt $F = c \times s$. Die Federkraft wächst mit der Auslenkung; reale Federn haben einen zulässigen Arbeitsbereich. Vorspannung und Federenergie bleiben auch bei stillstehender Maschine relevant.

BEISPIEL / LERNZIEL

Vorgegebene Federsteifigkeit $c = 20 \text{ N/mm}$, zusätzliche Auslenkung $s = 3 \text{ mm}$: zusätzliche Kraft 60 N . Eine bereits vorhandene Vorspannkraft wäre gesondert zu addieren.

Praxistipp

Beschreibe die Funktion zuerst: übertragen, bremsen oder elastisch speichern. Dann das passende Bauteil zuordnen.

Typischer Fehler

Eine flexible Kupplung beseitigt nicht jeden Montagefehler und eine Feder ist im Stillstand nicht zwangsläufig unbelastet.

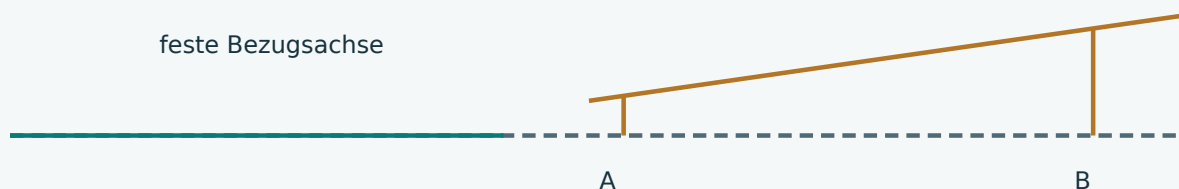
Meine Notizen

KAPITEL 06 | VERSTEHEN

Zwei Achspunkte statt nur eines

Parallelversatz bedeutet parallele, gegeneinander verschobene Achsen. Winkelversatz bedeutet unterschiedliche Achsrichtungen. Beide Fehler können gemeinsam auftreten. Ein einziger übereinstimmender Punkt beweist noch keine deckungsgleichen Achsen.

Unser ebenes Lernmodell setzt $A = s$ und $B = s + 100 \text{ mm} \times \tan(\alpha)$. Der Abstand zwischen A und B beträgt 100 mm. Die Zeichnung vergrößert Querabweichungen. Berechnete Achsabstände sind keine unmittelbaren Messuhranzeigen und keine Anleitung zum Unterlegen realer Maschinenfüße.



Querabweichung vergrößert; zwei Punkte zeigen Versatz und Winkel.

BEISPIEL / LERNZIEL

$A = +0,30 \text{ mm}$ und $B = +0,30 \text{ mm}$ zeigen reinen Parallelversatz. $A = 0$ und $B = +0,349 \text{ mm}$ passen im Modell zu etwa $0,20^\circ$ Winkelversatz. Nur A auf null zu bringen reicht im zweiten Fall nicht.

Praxistipp

Vergleiche zuerst $B - A$. Gleiche Werte sprechen im Modell für Parallelität, beide null zusätzlich für Deckung.

Typischer Fehler

Reale Ausrichtziele berücksichtigen beide Ebenen, Messaufbau und Betriebszustand.

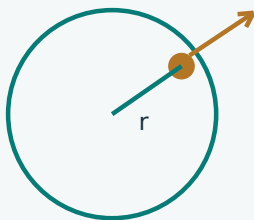
Meine Notizen

KAPITEL 07 | VERSTEHEN

Unwucht ist eine Massenfrage

Unwucht beschreibt eine ungleichmäßige Massenverteilung um die Drehachse. Im einfachen Modell sitzt eine Zusatzmasse m im Abstand r zur Achse. Die umlaufende Kraft beträgt $F = m \times r \times \omega^2$; dabei gilt $\omega = 2\pi \times n/60$ bei n in U/min.

Ausrichten verändert die Achslage; Auswuchten verändert die Massenverteilung. Das sind unterschiedliche Aufgaben. Die berechnete Kraft ist auch noch keine reale Schwingungsamplitude: Steifigkeit, Dämpfung, Masse und Eigenfrequenzen beeinflussen, wie stark eine Maschine reagiert.



$$F = m \times r \times \omega^2$$

2 × Drehzahl → 4 × Kraft

Umlaufende Kraft; keine berechnete Schwingungsamplitude einer Maschine.

BEISPIEL / LERNZIEL

10 g = 0,010 kg, 10 mm = 0,010 m, $n = 1500$ U/min: $f = 25$ Hz und $F \approx 2,467$ N. Bei 3000 U/min vervierfacht sich die Kraft auf etwa 9,870 N.

Praxistipp

Geschwindigkeit geht quadratisch ein. Verdoppeln bedeutet hier vierfache Kraft, solange m und r gleich bleiben.

Typischer Fehler

Eine größere Vibration beweist allein weder Unwucht noch einen Lagerschaden.

Meine Notizen

KAPITEL 08 | VERSTEHEN

Eine Diagnose braucht Vergleichsbedingungen

Für einen sinnvollen Vergleich von Laufzuständen werden Drehzahl, Last, Messstelle, Messrichtung und Betriebszustand festgehalten. Ein Geräusch oder eine Temperaturänderung ist zunächst ein Befund. Geometrie, Befestigung, Schmierung und weitere Messungen helfen beim Eingrenzen.

Nach einer bestätigten Korrektur wird unter vergleichbaren Bedingungen nachkontrolliert. Die Maschine wird dafür nur nach dem vorgesehenen Verfahren freigegeben und mit erforderlichen Schutzeinrichtungen betrieben. Schutzabdeckungen während des Betriebs versuchsweise zu entfernen ist keine harmlose Diagnosehilfe.

BEISPIEL / LERNZIEL

Nach einem Motorwechsel sind zwei Achsabstände gleich, aber nicht null. Das stützt Parallelversatz. Nach fachgerechter Korrektur prüfst du Geometrie und Laufverhalten erneut; weitere Ursachen können trotzdem bestehen.

Praxistipp

Schreibe eine Erwartung auf: „Wenn meine Ursache stimmt, müsste dieser Befund nach der Maßnahme verschwinden.“

Typischer Fehler

Eine einzelne Frequenzlinie oder ein einzelnes Geräusch ersetzt keinen vollständigen Prüfweg.

Meine Notizen

AUFGABEN 1-4

Jetzt selbst anwenden

Notiere deinen Rechenweg oder begründe deine Entscheidung. Die Kapitelangabe hilft beim gezielten Nachlesen.

Aufgabe 1 | Kapitel 1

Welche Kraft erzeugt an 0,25 m senkrechtem Hebelarm 50 Nm?

Meine Notizen

Aufgabe 2 | Kapitel 2

1500 U/min, 4 Nm, $i = 3$ und $\eta = 0,90$: Bestimme Ausgangsdrehzahl und -moment.

Meine Notizen

Aufgabe 3 | Kapitel 3

Eine Welle muss eine temperaturbedingte Längenänderung ausgleichen. Welche Lagerfunktion wird gebraucht?

Meine Notizen

Aufgabe 4 | Kapitel 4

Der Innenring wird auf einen Wellensitz gefügt. Wo soll die Montagekraft eingeleitet werden?

Meine Notizen

AUFGABEN 5-8

Jetzt selbst anwenden

Notiere deinen Rechenweg oder begründe deine Entscheidung. Die Kapitelangabe hilft beim gezielten Nachlesen.

Aufgabe 5 | Kapitel 5

$c = 20 \text{ N/mm}$, zusätzliche Auslenkung 3 mm : Wie groß ist die zusätzliche Federkraft?

Meine Notizen

Aufgabe 6 | Kapitel 6

$A = 0 \text{ mm}$, $B = +0,349 \text{ mm}$. Warum ist die Welle noch nicht ausgerichtet?

Meine Notizen

Aufgabe 7 | Kapitel 7

Wie ändert sich die Unwuchtkraft bei doppelter Drehzahl und unverändertem m und r ?

Meine Notizen

Aufgabe 8 | Kapitel 8

Nenne vier Bedingungen, die du bei Vorher-Nachher-Vergleichen festhältst.

Meine Notizen

DENKANSTÖSSE 1-8

Hilfen, bevor du nachsiehst

Zu Aufgabe 1

Stelle $M = F \times l$ nach F um.

Zu Aufgabe 2

i ist hier neingang/nausgang.

Zu Aufgabe 3

Die Achse soll geführt bleiben, eine Richtung aber verschiebbar sein.

Zu Aufgabe 4

Vermeide den Kraftweg durch die Wälzkörper.

Zu Aufgabe 5

Lineares Lernmodell $F = c \times s$.

Zu Aufgabe 6

Zwei Achsen können sich bei A schneiden.

Zu Aufgabe 7

Die Winkelgeschwindigkeit wird quadriert.

Zu Aufgabe 8

Denke an Betriebszustand und Messung.

LERNTRICK

Nach einem Hinweis schließt du das Heft kurz. Erkläre dir den Ansatz in eigenen Worten und versuche die Aufgabe erneut. Erst dann mit der Lösung vergleichen.

SELBSTKONTROLLE 1-3

Lösungen mit Begründung

Aufgabe 1

$F = 50/0,25 = 200 \text{ N}$. Entscheidend ist der senkrechte Abstand zur Wirkungslinie.

Aufgabe 2

$n_{\text{aus}} = 500 \text{ U/min}$; $M_{\text{aus}} = 4 \times 3 \times 0,90 = 10,8 \text{ Nm}$. Der Wirkungsgrad vermindert die übertragene Leistung.

Aufgabe 3

Eine geeignete Loslagerfunktion. Die konkrete Bauart und Anordnung werden nach Lasten und Vorgaben gewählt; zwei ungeprüft starre Lagerstellen können Zusatzkräfte erzeugen.

MEINE WIEDERHOLUNG

Welche Aufgabe war noch unsicher? Notiere den zugehörigen Begriff oder Rechenschritt. Wiederhole genau diesen Teil im Kapitel und löse die Aufgabe morgen ohne Vorlage erneut.

SELBSTKONTROLLE 4-6

Lösungen mit Begründung

Aufgabe 4

Am Innenring über einen passenden Montageaufbau. Druck nur auf den Außenring würde die Kraft unnötig über die Wälzkörper übertragen.

Aufgabe 5

60 N. Eine vorhandene Vorspannkraft ist in diesem Ergebnis noch nicht enthalten.

Aufgabe 6

Die abweichende Lage bei B zeigt einen Winkelfehler. Ein passender Einzelpunkt beweist keine Deckung über die betrachtete Länge.

MEINE WIEDERHOLUNG

Welche Aufgabe war noch unsicher? Notiere den zugehörigen Begriff oder Rechenschritt. Wiederhole genau diesen Teil im Kapitel und löse die Aufgabe morgen ohne Vorlage erneut.

SELBSTKONTROLLE 7-8

Lösungen mit Begründung

Aufgabe 7

Sie vervierfacht sich. Die reale Schwingungsamplitude muss sich dadurch nicht ebenfalls vervierfachen.

Aufgabe 8

Zum Beispiel Drehzahl, Last, Messstelle und Messrichtung; zusätzlich Temperatur/Betriebszustand und Messverfahren. Nur vergleichbare Bedingungen erlauben einen brauchbaren Wirkungsnachweis.

MEINE WIEDERHOLUNG

Welche Aufgabe war noch unsicher? Notiere den zugehörigen Begriff oder Rechenschritt. Wiederhole genau diesen Teil im Kapitel und löse die Aufgabe morgen ohne Vorlage erneut.

Begriffe & Weiterlernen

Drehmoment

Drehwirkung einer Kraft um eine Achse.

Schlupf

Drehzahldifferenz zum Drehfeld, bezogen auf dessen Drehzahl.

Parallelversatz

Parallele Achsen liegen seitlich auseinander.

Unwucht

Ungleichmäßige Massenverteilung um eine Drehachse.

Auf LehrLynx weiterüben

- Motoren und Antriebe
- Lager und Schmierung
- Ausrichtung und Unwucht

Die zugehörigen Online-Seiten findest du über den Downloadbereich oder die Website-Suche. Dort lassen sich Fachbegriffe anklicken und Modelle selbst verändern.

KURZ ERKLÄREN STATT NUR WIEDERERKENNEN

Erkläre einen Begriff mit eigenem Beispiel. Sage anschließend, wo das Beispiel nicht mehr ausreicht. So prüfst du, ob du den Zusammenhang verstanden hast.

Meine Notizen