



Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für Fachdidaktik der  
Naturwissenschaften

■ Abteilung Physik und Physikdidaktik



## Probleme aus der Mechanik mit System lösen

Rainer Müller, TU Braunschweig

# Konzepte der Mechanik unterrichten

In der Physikdidaktik gut dokumentiert:

## Lernschwierigkeiten in der Mechanik

Zurückzuführen teilweise auf unphysikalische Schülervorstellungen (vgl. Jung, Wiesner, Schecker)

An Schülervorstellungen orientierte Sachstruktur:

„**Zweidimensionale Mechanik**“ (Wiesner, Wilhelm, Hopf u. a)

Ausgesprochen erfolgreich empirisch evaluiert.



# Konzepte der Mechanik unterrichten

Im heutigen Vortrag:

Weniger das grundlegende Verständnis der newtonschen Gesetze steht im Mittelpunkt.

sondern:

**Anwendung der newtonschen Gesetze nach klaren Regeln**

Besonders im englischsprachigen Raum und im Ingenieurbereich bekannt:

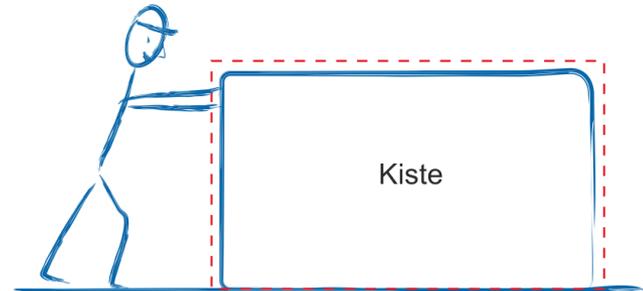
**Lösungsstrategie des „Freischneidens“ oder „Freistellens“**

# Mechanische Probleme nach Rezept lösen

Erarbeiten der Lösungsstrategie am  
Beispiel „Schieben einer Kiste“

## Schritt 1: System identifizieren

Diejenigen Körper, an deren Bewegung man interessiert ist, werden durch eine imaginäre Grenzfläche von ihrer Umgebung abgegrenzt.



Die Systemgrenzen werden in die Skizze eingezeichnet.

Die Wahl der Systemgrenzen ist ein rein gedanklicher Prozess.

Die Systemgrenzen sind beliebig wählbar (kein richtig oder falsch).

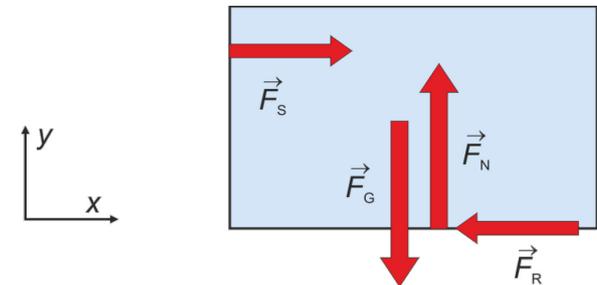
# Mechanische Probleme nach Rezept lösen

## Schritt 2: Äußere Kräfte identifizieren

Äußere Kräfte: alle diejenigen Kräfte, die *von außen* am System angreifen (die über die Systemgrenzen hinweg wirken).

Innere Kräfte, die zwischen den verschiedenen Bestandteilen des Systems wirken, werden *nicht* berücksichtigt.

Schritt 1 + 2 gemeinsam werden oft als „Freistellen“ oder „Freischneiden“ eines Systems bezeichnet.



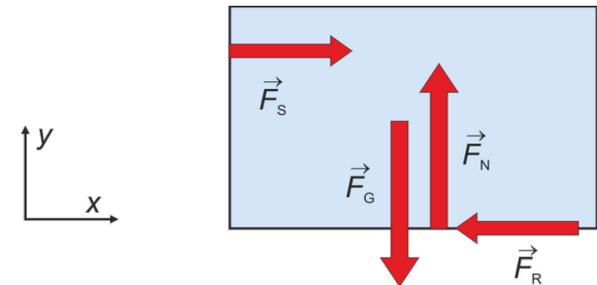
# Mechanische Probleme nach Rezept lösen

## Schritt 2: Äußere Kräfte identifizieren

Im Kistenbeispiel:

### Äußere Kräfte auf das System „Kiste“:

- „Schiebekraft“  $\vec{F}_S$ , (Arbeiter  $\rightarrow$  Kiste),
- Gewichtskraft  $\vec{F}_G$ , (Gravitation der Erde  $\rightarrow$  Kiste),
- Normalkraft  $\vec{F}_N$ , (Boden  $\rightarrow$  Kiste),
- Reibungskraft  $\vec{F}_R$ , (Boden  $\rightarrow$  Kiste).



# Mechanische Probleme nach Rezept lösen

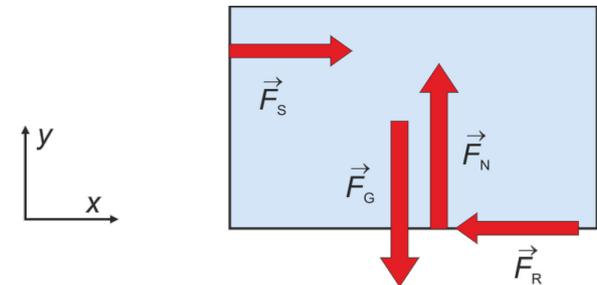
## Schritt 2: Äußere Kräfte identifizieren

Im Kistenbeispiel:

### Äußere Kräfte auf das System „Kiste“:

- „Schiebekraft“  $\vec{F}_S$ , (Arbeiter  $\rightarrow$  Kiste),
- Gewichtskraft  $\vec{F}_G$ , (Gravitation der Erde  $\rightarrow$  Kiste),
- Normalkraft  $\vec{F}_N$ , (Boden  $\rightarrow$  Kiste),
- Reibungskraft  $\vec{F}_R$ , (Boden  $\rightarrow$  Kiste).

Erfahrungsgemäß: Lernenden fällt es schwer, anzugeben, von welchem Körper auf welchen die Kräfte ausgeübt werden.



# Mechanische Probleme nach Rezept lösen

## Schritt 3: Newtonsches Gesetz anwenden

In der newtonschen Bewegungsgleichung  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  steht das  $\vec{F}$  für die **Gesamtkraft**, d. h. für die Vektorsumme aller äußeren Kräfte.

→ vektorielle Addition aller äußeren Kräfte zur Gesamtkraft.

Die Lösung der Bewegungsgleichung  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  beschreibt die Bewegung des **Schwerpunkts** aller im System zusammengefassten Körper.

Diese Aussage ist auch für ausgedehnte Systeme in Strenge richtig.

→ Beschränkung auf „Punktmassen“ ist nicht erforderlich

# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

In physikalischer Fachsprache begründen:

Warum funktioniert das nicht?



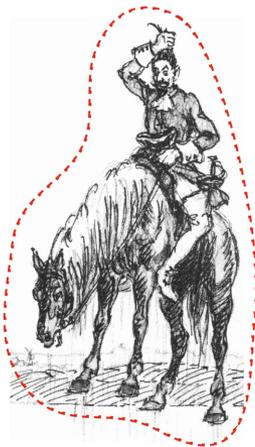
# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

Herangehensweise nach Rezept:

## Schritt 1: System identifizieren

Es gibt mehrere Möglichkeiten für die Wahl der Systemgrenzen, z. B.:

- (1) Das System enthält Münchhausen zusammen mit seinem Pferd.
- (2) Das System besteht nur aus Münchhausens Kopf



# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

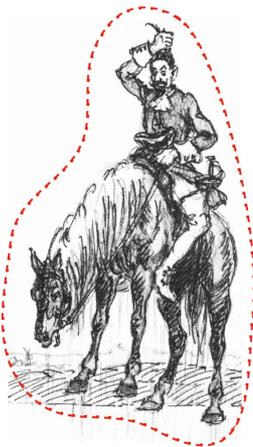
## Schritt 1: System identifizieren

(1) Das System enthält Münchhausen zusammen mit seinem Pferd.

→ Die Kraft, mit der Münchhausen an seinem Zopf zieht, ist eine innere Kraft.

→ trägt nicht zur Gesamtkraft bei.

**Innere Kräfte beeinflussen die Schwerpunktbewegung nicht.**



# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

## Schritt 1: System identifizieren

(2) Das System besteht nur aus Münchhausens Kopf

Nun ist die Zopfkraft eine äußere Kraft (sie wirkt über die Systemgrenzen hinweg).

Es gibt nun allerdings auch noch eine zweite äußere Kraft:  $F_{\text{Hals}} \rightarrow \text{Kopf}$ .

→ insgesamt Kräftegleichgewicht, der Kopf bewegt sich nicht.

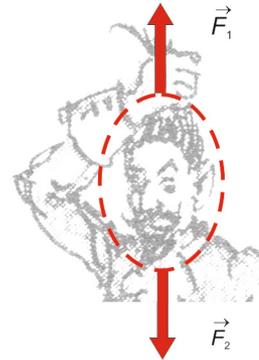
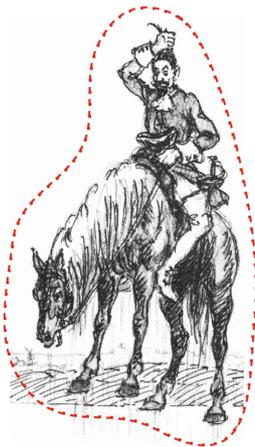


# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

Man erkennt:

Obwohl die unterschiedliche Wahl der Systemgrenzen zu verschiedenen Argumentationsmustern führt:

Gleiches Ergebnis in beiden Fällen: Der Baron lügt.



# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

Naheliegenderes Argumentationsmuster:

$F_{\text{Hand} \rightarrow \text{Zopf}}$  ist ebenso groß wie  $F_{\text{Zopf} \rightarrow \text{Hand}}$

→ Keine Bewegung möglich.



# Ein einfaches Beispiel: Münchhausen und sein Zopf

Naheliegenderes Argumentationsmuster:

$F_{\text{Hand} \rightarrow \text{Zopf}}$  ist ebenso groß wie  $F_{\text{Zopf} \rightarrow \text{Hand}}$

→ Keine Bewegung möglich.

Aber:

Warum könnte er dann seinen Hut abnehmen?

**Drittes newtonsches Gesetz**



# Drittes newtonsches Gesetz

Kerncurriculum Niedersachsen:

- unterscheiden zwischen Kräftepaaren bei der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern und Kräftepaaren beim Kräftegleichgewicht an einem Körper

**Kräftegleichgewicht:** Wenn zwei an **einem** Körper angreifende Kräfte gleich groß und entgegengesetzt gerichtet sind, ändert sich die Geschwindigkeit des Körpers nicht.

**Kraft und Gegenkraft:** Sie greifen immer an zwei **verschiedenen** Körpern an. Kraft und Gegenkraft wirken niemals auf den gleichen Körper

Münchhausen:  $F_{\text{Hand} \rightarrow \text{Zopf}}$  und  $F_{\text{Zopf} \rightarrow \text{Hand}}$  greifen an *verschiedenen* Körpern an.  
→ *Kein* Fall von Kräftegleichgewicht.

# Drittes newtonsches Gesetz

Zwei schöne Beispiele für Kräftegleichgewicht bzw. 3. newtonsches Gesetz:  
(Metzler SII Grundkurs, 2015)



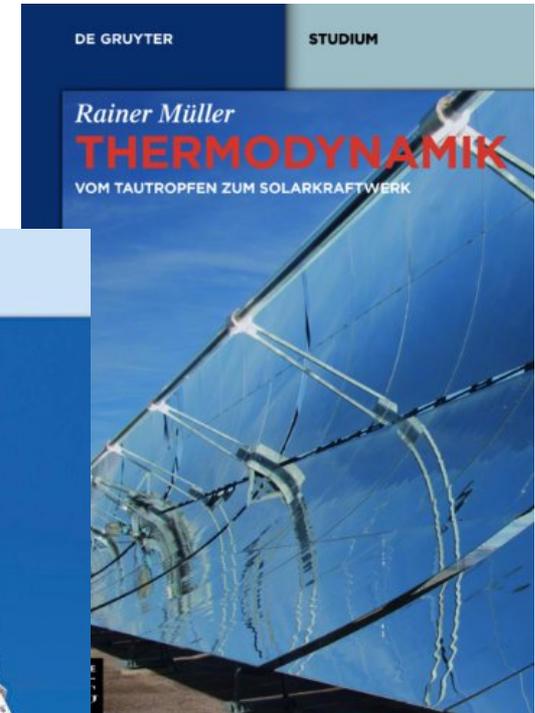
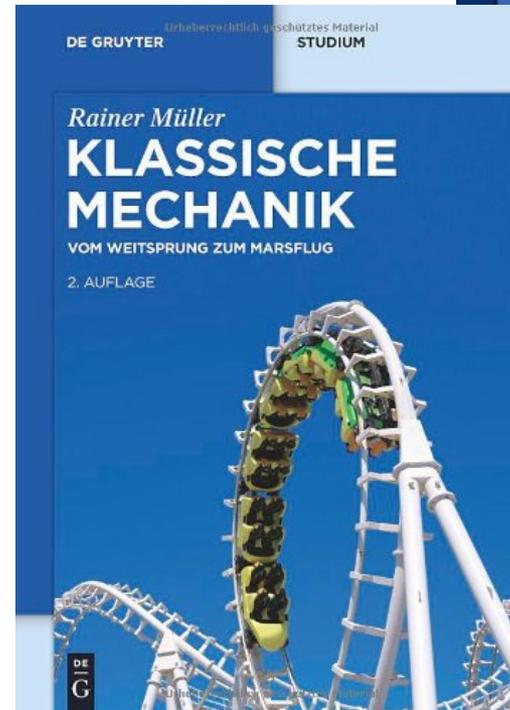
29.1 Steigerung der Sprungweite durch Hanteln

4. Analysieren Sie die Situation in der folgenden Abbildung im Hinblick auf Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungskräfte.

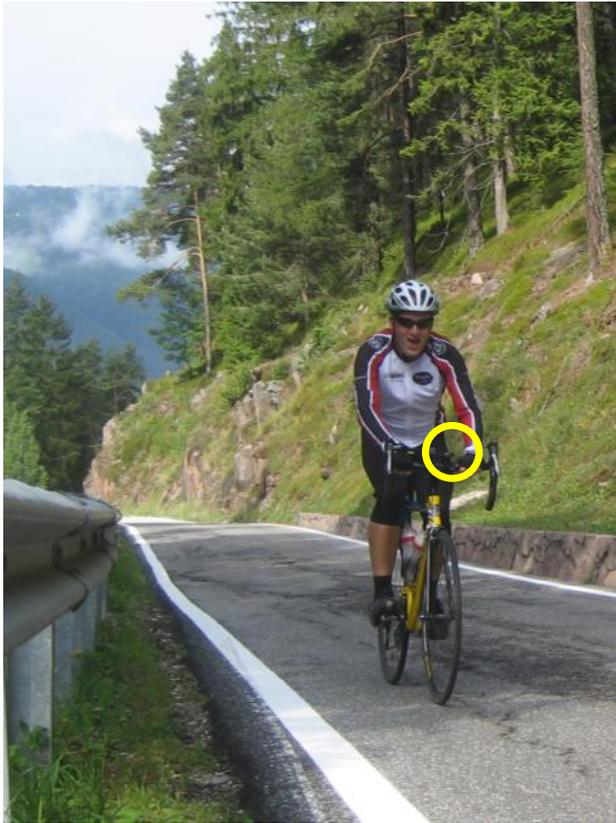


# Weiterführende Literatur

Verknüpfung von Kontexten  
und Fachsystematik für die  
verschiedenen Inhaltsbereiche  
der klassischen Mechanik  
und der Thermodynamik



# Beispiel: Leistungsmessung auf dem Fahrrad



**Get fit. Fast.**

**Motivation to Succeed**  
The iSport delivers relevant, specific and valuable feedback in real time. *Not working hard enough to maintain your targeted wattage output? You'll see it on the iSport screen. Not on track to burn the calories you hoped to burn during your hour ride? You'll know right away—before your ride is over.* Immediate feedback triggers immediate action, and nothing is more motivating than seeing immediate results.

**Get the Most From Your Work Out**  
Your training time is limited, so why not make the most of it by maximizing output, calories burned, speed and distance? Your iSport can help you determine the optimal route as well as the cycling effort needed to meet your fitness goals.

**Upgrades and Accessories**  
Your iSport is fully upgradeable to an iBike Pro or iBike Pro wireless! No need to purchase a new iBike. Just choose a new mount to meet your needs.

**Analysis –** Looking to train the ways the pros do? The optional iSport/iPro upgrade package includes a firmware update, iBike2 Ride Analysis Software and USB adapter. This simple upgrade gives your iSport 100% of the features, performance, and ride download capability of the top-selling iBike Pro. Included software is PC and Mac compatible.

**Cadence Measurement –** Adding cadence is as easy as replacing your mount. Just replace your iSport mount with the optional wired cadence mount and you're ready to go.

**Heart rate/Wireless –** Get rid of the wires on your bike! The optional iBike wireless upgrade package delivers wireless speed, cadence, and heart rate data to your iSport.

**iSport screen feedback includes:**

- Built-in Fitness Assessment
- Current, average and maximum:
  - Power
  - Wind Speed
  - Hill Gradient
  - Speed
  - Altitude
  - Temperature
- Cumulative readings:
  - Calories
  - Elevation gain
  - Trip distance
  - Trip time
  - Odometer
  - Total Hours Logged
- Graphical display of power
- Date and time
- Trip data auto start/stop
- Instant-feedback bar graph

**Your iSport comes with:**

- iBike Sport™ Power Meter
- Handle bar mount with wired front fork speed sensor
- Spoke magnet
- Water resistance
- iSport Instructions
- Fast Fitness with Power training guide
- iSport Warranty
- CR2032 Battery

**Upgrades and accessories**  
Your iSport is fully upgradeable to an iBike Pro with the purchase of optional firmware upgrade, software and computer cable

**Optional accessories include:**

- Wired cadence mount
- Heart rate monitor (comes with purchase of wireless handle bar mount)
- Wireless mount (includes wireless speed, cadence and heart rate monitors)

**Available colors: black or white**

**Dimensions:** 10.6 cm (height), 5.3 cm (width), 2.3 cm (depth)

**Labels:** Aerodynamic Pressure Port, Barometric Pressure Vent, Internal X-Y Accelerometer, One-Touch Control Ring





# Beispiel: Leistungsmessung auf dem Fahrrad

Frage:

Wie kann das Gerät die Leistung beim Radfahren messen, wenn es nur auf dem Lenker montiert ist?



**Get fit. Fast.**

**Motivation to Succeed**  
The iSport delivers accurate specific and valuable feedback in real time. Not working hard enough to maintain your target wattage output? You'll see it on the iSport screen. Not pedaling to burn the calories you hoped to burn during your hour ride? You'll know right away—before your ride is over—immediate feedback triggers immediate action, and nothing is more motivating than seeing immediate results.

**Get the Most from Your Work Out**  
Your training time is limited, so why not make the most of it by maximizing output, calories burned, speed and distance? Your iSport can help you determine the optimal route as well as the cycling effort needed to meet your fitness goals.

**Upgrades and Accessories**  
Your iSport is fully upgradeable to an iBike Pro or iBike Pro wireless! No need to purchase a new iBike (Just choose a new mount to meet your needs).

**Analysis**—Looking to train the way the pros do? The optional iSportPro upgrade package includes a firmware update, iBike Ride Analysis software and USB adapter. This simple upgrade gives your iSport 100% of the feature performance and ride-diagnostics capability of the top-selling iBike Pro (included software is PC and Mac compatible).

**Cadence Measurement**—Adding cadence is as easy as upgrading your mount, just replace your iSport mount with the optional wired cadence mount and you're ready to go.

**Heart rate/Wireless**—Get rid of the wires on your bike! The optional iBike wireless upgrade package delivers wireless speed, cadence and heart rate data to your iSport.

**Specifications:**  
iSport  
iSport Pro  
iSport Pro Wireless  
iSport Pro Wireless Upgrade Package  
iSport Pro Wireless Upgrade Package (with USB Adapter)  
iSport Pro Wireless Upgrade Package (with USB Adapter and iBike Ride Analysis Software)  
iSport Pro Wireless Upgrade Package (with USB Adapter, iBike Ride Analysis Software and iBike Pro Firmware Update)

**Report screen feedback includes:**

- Built-in Power Assessment
- Current average and maximum
- Power
- Fuel Gauge
- Speed
- Altitude
- Temperature
- Calorie Count
- Calorie Burned
- Time
- Time to Goal
- Time to Rest
- Time to Stop
- Time to Start
- Time to End
- Time to Rest
- Time to Stop
- Time to Start
- Time to End

**Other iSport accessories include:**

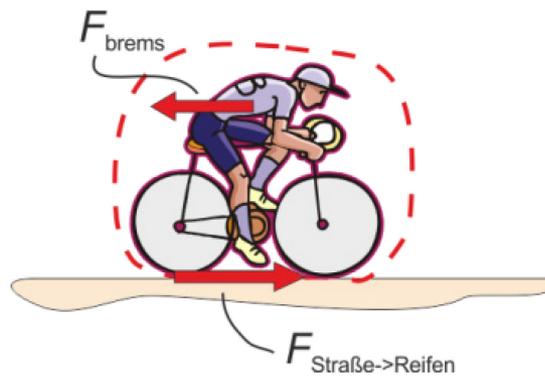
- iBike Pro Firmware Update
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter and iBike Ride Analysis Software)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter, iBike Ride Analysis Software and iBike Pro Firmware Update)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter, iBike Ride Analysis Software and iBike Pro Firmware Update)

**Optional accessories include:**

- iBike Pro Firmware Update
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter and iBike Ride Analysis Software)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter, iBike Ride Analysis Software and iBike Pro Firmware Update)
- iBike Pro Firmware Update (with USB Adapter, iBike Ride Analysis Software and iBike Pro Firmware Update)

**Available colors: black or white.**

Zweites newtonsches Gesetz :  $m \cdot a = F_{\text{Straße} \rightarrow \text{Reifen}} + F_{\text{brems}}$



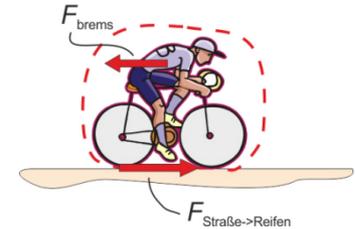
# Beispiel: Leistungsmessung auf dem Fahrrad

Frage:

Wie kann das Gerät die Leistung beim Radfahren messen, wenn es nur auf dem Lenker montiert ist?



Zweites newtonsches Gesetz :  $m \cdot a = F_{\text{Straße} \rightarrow \text{Reifen}} + F_{\text{brems}}$



Messprinzip: Statt  $F_{\text{Straße} \rightarrow \text{Reifen}}$  direkt zu bestimmen, kann man auch  $F_{\text{brems}} - m \cdot a$  messen.

NB: Das dritte newtonsche Gesetz spielt also keine Rolle.

# Beispiel: Leistungsmessung auf dem Fahrrad

Frage:

Wie kann das Gerät die Leistung beim Radfahren messen, wenn es nur auf dem Lenker montiert ist?



**Get fit. Fast.**

**Motivation to Succeed**  
The iSport delivers real-time specific and valuable feedback in real time. Not working hard enough to maintain your target wattage output? You'll see it on the iSport screen. Not pedaling to burn the calories you hoped to burn during your hour ride? You'll know right away—before your ride is over—immediate feedback triggers immediate action, and nothing is more motivating than seeing immediate results.

**Get the Most from Your Work Out**  
Your training time is limited, so why not make the most of it by maximizing output, calories burned, speed and distance? Your iSport can help you determine the optimal route as well as the cycling effort needed to meet your fitness goals.

**Upgrades and Accessories**  
Your iSport is fully upgradeable to an iBike Pro or iBike Pro Wireless! No need to purchase a new iBike. Just choose a new mount to meet your needs.

**Analysis**—Looking to train the way the pros do? The optional iSportPro upgrade package includes a firmware update, iBike2 Ride Analysis Software and USB adapter. This simple upgrade gives you iSport 100% of the feature performance and ride download capability of the top-selling iBike Pro. Included software is PC and Mac compatible.

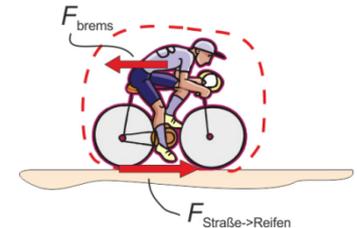
**Cadence Measurement**—Adding cadence is as easy as upgrading your mount. Just replace your iSport mount with the optional wired cadence mount and you're ready to go.

**Heart rate/Wireless**—Get rid of the wires on your bike! The optional iBike wireless upgrade package delivers wireless speed, cadence and heart rate data to your iSport.

**Optional accessories include:**  
• iSport cadence mount  
• iSport wireless upgrade with purchase of wireless iBike2 USB adapter  
• Wireless mount (includes wireless speed, cadence and heart rate mounts)

**Available colors: black or white**

Zweites newtonsches Gesetz :  $m \cdot a = F_{\text{Straße} \rightarrow \text{Reifen}} + F_{\text{brems}}$



Messprinzip: Statt  $F_{\text{Straße} \rightarrow \text{Reifen}}$  direkt zu bestimmen, kann man auch  $F_{\text{brems}} - m \cdot a$  messen.

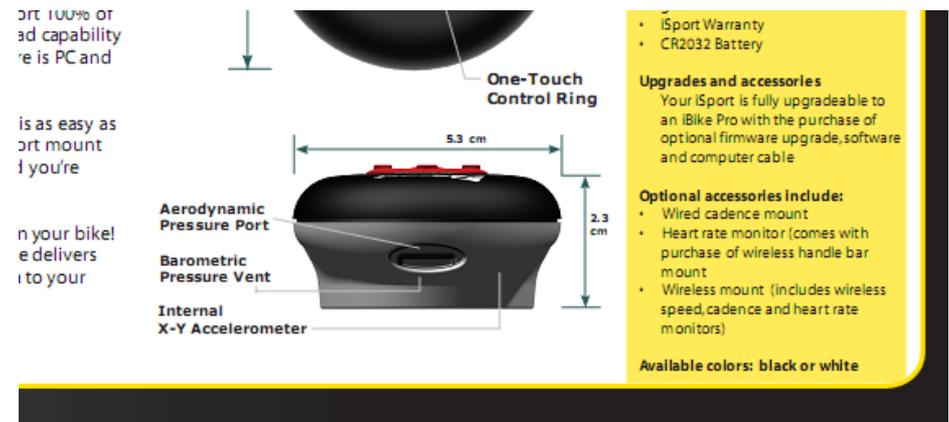
Power measurement is really about the measurement of force; Power = Force x bike speed. Cyclists apply forces to bike pedals in order to overcome the forces resisting forward motion (e.g., air resistance, rolling resistance, etc.). Traditional power meters measure the forces applied by the cyclist, the bike is the only power meter that measures the opposing forces that resist the cyclist's forward motion. According to Newton's Third Law, applied and

# Beispiel: Leistungsmessung auf dem Fahrrad

Antwort auf die  
Anfangsfrage:

## Benötigte Sensoren

- Tachometer
- Barometrischer Höhenmesser
- Neigungsmesser
- Beschleunigungsmesser
- Windgeschwindigkeitsmesser



# Energieübertragungsketten

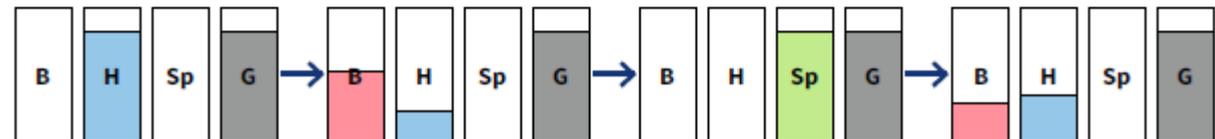
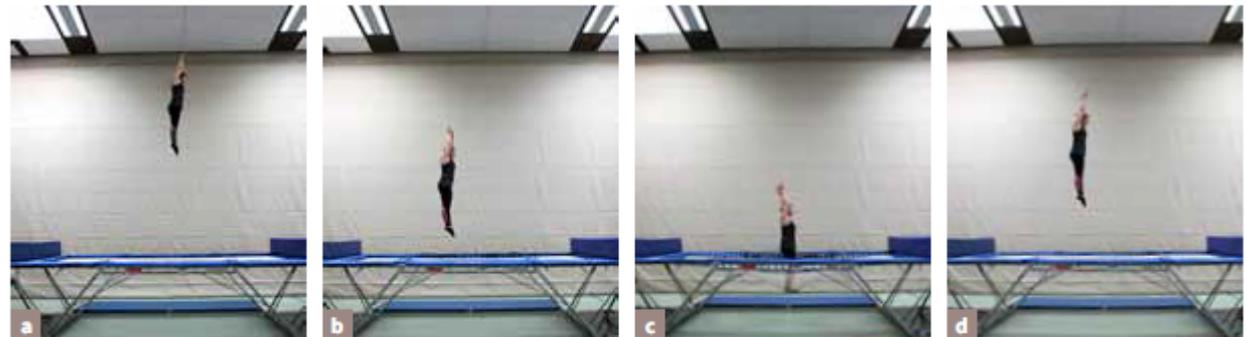
KC Niedersachsen, Themenbereich Energie:

... beschreiben verschiedene geeignete Vorgänge mit Hilfe von Energieübertragungsketten.

**Frage:**

**Was sind Energieübertragungsketten und wie soll man sie darstellen?**

(Dorn/Bader NRW 5/6 (2017))



**B1** Phasen eines Trampolinsprungs mit den Energiekonten für Bewegung-, Höhen-, Spann- und Gesamtenergie

# Energieübertragungsketten

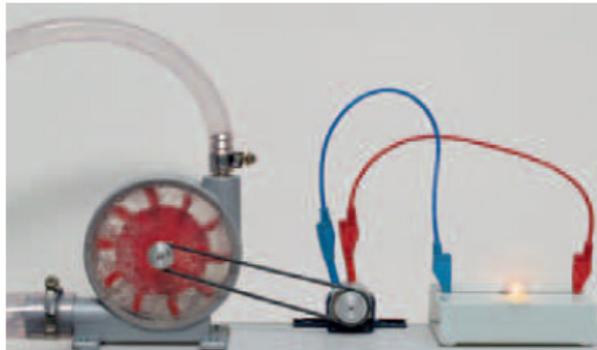
Verschiedene Schulbücher:

**Kuhn Physik SI (2009):**

**Grüne Pfeile:**  
Energieformen

**Rote Kästen:**  
Energiewandler

## Energietransportketten



1 Beispiel für eine Energietransportkette

Zur Umwandlung von einer Energieform in eine andere nutzt man oft spezielle Geräte. Solche Geräte sind **Energiewandler**. Zum Beispiel wandelt der Motor eines Autos die chemische Energie des Benzins in Bewegungsenergie um. Ein Elektromotor wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um und eine Heizungsanlage chemische Energie in innere Energie. Es können auch mehrere Energieumwandlungen hintereinander stattfinden. Man spricht dann von einer **Energietransportkette**, der du bereits auf S. 58 begegnet bist.

Du kannst die Energieumwandlungen übersichtlich in einem Diagramm wie in Bild 2 aufzeichnen. In die grünen Pfeile kommen die Energieformen. Falls die Energieumwandlung durch einen Energiewandler erfolgt, wird dieser in einen roten Kasten eingetragen.



2 Diagramm einer Energietransportkette

# Energieübertragungsketten

Verschiedene Schulbücher:

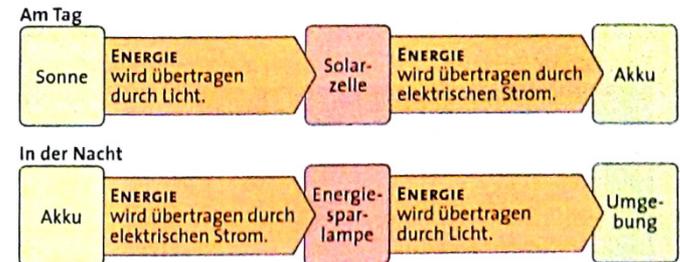
**Universum Physik I (2013):**

**Grüne Kästen:**  
Energiespeicher

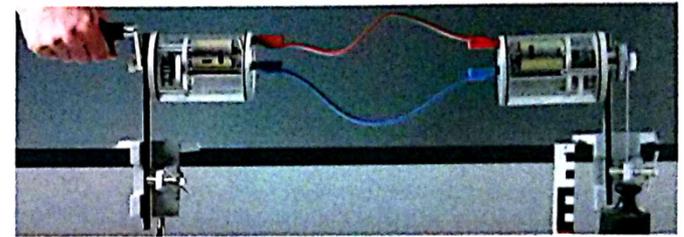
**Rote Kästen:**  
Energiewandler

**Pfeile:**  
Übertragung der Energie

**ENERGIE IM DIAGRAMM** · Wie Energie übertragen wird, lässt sich übersichtlich im Diagramm darstellen. Dabei stellen wir Energiespeicher durch grüne und Energiewandler durch rote Kästchen dar. Für die Übertragung der Energie zeichnen wir Pfeile und notieren, wie die Energie übertragen wird. ▶ Bild 03 zeigt dies am Beispiel des Solarhauses: Tagsüber wird Energie durch Licht von der Sonne auf die Solarzellen übertragen. Von dort gelangt sie durch den elektrischen Strom in den Akku. Nachts wird die Energie aus dem Akku wieder entnommen, z.B. zum Betrieb einer Energiesparlampe. Die von der Lampe abgegebene Energie gelangt in die Umgebung. – Ein solches Diagramm ist selbstverständlich nur ein Modell.



03 Energieumwandlungskette im Solarhaus



# Energieübertragungsketten

Verschiedene Schulbücher:

**Dorn/Bader NRW (2009) / Nds. (2015):**

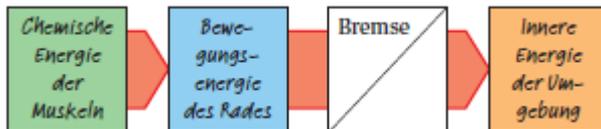
**Kästen:**

Energiekonten

**Pfeile:**

Übertragung und Umwandlung der Energie

Eigenes Symbol für **Energiewandler**



## Kompetenz – Wege der Energie darstellen

Wenn wir Beobachtungen in der Energiesprache beschreiben oder erklären, geht es immer um Antworten auf drei Fragen:

- *Wer hat welche Energie?*  
Körper A hat Höhenenergie.
- *Welche Energieübertragung findet statt?*  
Energie wird von A auf B übertragen.
- *Welche Energiewandlung findet statt?*  
Höhenenergie wird in Bewegungsenergie gewandelt.

In den Bildern für Energie-Übertragungsketten benutzen wir Symbole, die genau diese Fragen berücksichtigen:

Den **Kasten** nehmen wir für das Energiekonto eines Körpers – für die Energie, die ein Körper hat.



Den Blockpfeil nehmen wir, um Übertragung und Wandlung von Energie darzustellen – von einem Körper auf den anderen oder von einer Energieart in die andere.

# Energieübertragungsketten

Ziel: systematische Formulierung des Energiesatzes  
→ physikalische Begründung der Darstellungsweise

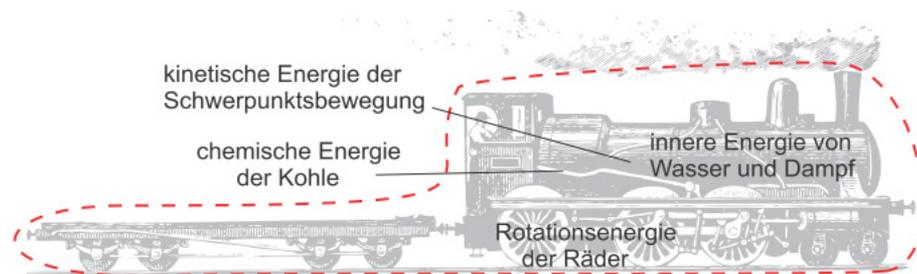
(Hintergründe vgl. auch R. Müller: Mechanik bzw. Thermodynamik)

Rezeptartiges Vorgehen analog zum Vorgehen beim newtonschen Gesetz

# Energieübertragungsketten

## Schritt 1: Prozess identifizieren

- Das betrachtete System wird durch gedachte, frei wählbare **Systemgrenzen** von der Umgebung abgegrenzt.
- **Anfangs- und Endzeitpunkt** des Prozesses  $t_1, t_2$ , werden beliebig gewählt.



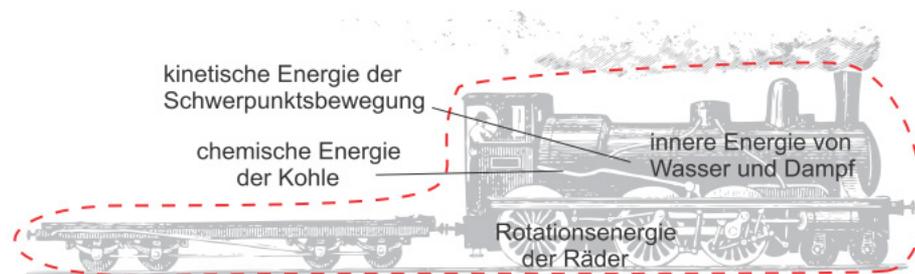
# Energieübertragungsketten

## Schritt 2: Energieformen identifizieren

- **Gesamtenergie** = die gesamte Energie innerhalb der Systemgrenzen
- Kann rein gedanklich zerlegt werden in verschiedene Energieformen:

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} + E_{\text{rot}} + E_{\text{Spann}} + \dots + \text{Rest.}$$

NB: Der „Rest“ heißt in der Thermodynamik „innere Energie“ (mikroskopische Energien)



# Energieübertragungsketten

## Schritt 3: Energiesatz anwenden

Zwei Möglichkeiten:

(1) Energiesatz für **abgeschlossene Systeme**:

$$E_{\text{ges}}(t_2) = E_{\text{ges}}(t_1).$$

Die Energie innerhalb der Systemgrenzen bleibt konstant

Bevorzugte Form des Energiesatzes – Arbeit und Wärme sind schwierige Begriffe

(Abgeschlossenes System:

Keine Energie, keine Materie überquert während des Prozesses die Systemgrenzen.)

# Energieübertragungsketten

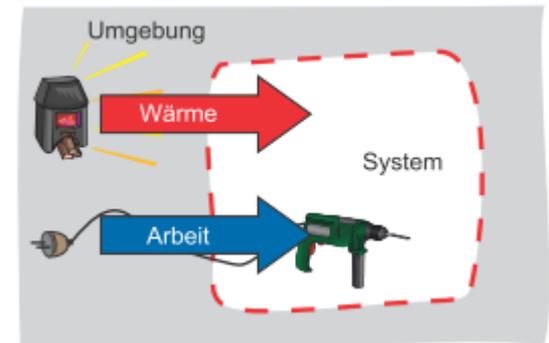
## Schritt 3: Energiesatz anwenden

Zwei Möglichkeiten:

(2) Energiesatz für **nicht abgeschlossene Systeme**:

$$E_{\text{ges}}(t_2) - E_{\text{ges}}(t_1) = Q + W.$$

Die Gesamtenergie kann sich dadurch ändern, dass Energie die Systemgrenzen überquert – in Form von Arbeit oder Wärme.



# Energieübertragung und Energieumwandlung

Vorschlag: Es sollte begrifflich unterschieden werden zwischen

**Energieumwandlung:**  
zwischen verschiedenen Energieformen innerhalb des gleichen Systems.

Kennzeichen für die Schüler: Es wird ein **zeitlicher Verlauf** betrachtet (vorher/nachher).

**Beispiele:** Trampolinspringerin, Pendel, Skateboard in der Halfpipe.

**Energieübertragung:**  
Übertragung von Energie über die Grenzen eines Systems hinweg.

Kennzeichen für die Schüler: Es wird Energietransport **von einem Ort zum anderen** betrachtet (räumliche Übertragung von Energie).

**Beispiele:** Tauchsieder, Energieübertragung Tasse→Hand, Erwärmung der Erde durch die Sonne

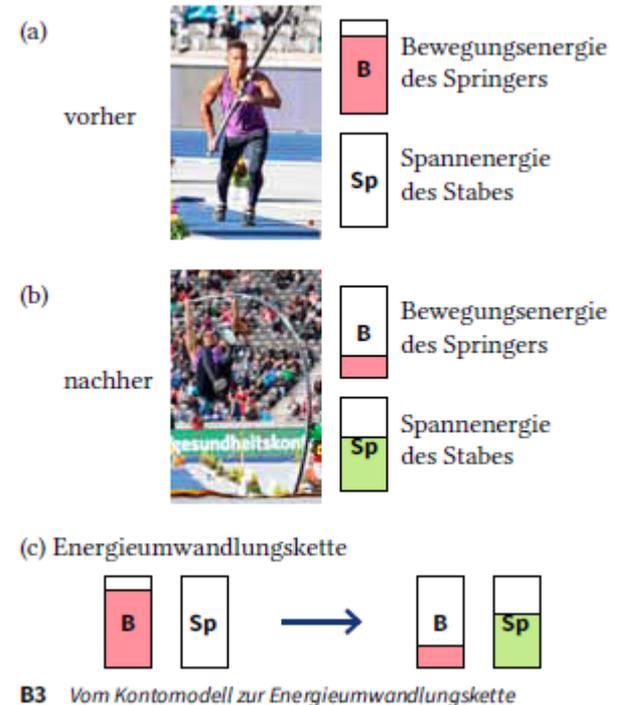
# Energieübertragung und Energieumwandlung

Verschiedene Darstellungsarten für Energieumwandlung und Energieübertragung

## Energieumwandlung (zeitlicher Ablauf)

Energie wird zwischen Energiekonten (Energieformen) „hin und her geschaufelt“.

Blaue Pfeile drücken vorher/nachher-Beziehung aus.



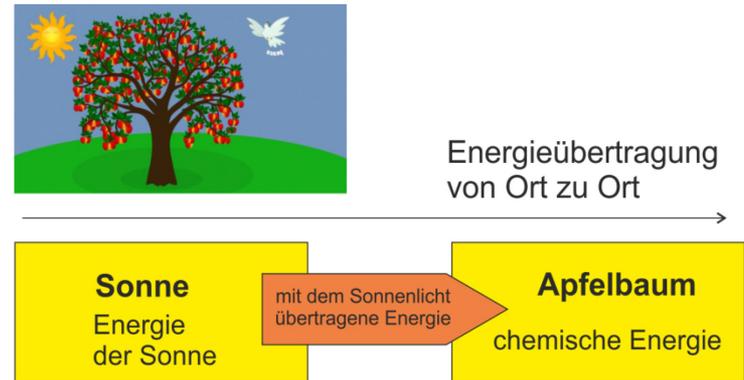
Dorn/Bader NRW 5/6 (2017)

# Energieübertragung und Energieumwandlung

Verschiedene Darstellungsarten für Energieumwandlung und Energieübertragung

## Energieübertragung (räumlicher Transport)

- Kästen entsprechen den beteiligten Körpern (oder Systemen)
- Form der gespeicherten Energie kann angegeben werden
- Breite rote Pfeile: übertragene Energie



# Energieübertragung und Energieumwandlung

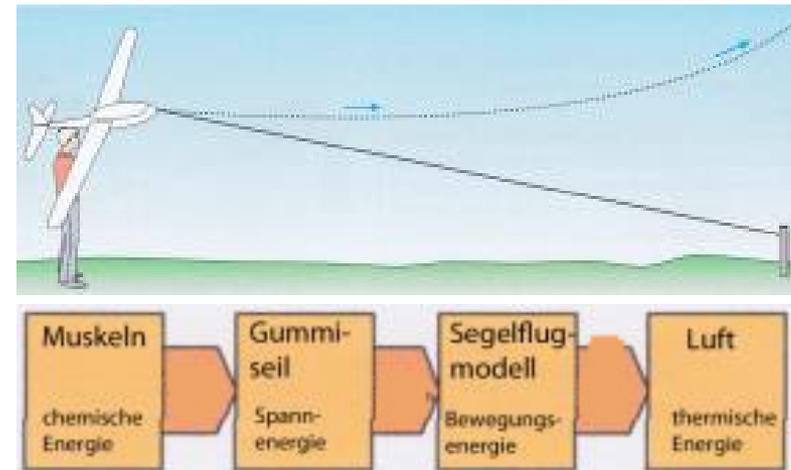
Verschiedene Darstellungsarten für Energieumwandlung und Energieübertragung

## Energieübertragung (räumlicher Transport)

Oft ist die Energieübertragung auch mit einem Wechsel der Energieform verknüpft:

Energie wird vom Gummiseil auf das Segelflugmodell übertragen. Dabei wird Spannenergie in Bewegungsenergie umgewandelt.

Wird im Diagramm dargestellt.



# Energieübertragung und Energieumwandlung

## Energiewandler:

Es wird kein eigenes Symbol benötigt.

Lediglich die Angabe der Energieform im gelben Kasten entfällt, da der Energiewandler die Energie nicht „speichert“.



# Hausaufgabe

Lösen Sie diese Aufgabe:

**Genialer Trick: Mann lädt sein Elektroauto über den Zigarettenanzünder auf**



**A4** „... man muss nur darauf achten, dass der Motor läuft, wenn man sein Auto über den Zigarettenanzünder lädt“, so der Erfinder. „Andernfalls zieht es einem die Batterie ruckzuck leer.“

Das Bild und die Schlagzeile stammen von einer Satire-Webseite.

Erläutere die Idee des „Erfinders“ und schreibe einen eigenen kurzen satirischen Text zu dem Bild. Analysiere die Idee physikalisch anhand einer Energieübertragungskette und beurteile ihre Umsetzbarkeit.

(Dorn/Bader Niedersachsen 9/10 (2016))