

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

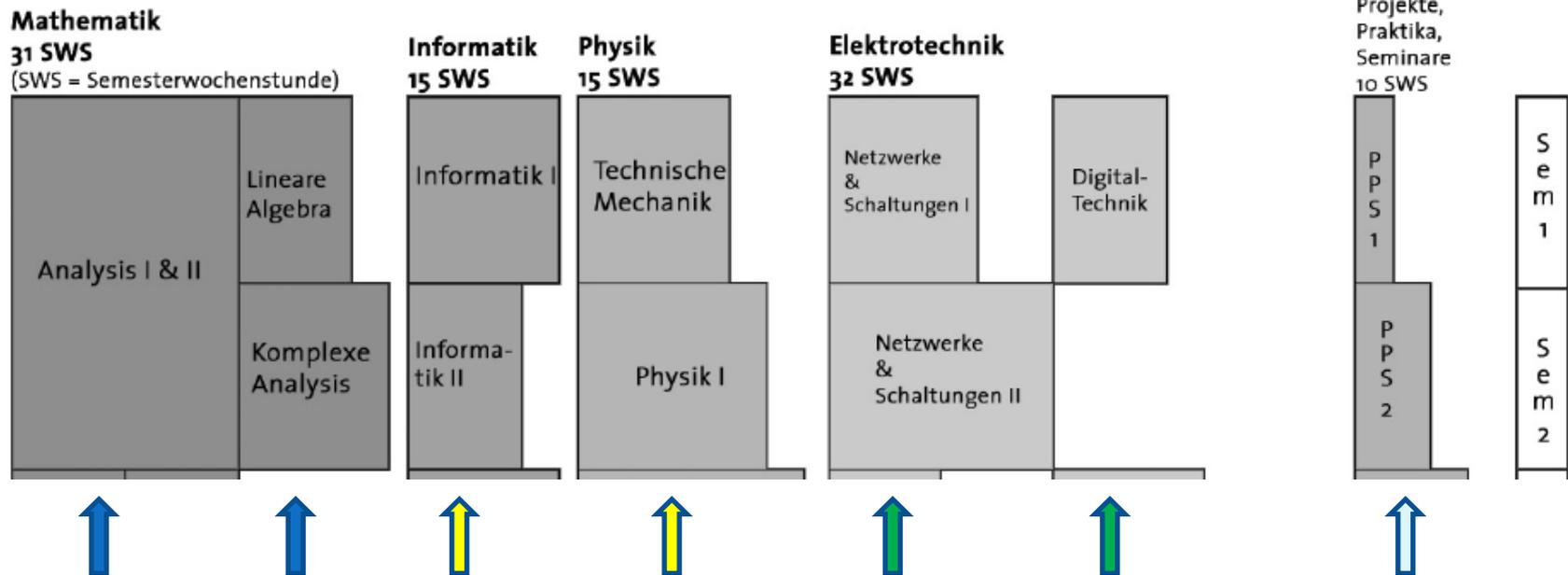
Semester	Lehrveranstaltungen	SWS	Leistungskontrolle	KP
1.	Technisches Zeichnen & CAD	4		4
	Maschinenelemente	2		2
	Analysis I	8		8
	Mechanik I	5		5
	Lineare Algebra I	3		3
	Werkstoffe und Fertigung I	4		4
	Chemie	3		3
2.	Analysis II	8	Basisprüfung	8
	Mechanik II	6	Ende 2. Semester	6
	Informatik I	4		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.

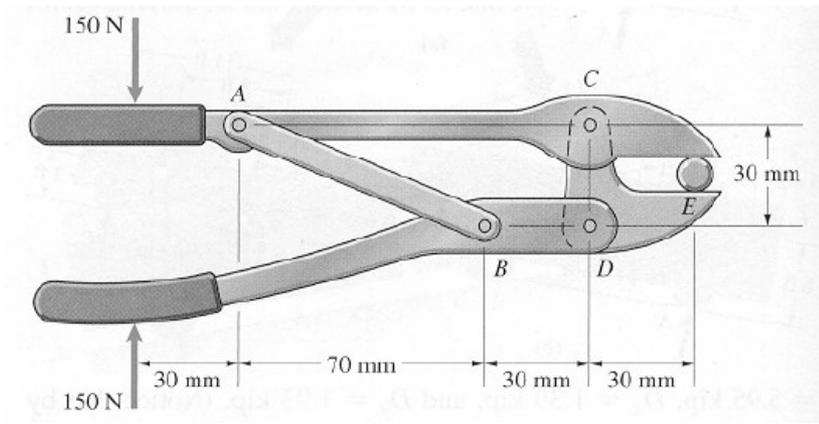
Die Basisprüfung umfasst folgende Prüfungsfächer:

- | | | |
|--|--|----------------|
|  | 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 |

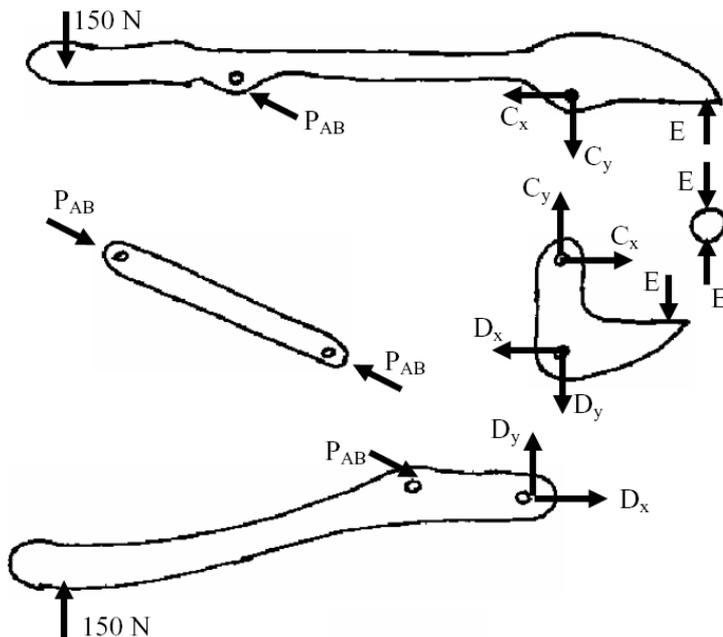
Fächer Basisjahr ITET



Mechanik I, Statik + Kinematik

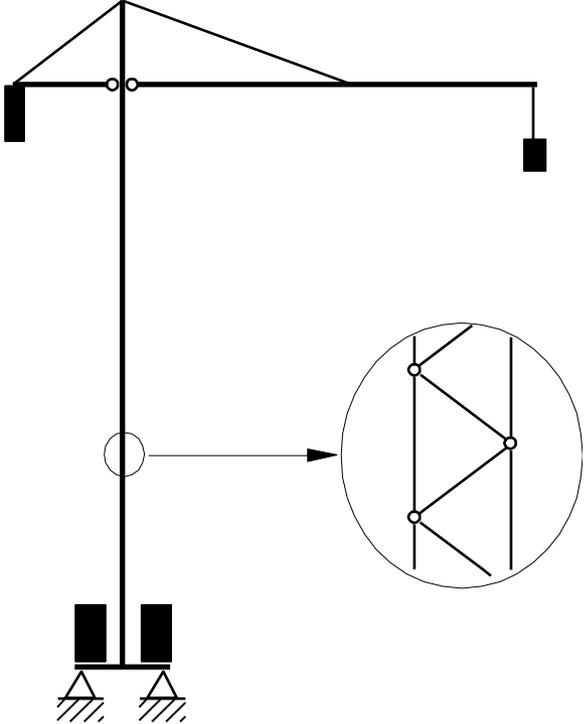
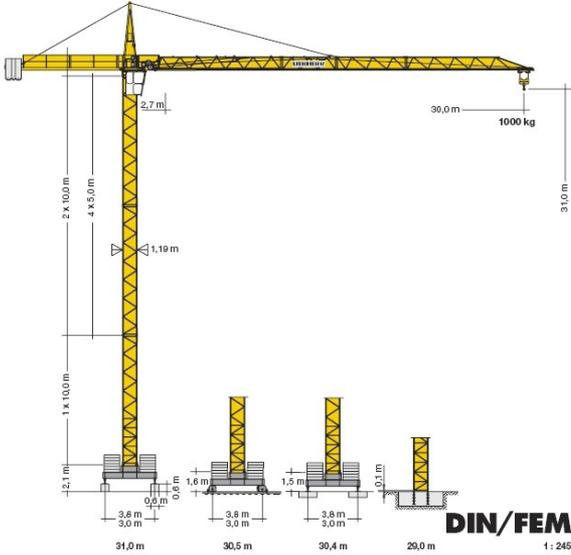


- Starre Körper statt Massenpunkte
- Auch Rotationen + Momente
- Mehrere Körper
- Mehrere, z.T. verteilte Lasten
- Komplizierte, z.T. verteilte Lager
- Beanspruchung



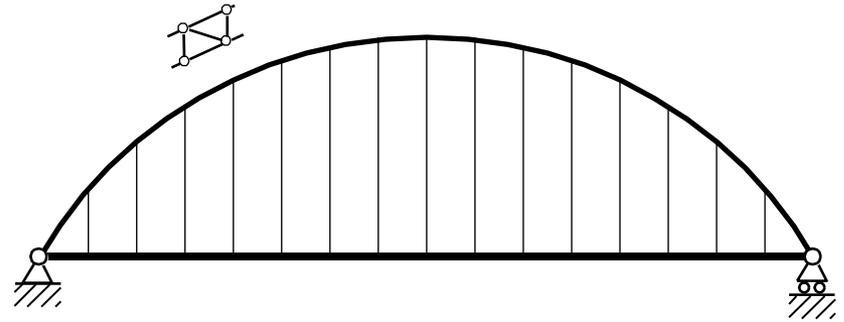
Mechanik I

Turmdrehkran 30 LC Tower Crane / Grue à tour / Gru a torre
Grúa torre / Guindaste de torre



LIEBHERR

Mechanik I



Mechanik II, Festigkeitslehre

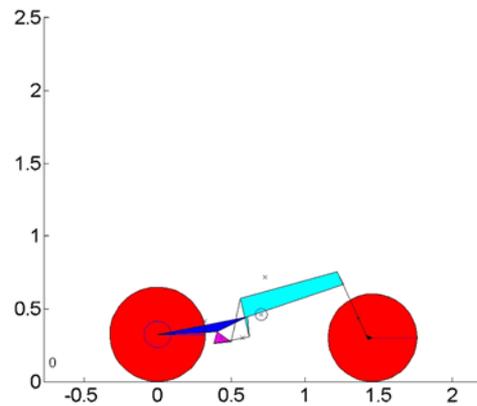


- Spannungen
- Verzerrungen
- Lineare Elastizität
- Tensoren
- Deformationen von Balken
- Festigkeit von Strukturen

Mechanik III, Dynamik

➤ Starre Körper

➤ Impulssatz



Impulssatz

inertiale
GSSysteme

Bedingungen

Bedingungen

➤ Wellen



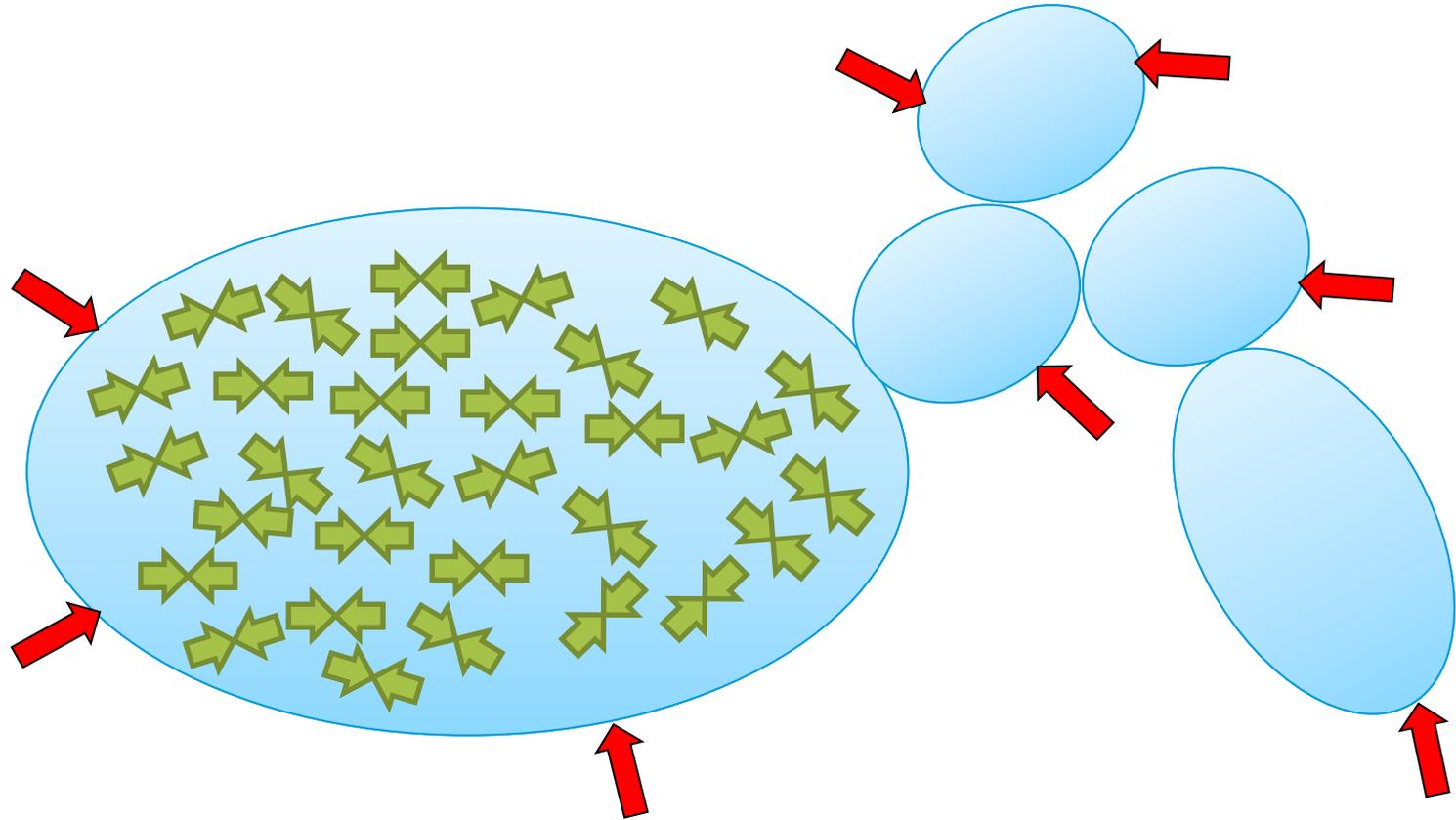
Schnittstelle Physik

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

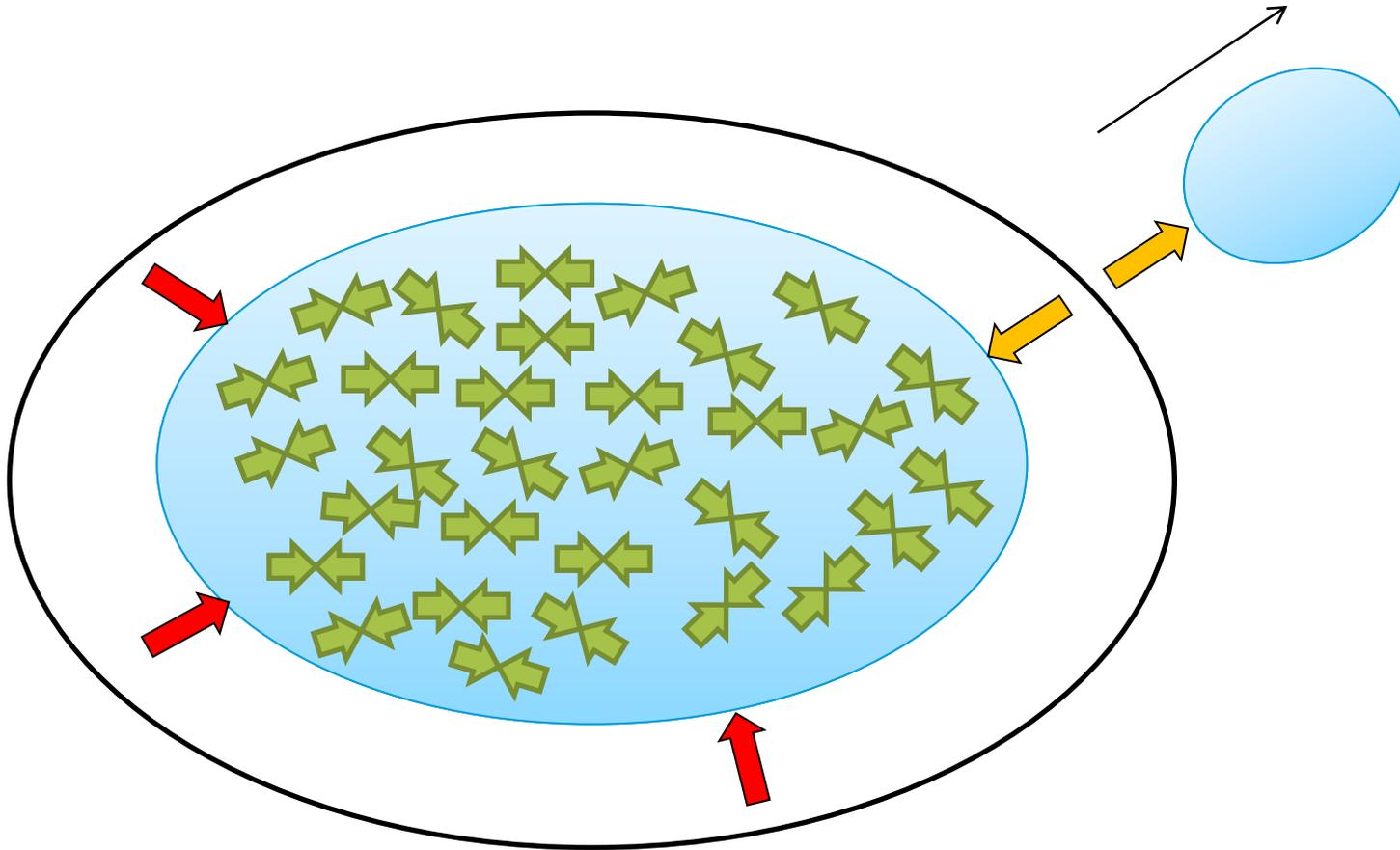
Speziell für Tech. Mech.

- 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

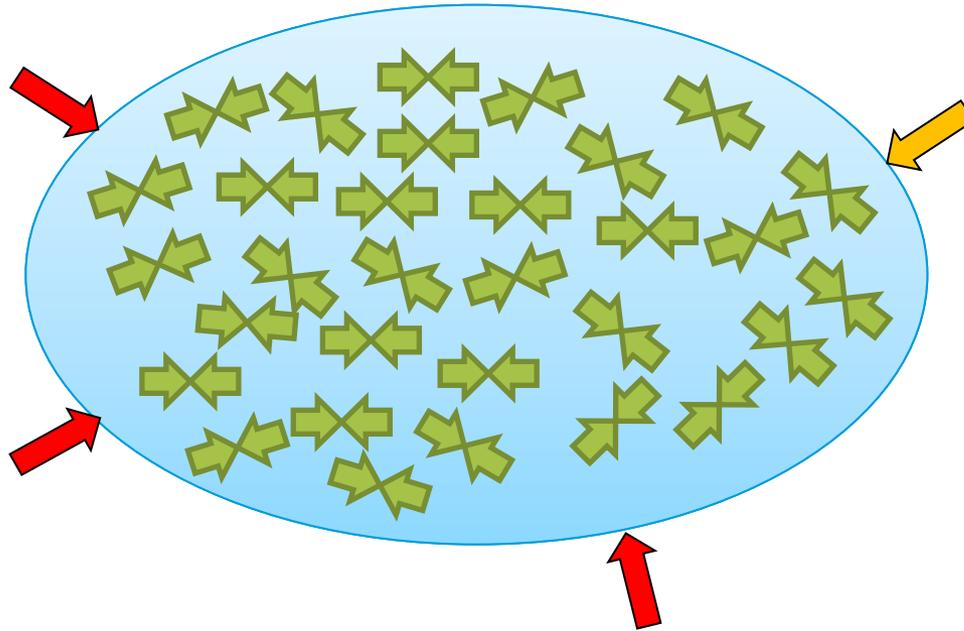
Speziell für Tech. Mech.



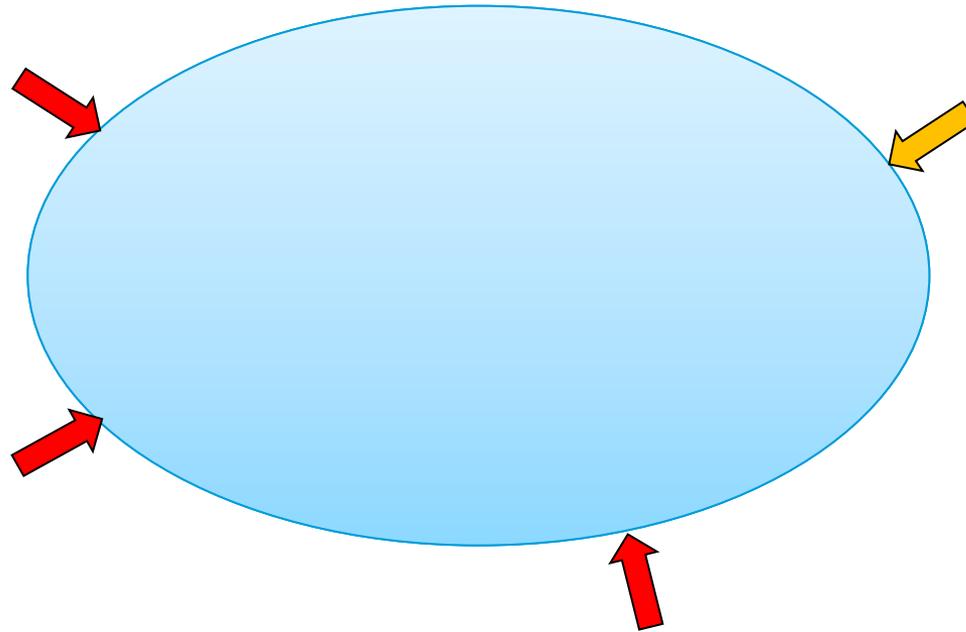
Speziell für Tech. Mech.



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 α 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!

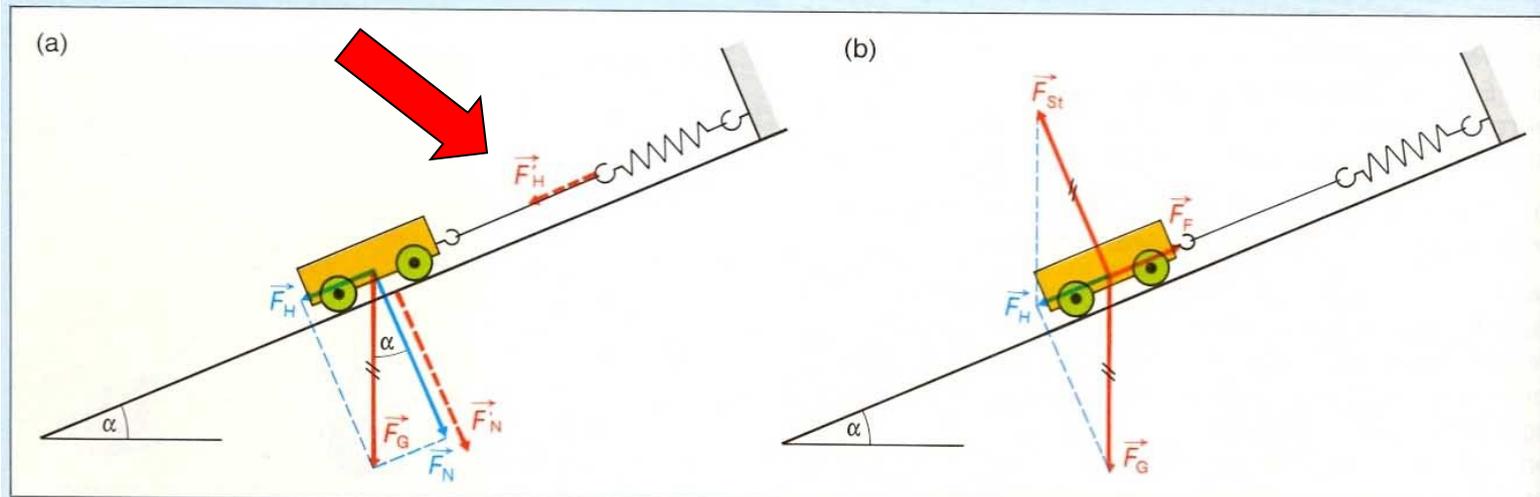
12 Geben Sie die beiden Möglichkeiten an, die vier Kräfte \vec{F}_H , \vec{F}_{St} , \vec{F}_N und \vec{F}_F sinnvoll zu zwei Paaren zusammengehöriger Kräfte zusammenzufassen!

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.

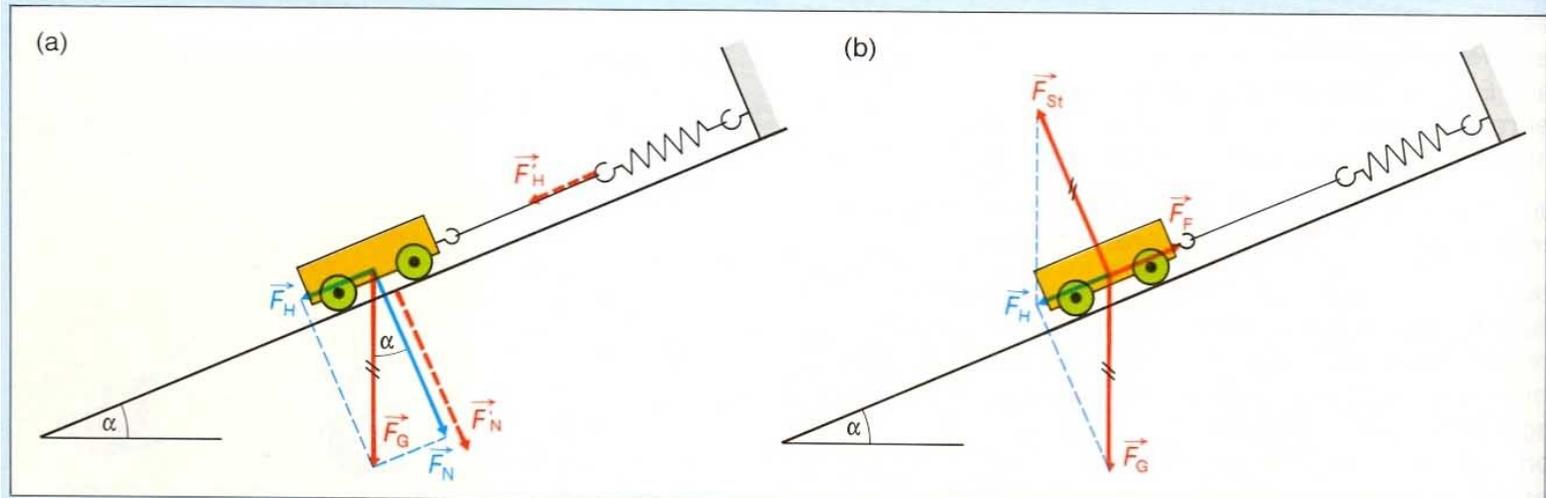
den Grenzfall, daß α gegen Null strebt, sinnvolle Ergebnisse liefern!

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!

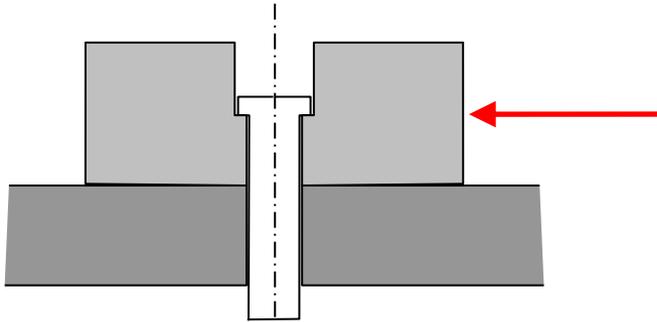
12 Geben Sie die beiden Möglichkeiten an, die vier Kräfte \vec{F}_H , \vec{F}_{St} , \vec{F}_N und \vec{F}_F sinnvoll zu zwei Paaren zusammengehöriger Kräfte zusammenzufassen!

1 Kräfte an der schiefen Ebene:

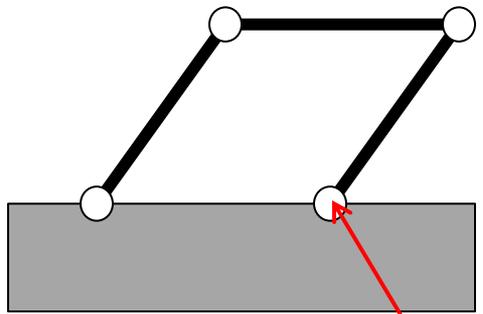
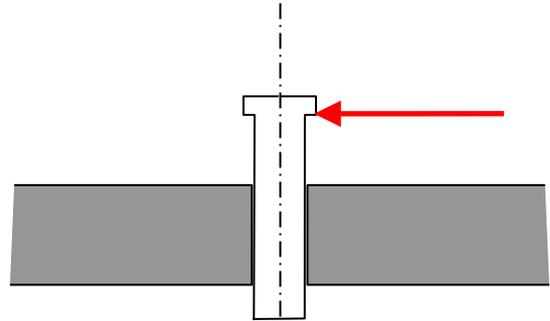
a) Darstellung durch Zerlegung von \vec{F}_G , b) Darstellung durch Zusammensetzung von \vec{F}_G und \vec{F}_{St}



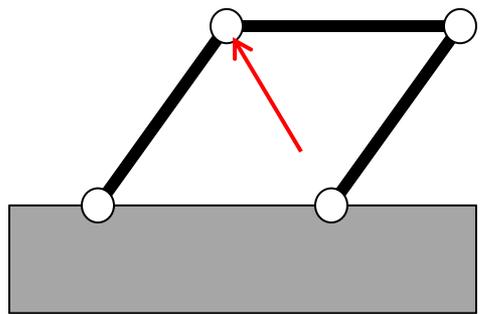
Kräfte verschieben???



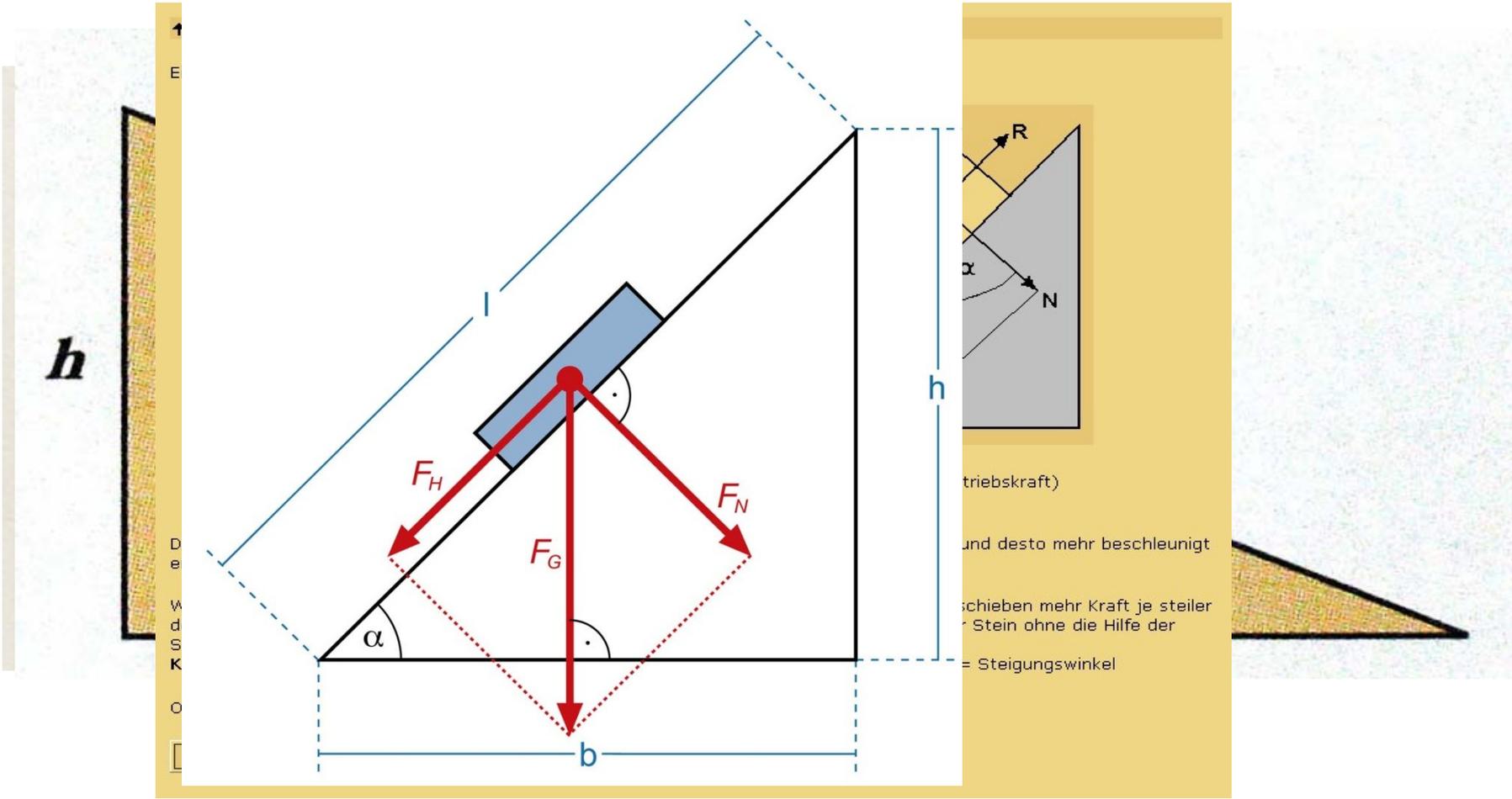
≠



≠



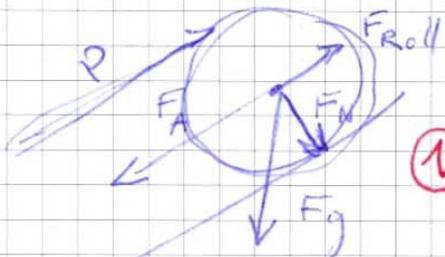
Problemfall «Schiefe Ebene»



Prägung

Aufgabe:

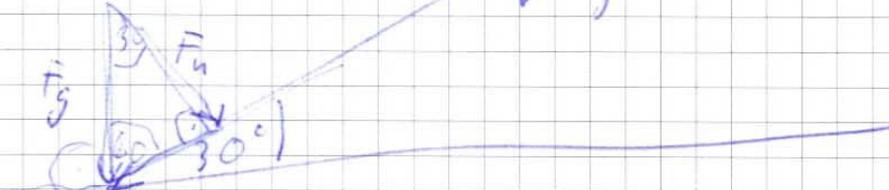
1



Maturität

F_A : Hangabtriebskraft

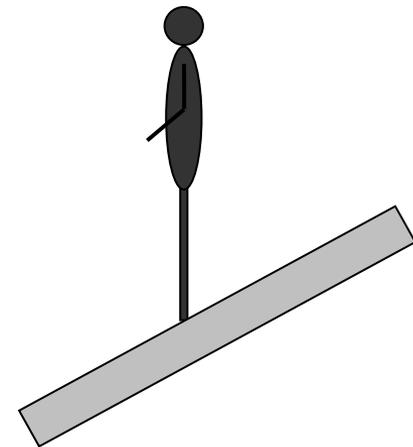
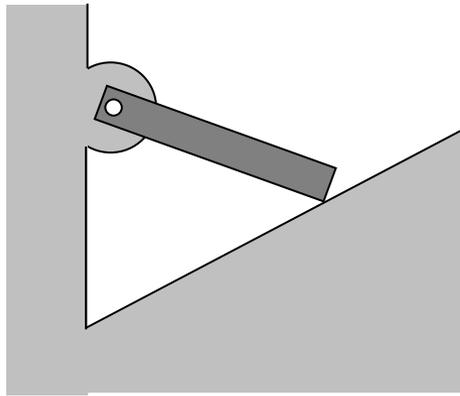
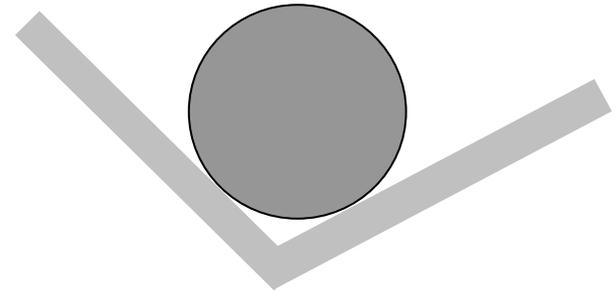
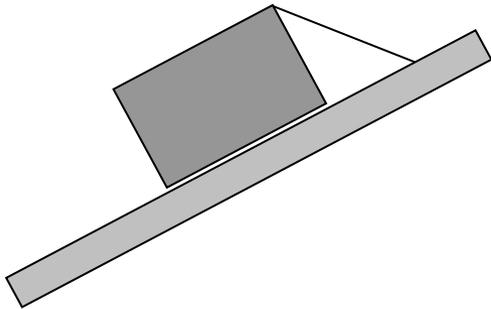
$\textcircled{1}_2 \sim \textcircled{1}_1$



Studium

g nicht einsetzen
 ϕ

Anschlussfähig???

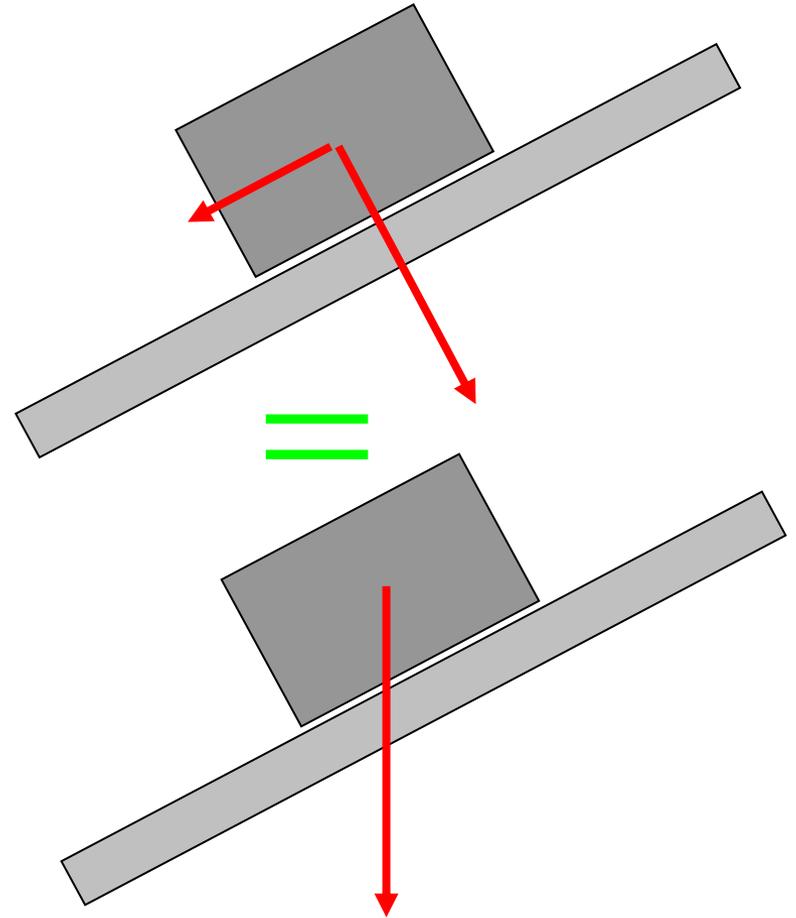


Widerspruchsfrei???

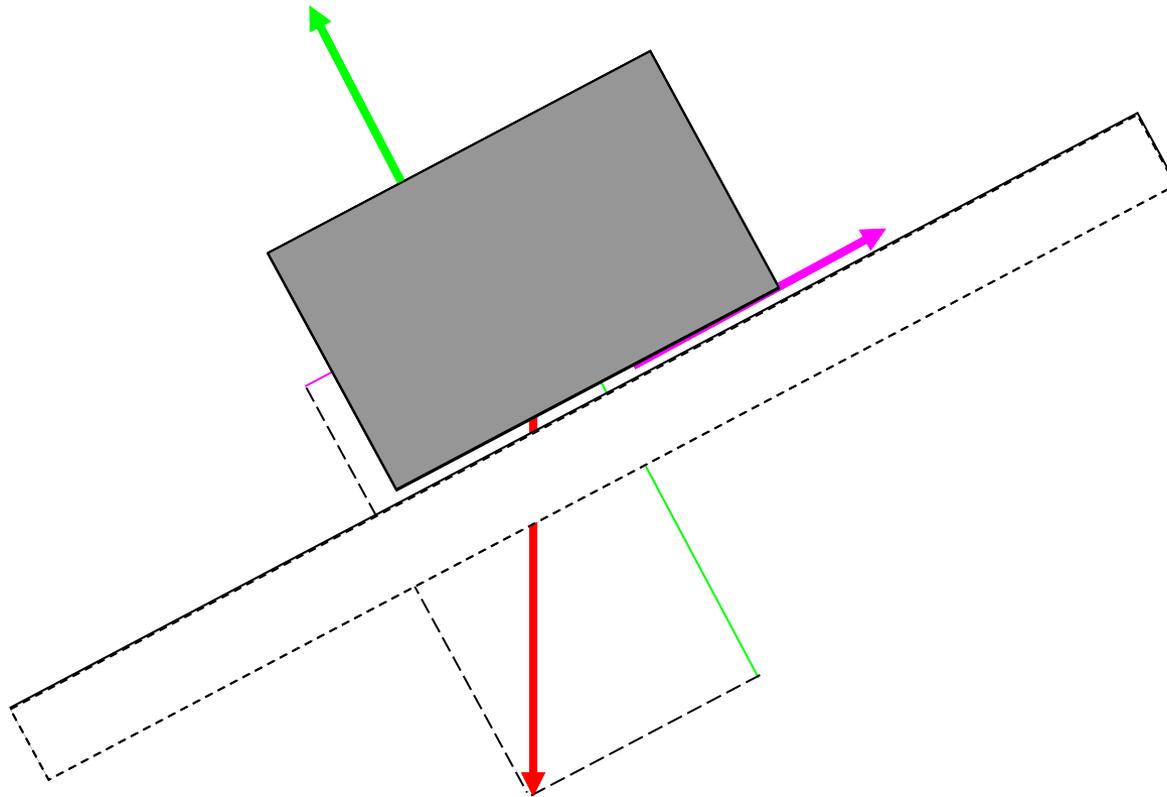
$$m \vec{a} = \vec{F}$$



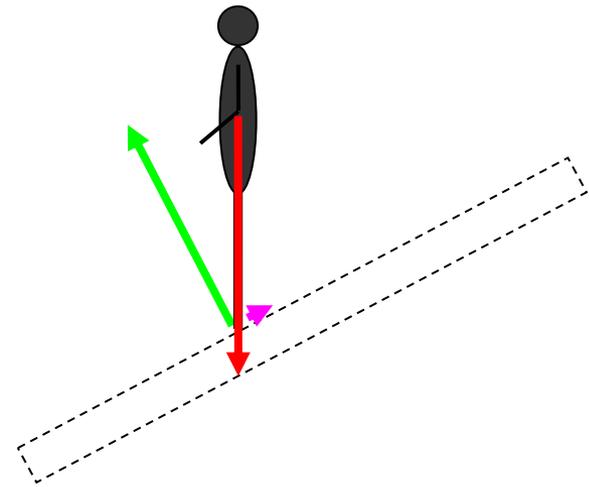
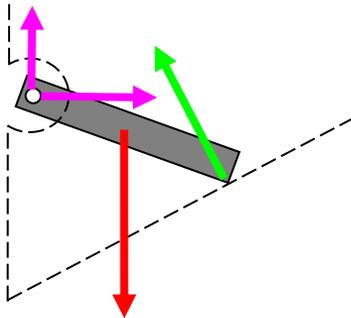
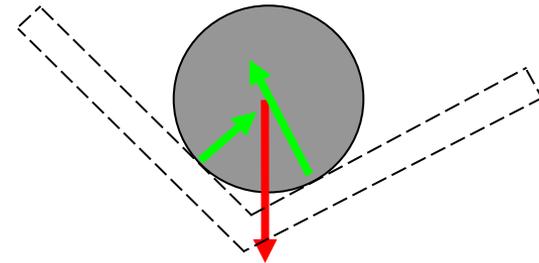
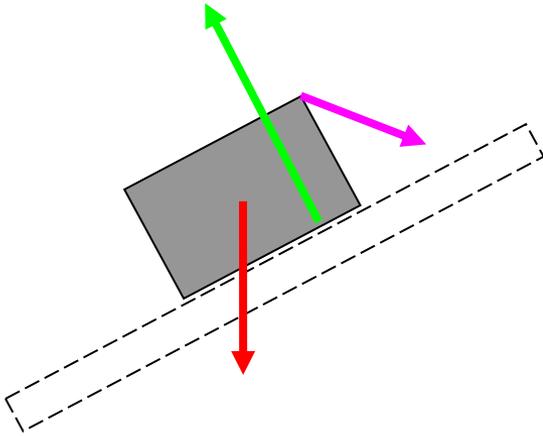
\neq



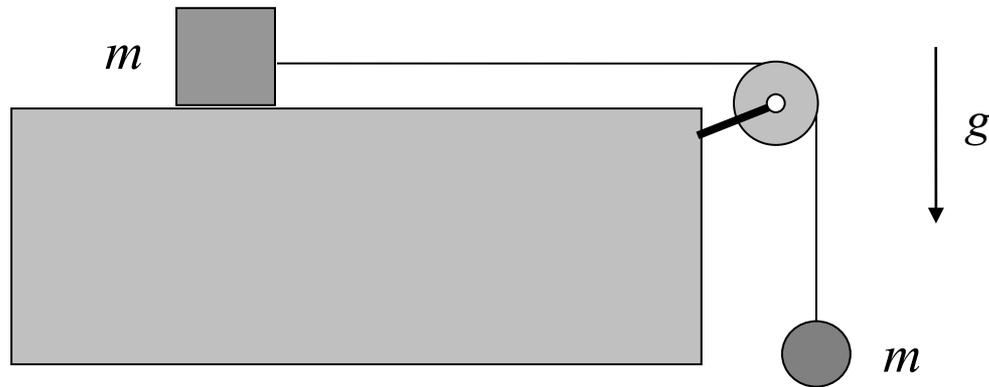
System freischneiden



Kräfte am System einführen

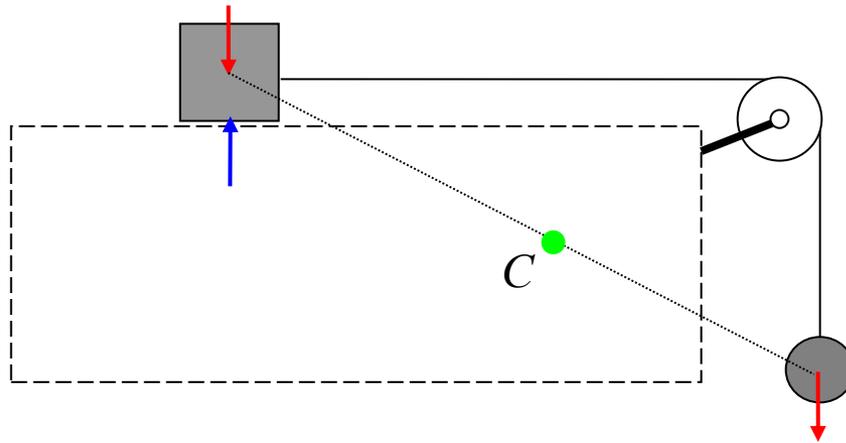


Massenmittelpunktsatz



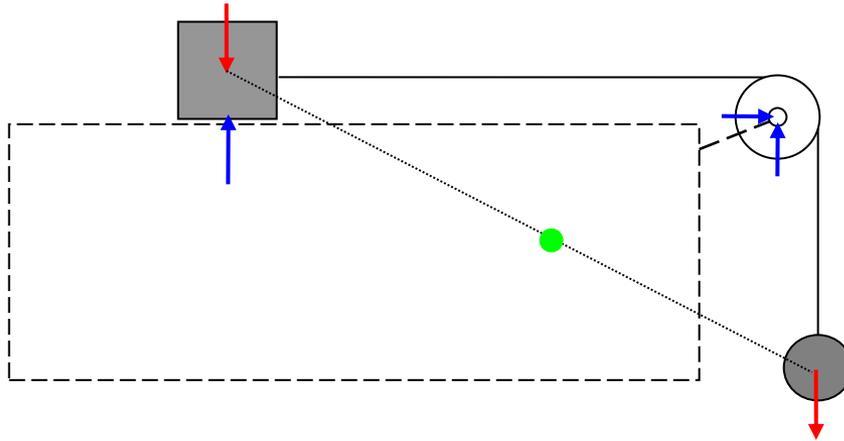
$$2m \vec{a}_C = \Gamma_{res}$$

Massenmittelpunktsatz



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

Massenmittelpunktsatz

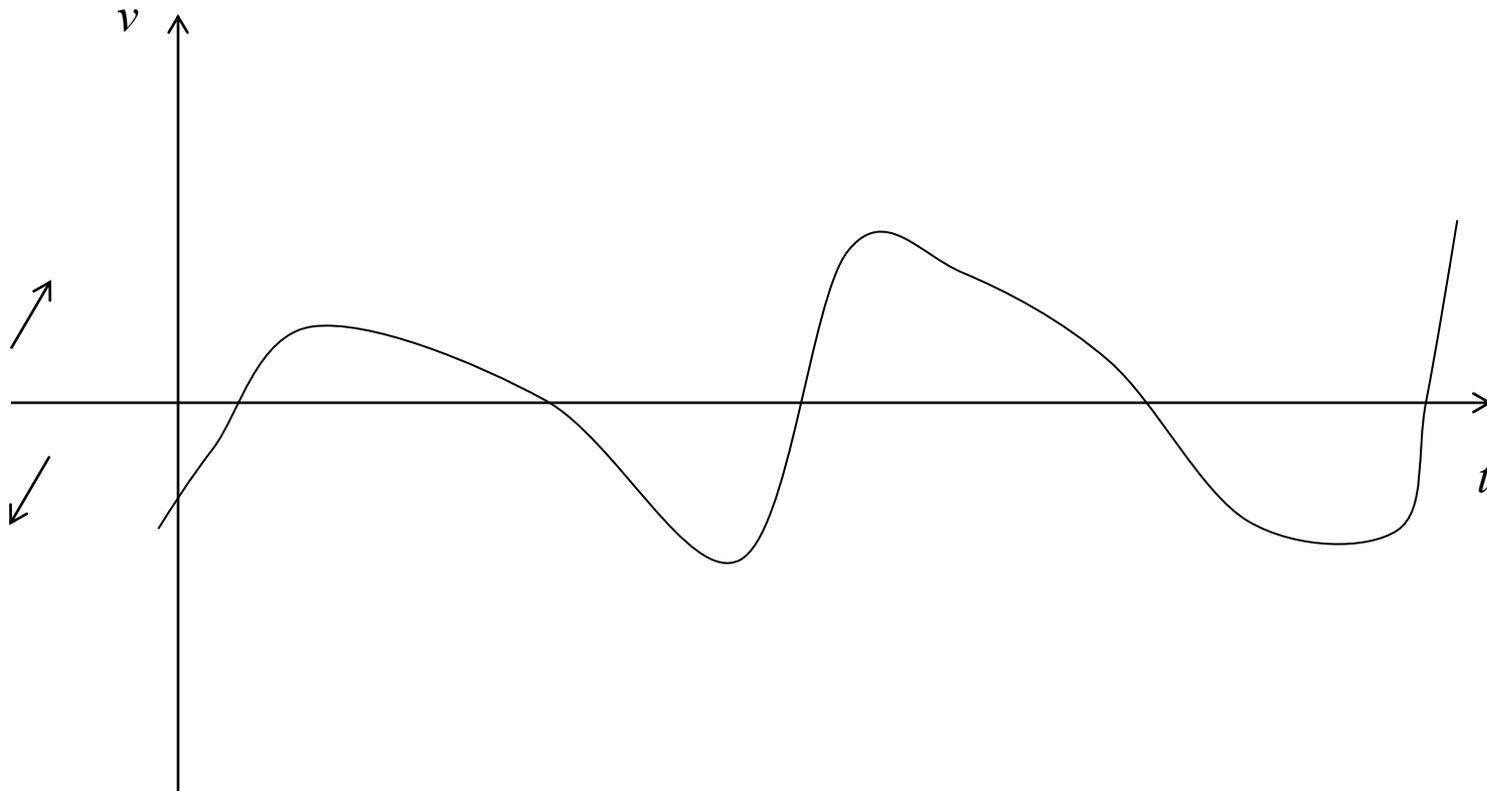


$$2m \vec{a}_C = \Gamma_{res}$$

Kinematik mit Vektoren

- 1d-Vektoren: zur Unkenntlichkeit degeneriert

Kinematik mit Vektoren



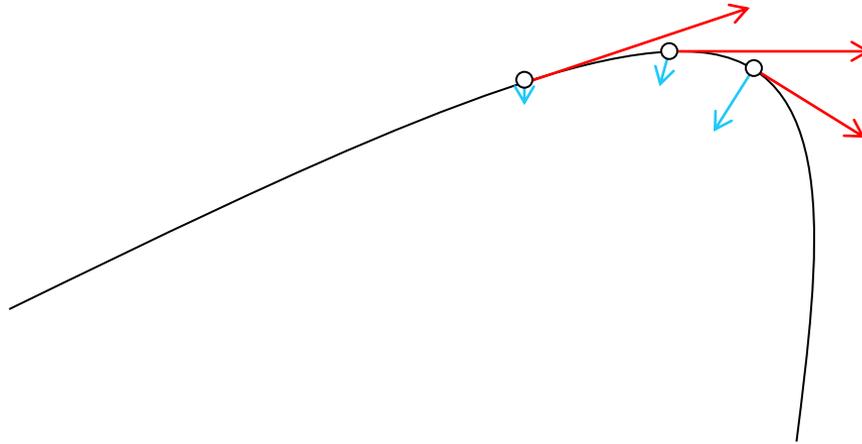
Kinematik mit Vektoren

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

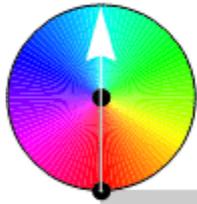
Kinematik mit Vektoren

- 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.

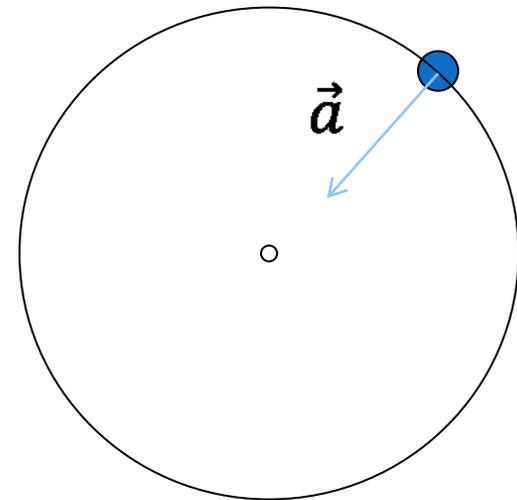
$\vec{F} = m\vec{a}$ oder $m\vec{a} = \vec{F}$?

□ 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