

Leitfaden zur Anwendung des Konzeptes der *Energieerhaltung*

1. Skizze erstellen

Zustände identifizieren

- Zeitpunkte der Bewegung, in denen Informationen, wie z.B. die Höhe oder die Geschwindigkeit, bekannt sind.
- Zumeist Anfangszustand und Endzustand einer Bewegung

Nullniveau wählen

- Koordinaten definieren
- Lege fest, wo die potentielle Energie Null ist – meistens anhand von einem Zustand

2. Ansatz finden

Wurde bereits eine ähnliche Aufgabe bearbeitet?

- Gesuchte Variable gleich?
- Vergleichbare Angaben zu weiteren Größen?
- Identische Vereinfachungen?

JA: Ansatz übernehmen / adaptieren

- Ist der Ansatz direkt übertragbar?
- Welchen Einfluss haben die Unterschiede?

NEIN: Energieerhaltung wird gewählt, wenn ...

- ... die genaue Form der Bewegung unwichtig ist
- ... es keine konkreten Zeitangaben gibt
- ... Angaben & gesuchte Größen mit Energieformen zusammenhängen

3. Ansatz aufstellen

Gesamtenergie je Zustand aufstellen

- Höhenlage der Zustände gegenüber dem Nullniveau analysieren
- Auslenkung von Federn betrachten
- (Winkel)Geschwindigkeiten untersuchen
- Ideal: viele Energien sind gleich null (sonst evtl. Nullniveau ändern)

Energieerhaltung aufstellen

- Gesamtenergien zweier Zustände gleichsetzen
- Ggf. geleistete Arbeit am System berücksichtigen (z. B. bei Reibung)
- $E_{ges} = E_1 = E_2 = \dots = const.$

4. Mathematisch operieren & Plausibilität prüfen

Formel prüfen

- Einheitencheck
- Plausibilität der Abhängigkeiten in der Formel („je-desto“)
- Grenzfälle
- Anderer Ansatz

Ergebnis prüfen

- Mit (realen) Werten vergleichen
- Faustregeln
- Spezialfälle

Leitfaden zur Anwendung des Konzeptes der *Drehbewegung*

1. Skizze erstellen

Drehzentrum/Drehachse identifizieren

- Handelt es sich um eine Rotation bzgl. eines Punktes oder einer Achse?
 - Punkt: vektoriell
 $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$
 - Achse: mit Beträgen
 $M = r \cdot F \cdot \sin(\alpha)$

Koordinatensystem definieren

- Drehsinn wählen
- x -Achse in Bewegungsrichtung, y -Achse senkrecht dazu

Kräftediagramm zeichnen

- Jeden rotierenden Körper zeichnen (oft Draufsicht)
- Alle wirkenden Kräfte von dem Punkt aus zeichnen, von dem sie angreifen

2. Ansatz aufstellen

- Bestimme die Drehmomente, indem die wirkenden Kräfte F_i ihrem Hebelarm (Abstand zum Drehzentrum/Drehachse) zugeordnet werden
- Drehmomente bzgl. eines Punktes: $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$
 - Drehmomente bzgl. einer Achse: $M = r \cdot F_t = r \cdot F \cdot \sin(\theta) = F \cdot l$

2. Newtonsches Axiom der Drehbewegung aufstellen:

Summe der Drehmomente je Körper aufstellen und gleich Trägheitsmoment J bzgl. der Drehachse mal Winkelbeschleunigung α setzen:

$$\sum_i \vec{M}_i = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i = J \cdot \alpha$$

Spezialfälle:

- Für einen Körper, auf den nur eine Kraft F im Abstand r tangential wirkt, lässt sich das 2. Newtonsche Axiom für Drehbewegungen vereinfacht als $r \cdot F = J_S \cdot \alpha$ ausdrücken.
- Bei mehreren Körpern mit unterschiedlichen Drehachsen, muss für jeden Körper das 2. Newtonsche Axiom separat aufgestellt werden, weil die Körper zumeist unterschiedliche Trägheitsmomente J und Winkelbeschleunigungen α haben.

Trägheitsmomente bestimmen:

- Formel für Körper nachschlagen
- Vom Schwerpunkt parallel verschobene Drehachse: Satz von Steiner

3. Mathematisch operieren & Plausibilität prüfen

Formel prüfen

- Einheitencheck
- r, v_t, ω bzw. r, F, M bilden jeweils ein Rechtssystem

Ergebnis prüfen

- Größenordnung
- Grenzfälle: Variable $\rightarrow \pm\infty$ oder Variable $\rightarrow 0$
- Stimmt Ergebnis mit der Drehrichtung überein?
- Vergleich mit einfachen analogen Situationen:
 - Was wäre, wenn ein bestimmtes Moment nicht wirkt?
 - Was wäre, wenn die Trägheitsmomente gleich / deutlich unterschiedlich sind?

Leitfaden zur Anwendung des Konzeptes der *Kraft*

1. Skizze erstellen

Kräftediagramm zeichnen

- Je Körper ein Diagramm zeichnen
- Körper als Punktmasse interpretieren
- Kräfte als Pfeile darstellen (Längen unwichtig, aber helfen bei Vorstellung)
- Gewichtskraft $\vec{F}_g$ wirkt auf der Erde immer senkrecht nach unten
- Normalkraft $\vec{F}_N$ wirkt senkrecht zum Untergrund
- Reibungskraft $\vec{F}_R$ wirkt entgegen der Bewegungsrichtung
- Federkraft $\vec{F}_{Feder}$ wirkt in oder gegen die Richtung, in die die Feder gedehnt / gestreckt wird
- Seilkräfte $\vec{F}_S$ wirken in Richtung des Seils, vom Körper weg

Koordinatensystem definieren

- x -Richtung in Richtung der Bewegung
- y -Richtung (falls benötigt) senkrecht dazu (in Richtung der Normalkraft)
- Qualitatives Koordinatensystem genügt, oftmals kein Ursprung nötig
- Selten Zeichnung eines vollständigen Koordinatensystems, zumeist genügt eine kleine Kennzeichnung der Achsen

2. Ansatz aufstellen

- Komponenten der wirkenden Kräfte für jede Richtung und für jeden Körper addieren gemäß der Wirkungsrichtung im Kräfte-diagramm (Winkelbeziehungen beachten)
- Die Kräftesumme gleich der Masse des bewegenden Objektes mal der Beschleunigung der jeweiligen Richtung setzen
- Formeln für die Kräfte einsetzen

Ausdrücke für die übrigen Kräfte ermitteln, z. B.

- Bei Reibung: Normalkraft bestimmen und Reibungskraft über Normalkraft bestimmen
- Bei Zentripetalkraft: Kräfte, die die Zentripetalkraft bewirken identifizieren und Beschleunigung durch Zentripetalbeschleunigung $a_{zp} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$ ersetzen
- Bei Seilkräften: Beachtung des 3. Newtonschen Axioms *actio = reactio* (Beschleunigung Körper 1 = $\pm$ Beschleunigung Körper 2)

3. Mathematisch operieren & Plausibilität prüfen

Formel prüfen

- Einheitencheck

Ergebnis prüfen

- Größenordnung
- Faustformel
- Grenzfälle: Variable $\rightarrow \pm\infty$ oder Variable $\rightarrow 0$
- Vergleich mit einfachen analogen Situationen:
 - Was wäre, wenn keine Reibung vorliegt?
 - Was wäre, wenn die Massen gleich oder deutlich unterschiedlich sind?