

VL WS 2025/2026, Dr. habil. Philipp Hövel
philipp.hoewel@uni-saarland.de, E26, Raum 4.03

VL: Do 16-18 ($\Rightarrow 16:00-17:30?$) E26, E04 } 4h $\Rightarrow$ 60h
??? Fr 16-18 ($\Rightarrow$ verlegen)

UE: Start Woche 2 $\Rightarrow 2h \Rightarrow 30h$
Termin offen / zu besprechen

$\hookrightarrow$ MaxLauer

Umfang 8 ECIS $\Rightarrow 8 \times 30h = 240h \longrightarrow 150h$
Zeit außerhalb der
Veranstaltg: 10h/Woche!

Prüfung: Option 1: 2 Klausuren (Mechanik & Elektrodynamik)
 $\uparrow$ $\uparrow$
max. ca. 8 Wochen nach VL-Ende

Option 2: 1 Klausur noch VL-Ende $\rightarrow$ Woche um 9.2.26

Vorlesg: nicht spezifiziert!

Vorschlag: 12 Übungsblätter (je 2 Aufgaben) im Kollektiv

$\rightarrow$ vorbereiten zu Klausur (Recherche...)

$\rightarrow$ gemeinsam lösen in UE (Hintergrund, Musterlösung)

$\rightarrow$ Fehlerführung bei Dokumentationen: reichen

Idee: - gemeinsames Portfolio an Aufgaben

- Unterrichtsvorbereitungssimulationen

Stil: ausfaersikonorientiert, anregend, inkorporierend,
animierend, viele Hinweise rechts, links, oben, unten, ...
=> "Bergföhren & Coach"

2

Hilfsmittel: - VL-Notizen

- Glossar (individuell)
- Lehrbücher (s. Moodle)
- Formeln als Sammlung getext.
- TutorBot

0. Übersicht

Klassische Mechanik: • Bewegung von Körpern (**detekamentäre**, d.h.
(vgl. Relativitätstheorie) **aus Anfangsbedingungen** vorher berechenbar;
Determinierbarkeit **Kausal**, d.h. verursacht durch **Kräfte**)
Statistische Mechanik

• Grundlage der theoretischen Physik

↳ physikalische Grundgesetze

↳ Paradigme einer physikalischen Theorie

(mathematische - geometrische Struktur der Dynamik)

• Fokus: - Symmetrien & Invarianzprinzipien

- geometrische Struktur

- Nichtlineare Theorie

- Grundlage für andere Theorien

- Verallgemeinerte **Hamiltonsche** Formulierung

↳ **Lagrange** → Feldtheorien (z.B.: E-Dynamik
Relativitätstheorie)

↳ **Hamilton** → Quantenmechanik, statistische Mechanik

- Differenzialprinzip: **D'Alembert**

- Integralprinzip: **Hamilton**

1. Newtonsche Mechanik

1. Newtonsche Mechanik

1. Herangehensweise
2. Newtonsche Axiome
3. Galilei-Transformation
4. Weitere Folgerungen

3

1.1 Herangehensweise (der Pädelskern)

Kinematik & Dynamik von Systemen von Massepunkten
ohne Zwangsbedingungen

1.2 Newtonsche Axiome

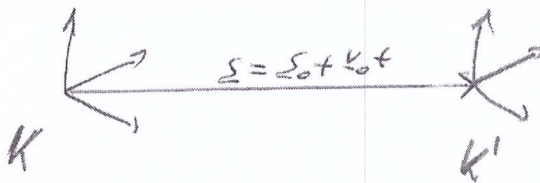
- (I) Kräftefrei Körper bewegen sich geradlinig und gleichförmig
(lex prima / Trägheitsgesetz)
- (II) Beschleunigung: $\underline{a} := \frac{d}{dt} \underline{v} \sim \underline{F}$ **linear** ($\underline{F} = \dot{\underline{p}} \stackrel{m=const.}{=} m \underline{a}$)
(lex secunda / Bewegungsgesetz)
- (III) **actio = reactio**
(lex tertia / Reaktionsgesetz)
- (IV) Lineare Superposition von Kräften
(lex quarta / Superpositions-gesetz)

- Bem.: - Raum ist **homogen** & **isotrop** (3D, Euklidischer Raum) / nicht-relativistisch
- Zeit ist universell ("universelle" Zeitabmessungsmöglichkeit)
- Ereignisse: $(\underline{x}, t) \in \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}$
- dynamische Variable $\underline{x}(t)$: **Bahnkurve / Trajektorie**
 $\underline{v}(t) := \frac{d}{dt} \underline{x}(t) \equiv \dot{\underline{x}}(t)$ **Geschwindigkeit** 
(Tangentenvektor)
- 1. Axiom $\Rightarrow$ **Inertialsystem** (def. durch kräftefreie Bewegung)
 ↳ Folgerung: Galilei-Transformation

1.3 Galilei-Transformation (Folgerung aus (I))

4

- allgemeine Transformation zwischen 2 Inertialsystemen
 $\{K, t\} \longrightarrow \{K', t'\}$



$$\underline{r}(t) = \underline{R} \underline{r}'(t') + \underline{v}_0 t + \underline{s}_0 \quad \text{mit } \underline{R} : \text{Drehmatrix}$$

$$t = t' + t_0$$

$$\underline{\dot{r}}(t) = \underline{\dot{r}}'(t') + \underline{v}_0$$

Newton'sche Mechanik ist Lorentzinvariant gegenüber der Galilei-Transformation

↳ Galilei invariant

1.4 weitere Folgerungen

(II): $\underline{a} \approx \underline{\ddot{x}}$: Proportionalitätsfaktor: m : träge Masse

⇒ Bewegungsgleichung: $\underline{F}(\underline{r}, \underline{\dot{r}}, t) = m \frac{d^2 \underline{r}}{dt^2}$ (3 gekoppelte i.a. nichtlineare DGLs)
 eindeutige Lösung zu Anfangsbedingungen $(\underline{r}_0, t_0) : \underline{r}(t; \underline{r}_0, t_0)$

(III) $\underline{F}^{(12)} + \underline{F}^{(21)} = 0$ (Achtung: Notation verschiedener Bücher!)

↑ ↑
 Kraft Kraft auf
 von Teilchen 1 auf Teilchen 2
 (Matrixnotation $\begin{pmatrix} \underline{F}^{(11)} & \underline{F}^{(12)} \\ \underline{F}^{(21)} & \underline{F}^{(22)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{Teilchen 1} \\ \text{Teilchen 2} \end{pmatrix}$)

⇒ Same äußere Kräfte:

$$\left. \begin{aligned} m^{(1)} \underline{a}^{(1)} &= m^{(1)} \frac{d \underline{v}^{(1)}}{dt} = \underline{F}^{(12)} \\ m^{(2)} \underline{a}^{(2)} &= m^{(2)} \frac{d \underline{v}^{(2)}}{dt} = \underline{F}^{(21)} \end{aligned} \right\} \frac{d}{dt} \left(\underbrace{m^{(1)} \underline{v}^{(1)}}_{\underline{p}^{(1)}} + \underbrace{m^{(2)} \underline{v}^{(2)}}_{\underline{p}^{(2)}} \right) = \underline{F}^{(12)} + \underline{F}^{(21)} = 0$$

⇒ Erhaltung des Gesamtimpulses $\underline{p}^{(1)} + \underline{p}^{(2)} = \text{const.}$

(IV) Vektorcharakter der Kraft $\Rightarrow$ Separation

Kräfte $\sim$ Felder $\Rightarrow$ lineare Feld-Theorien (z.B. Elektrodynamik)

oder: Bewegungsgleichung $\vec{F}(\vec{v}) = m \vec{v}$ i.A. nichtlinear in $\vec{v}$
(Ausnahme: harmonischer Osz.)

$$\vec{F}(\vec{v}) \sim \vec{v}$$

etwa: Gravitationskraft $\vec{F}^{(12)} = -G m_S^{(1)} m_S^{(2)} \frac{\vec{r}^{(1)} - \vec{r}^{(2)}}{|\vec{r}^{(1)} - \vec{r}^{(2)}|^3}$

$m_S^{(i)}$: Schwere Masse (Kopplungsstärke der Gravitationswechselwirkung)

exp. Erfahrung: $m_S^{(i)} \sim m^{(i)}$ (alle Körper fallen gleich schnell)

bei Wahl der Gravitationskonstante $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$

$$m_S^{(i)} = m^{(i)}$$

Einheiten: MKS (Meter, Kilogramm, Sekunde)

Größe	SI-Einheit	CGS-Einheit
Länge	m	cm
Zeit	s	s
Masse	kg	g
Geschw.	m s^{-1}	cm s^{-1}
Beschl.	m s^{-2}	$\text{Gal} = \text{cm s}^{-2}$ (Gal)
Kraft	$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$ (Newton)	$\text{dyn} = \text{g cm s}^{-2}$ (Dyn)
Energie	$\text{J} = \text{N m}$ (Joule)	$\text{erg} = \text{dyn cm}$ (Erg)
Leistung	$\text{W} = \text{J s}^{-1}$ (Watt)	erg s^{-1}

Schreibweise: $[\vec{v}] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $[\vec{F}] = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = [m][\vec{v}]$

Hilfsmittel für Konsistenzcheck bei Rechnungen