

Naturwissenschaftliche Grundlagen der Medizin

Physik für Mediziner

Prof. Jürg Osterwalder

HS 2011

Michal Sudwoj

`michal.sudwoj@uzh.ch`

Geschrieben in

X~~e~~La~~T~~E~~X~~

Inhaltsverzeichnis

I	Vorlesungsnotizen	3
o	Wozu Physik für Mediziner?	4
1	Mechanik	6
1.1	Kinematik	6
1.1.1	Weg-Zeit-Diagramm	6
1.1.2	Geschwindigkeit	7
1.1.3	Geschwindigkeits-Zeit Diagramm	7
1.1.4	Nicht-gleichförmige Bewegungen	7
	Schreibweise	8
1.1.5	Bewegungen in der Ebene	11
	Ortsvektor $\vec{r}(t)$	11
	Schnelligkeit	12
	Momentanbeschleunigung	12
1.1.6	Wann ist eine Bewegung beschleunigt?	12
1.1.7	Bewegungen im 3D-Raum	13
1.2	Dynamik	13
1.2.1	Kraft/Masse	14
1.2.2	Die Newtonschen Prinzipien (1686)	14
	1. Newtonsches Prinzip (Trägheitsprinzip)	15
	Newtonsches Prinzip (Reaktionsprinzip)	15
1.2.3	Arten von Kräften	17
	Gravitationskraft	17
	Elektromagnetische Kräfte	17
	starke Kraft	17
	schwache Kraft	17
1.2.4	Coulombkraft und ihre Erscheinungsformen	17
	Coulombgesetz	18
	Kraftgesetz zwischen zwei Atomen	18
	Kraftkurve	19
1.2.5	Reibungskräfte	19

	Haftreibung	19
1.2.6	Gleitreibung \vec{F}_R	19
1.2.7	Kraftstöße	20
II	Anhänge	21
A	Vorlesungsvorlagen	22
A.1	Verteilung der Normalkräfte hängt von der Belastung ab. Beispiel Schuh	23
	Index	24
	ToDo	25

Teil I

Vorlesungsnotizen

Kapitel 0

Wozu Physik für Mediziner?

Physik = Lehre der Naturgesetze

1. Mensch & Tier: Teil der Natur → Verständnis des Organismus

Bsp.:

- Hüftgelenk → Mechanik, Festigkeitslehre
- Auge → Optik
- Reizübertragung (Nerven) → Elektrizität
- Blutzirkulation → Strömungslehre

2. Diagnostik-/Therapieinstrumente → physikalische Apparate

Bsp.:

- Röntgenapparatur, CT, MRI → Verstehen der Resultate → Schutz von Patient + Personal

3. Besondere Berufsbilder

- Gerichtsmediziner
 - Sicherheit, Unfallverhütung
 - Strahlenschutz
4. Analytisches Denken! Probleme lösen: (Diagnose, Entscheidungen treffen)

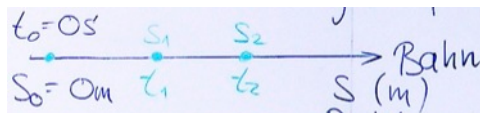
Kapitel 1

Mechanik

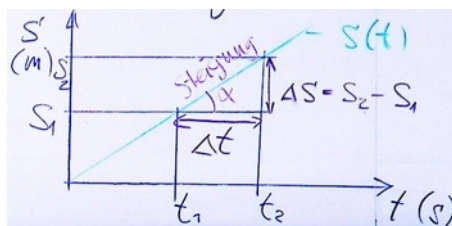
1.1 Kinematik

Beschreibung von Bewegungen
einfachster Fall:

- geradlinige Bahn (1D)
- gleichförmige Bewegung



1.1.1 Weg-Zeit-Diagramm



$$\tan \alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t} \stackrel{!}{=} v$$

konst. Steigung von $s(t) \implies$ konst. v

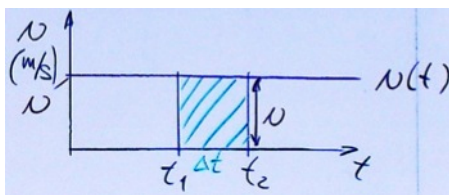
1.1.2 Geschwindigkeit

Def.: Geschwindigkeit:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$[v] = \frac{m}{s}$$

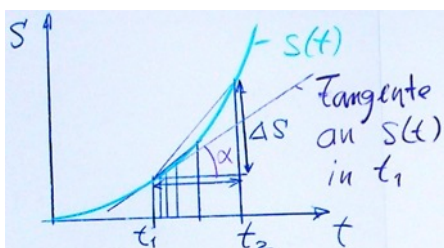
1.1.3 Geschwindigkeits-Zeit Diagramm



$$v(t) = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Fläche = $v \cdot \Delta t = \Delta s$! = zurückgelegter Weg

1.1.4 Nicht-gleichförmige Bewegungen



Geschwindigkeit $v(t)$

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{mittlere Geschwindigkeit zw. } t_1 \text{ und } t_2$$

$$v(t_1) = \lim_{t_1 \rightarrow t_2} \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ Math.} = s'(t)$$

$$v(t) = s'(t)$$

Schreibweise

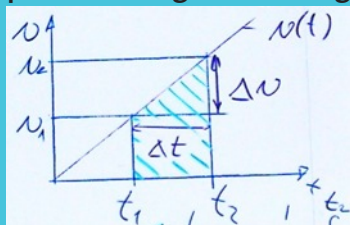
$$\Delta t \rightsquigarrow dt$$

$$v(t) = s'(t) =: \frac{ds}{dt}$$

1. Ableitung

$v(t)$: Momentangeschwindigkeit

Bsp.: v nimmt gleichmässig zu:



Fläche $\stackrel{!}{=} \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$
Math.

Änderung der Geschwindigkeit mit der Zeit:

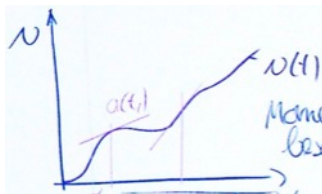
Def.: Beschleunigung:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$[a] = \frac{m}{s^2}$$

Fall:

- gleichförmige Beschleunigung: $a = \text{konst.}$
- beliebige Funktion $a(t)$

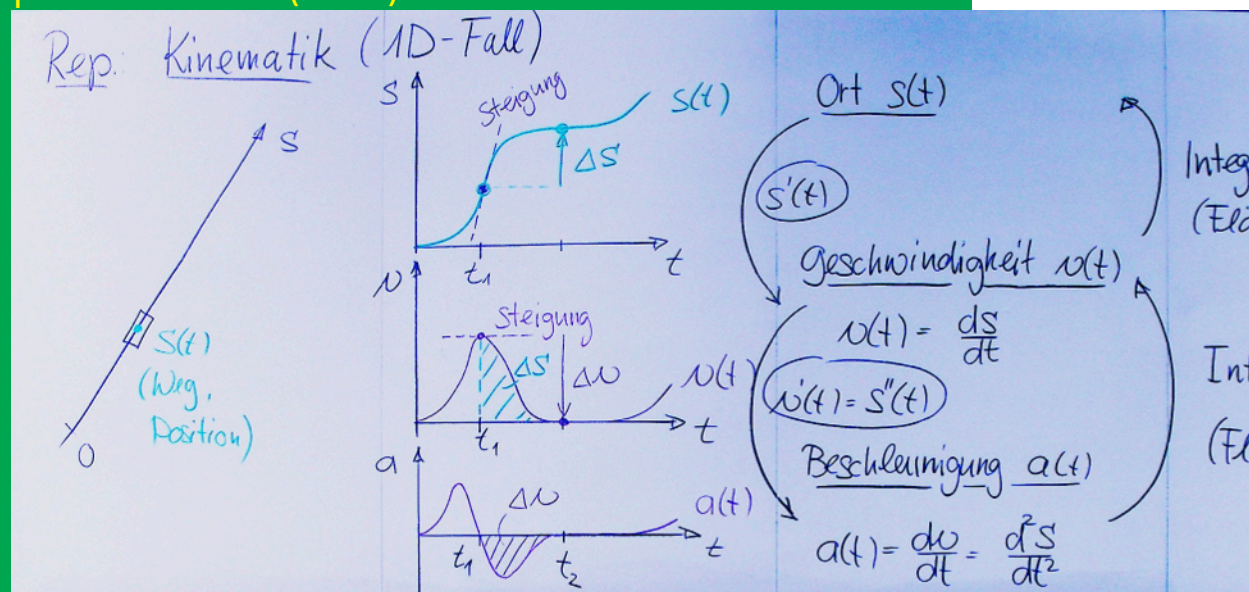


analog:

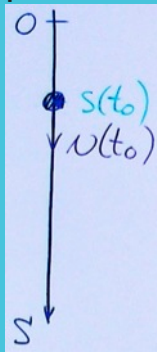
$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

$$a(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{dt} \right) = s''(t) =: \frac{d^2 s}{dt^2}$$

Repetition: Kinematik (1D-Fall):

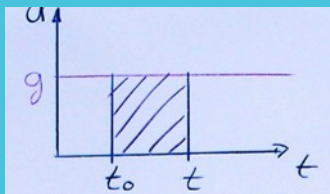


Bsp.: Der freie Fall:

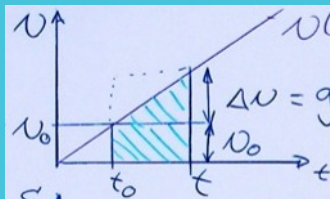


auf der Erdoberfläche

$$a(t) = a_{\text{Fall}} = g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

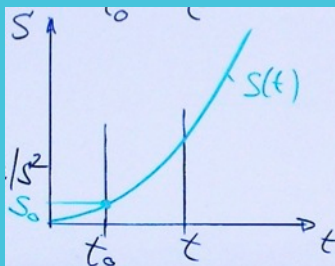


$$\text{Fläche} = g(t - t_0)$$



$$v(t) = v_0 + g(t - t_0)$$

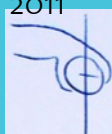
$$\Delta v = g(t - t_0) \quad \text{Fläche} = v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}g(t - t_0)^2 = \Delta S$$



$$s(t) = s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}g(t - t_0)^2$$

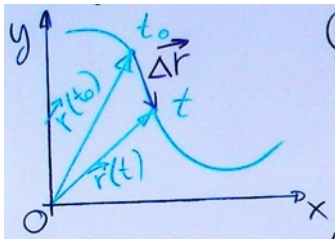
Michal Sudwoj

Stand: 30. September 2011



1.1.5 Bewegungen in der Ebene

Ortsvektor $\vec{r}(t)$



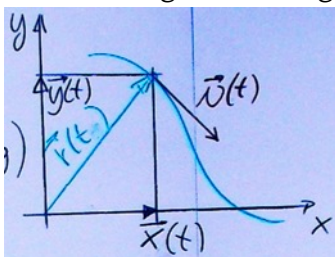
→ Länge (Betrag)

→ Richtung

Geschwindigkeit: $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ Weg: $\Delta \vec{r} = \vec{r}(t) - \vec{r}(t_0)$

$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ mittlere Geschwindigkeit

Momentangeschwindigkeit: $\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \stackrel{\text{Math.}}{=} \frac{d\vec{r}}{dt}$



$$\vec{r}(t) = \vec{x}(t) + \vec{y}(t)$$

⇒ Komponentenschreibweise

$$\vec{r}(t) = (x(t), y(t))$$

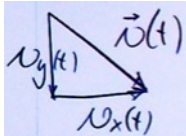
$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right)$$

$v(t)$:

- Betrag (Schnelligkeit)
- Richtung! (tangential zu Bahn)

Schnelligkeit

$$|\vec{v}(t)| = v(t) = \sqrt{v_1^2(t) + v_2^2(t)}$$

**Momentanbeschleunigung**

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{s}}{dt^2}$$

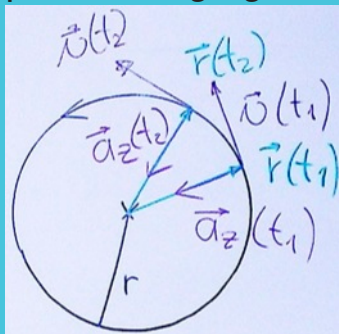
1.1.6 Wann ist eine Bewegung beschleunigt?

Wenn \vec{v} sich ändert!

→ Betrag

→ Richtung!

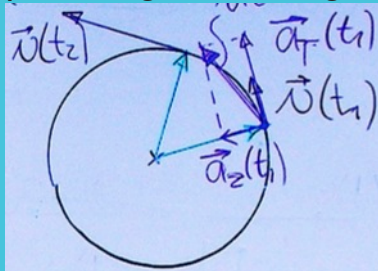
Bsp.: Kreisbewegung mit konstanter Umlaufgeschwindigkeit:



$\Rightarrow v = \text{konst.}, \vec{v} \text{ dreht} \Rightarrow \text{Zentripetalbeschleunigung}$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

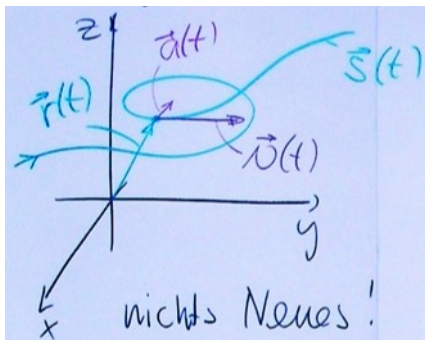
Bsp.: beliebige Kreisbewegung ($v \neq \text{konst.}$):



$$a_Z(t) = \frac{v^2(t)}{r} \quad \text{Zentripetalbeschleunigung}$$

$$a_T(t) = \frac{dv}{dt} \quad \text{Tangentialbeschleunigung}$$

1.1.7 Bewegungen im 3D-Raum



nichts Neues!

$$\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$$

1.2 Dynamik

\Rightarrow Ursache der Bewegung

1.2.1 Kraft/Masse

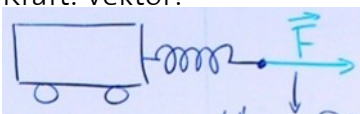
Def.: Kraft:
...Wirkung!

Bsp.:

- Gewicht heben
- Deformation (Messung!)
- Bewegung

Def.: Masse:
"Trägheit" ("...schwieriger in Bewegung zu setzen")

Kraft: Vektor!



Länge, Richtung, Angriffspunkt

1.2.2 Die Newtonschen Prinzipien (1686)

$$\underbrace{\vec{F}}_{\text{Ursache}} = \underbrace{m \cdot \vec{a}}_{\text{Wirkung}}$$

$$[F] = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N} \quad (\text{Newton})$$

⇒ 2. Newtonsche Prinzip (Axiom) (Aktionsprinzip)

Anwendung:

- Mann kennt Kraft ⇒ Beschleunigung + Bahn berechnen
- Ich sehe Beschleunigung ⇒ Was für Kräfte wirken

1. Newtonsches Prinzip (Trägheitsprinzip)

kräftefreie Körper ($\vec{F} = \vec{0}$, $\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$)

→ Körper in Ruhe (ist + bleibt)

→ bewegt sich mit konst. Geschwindigkeit $\vec{v} = \text{konst.}$

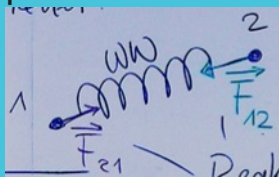
⇒ Bewegungszustände

Newtonsches Prinzip (Reaktionsprinzip)

(action = reactio)

Kräfte rühren immer von Wechselwirkungen (WW)

Bsp.: Feder:



$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

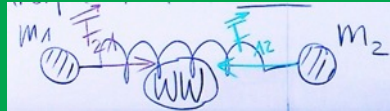
Reaktionspartner → greifen immer an verschiedenen Körper an

Repetition: Dynamik:

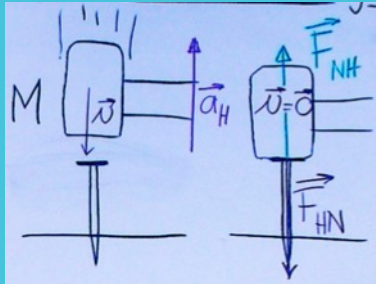
Kraft: erzeugt Bewegung

Masse: Trägheit

Newtonsche Prinzipien

1. kräftefreier Körper: $\vec{v} = \text{konst.}$ (z.B. $\vec{v} = \vec{0}$)2. $\vec{F} = m\vec{a}$ Ursache & Wirkung3. Kräfte rühren **immer** von WW her

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

Bsp.: Hammer & Nagel:

$$2. \vec{F}_{NH} = M\vec{a}_H$$

$$3. \vec{F}_H N = -\vec{N} H$$

1.2.3 Arten von Kräften

Gravitationskraft

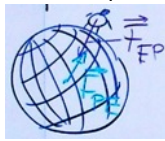
(Anziehung von Massen)

auf Erdoberfläche Gewichtskraft \vec{G}

Betrag: $m \cdot g$

Richtung: zum Erdmittelpunkt

Angriffspunkt: Schwerpunkt



Reaktionspartner:

Elektromagnetische Kräfte

(Anziehung / Abstossung von Ladungen)

- Coulombkraft (elektrische Kraft; verschiedene Erscheinungsformen)
- magnetische Kraft
- Lorentzkraft

starke Kraft

- Stabilität der Atomkerne

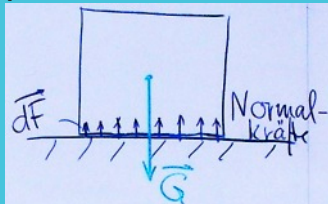
schwache Kraft

- Radioaktivität

1.2.4 Coulombkraft und ihre Erscheinungsformen

- elastische Kräfte im festen Körpern (Kohäsion)
- Berührungskräfte - Die Normalkraft

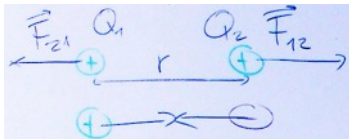
Bsp.: Quader auf Tisch in Ruhe:



$$\sum \vec{F}_a = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \vec{G} + \sum d\vec{F} = \vec{0}$$

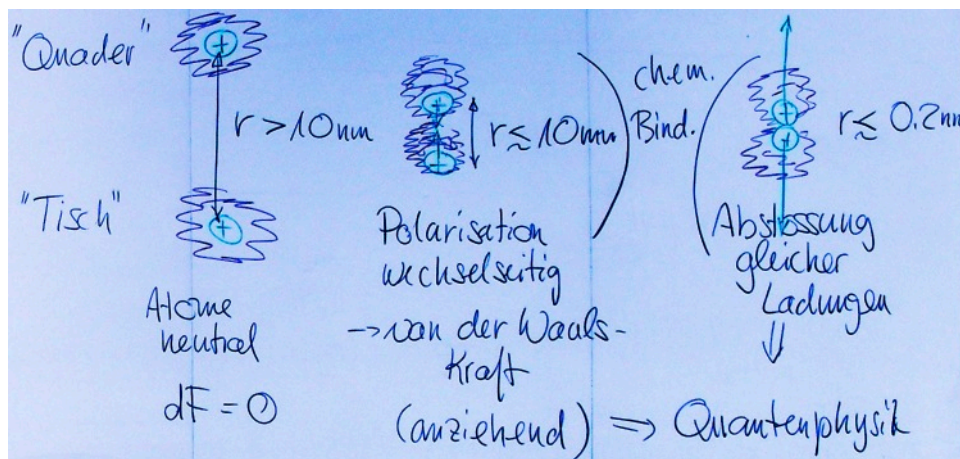
Coulombgesetz

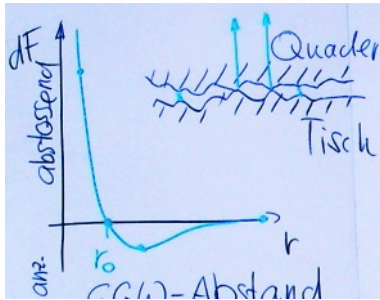


$$F_{21} = F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

elektische Feldkonstante $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

Kraftgesetz zwischen zwei Atomen

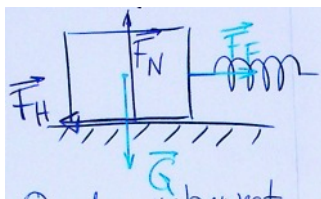


Kraftkurve

GGW-Abstand (chemische Bindung)

1.2.5 Reibungskräfte

(parallel zur Berührungsfläche)

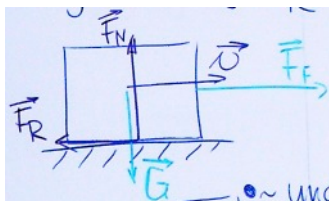
Haftreibung

Quader unbewegt

$$\vec{F}_H = -\vec{F}_F$$

maximale Haftreibung:

$$F_H \leq \underbrace{\mu_H}_{\text{Haftreibungszahl}} F_N$$

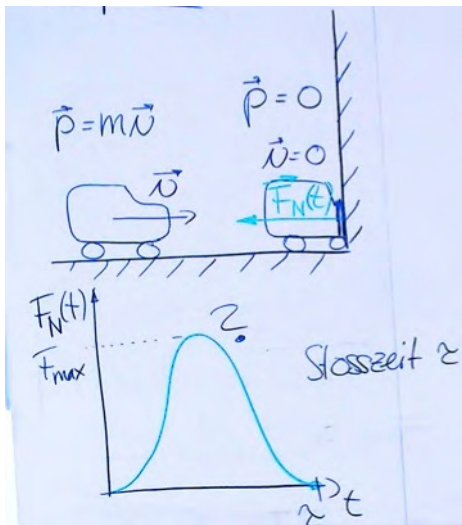
1.2.6 Gleitreibung \vec{F}_R 

- Richtung: versucht immer Relativbewegung zu bremsen.

- unabhängig von v

$$F_R = \mu_G \cdot F_N$$

1.2.7 Kraftstöße



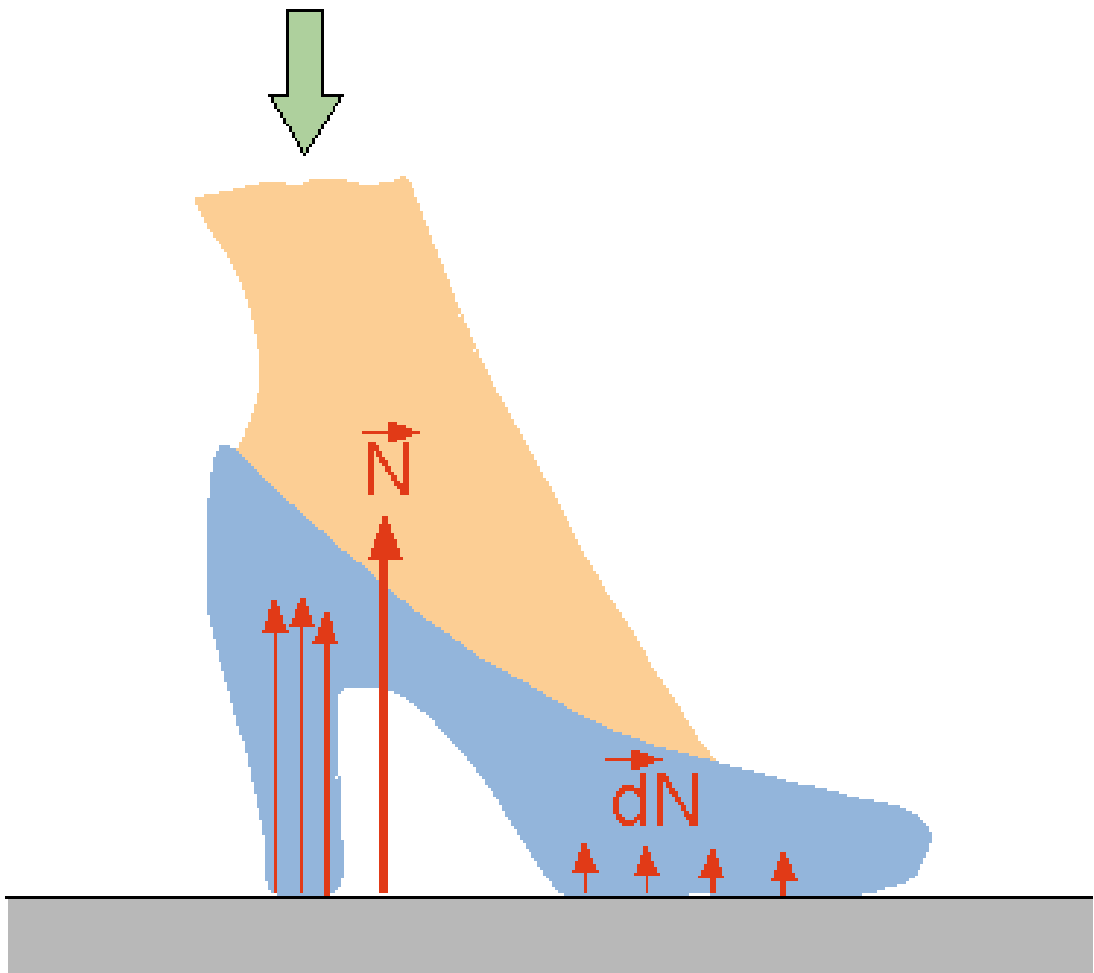
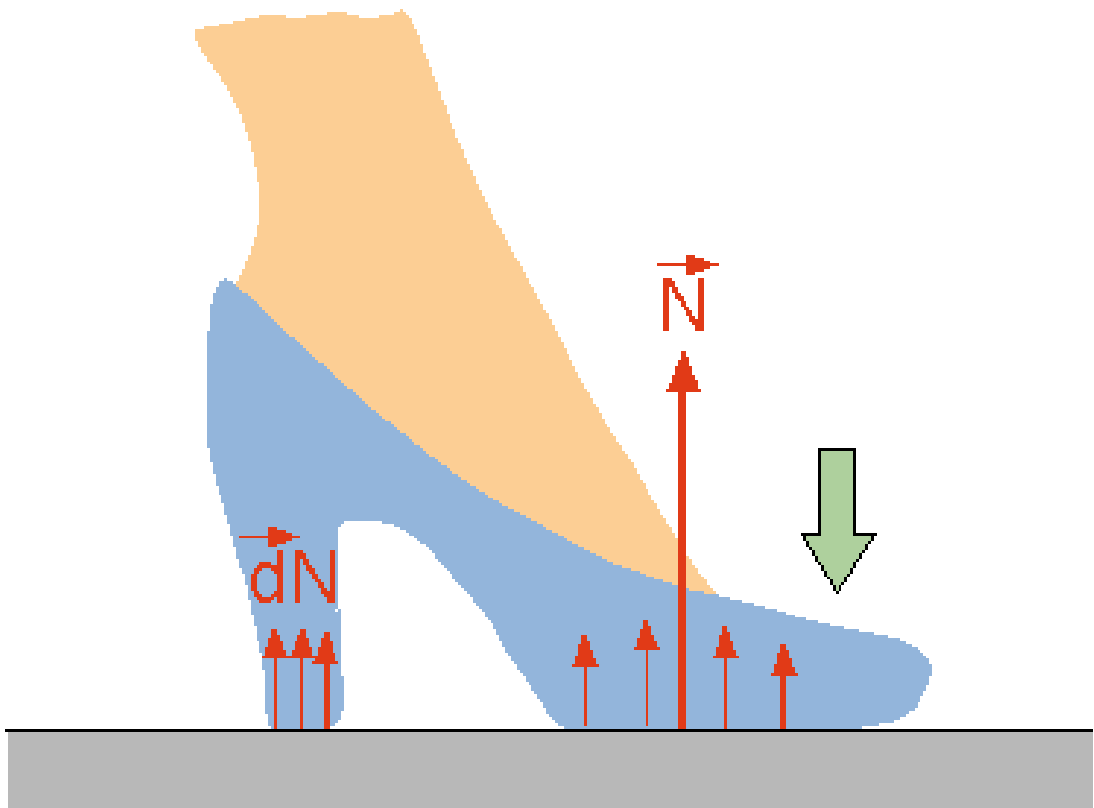
Teil II

Anhänge

Anhang A

Vorlesungsvorlagen

SCHUH



Index

Beschleunigung, **8**

Geschwindigkeit, **7**

Kraft, **14**

Masse, **14**

Todo list

Undefined seq.	8
------------------------	---