

KG-Oberkurs 2011
Vorlesungen:
„Grundlagen der
Kinematik und Dynamik“

Dr.-Ing. Ulrich Simon

Ulmer Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen

uni aktuell | universität | fakultäten | forschung | studium | internationales | weiterbildung | campus

uzwr
ulmer zentrum für wissenschaftliches rechnen

UZWWR

> UZWR

- Startseite
- Aktuelles
- Personen und Organisation
- Lehre
- Forschung und Projekte
- Veranstaltungen
- Industrie-Kooperationen
- Hardware und Software
- Downloads
- Kontakt, Anfahrt
- Links

Search provided by kiz

Suche [Suchoptionen]

NEU: Bachelor CSE

Willkommen im Ulmer Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen - UZWR - [Scientific Computing Centre Ulm]

Das Ulmer Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen ist ein interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt der Universität Ulm. Interessante anwendungsorientierte Forschungsfragen aus Wissenschaft und Wirtschaft werden in gemeinsamen numerischen Methoden bearbeitet. Dieses Thema trägt zu unserer Lehr- und Weiterbildungsangebote.

Es bestehen intensive Verbindungen zu den Fakultäten der Universität Ulm (siehe → [WIKI](#)) sowie zu den Industriepartnern der Industrie- und Handelskammer (IHK) Ulm, mit der es eng zusammenarbeitet.

- öffentlich geförderter Grundlagen-Forschung und
- angewandter Forschung in Kooperation mit überregionalen Unternehmen

auch den

- Kontakt zu kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region stark zu intensivieren (→ [Industrie-Kooperationen](#)).

Unsere Leistungen im Überblick

- Mathematische, numerische und stochastische

Aktuelles

25/26.07.2011
UZWR is now part of the organizing team! Abstract submission is open. [\[mehr\]](#)

08.12.2010
Workshop on Reduced Basis Methods [\[mehr\]](#)

07.12.2010
Begrüßung und Verleihung einer Gastprofessur an Prof. Anthony T. Patera [\[mehr\]](#)


Universität Ulm
Institut für Unfallchirurgische
Forschung und Biomechanik



Information Forschung Lehre Aktuelles Publikationen

Vorlesungen

Doktorandenseminar

Doktorarbeiten

Biom. Summer Course

Vorlesungen 2009/10

Anwendung moderner Erkenntnisse der Biomechanik für die Behandlung von Orthopädischen und Unfallchirurgischen Patienten
für Studenten der Universität Ulm (Studiengang Medizin)

www.biomechanics.de

Regulärer Termin: Dienstag 13:30 - 16:50 Uhr
Ort: Hörsaal des Institutes, Helmholtzstr. 14

 [Skript \(pdf\)](#)
 [Terminplan WS 09/10](#)
 [Vorlesungsevaluierung](#)
 [Klausurergebnisse](#)

AKTUELLES

[Zurzeit keine Stellenangebote](#)

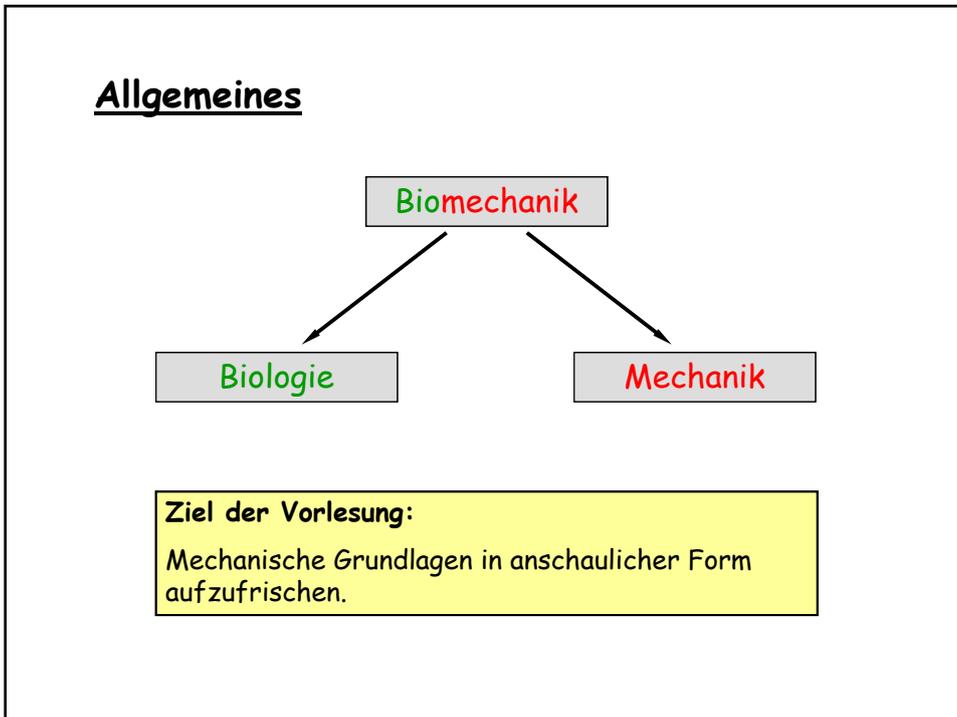
[Biomechanics Summer Course 2010: July 13th - 16th, 2010](#)

[23.09.09: Prof. Hans-Joachim Wilke ist neuer Präsident der European Spine Society](#)

[14.09.09: Prof. Claes erhält Landes-Tierschutzpreis](#)

[10.09.09: Pressemitteilung über EU-Projekt GENODISC](#)

[24.08.09:](#)



Gliederung

ALLGEMEINES

Ziel der Vorlesung
Zur Gliederung der Vorlesung
Allgemeines

STATIK STARRER KÖRPER

Die **Kraft**
Das **Moment**
Freikörperbild
Statisches Gleichgewicht
Rezept zum Lösen von
Aufgaben
Rechenbeispiel „Muskelkraft“

ELASTOSTATIK

Die **Spannungen**
Dehnungen
Materialgesetze
Einfache Lastfälle

KINEMATIK

Koordinatensysteme
Weg
Geschwindigkeit
Beschleunigung
Zusammenfassung
Beispiel-Diagramm

KINETIK / DYNAMIK

Erstes Newtonsches Gesetz
Zweites Newtonsches Gesetz
d'Alembertsches Prinzip
Energie, Arbeit und Leistung

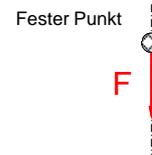
Wiederholungsfragen zum Begriff der „Kraft“

Was ist eine Kraft?

Ursache für z.B. Verformung und/oder Beschleunigung von Körpern.

Wie kann man eine Kraft (in einer Skizze) darstellen?

*Pfeil (Vektor) mit
Richtung, Orientierung und Größe*



Welche Einheit hat die Kraft?

Newton $N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$

Welche Anziehungskraft wirkt auf eine Masse von $m = 1 \text{ kg}$ auf der Erde?

$$F_G = m \cdot g = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \text{ N}$$

Worin besteht der Unterschied zwischen *Statik* und *Dynamik*?

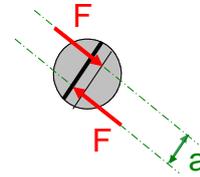
Statik: Kräftegleichgewicht an ruhenden Körpern

Dynamik: Bewegung von Körpern aufgrund von Kräften

Wiederholungsfragen zum Begriff „Moment“

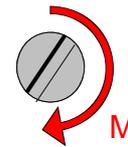
Was ist ein Moment?

- Moment = „Drehkraft“
- Ursache für z.B. Dreh-Verformungen oder Dreh-Beschleunigungen von Körpern.
- Moment entspricht Kräftepaar $M = F \cdot a$



Wie kann man eine Moment (in einer Skizze) darstellen?

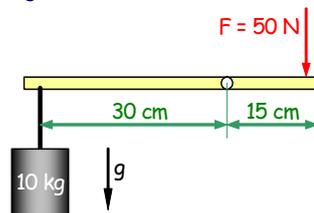
Dreh-Pfeil mit Richtung (Achse),
Orientierung und Größe



Welche Einheit hat das Moment?

Newton-Meter: $N \cdot m = kg \cdot m^2/sec^2$

Wer gewinnt?



Wiederholungsfragen zu „Spannung und Dehnung“

Was ist eine Spannung?

Spannung = auf Fläche „verschmierte“ Kraft
Spannung = Kraft pro Fläche ($\sigma = F/A$)

Welche Einheit hat eine Spannung?

Einheit: Pascal Pa = N/m^2
oder: Mega-Pascal MPa = N/mm^2

Wozu braucht man Spannungen? Was bedeuten sie anschaulich?

Spannungen sagen etwas über die Beanspruchung von Körpern aus.
Beispiel: Knochen bricht bei mehr als 120 MPa.

Was ist der Unterschied zwischen Zug-, Druck-, Schubspannung?

Zug- und Druckspannung wirken senkrecht zur Schnittfläche
Eine Schubspannung wirkt parallel zur Schnittfläche.

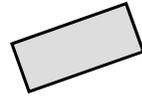
Was ist eine Dehnung?

Dehnung = Längenänderung durch Ursprungslänge ($\epsilon = \Delta L/L_0$)

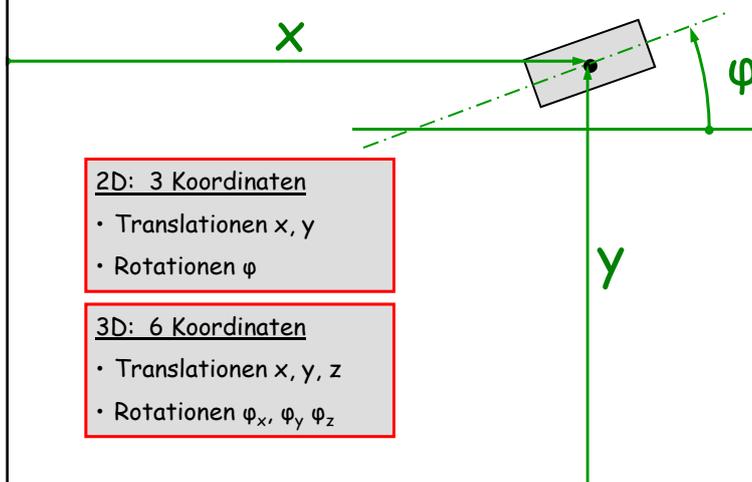
Welche Einheit hat eine Dehnung?

Einheit: „1“ bzw. keine

Spiel



Lage eines starren Körpers in der Ebene (2D)



2D: 3 Koordinaten

- Translationen x, y
- Rotationen φ

3D: 6 Koordinaten

- Translationen x, y, z
- Rotationen $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$

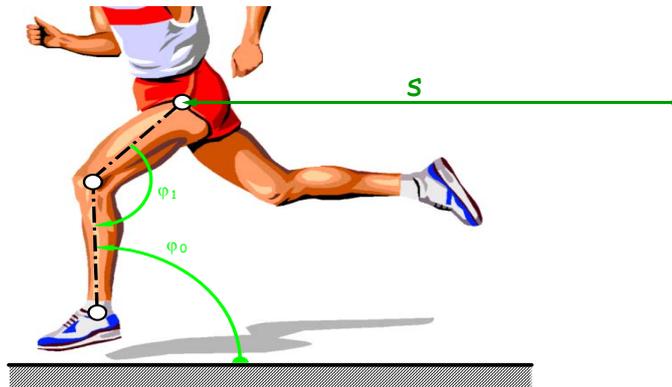
Kinematik

- In der Biomechanik: *Ganganalyse, Gelenkkinematik*.
- Beschreibt und analysiert Bewegungen, ohne Kräfte zu betrachten.
- Bei starren Körpern genügen endlich viele Koordinaten zur Beschreibung.
- Koordinaten beschreiben die Lage der Körper zu jedem Zeitpunkt.

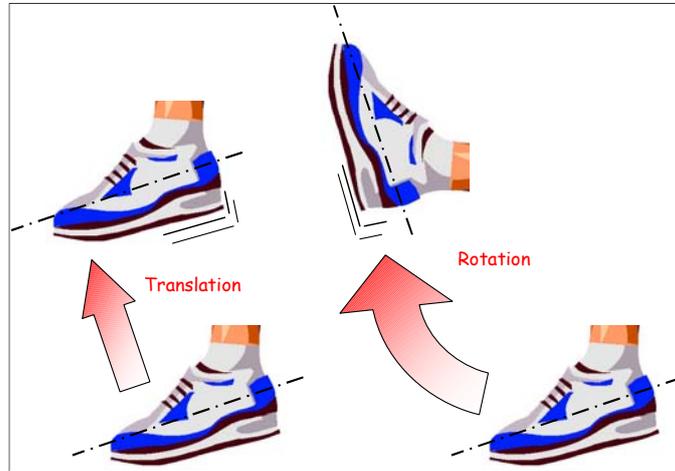
Zum Merken:

Kinematik = zeitveränderliche Geometrie

Koordinaten: Weg (Position) oder Winkel

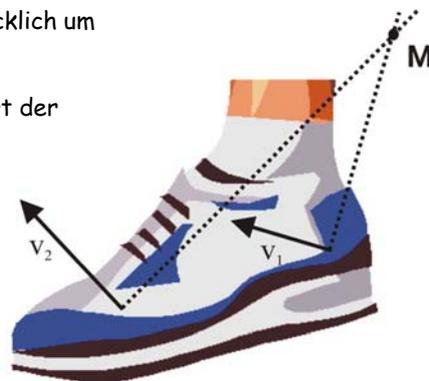


Bewegungsarten: Translation, Rotation

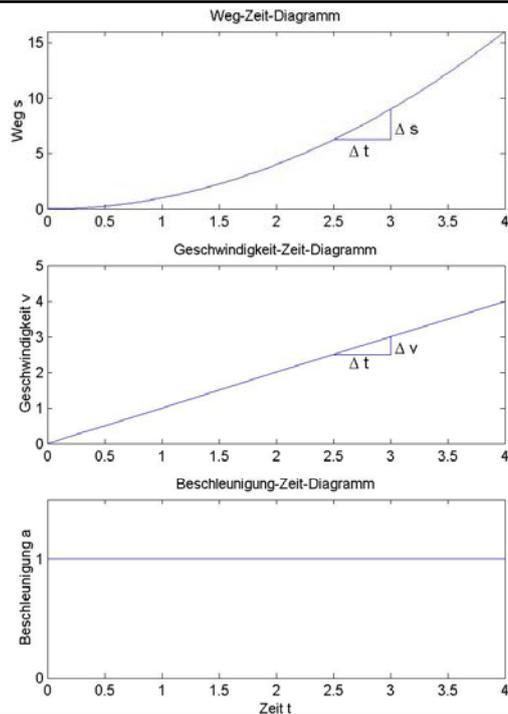


Momentanpol

- Körperfester Punkt der augenblicklich keine *Geschwindigkeit* hat.
- Der Körper dreht sich augenblicklich um diesen Punkt.
- Bei einer reinen Translation liegt der Momentanpol im Unendlichen.



Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung



Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Zum Merken:

- Geschwindigkeit ist die (momentane) Änderung der Position (des Weges) pro Zeiteinheit.
- Beschleunigung ist die (momentane) Änderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit.

Hinweis:

„Momentane Änderung von ... pro Zeiteinheit“
bedeutet mathematisch
„Ableiten (Differenzieren) von ... nach der Zeit“

Weg (Position), Geschwindigkeit, Beschleunigung

Aussagen:

- Ist die Position konstant, dann ist die *Geschwindigkeit* und die *Beschleunigung* ist
- Bleibt die *Geschwindigkeit* konstant, dann ist die *Beschleunigung* und die *Position*
- Ist die *Beschleunigung* konstant, dann ist die *Geschwindigkeit* und die *Position* ist
- Auf einen Körper wirkt insgesamt nur eine konstante Kraft. Dann ist die *Beschleunigung*
- Wenn der Betrag der Kraft konstant bleibt, aber ihre Richtung sich ändert, dann ist *Beschleunigung* und die *Geschwindigkeit*
- Bei einer Kreisbahn mit konstanter *Geschwindigkeit* ist die *Beschleunigung*
- Ein Körper ändert seinen Bewegungszustand nicht, wenn
..... ist.

Translation	Weg: Abstand zwischen <u>zwei</u> Punkten.	$\Delta s = s_2 - s_1$	m
	Geschwindigkeit: Die Änderung des Weges mit der Zeit.	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
	Beschleunigung: Die Änderung der Geschwindigkeit mit der Zeit (Betrag und/oder Richtung).	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
Rotation	Winkel: Neigung zwischen <u>zwei</u> Achsen.	φ	Grad
	Winkelgeschwindigkeit: Die Änderung des Winkels mit der Zeit.	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$	$\frac{\text{Grad}}{\text{sec}}$
	Winkelbeschleunigung: Die Änderung der Winkelgeschwindigkeit mit der Zeit.	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	$\frac{\text{Grad}}{\text{sec}^2}$

Dynamik

- ... jetzt werden die Kräfte betrachtet

Was ändert sich in der Dynamik?

Statisches Gleichgewicht

Wichtig: Gleichgewicht nur an "Freikörperbildern"

Für ein **ebenes** (2D) Problem gelten **drei** Gleichungen:

$$\text{Summe aller Kräfte in x-Richtung: } F_{1,x} + F_{2,x} + \dots = 0,$$

$$\text{Summe aller Kräfte in y-Richtung: } F_{1,y} + F_{2,y} + \dots = 0,$$

$$\text{Summe aller Momente bezüglich P: } M_{1,z}^P + M_{2,z}^P + \dots = 0.$$

(Für ein **räumliches** (3D) Problem gelten dagegen **sechs** Gleichungen)

Zum Merken: „Gleichgewicht“

Summe aller Kräfte und Momente muss Null sein !

Lösungsrezept

- Schritt 1: Modellbildung.** Generieren eines Ersatzmodells (Skizze mit Geometrie, Lasten, Einspannungen). Weglassen unwichtiger Dinge. Das "reale System" muss abstrahiert werden.
- Schritt 2: Schneiden,** Freikörperbilder, System aufschneiden, Schnittkräfte und Schnittmomente eintragen,
- Schritt 3: Gleichgewicht.** Kräfte- und Momentengleichgewichte für Freikörper anschreiben.
- Schritt 4: Gleichungen lösen.**
- Schritt 5: Ergebnis deuten,** verifizieren, mit Experiment vergleichen; Plausibilität prüfen.

Zum Merken:

- Ein Körper ist beschleunigt: Wir müssen an-Kräfte denken
- Ein Körper hat eine *Geschwindigkeit*: Wir müssen an-Kräfte denken.

d'Alembertsches Prinzip:

- Trägheitskräfte und -momente genau wie sonstigen äußere Kräfte und Momente behandeln. Im FKB eintragen.
- Dynamisches Gleichgewicht genau so wie statisches Gleichgewicht verwenden.



$$\sum F_{i,x} = 0$$

Beispiel: „Fallender Fußball“

Energie E

Einheit: Joule

$$J = N \cdot m$$

Kinetische Energie: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Potentielle Energie: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ Lageenergie

$$E_{pot} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad \text{Federenergie}$$

Zum Merken:

Energie bleibt erhalten.

Arbeit W

- ändert den Energieinhalt von Systemen.
- Kräfte können mechanische Arbeit verrichten, wenn sich der Kraftangriffspunkt in Richtung der Kraft verschiebt.
- Bei konstanter Kraft gilt dann:

Zum Merken:

Arbeit = Kraft mal Weg

Einheit (wie Energie): Joule

$$J = N \cdot m$$

Beispiel Hubarbeit:

$$W_{Hub} = F_G \cdot h$$

Beispiel Reibungsarbeit:

$$W_{Reib} = -F_R \cdot s$$

Leistung P

Zum Merken:

Leistung = Arbeit pro Zeit

Einheit: Watt

$$W = \frac{J}{\text{sec}} = \frac{N \cdot m}{\text{sec}}$$

Literatur

Zur Technischen Mechanik:

Dankert, H. und Dankert, J.: „Technische Mechanik - computerunterstützt“.

Sehr gutes Lehrbuch

Kessel, S. und Fröhling, D.: „Technische Mechanik / Technical Mechanics“

Deutsch-englische Fachbegriffe im Kontext.

Zur Kinetik und Kinematik des Bewegungsapparates:

Nigg, B.M. und Herzog, W.: „Biomechanics of the Musculo-skeletal System“

Gut, Schwerpunkte: Messung und Modellierung des Gangs.

