

# Welche physikalische Vorbildung ist nützlich für ein erfolgreiches ETH- Ingenieurstudium?

---

Stephan Kaufmann

Zentrum für Mechanik (IMES)

kaufmann@ethz.ch

# Anliegen

---

- Anschlussfähige Konzepte
  - Allgemein Verwendbares
  - Keine Sammlung von Tricks
- Widerspruchsfreie Konzepte
- Vertieftes Wissen
  - Selbsterklärungen anregen
  - Weniger (Stoff) ist oft mehr
- Problemlösungsstrategien thematisieren

# Übersicht

---

- Basisjahr Ingenieurstudium
- Technische Mechanik
- Beispiele









# Fächer Basisjahr MAVT

Semester	Lehrveranstaltungen	SWS	Leistungskontrolle	KP
1.	Technisches Zeichnen & CAD	4		4
	Maschinenelemente	2		2
	Analysis I	8		8
	Mechanik I	5		5
	Lineare Algebra I	3		3
	Werkstoffe und Fertigung I	4		4
	Chemie	3		3
2.	Analysis II	8	Basisprüfung	8
	Mechanik II	6	Ende 2. Semester	6
	Informatik I	4		4
	Lineare Algebra II	3		3
	Innovationsprozess	2		2
	Werkstoffe und Fertigung II	4		4
	Innovationsprojekt	2		2
	Ingenieur-Tools I			(2/5)

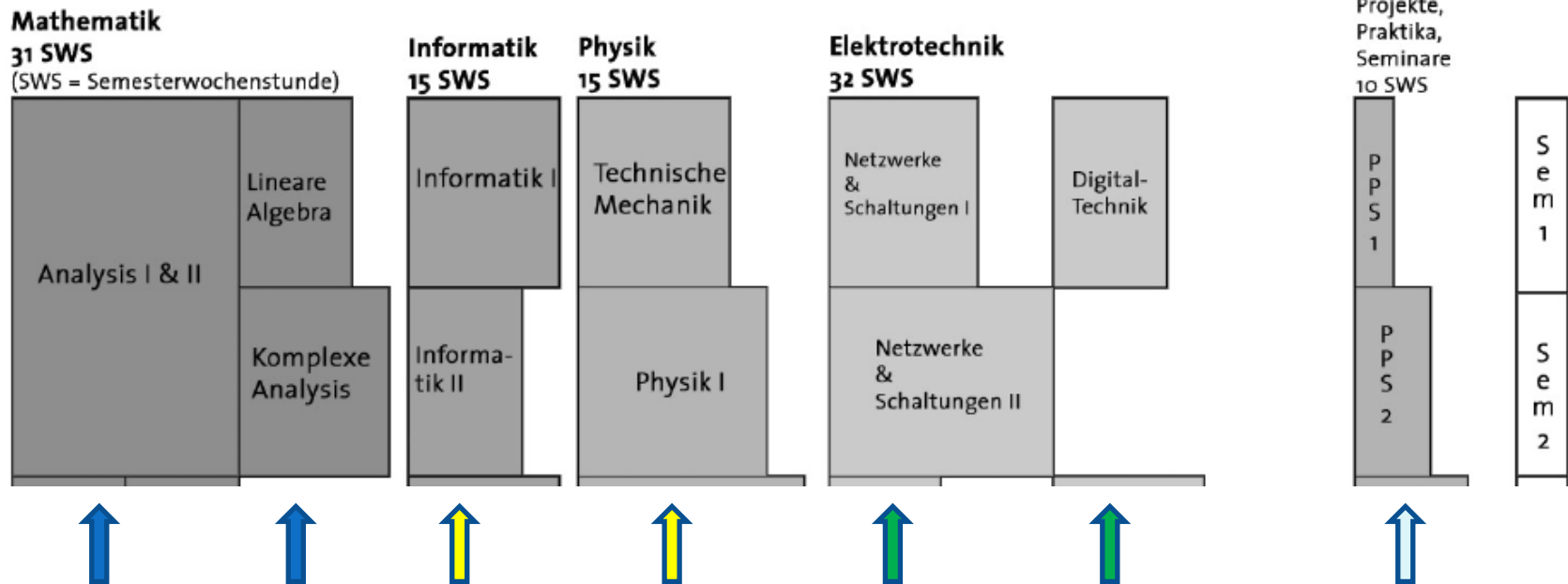
# Fächer Basisjahr Umwelting.

---

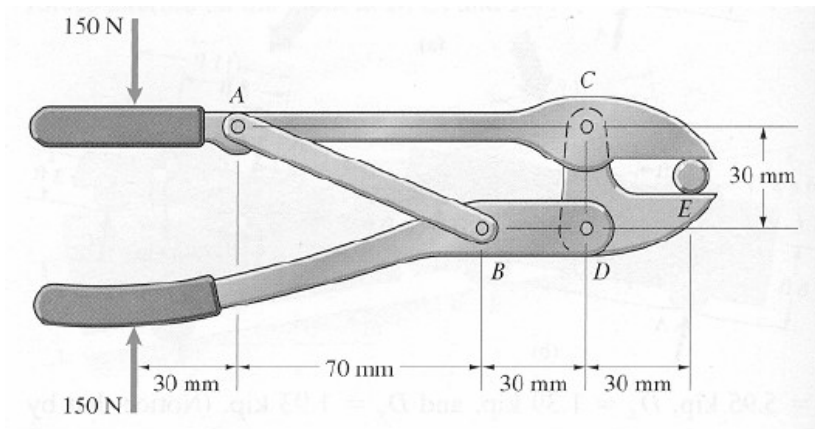
Die Basisprüfung umfasst folgende Prüfungsfächer:

- |  |  |                |
|--|--|----------------|
|    | a. Analysis I und II                         | Notengewicht 2 |
|    | b. Lineare Algebra und numerische Mathematik | Notengewicht 1 |
|    | c. Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung | Notengewicht 1 |
|    | d. Informatik I und II                       | Notengewicht 2 |
|    | e. Mechanik GZ                               | Notengewicht 2 |
|   | f. Systems Engineering                       | Notengewicht 1 |
|  | g. Geologie und Petrographie                 | Notengewicht 1 |
|  | h. Chemie I und II                           | Notengewicht 2 |

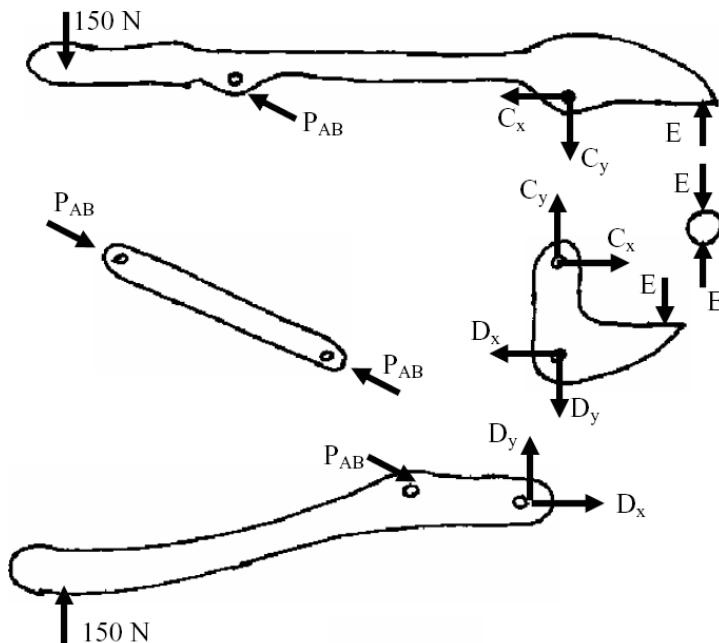
# Fächer Basisjahr ITET



# Mechanik I, Statik + Kinematik



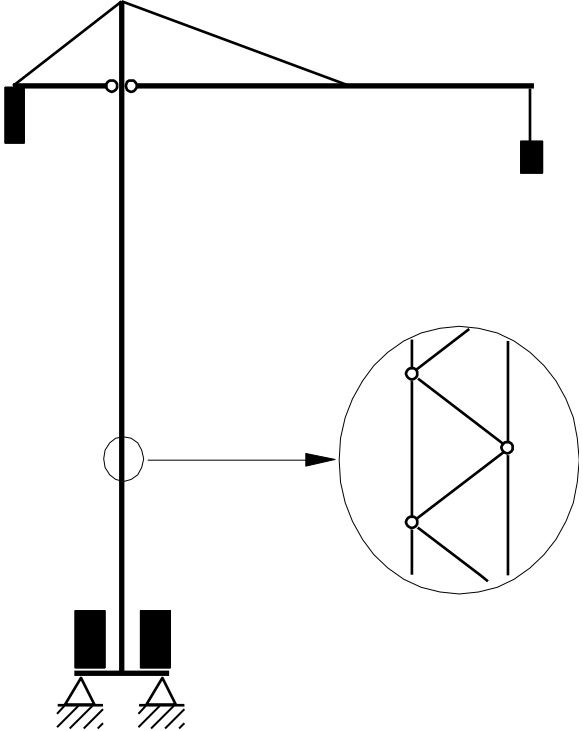
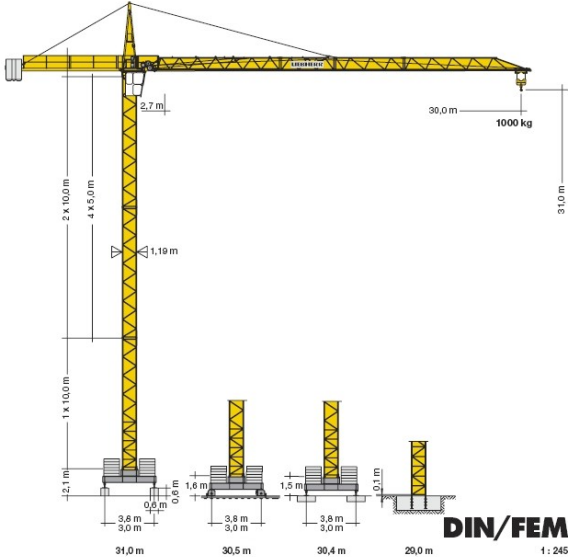
- Starre Körper statt Massenpunkte
- Auch Rotationen + Momente
- Mehrere Körper
- Mehrere, z.T. verteilte Lasten
- Komplizierte, z.T. verteilte Lager
- Beanspruchung



# Mechanik I

## Turmdrehkran 30 LC

Tower Crane / Grue à tour / Gru a torre  
Grúa torre / Guindaste de torre

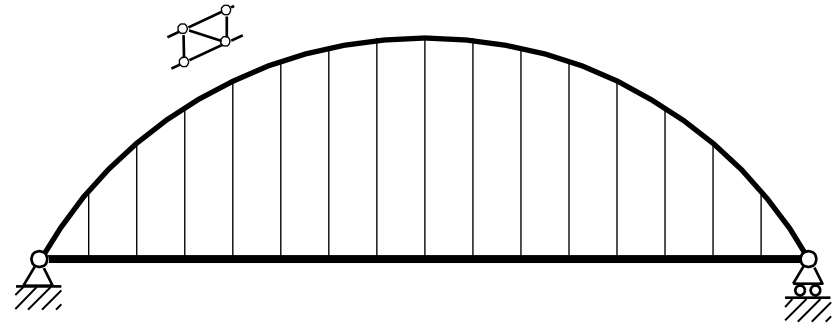


**LIEBHERR**



# Mechanik I

---



# Mechanik II, Festigkeitslehre

---



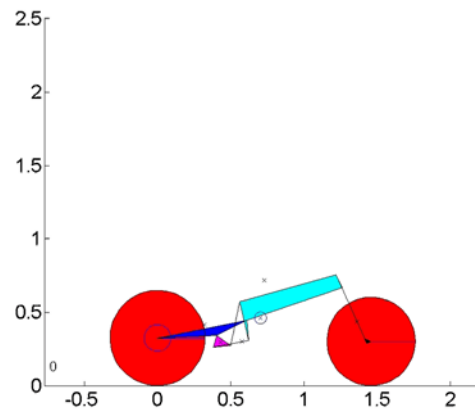
- Spannungen
- Verzerrungen
- Lineare Elastizität
- Tensoren
- Deformationen von Balken
- Festigkeit von Strukturen

# Mechanik III, Dynamik

---

➤ Starre Körper

➤ Impulssatz



Impulssatz

inertiale  
GSSysteme

Bedingungen

Bedingungen

➤ Wellen



# Schnittstelle Physik

---

- Vorausgesetztes Basiswissen:
  - Naturwissenschaftliche Methodik
  - Masseinheiten, Dimensionen
  - Grundkonzepte
- Wunsch: Anschlussfähige Konzepte
  - Allgemein Verwendbares statt Spezialtricks
  - Konzeptverständnis statt Formeln wursteln
  - Widerspruchsfreie Konzepte
- Problemlösungsstrategien

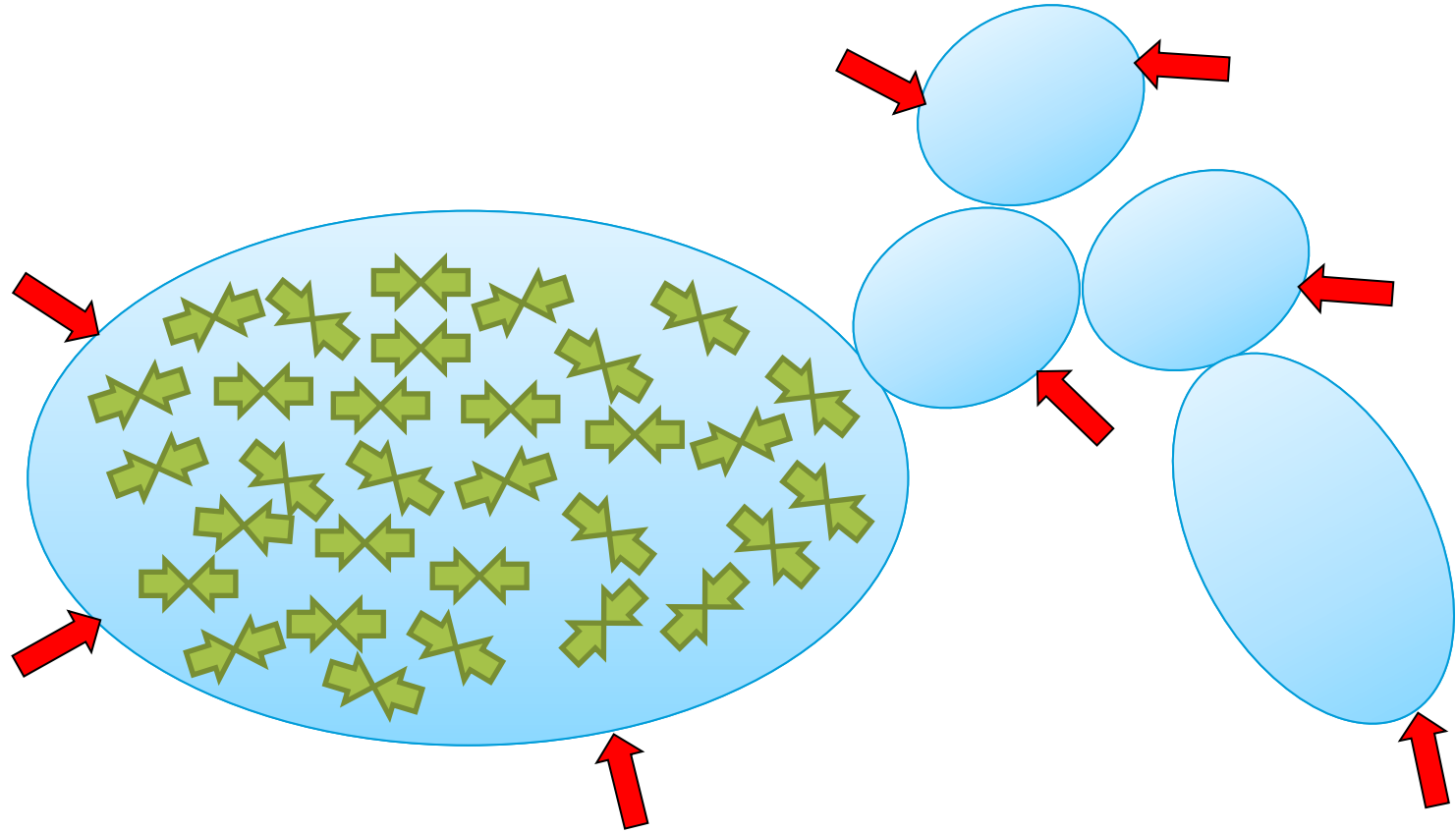
# Speziell für Tech. Mech.

---

- Kräfte haben (materiellen) Angriffspunkt
- Systemabgrenzung
  - ... ist Voraussetzung für Gleichungen (Statik und Dynamik)
  - ... trennt äussere/innere Kräfte
  - ... separiert die wesentlichen von den unendlich vielen unwesentlichen Kräften

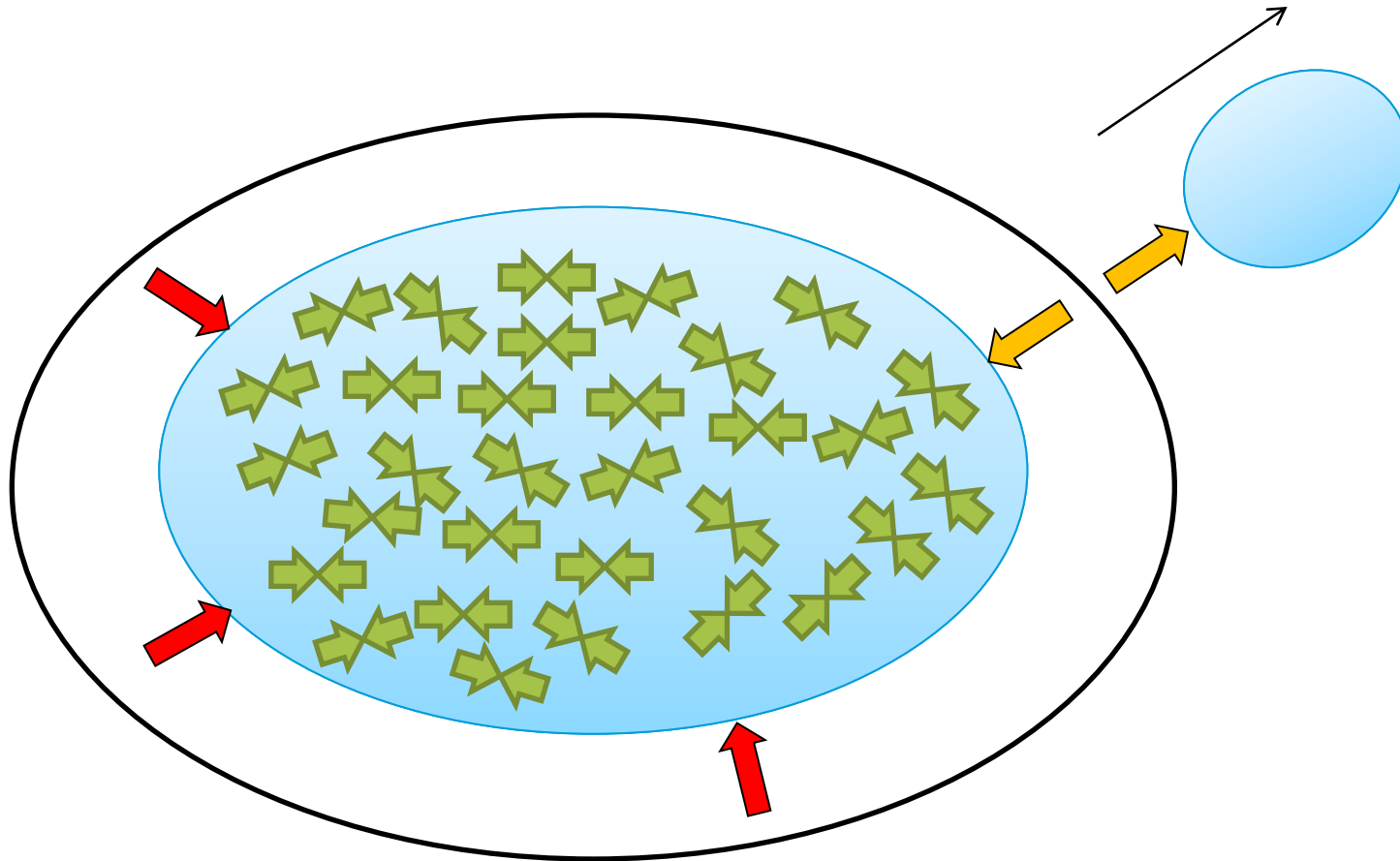
# Speziell für Tech. Mech.

---



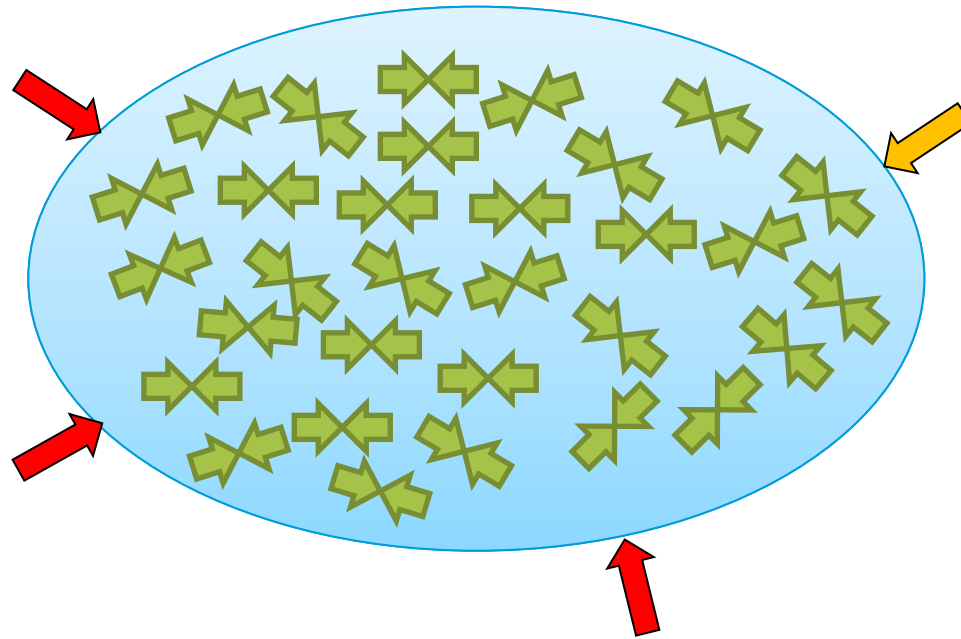
# Speziell für Tech. Mech.

---



# Speziell für Tech. Mech.

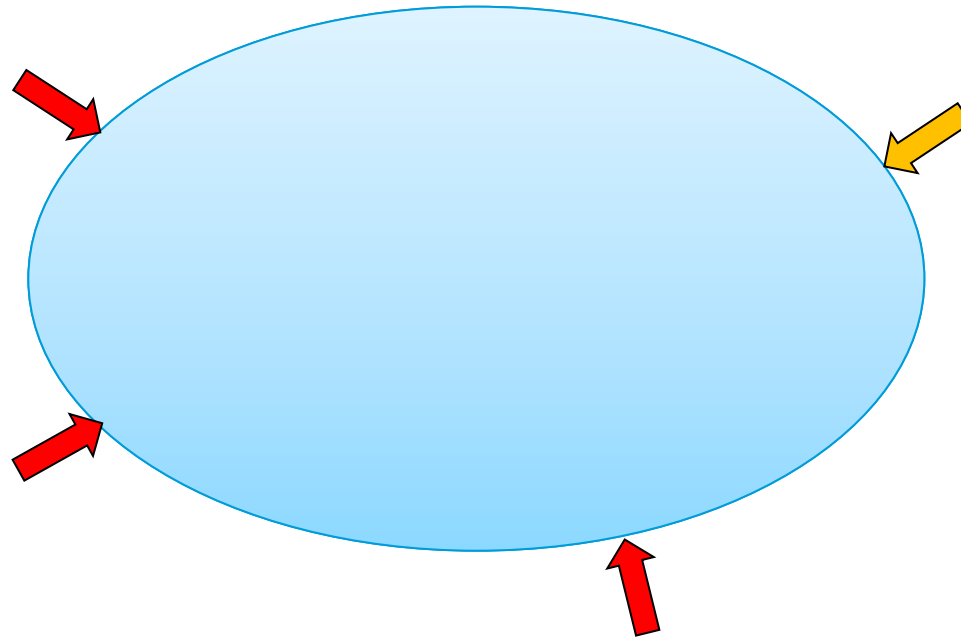
---





# Speziell für Tech. Mech.

---



# Speziell für Tech. Mech.

---

- Kräfte haben (materiellen) Angriffspunkt
- Systemabgrenzung
  - ... ist Voraussetzung für Gleichungen (Statik und Dynamik)
  - ... trennt äussere/innere Kräfte
  - ... separiert die wesentlichen von den unendlich vielen unwesentlichen Kräften
- Modellbildung ist wesentlicher Problemlösungsschritt
- Starrer Körper ist nützliches Modell

# Unklare Systemabgrenzung

Hängt der Wagen an der Feder, so bewirkt die auf ihn wirkende Hangabtriebskraft eine gleiche auf die Feder wirkende Kraft  $\vec{F}'_H = \vec{F}_H$ . Die Feder übt umgekehrt auf den Wagen als Reaktionskraft die Haltekraft  $\vec{F}_F = -\vec{F}_H$  aus.

den Grenzfall, daß  $\alpha$  gegen Null strebt, sinnvolle Ergebnisse liefern!

**11** Leiten Sie anhand von ► **36.1b** die Gesetze für  $F_H$  und  $F_N$  her, indem Sie

a) die Ersatzkraft für  $\vec{F}_G$  und  $\vec{F}_F$ ,  
 b) die Ersatzkraft für  $\vec{F}_{St}$  und  $\vec{F}_F$  betrachten!  
 Fertigen Sie für jeden der beiden Fälle eine Zeichnung!

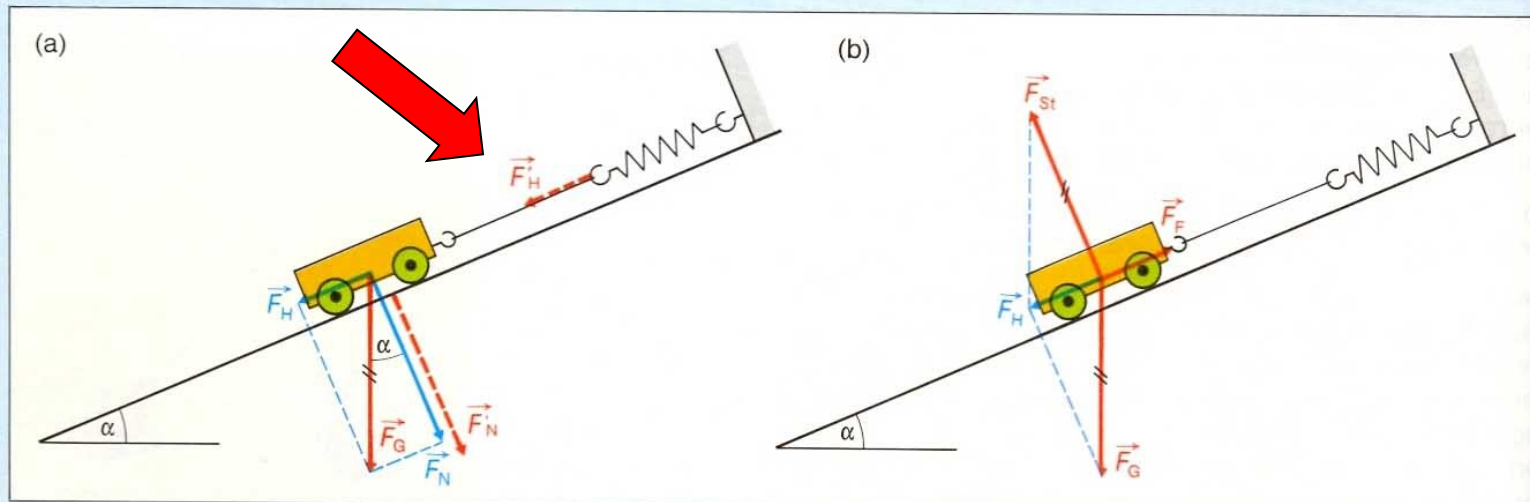
**12** Geben Sie die beiden Möglichkeiten an, die vier Kräfte  $\vec{F}_H$ ,  $\vec{F}_{St}$ ,  $\vec{F}_N$  und  $\vec{F}_F$  sinnvoll zu zwei Paaren zusammengehöriger Kräfte zusammenzufassen!

Die auf den Wagen wirkende Normalkraft  $\vec{F}_N$  hat zur Folge, daß der Wagen auf die Unterlage eine gleiche Kraft  $\vec{F}'_N = \vec{F}_N$  ausübt. Dadurch wird die Unterlage verformt und übt auf den Wagen als Reaktionskraft die Stützkraft  $\vec{F}_{St} = -\vec{F}_N$  aus.

b

## 1 Kräfte an der schiefen Ebene:

a) Darstellung durch Zerlegung von  $\vec{F}_G$ , b) Darstellung durch Zusammensetzung von  $\vec{F}_G$  und  $\vec{F}_{St}$



# Kräfte verschieben???

Hängt der Wagen an der Feder, so bewirkt die auf ihn wirkende Hangabtriebskraft eine gleiche auf die Feder wirkende Kraft  $\vec{F}_H = \vec{F}_H$ . Die Feder übt umgekehrt auf den Wagen als Reaktionskraft die Haltekraft  $\vec{F}_F = -\vec{F}_H$  aus.

Die auf den Wagen wirkende Normalkraft  $\vec{F}_N$  hat zur Folge, daß der Wagen auf die Unterlage eine gleiche Kraft  $\vec{F}_N' = \vec{F}_N$  ausübt. Dadurch wird die Unterlage verformt und übt auf den Wagen als Reaktionskraft die Stützkraft  $\vec{F}_{St} = -\vec{F}_N$  aus.

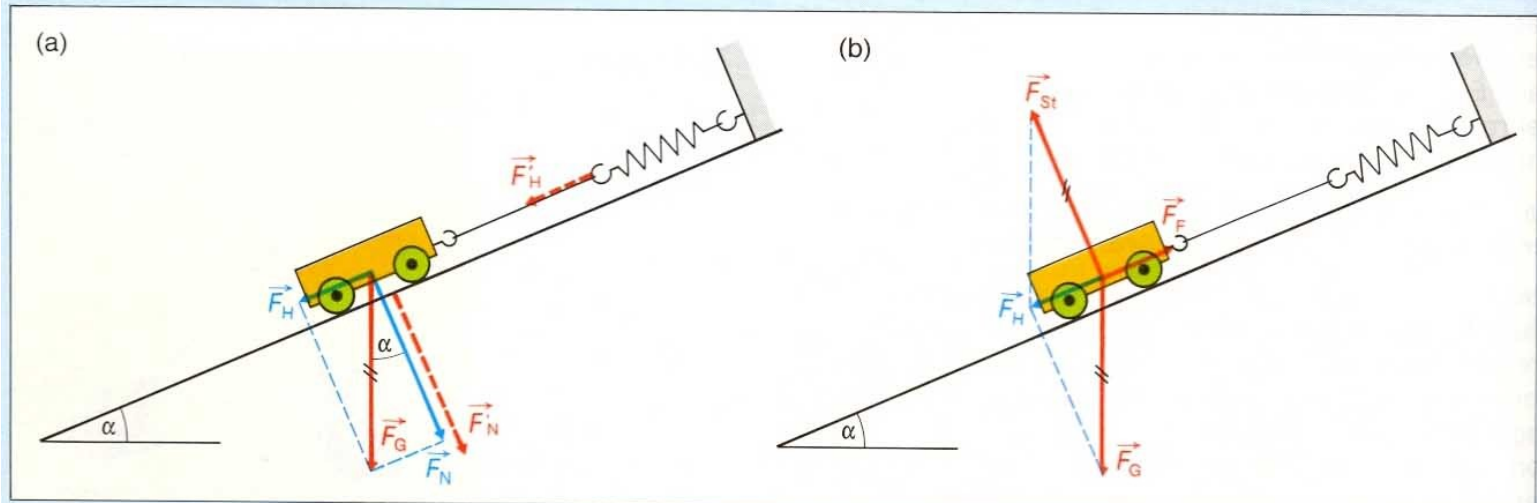
den Grenzfall, daß  $\alpha$  gegen Null strebt, sinnvolle Ergebnisse liefern!

**11** Leiten Sie anhand von ► **36.1b** die Gesetze für  $F_H$  und  $F_N$  her, indem Sie  
a) die Ersatzkraft für  $\vec{F}_G$  und  $\vec{F}_F$ ,  
b) die Ersatzkraft für  $\vec{F}_{St}$  und  $\vec{F}_F$  betrachten!  
Fertigen Sie für jeden der beiden Fälle eine Zeichnung!

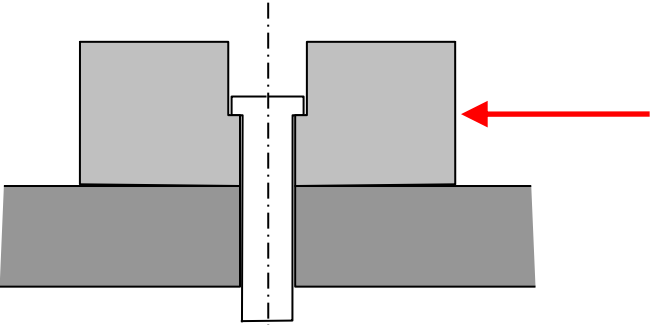
**12** Geben Sie die beiden Möglichkeiten an, die vier Kräfte  $\vec{F}_H$ ,  $\vec{F}_{St}$ ,  $\vec{F}_N$  und  $\vec{F}_F$  sinnvoll zu zwei Paaren zusammengehöriger Kräfte zusammenzufassen!

## 1 Kräfte an der schiefen Ebene:

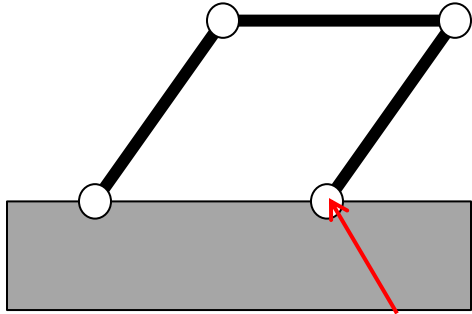
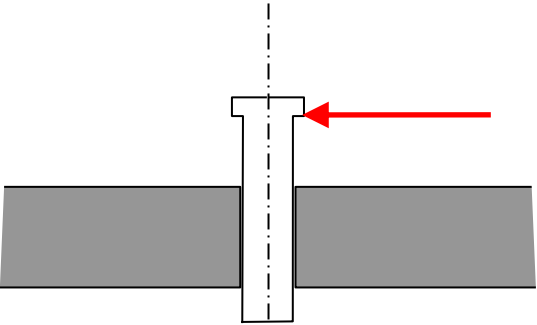
a) Darstellung durch Zerlegung von  $\vec{F}_G$ , b) Darstellung durch Zusammensetzung von  $\vec{F}_G$  und  $\vec{F}_{St}$



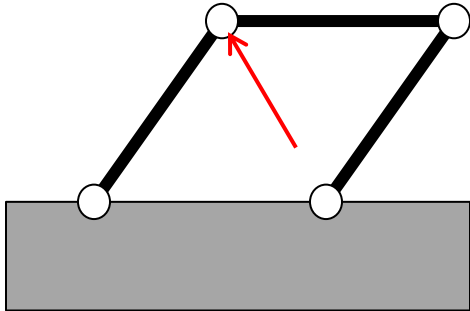
# Kräfte verschieben???



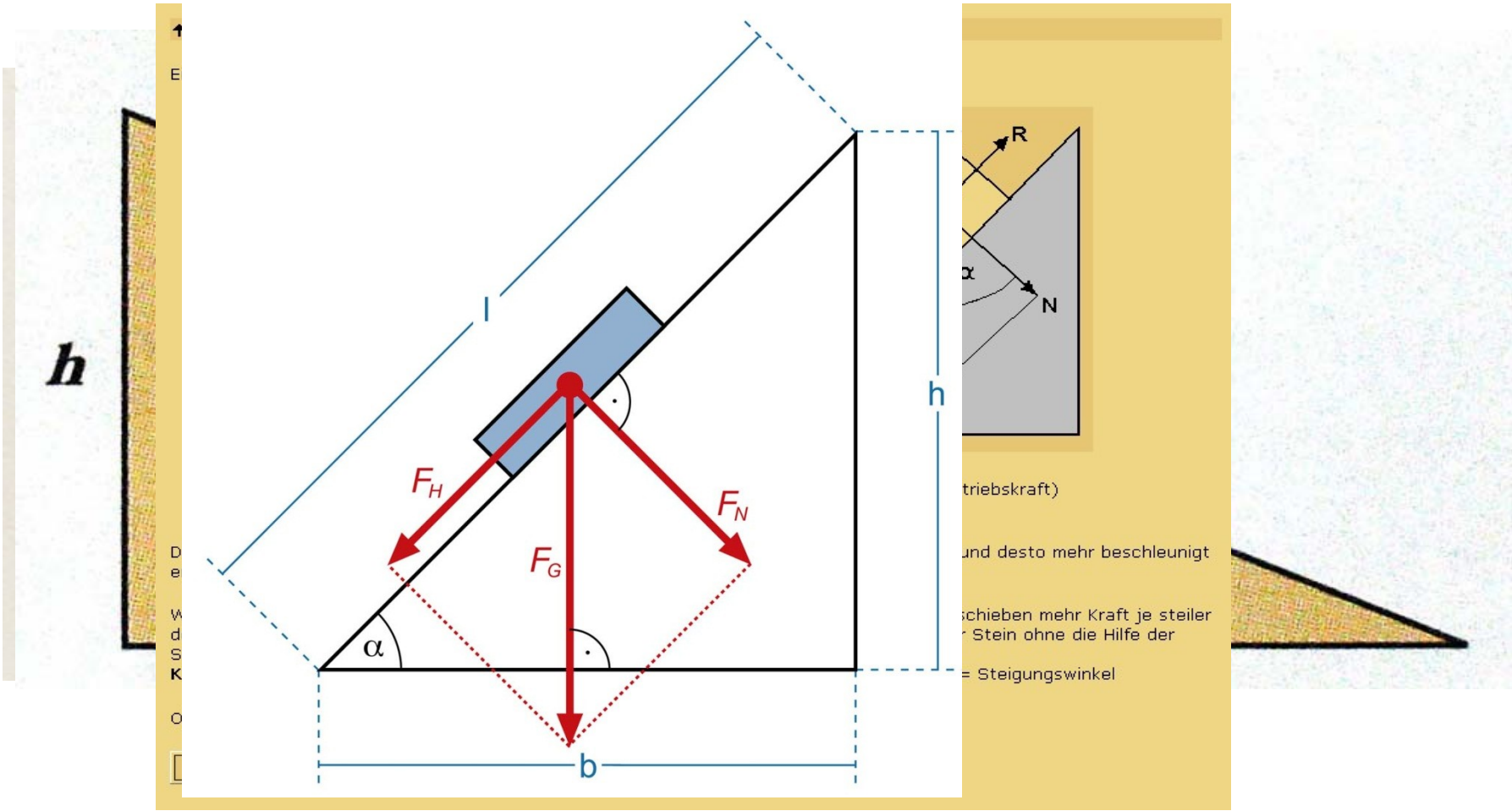
≠



≠



# Problemfall «Schiefe Ebene»

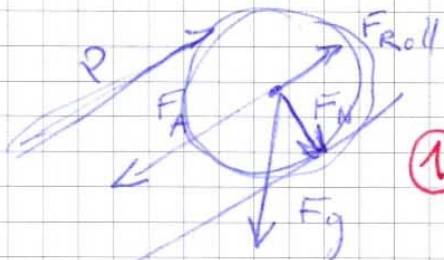




# Prägung

Aufgabe:

1



Maturität

$F_A$  : Hangabtriebskraft

$\textcircled{1}_2 \sim \textcircled{1}_1$

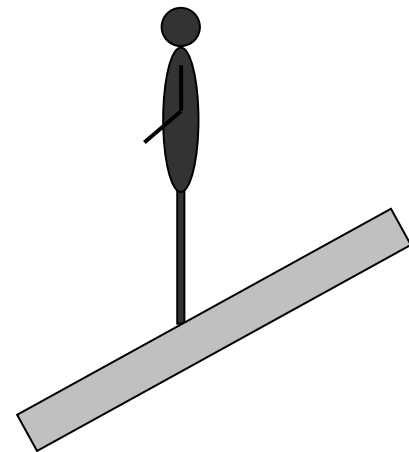
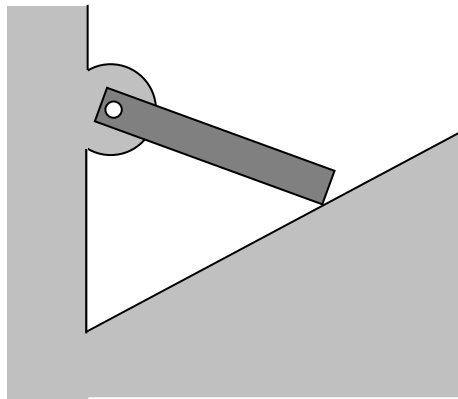
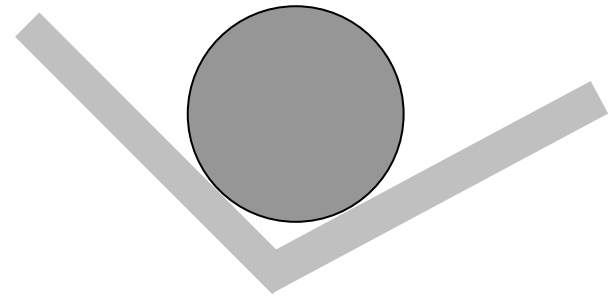
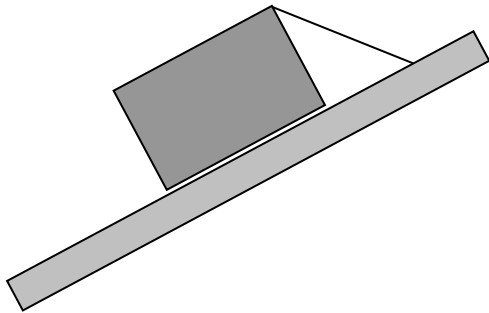


Studium

$g$  nicht einsetzen  
 $\phi$

# Anschlussfähig???

---



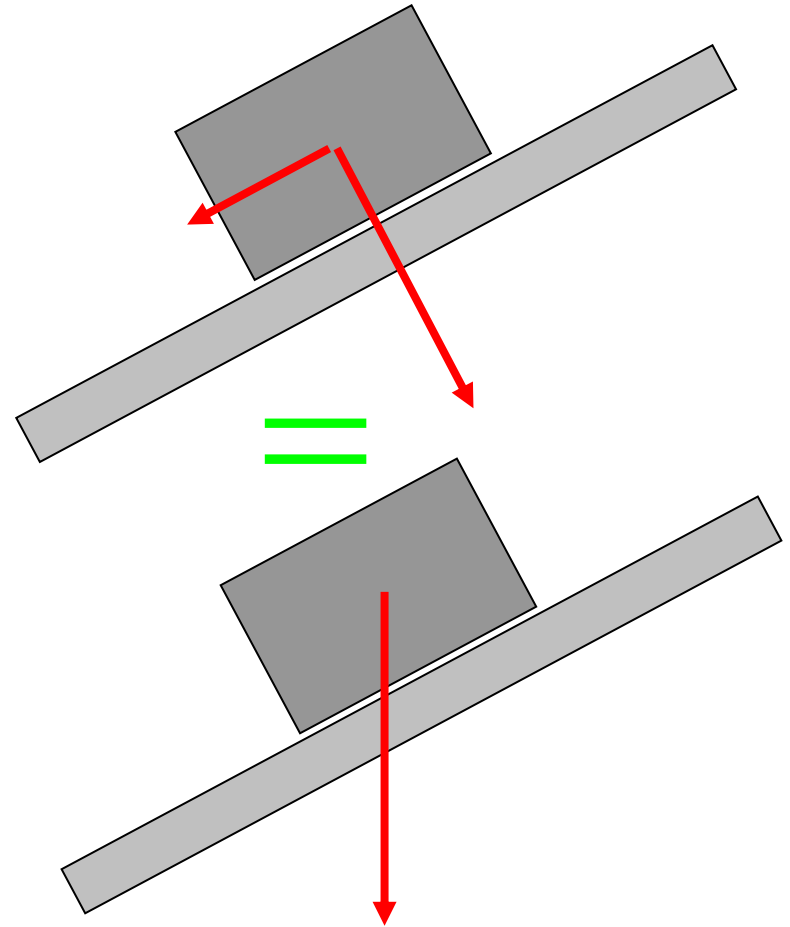


# Widerspruchsfrei???

$$m \vec{a} = \vec{F}$$

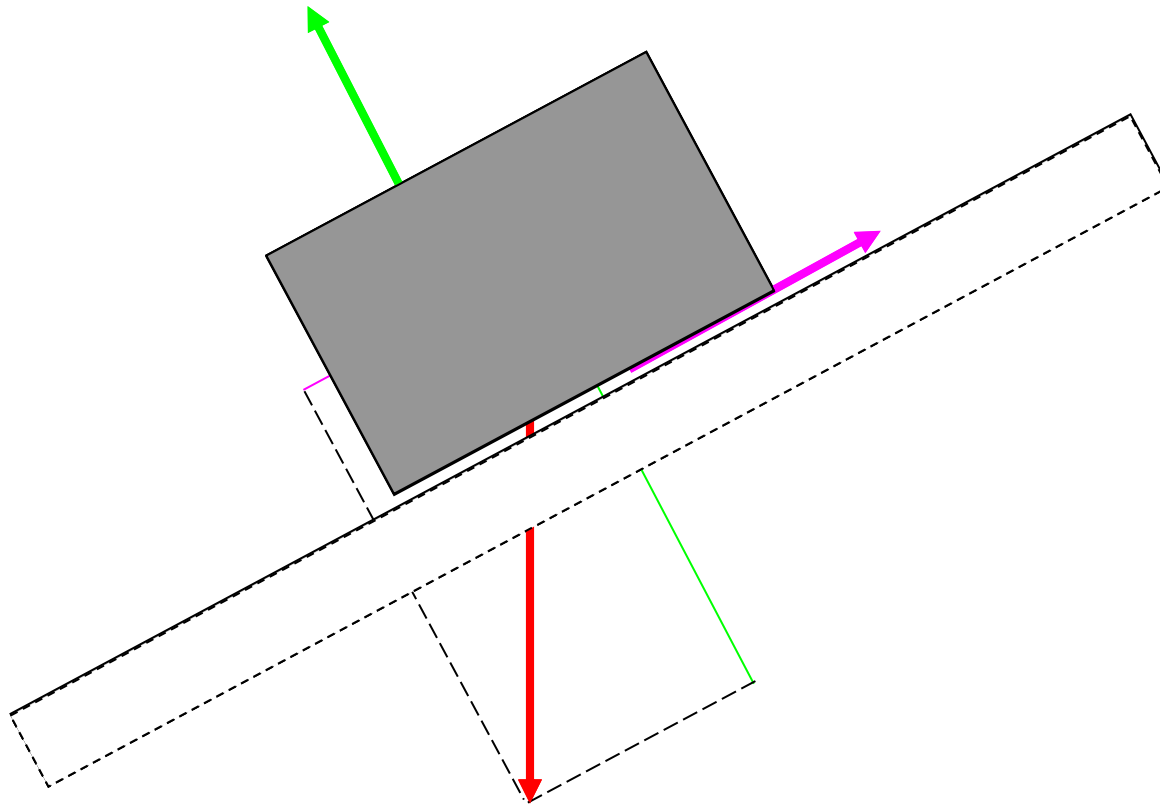


$\neq$



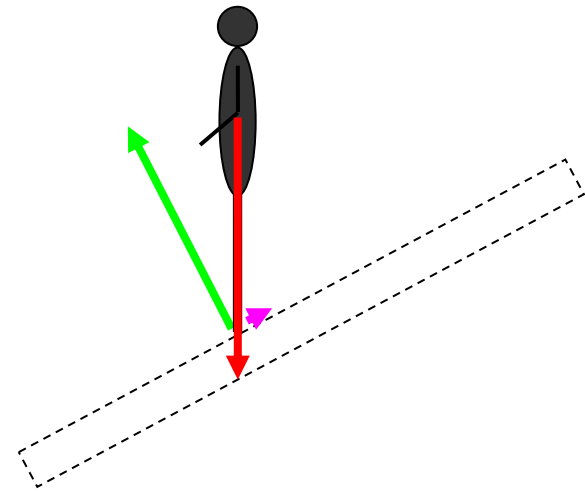
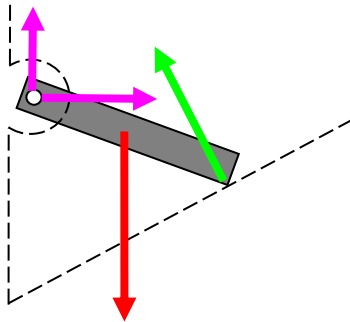
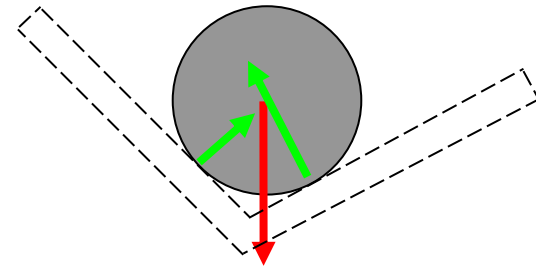
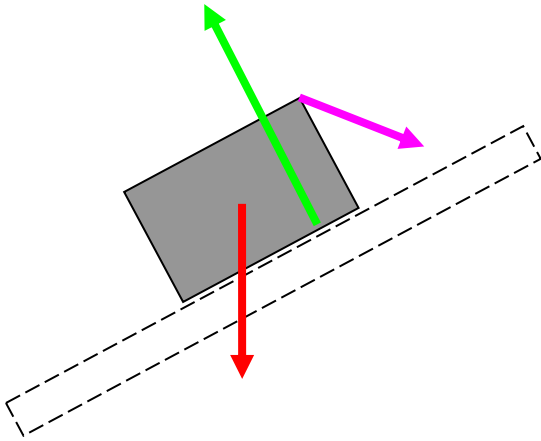
# System freischneiden

---



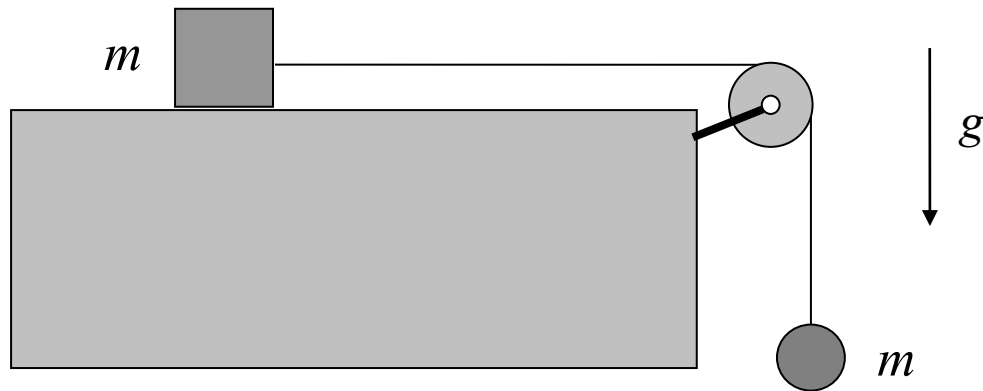
# Kräfte am System einführen

---



# Massenmittelpunktsatz

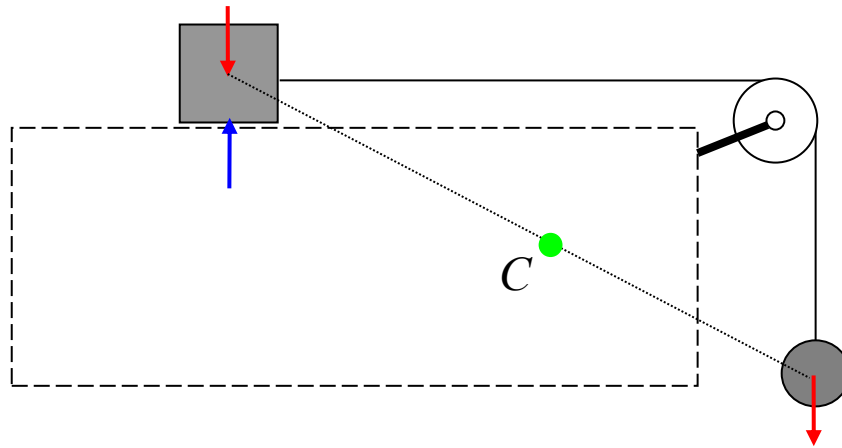
---



$$2m \vec{a}_C = \Gamma_{res}$$

# Massenmittelpunktsatz

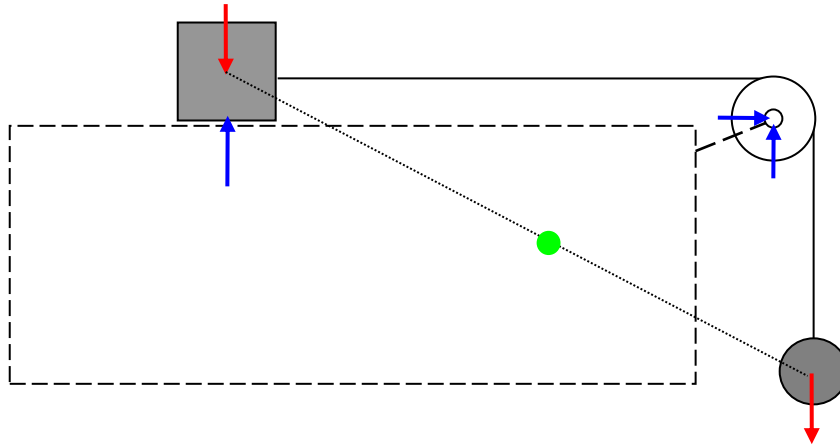
---



$$2m \vec{a}_C = \Gamma_{res}$$

# Massenmittelpunktsatz

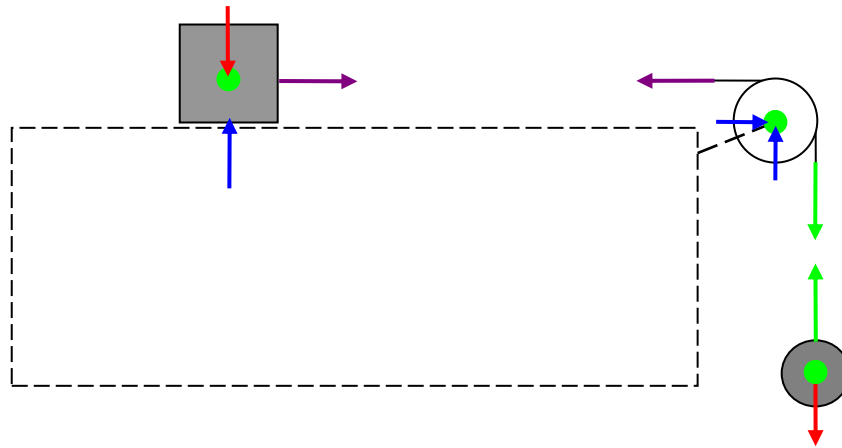
---



$$2m \vec{a}_C = \Gamma_{res}$$

# Massenmittelpunktsatz

---



# Kinematik mit Vektoren

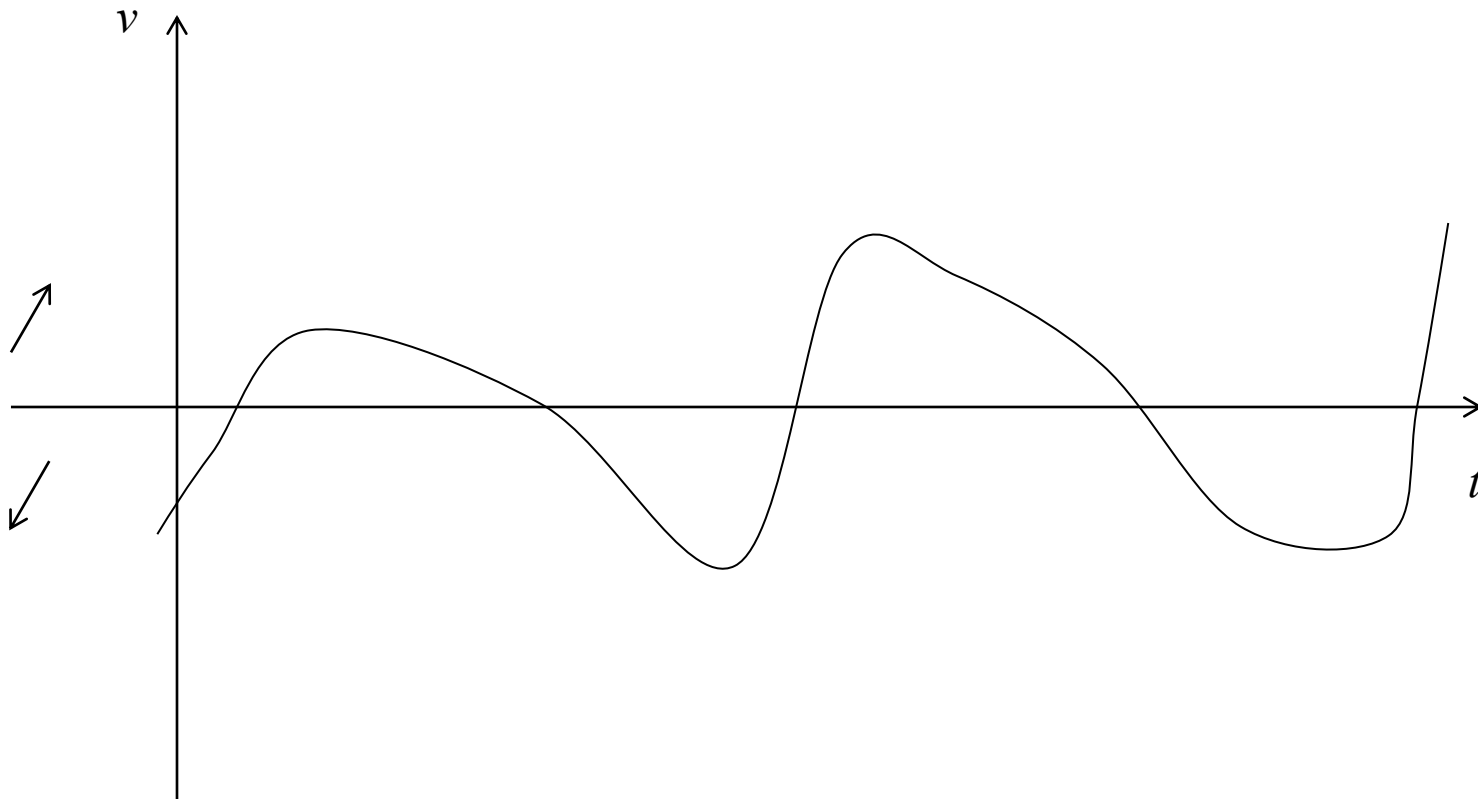
---

- 1d-Vektoren: zur Unkenntlichkeit degeneriert



# Kinematik mit Vektoren

---



# Kinematik mit Vektoren

---

- 1d-Vektoren: zur Unkenntlichkeit degeneriert
- Geschwindigkeit oft als skalare Grösse geprägt!

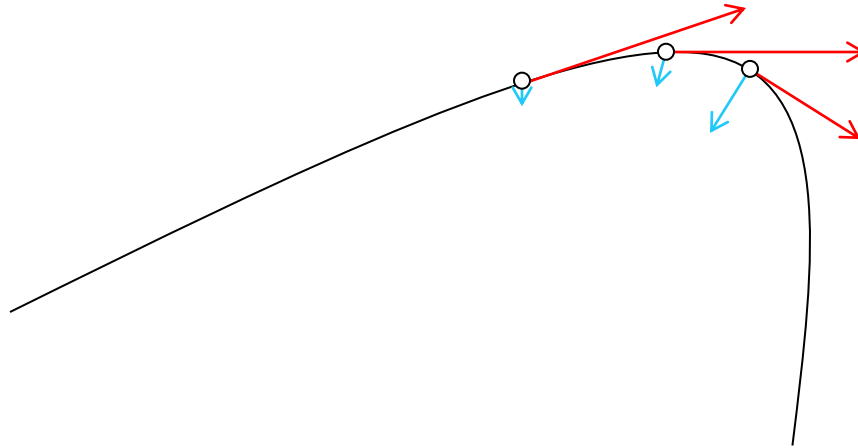
# Kinematik mit Vektoren

---

- 1d-Vektoren: zur Unkenntlichkeit degeneriert
- Geschwindigkeit oft als skalare Grösse geprägt!
- 2d-/3d-Vektoren: neues Konzept

# Kinematik mit Vektoren

---



# Kinematik mit Vektoren

---



# Kinematik mit Vektoren

---

- 1d-Vektoren: zur Unkenntlichkeit degeneriert
- Geschwindigkeit oft als skalare Grösse geprägt!
- 2d-/3d-Vektoren: neues Konzept
- Natürlicher Zugang zu Kreisbewegung etc.

# $\vec{F} = m\vec{a}$ oder $m\vec{a} = \vec{F}$ ?

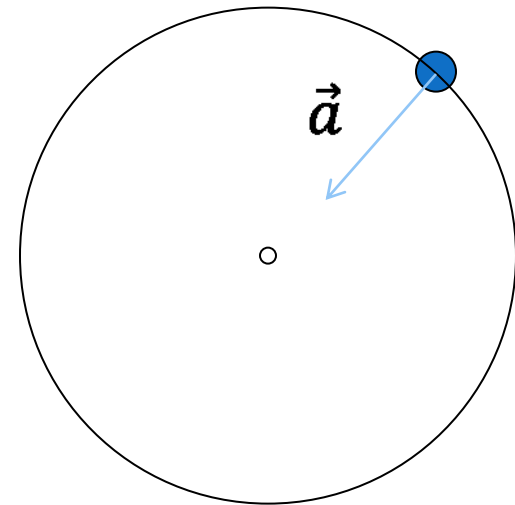
---

□ Weltkulturerbe:

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

□ Bindungskräfte:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



# Notation

---

- Illusion: Einheitliche Notation
- Grund: Vektoren/Tensoren:
- $F_{G_x}$ ?
- $\rho u_{i,tt} = \sum_{k=1}^3 T_{ik,k} + f_i$



# «Abgeschlossenes System»

---

- Thermodynamik:
  - Adiabat (kein Wärmefluss über Systemgrenzen)
  - Kein Massenaustausch über Systemgrenzen
- Elektrostatik:
  - Kein Ladungsaustausch
- Mechanik:
  - Keine Kraftwirkung über Systemgrenzen???
  - Keine Arbeit von äusseren Kräften???

# Zusammenfassung

---

- Anschlussfähige Konzepte
  - Allgemein Verwendbares
  - Keine Spezialtricks
- Widerspruchsfreie Konzepte
- Gleichungen im Kontext eines Systems anwenden
- Vertiefung durch Selbsterklärungen
- Problemlösungsstrategien