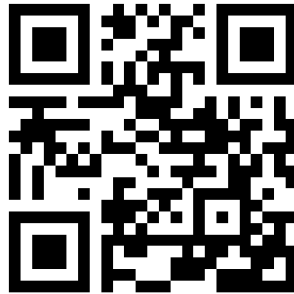


Online-Zugang (ca. 75 MB, *.zip)

<https://moodle.nibis.de/nunphysk/>

Achtung: ohne „i“



„Klick“ auf Gastbereich ... dann ganz oben

**Vortrag zur Fahrradkette mit Link zum Material /
Einführung zum Kraftbegriff /
Bewertungskompetenz Sek I**

Die Fahrradkette als Modell im Elektrikunterricht der Sek I



Inhalt

- Ausgangslage und Motivation
- Vorstellung des Fahrradkettenmodells,
Gegenüberstellung physikalischer Größen
- Die Fahrradkette als durchgängiges Modell
- Unterrichtselemente
- Empirische Untersuchung

Fortbildungsidee:

Vorstellen eines „fertigen“ Vorschlags aus der Uni Osnabrück
Ausprobieren zentraler Materialien und Experimente

Ausgangslage und Motivation

Probleme des traditionellen Elektrikunterrichts (Schecker et al. 2018, Rhöneck 1986)

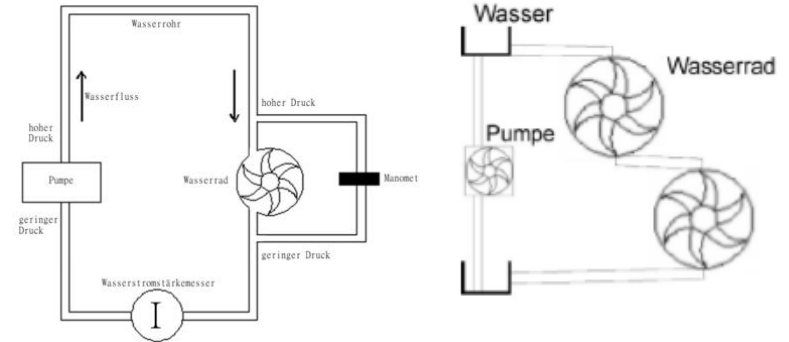
- Verbrauchsvorstellung
- fehlende Differenzierung von Spannung und Strom
- dominierender Strombegriff

Bisherige Nutzung des Fahrradkettenmodells:

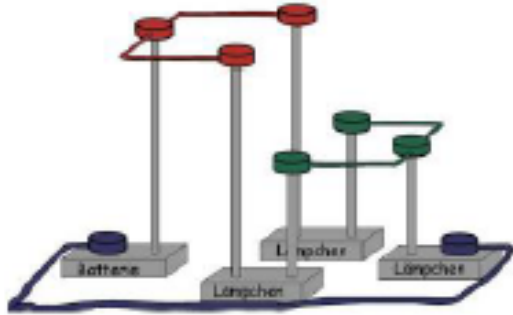
- „eines von vielen“ (Bredthauer et al. 2017, Oberholz 2012)
- zur Nutzung der Kreislaufvorstellung (Lichtenberger 2019)
- zu Beginn des Elektrikunterrichts

Gibt es überhaupt eine geeignete Modellvorstellung?

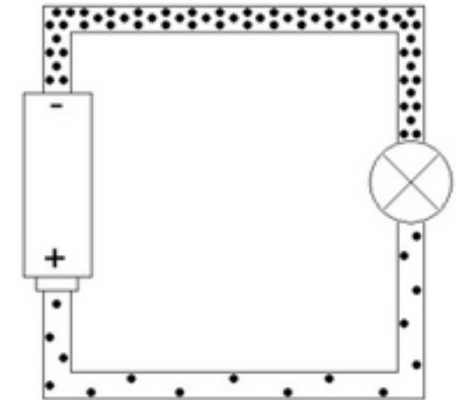
Wassermmodell - offen Wassermmodell – geschlossen



Stäbchenmodell



Elektronengasmodell



Rucksackmodell



Ausgangslage und Motivation

Tabelle 1: Eingesetzte Analogiemodelle der Lehrkräfte (N = 32). Aufgrund der Ununterscheidbarkeit in der Studie wurden die beiden Arten von Wasserkreislaufmodellen zu „Wasserkreislaufmodell“ zusammengefasst.

Analogiemodell	Häufigkeit	Prozent
Wasserkreislaufmodell	20	63
Analogie zu aufgeteiltem/n Verkehr/Menschen	5	16
Fahrradkettenmodell	5	16
Wassertanks in unterschiedlicher Höhe	4	13
Rucksackmodell/Bienenmodell	3	9
Analogie zu Wärmetransport	2	6
Elektronengasmodell	1	3
Stäbchenmodell	1	3

Aus: Schubatzky, T. et. al: Die Unterschiedlichkeit des Elektrizitätslehreunterrichts in der Sekundarstufe I. In: Plus Lucis 2/2022.

Thesen zu Modellen in der Elektrizitätslehre - 2017

Wassermodelle und Rucksackmodell sind nicht geeignet

Stäbchenmodell ist wenig anschaulich und abstrakt

Elektronengasmodell wenig erforscht, aber
erfolgsversprechend

Fahrradkettenmodell alltagsnah, anschaulich, Anknüpfung an
einen vertrauten „Basisbereich“

Stärken: Systemcharakter, Verbrauchsvorstellung,
Differenzierung Energiestrom/Ladungsträgerstrom

*aus: Burde und Wilhelm: Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle.
Naturwissenschaften im Unterricht Physik 28, Heft 157, Nr. 1/17, 2017*

Ausgangslage und Motivation

Neue Aspekte

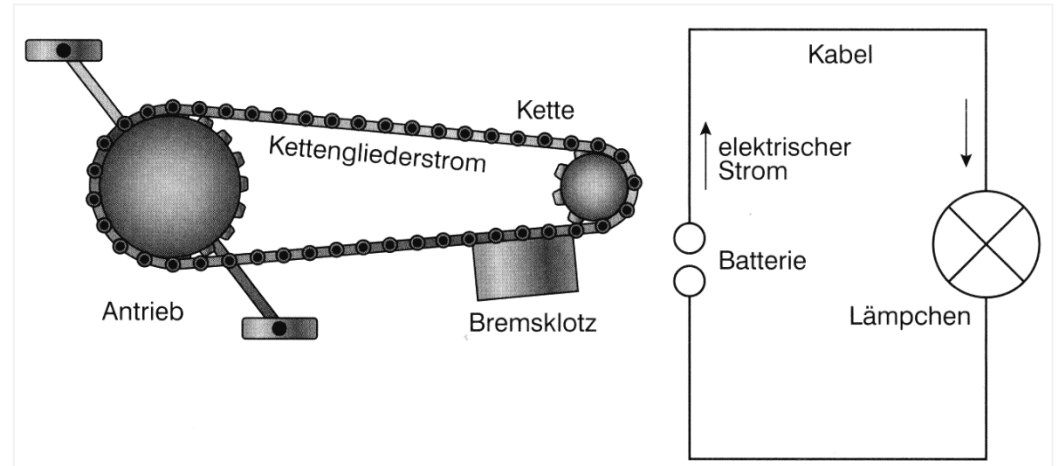
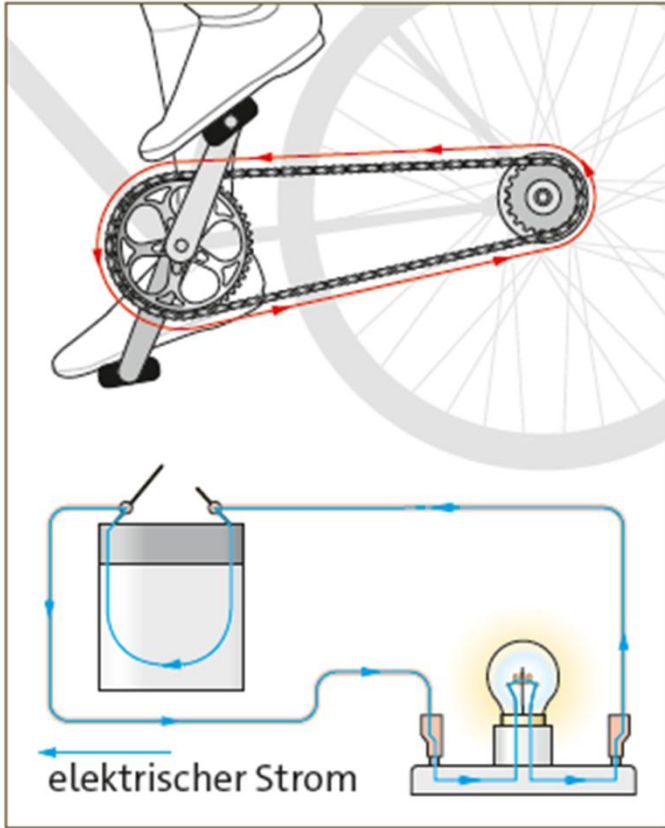
„Zu beachten ist, dass die drei Eckpfeiler der Elektrizitätslehre – **Stromstärke, Spannung und Widerstand** – **nur als „Trio“ zu erlernen** sind. Die Beziehungen zwischen den drei Begriffen sind wesentliche Bestandteile der Begriffe selbst. Die anschauliche Vorstellung – Stromfluss, Antrieb und Behinderung des Stromflusses – kann helfen, den Schülerinnen und Schülern die Zusammenhänge klar zu machen.“ (Duit, 2009)

Ausgangslage und Motivation

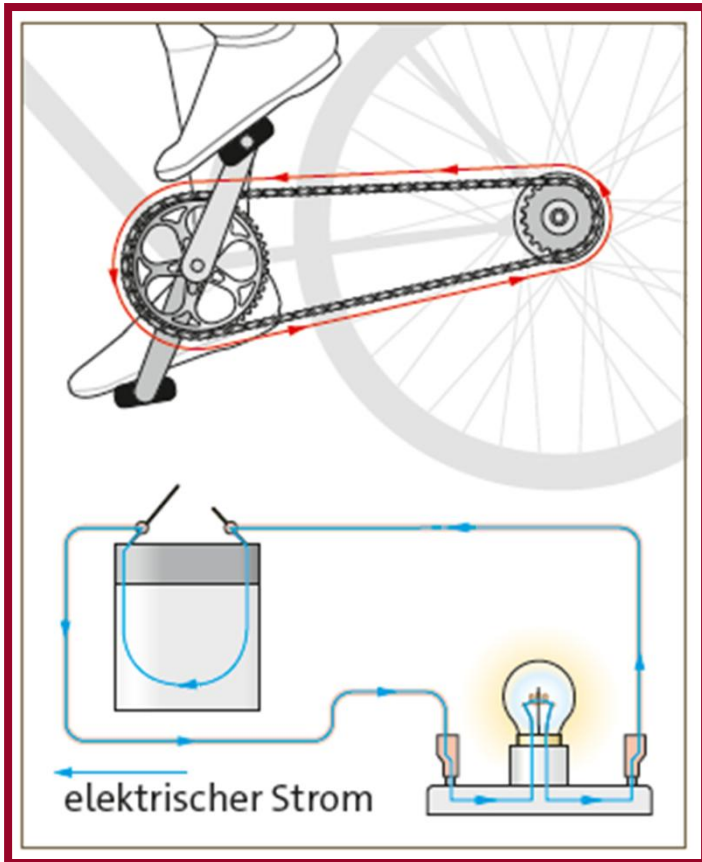
Neue Aspekte

- gleichzeitige qualitative Einführung der Größen Spannung, Strom und Widerstand
- Behandlung des Potenzials möglich
(„lernförderlich“ vgl. Gleixner 1998, Burde 2016a,b)
- Expliziter Aufbau von Modellkompetenz
- Nutzung als durchgängiges Modell möglich (Unter- und Mittelstufe)

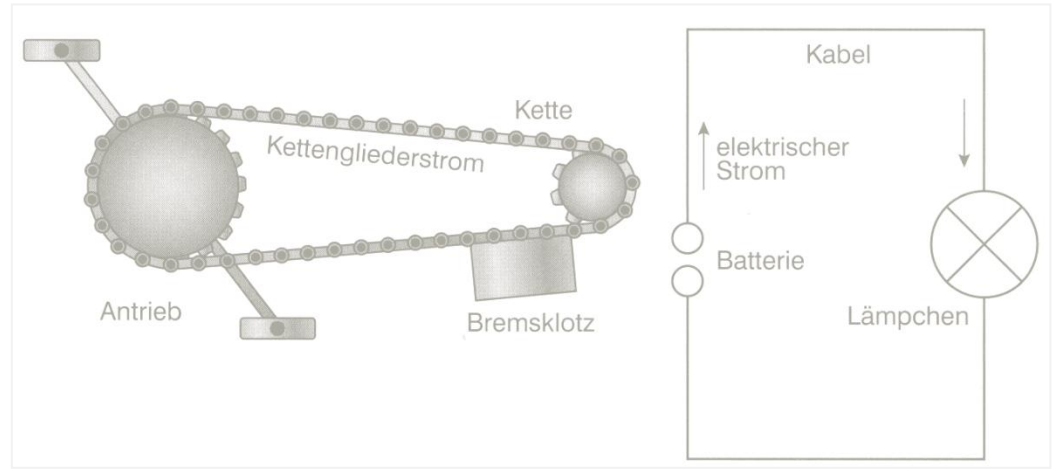
Das Fahrradkettenmodell



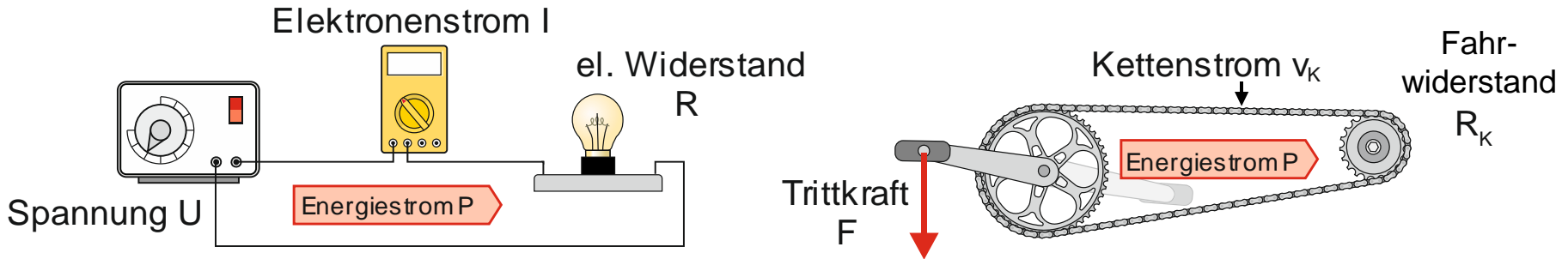
Das Fahrradkettenmodell



Dieses Modell wird im Folgenden verwendet.

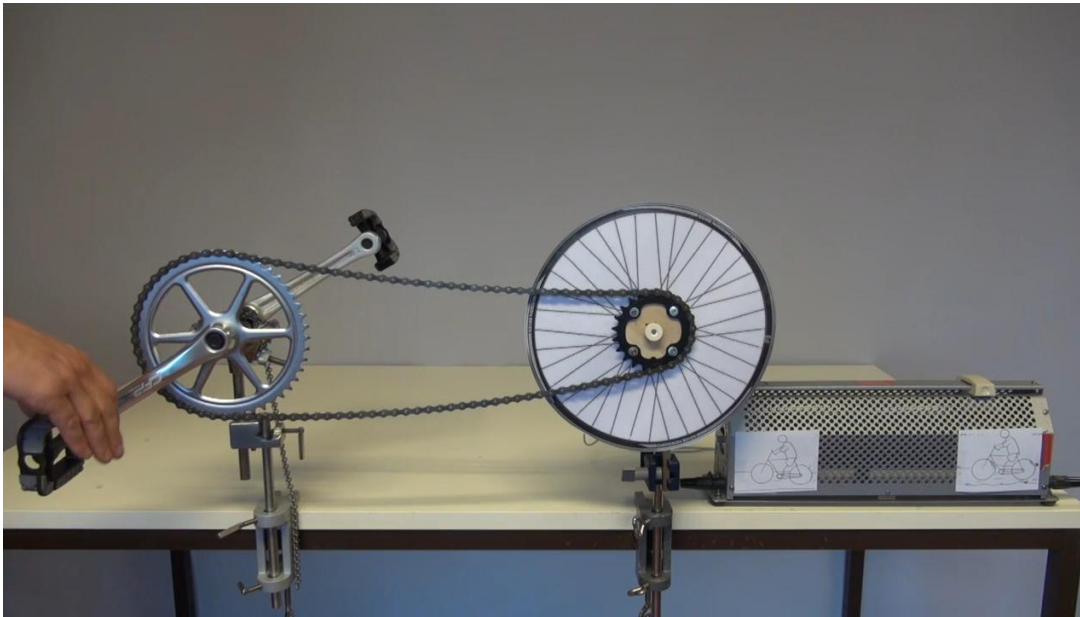


Gegenüberstellung der physikalischen Größen



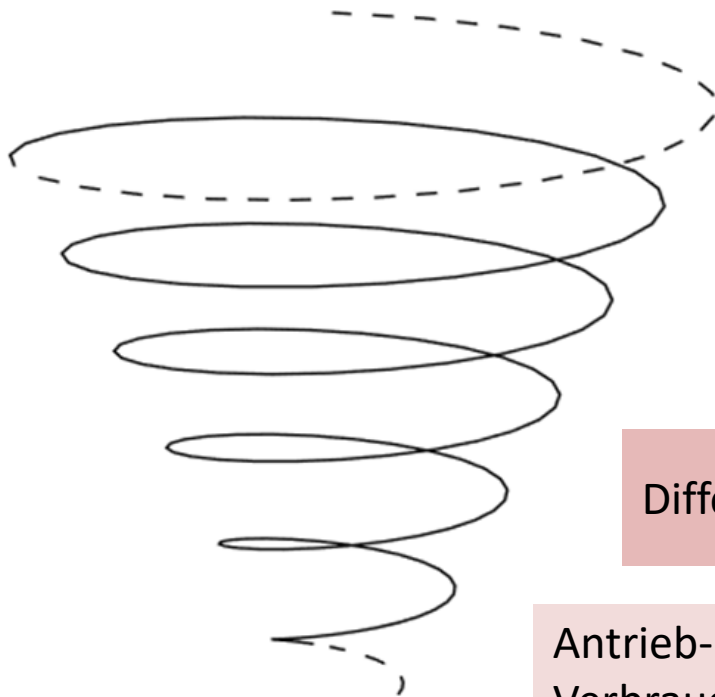
	Stromkreis	Fahrrad
Antrieb	Spannung U	Trittkraft F
Kreisstrom	Elektronenstrom I	Kettenstrom v_K
Widerstand	El. Widerstand R	Fahrwiderstand R_K
	Ladung q	Kettenlänge l
	Spannung $U = \frac{E}{q}$	Kraft $F = \frac{E}{l}$

Fahrradkettenmodell mit einfachen Mitteln



Heute leider nicht dabei. Fahrradkurbel + Fahrradkette + Ritzel auf Holzscheibe
Montage an Dynamot mit regelbarem Widerstand
Kosten ca. 60€

Das Fahrradkette als durchgängiges Modell



Potenzialansatz,
Reihen-, Parallelschaltung

Definition $U = P/I$
Zusammenhang mit Antriebsvorstellung

Differenzierung Energiestrom-Elektronenstrom

Antrieb-Kreisstrom-Widerstand-Konzept
Verbrauchsvorstellung, Systemcharakter

Überblick über den modellbasierten Elektrizitätslehre-Unterricht der Sek I

1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe
2. Antrieb, Strom, Widerstand
3. Energietransport durch Kreisläufe
4. Der elektrische Strom
5. Schaltskizzen
6. Die Spannung $U = P/I$
7. Das Potenzial
8. Knotenregel
9. Reihen- und Parallelschaltungen
10. Der Widerstand

Überblick über den modellbasierten Elektrizitätslehre-Unterricht der Sek I

Energietransport durch Kreisläufe

Elektrostatik - Atommodell

1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe
2. Antrieb, Strom, Widerstand
- ~~3. Energietransport durch Kreisläufe~~
4. Der elektrische Strom
5. Schaltskizzen
6. Die Spannung $U = P/I$
7. Das Potenzial
8. Knotenregel
9. Reihen- und Parallelschaltungen
10. Der Widerstand

Vorschlag Wolfsburg:
Änderung der Reihenfolge

Unterrichtsmaterial

- vollständig ausgearbeiteter Unterricht
- Arbeitsblätter, Videos, Stundenbeschreibungen
- Orientierung an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen
- Material sehr textlastig -> kein Schulbuch vorhanden!
- Material unter www.physikdidaktik.uni-osnabrueck.de/elehre_fahrradkette

Unterrichtskonzept zur Elektrizitätslehre in der Mittelstufe mithilfe des Fahrradkettenmodells



Im Elektrizitätslehreunterricht der Mittelstufe sind verschiedene Analogien verbreitet. Mit ihnen soll Schülerinnen und Schülern z. B. die Idee des geschlossenen Stromkreislaufs, die Kontinuitätsvorstellung des Elektronenstroms oder der Spannungsbegriff verständlich gemacht werden.

Die Fahrradkette als Vorstellungshilfe zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass sie den Schülerinnen und Schülern besonders vertraut ist. Daher ist ein Unterricht für die Elektrizitätslehre der Mittelstufe entwickelt worden, in dem durchgängig auf die Fahrradkette und ähnliche Antriebe zurückgegriffen wird. Wichtige Aspekte des Unterrichts sind z. B. die Trennung von Energie- und Elektronenstrom, die gleichzeitige Einführung der Begriffe Spannung, elektrischer Strom und Widerstand sowie die Arbeit mit dem Begriff „Potenzial“ und der Spannung als Potenzialunterschied.

» Einen Beitrag über die Hintergründe und einen Überblick über das Unterrichtskonzept finden Sie hier >

Das Unterrichtskonzept umfasst zehn Abschnitte:

1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe
2. Antrieb, Strom, Widerstand
3. Energietransport durch Kreisläufe
4. Der elektrische Strom
5. Schaltskizzen
6. Die Spannung $U=P/I$
7. Das Potenzial
8. Die Knotenregel
9. Reihen- und Parallelschaltungen
10. Der Widerstand

» Zu den Unterrichtsmaterialien gelangen Sie hier >



Überblick über den modellbasierten Elektrizitätslehre-Unterricht der Sek I

1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe

2. Antrieb, Strom, Widerstand

3. Energietransport durch Kreisläufe

4. Der elektrische Strom

5. Schaltskizzen

6. Die Spannung $U = P/I$

7. Das Potenzial

8. Knotenregel

9. Reihen- und Parallelschaltungen

10. Der Widerstand

Vortrag

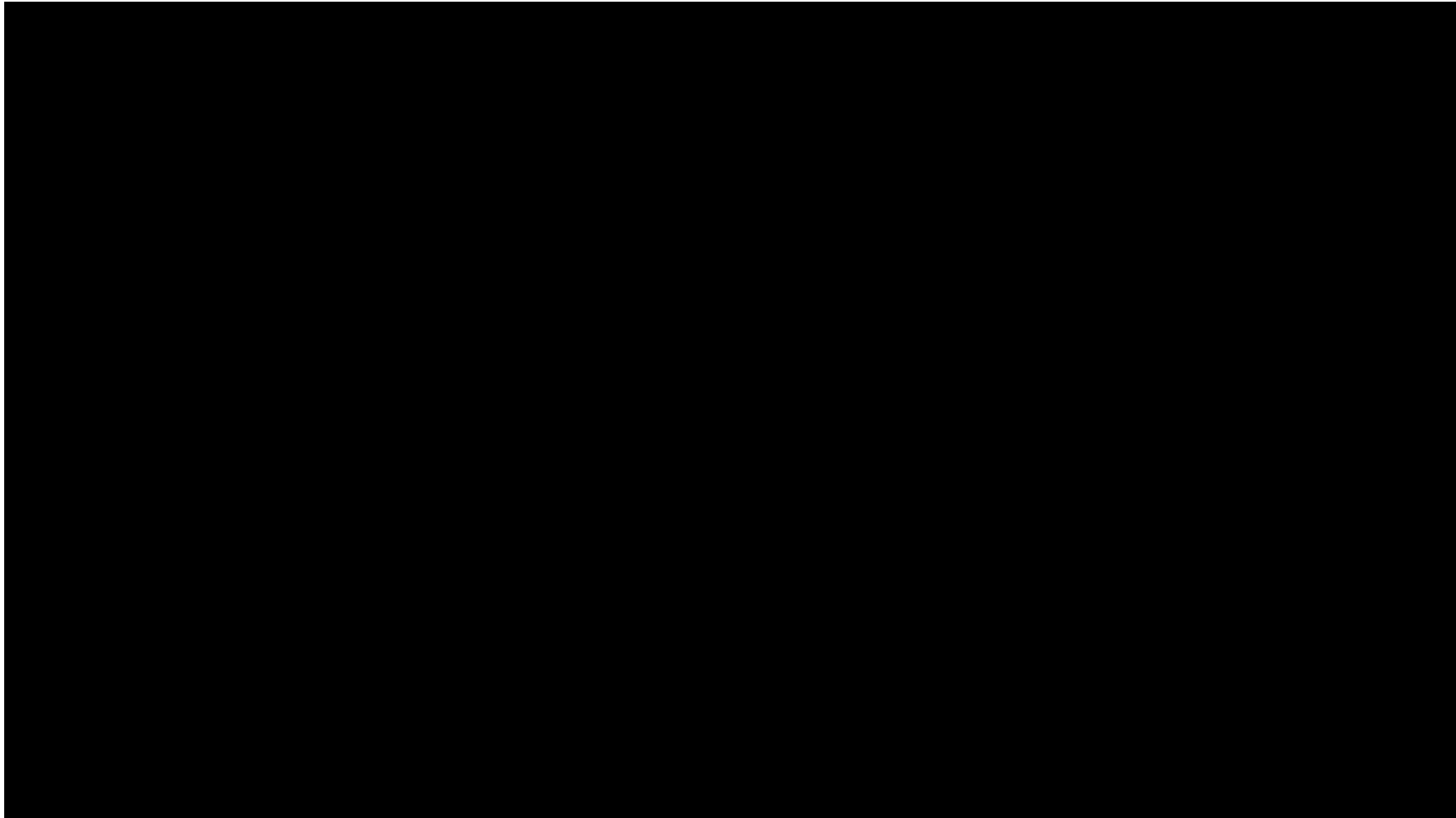
Workshop

Vortrag

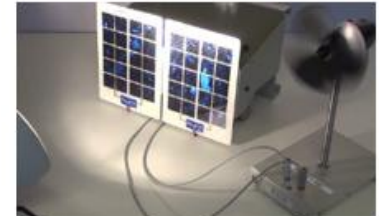
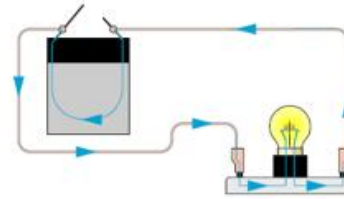
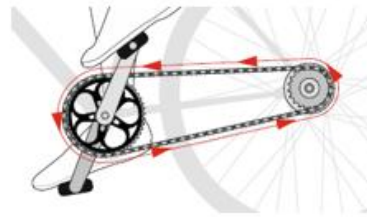
Ausprobieren

Ausblick

Das Fahrrad als Vorstellungshilfe



Das Fahrrad als Vorstellungshilfe

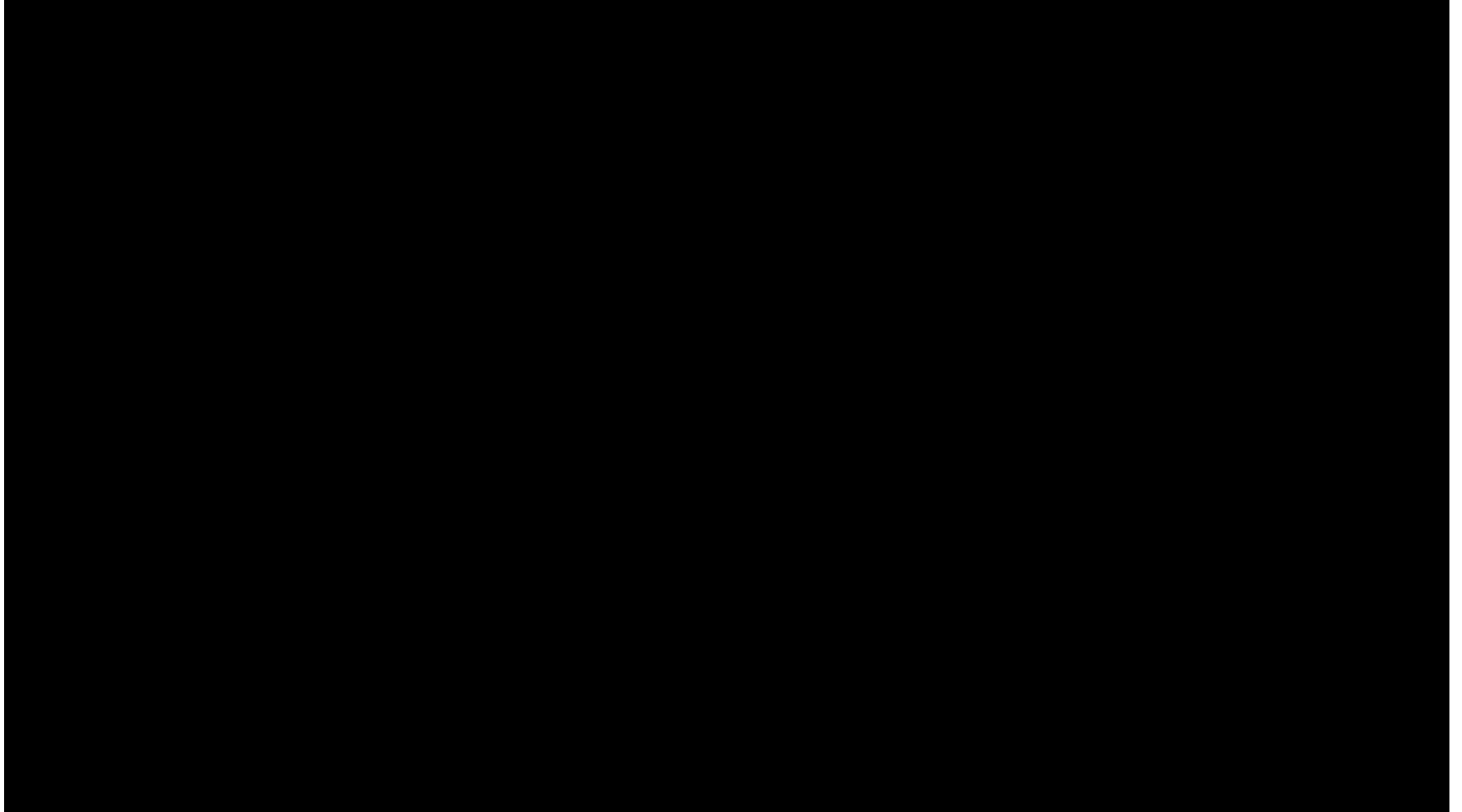


Bei einem Stromkreis und auch beim Fahrrad gibt es etwas, das ...	Vorstellungshilfe Fahrrad	a) Stromkreis mit Lampe	b) Stromkreis mit Ventilator
... der Antrieb ist,	Pedale	Batterie	Solarzelle
... rundherum im Kreis läuft,	Kettenglieder	Elektronen	Elektronen
angetrieben wird.	Hinterrad	Lampe	Ventilator

Die Fahrradkette hilft dabei, Beobachtungen am Stromkreis einleuchtend zu finden.

Sie hilft, mit Begriffen und Gesetzen der Elektrik vertraut zu werden, sich mit ihnen anzufreunden. Deswegen nennen wir sie Vorstellungshilfe. Ein anderer Begriff ist auch „Modell“. Weil das Denken in und mit Modellen sehr erfolgreich ist, machen Physikerinnen und Physiker das sehr oft so.

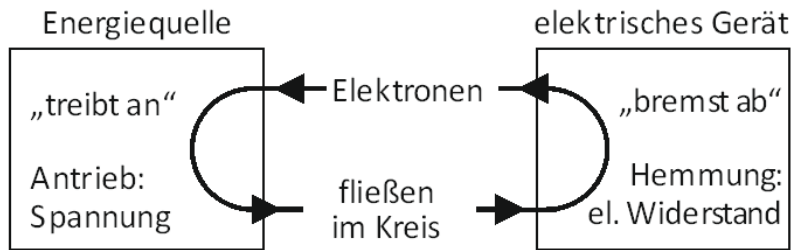
Antrieb, Strom, Widerstand - Einführung



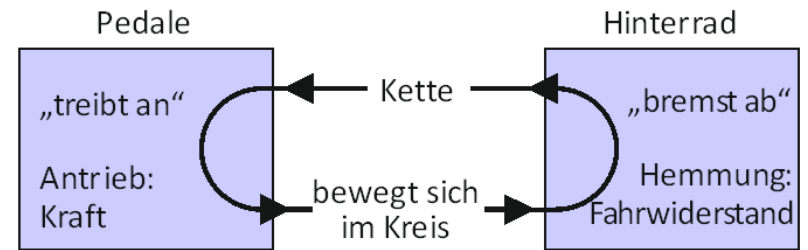
Antrieb, Strom, Widerstand - Einführung

Workshop 1 - Arbeitsblätter

Antrieb, Strom, Widerstand - Einführung



Elektrischer Stromkreis

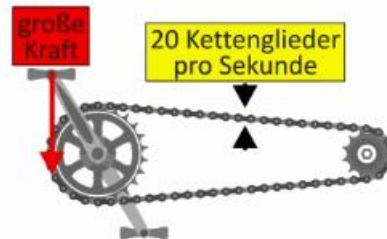
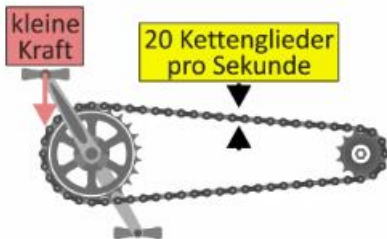
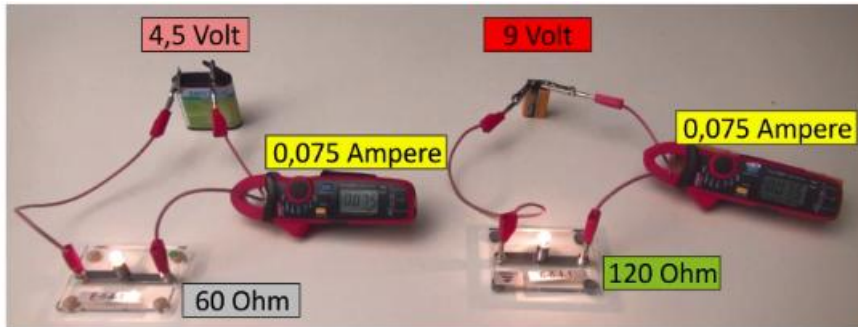


Vorstellungshilfe Fahrrad (Modell)

Elektrischer Stromkreis			
physikalische Größe	Abk. der Größe	Einheit	Abk. der Einheit
Spannung	U	Volt	V
Elektronenstrom	I	Ampere	A
elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω

allgemeine Bedeutung	Vorstellungshilfe Fahrrad
Antrieb	Kraft auf die Pedale
Kreisstrom	Kettenbewegung im Kreis („Kettenstrom“)
Widerstand	Fahrwiderstand (Untergrund)

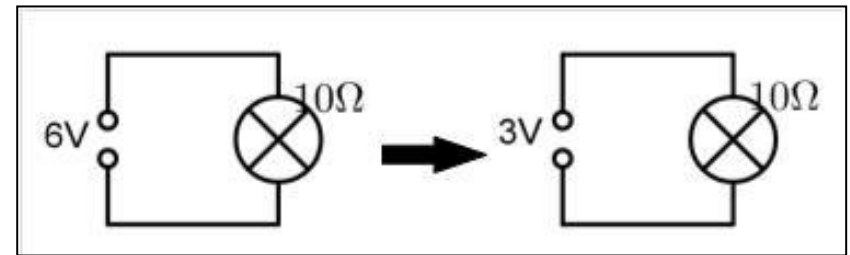
Antrieb, Strom, Widerstand – Zusammenhänge



	Antrieb	Widerstand	Kreisstrom
1.	↑	↑	=
2.	=	↑	↓
3.	=	=	=
4.	↓	=	↓
5.	0	=	0

Antrieb, Strom, Widerstand – Zusammenhänge

	Antrieb	Widerstand	Kreisstrom
1.	↑	↑	=
2.	=	↑	↓
3.	=	=	=
4.	↓	=	↓
5.	0	=	0



Antrieb, Strom, Widerstand - Einführung

Workshop 2 –Lernzirkel

Antrieb, Strom, Widerstand **Aneignung**

Überblick über den modellbasierten Elektrizitätslehre-Unterricht der Sek I

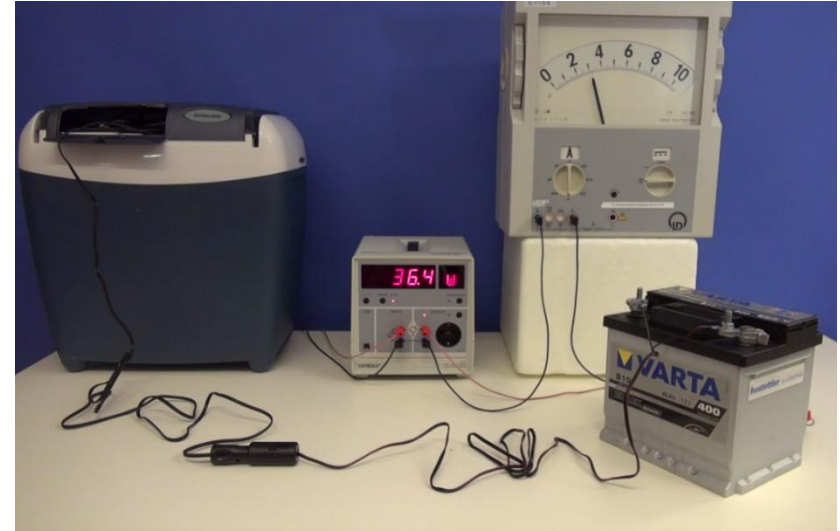
1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe
2. Antrieb, Strom, Widerstand
3. Energietransport durch Kreisläufe
4. Der elektrische Strom
5. Schaltskizzen
6. Die Spannung $U = P/I$
7. Das Potenzial
8. Knotenregel
9. Reihen- und Parallelschaltungen
10. Der Widerstand

Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ



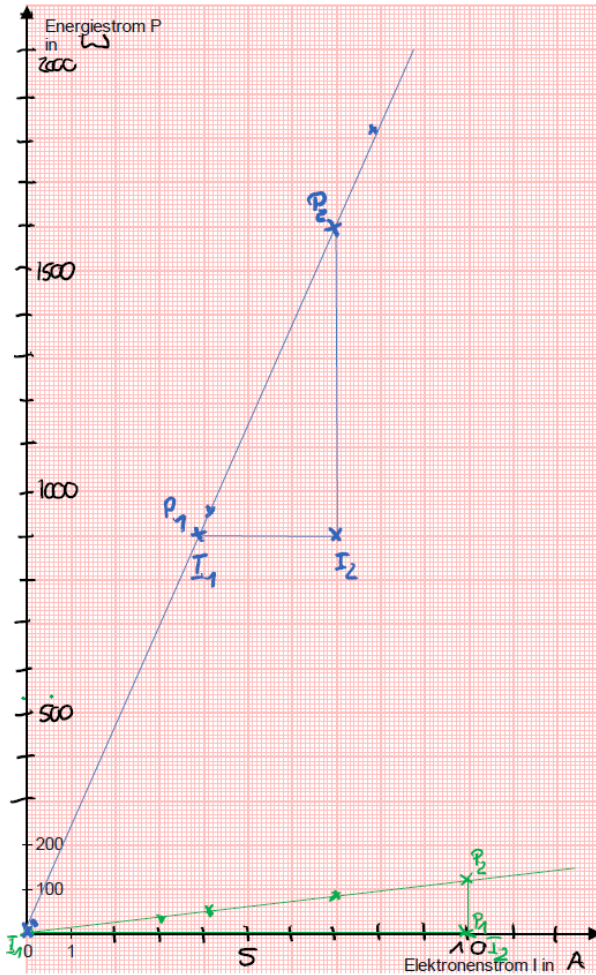
Steckdose

vs.





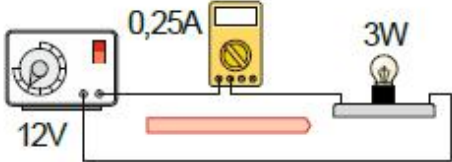
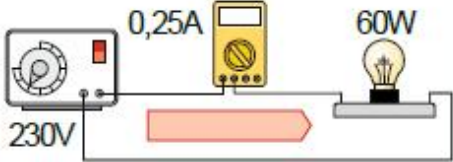
Autobatterie

Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ



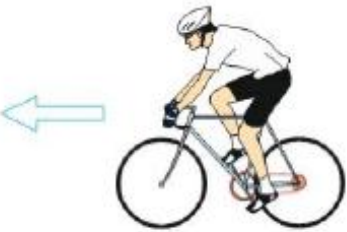
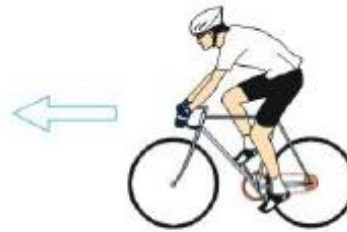


- Energiestrom und Elektronenstrom sind proportional zueinander
- Die Steigung im I - P -Diagramm ist ein Maß für die Spannung U :
- $$U = \frac{P_{el}}{I}$$
- Quantitative Einführung „wie immer“

Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ

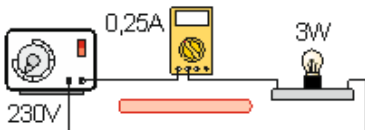
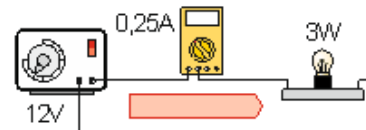
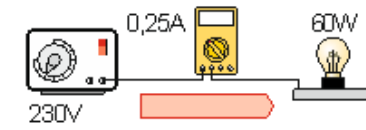
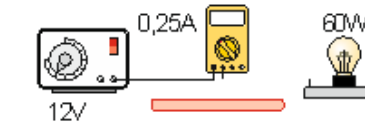
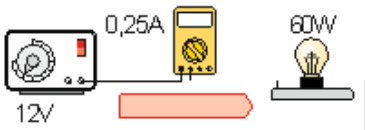
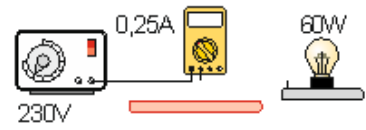
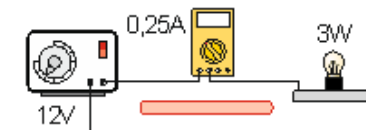
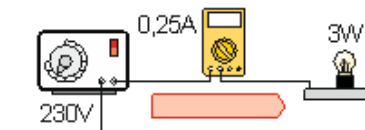
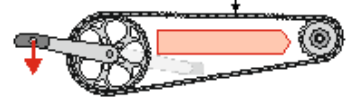
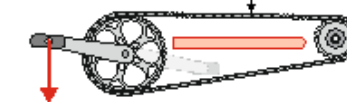
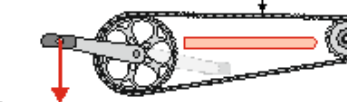
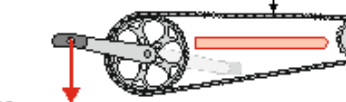
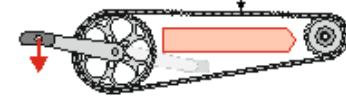
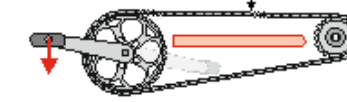
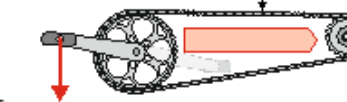
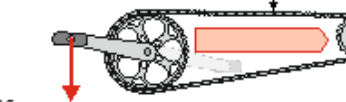



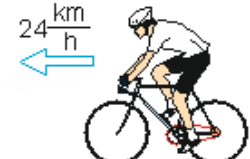
Elektrizitätslehre	Situation (Experiment)		
	Schema	<p>Nr. 7</p> 	<p>Nr. 3</p> 
	Spannung	geringe Spannung	hohe Spannung
	Energiestrom	geringer Energiestrom bei gleichem Kreisstrom	hoher Energiestrom bei gleichem Kreisstrom
	Antrieb	schwacher Antrieb	starker Antrieb

Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ

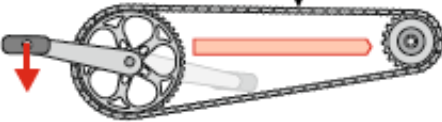
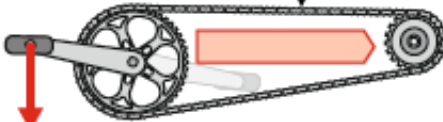


	Energiestrom	geringer Energiestrom bei gleichem Kreisstrom	hoher Energiestrom bei gleichem Kreisstrom
	Antrieb	schwacher Antrieb	starker Antrieb
Fahrradkettenmodell	Trittkraft		
	Schema		
	Situation		

Wie kann man das Experiment im Fahrradkettenmodell beschreiben?

Auswahlkarten – welche vier Karten beschreiben das Experiment bzw. die Vorstellungshilfe korrekt?

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 	<p>7</p> 	<p>8</p> 
<p>9</p> <p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>10</p> <p>30 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>11</p> <p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>12</p> <p>10 Kettenglieder pro Sekunde</p> 
<p>13</p> <p>10 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>14</p> <p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>15</p> <p>30 Kettenglieder pro Sekunde</p> 	<p>16</p> <p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p> 
<p>17</p> <p>$\frac{8}{h}$ km/h</p> 	<p>18</p> <p>$\frac{16}{h}$ km/h</p> 	<p>19</p> <p>$\frac{16}{h}$ km/h</p> 	<p>20</p> <p>$\frac{24}{h}$ km/h</p> 


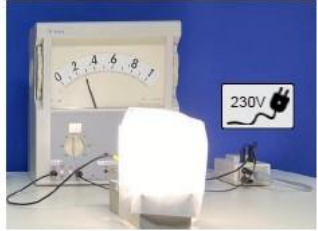
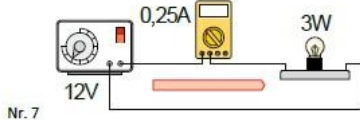
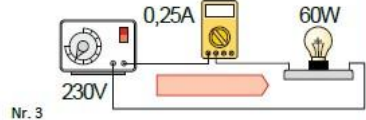
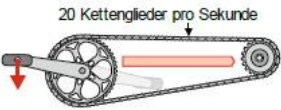
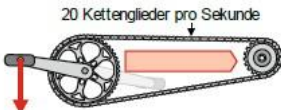
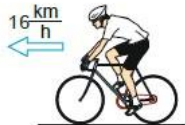
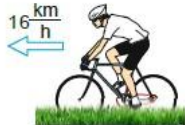
Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ

	Energiestrom	geringer Energiestrom bei gleichem Kreisstrom	hoher Energiestrom bei gleichem Kreisstrom
	Antrieb	schwacher Antrieb	starker Antrieb
Fahrradkettenmodell	Trittkraft	geringe Trittkraft	hohe Trittkraft
	Schema	<p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p>  <p>Nr. 14</p>	<p>20 Kettenglieder pro Sekunde</p>  <p>Nr. 16</p>
	Situation	 <p>Nr. 19</p>	 <p>Nr. 18</p>

Zusammenhang zwischen Energiestrom und Elektronenstrom – Einführung Spannung quantitativ

Fahrradketten-Modell ist auch bei der quantitativen Einführung der Spannung hilfreich.

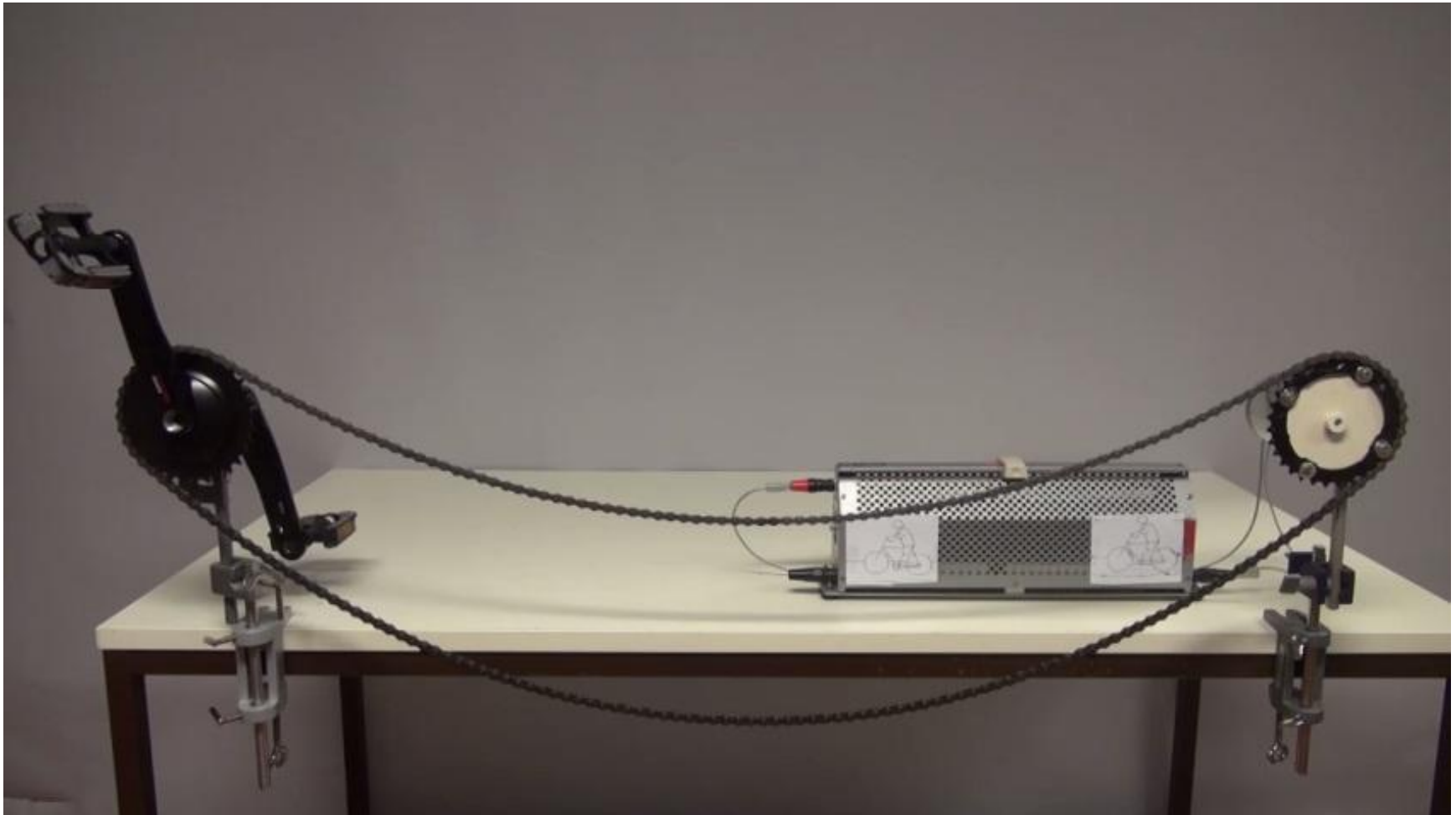
Fahrrad fährt gleich schnell, dafür muss aber eine größere Energie übertragen werden.

Elektrizitätslehre	Situation (Experiment)		
	Schema		
	Spannung	geringe Spannung	hohe Spannung
Fahrradkettenmodell	Energiestrom	geringer Energiestrom bei gleichem Kreisstrom	hoher Energiestrom bei gleichem Kreisstrom
	Antrieb	schwacher Antrieb	starker Antrieb
	Trittkraft	geringe Trittkraft	hohe Trittkraft
	Schema		
	Situation		

Überblick über den modellbasierten Elektrizitätslehre-Unterricht der Sek I

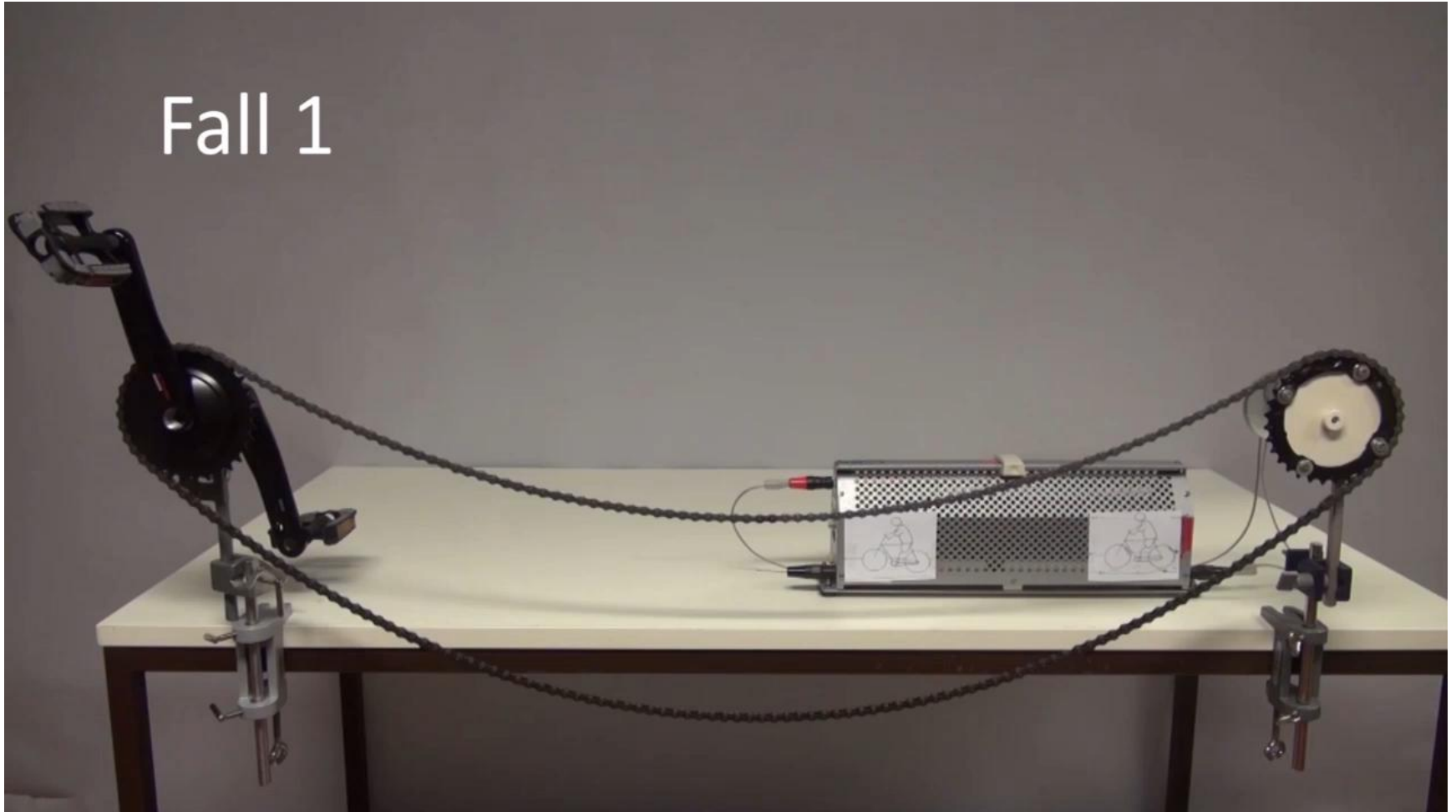
1. Das Fahrrad als Vorstellungshilfe
2. Antrieb, Strom, Widerstand
3. Energietransport durch Kreisläufe
4. Der elektrische Strom
5. Schaltskizzen
6. Die Spannung $U = P/I$
7. Das Potenzial
8. Knotenregel
9. Reihen- und Parallelschaltungen
10. Der Widerstand

Einführung des Potenziels mit der Fahrradkette

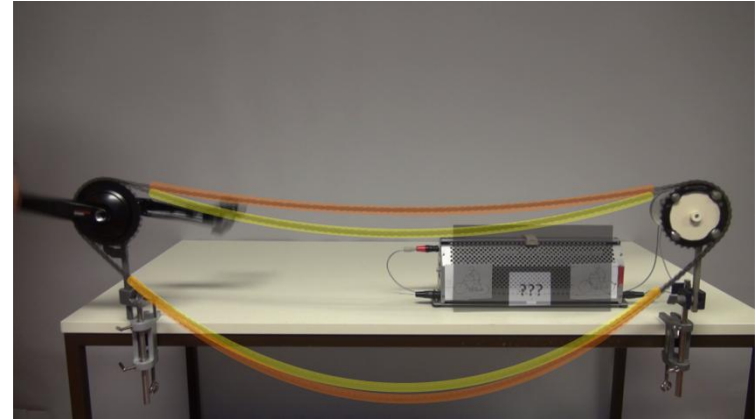
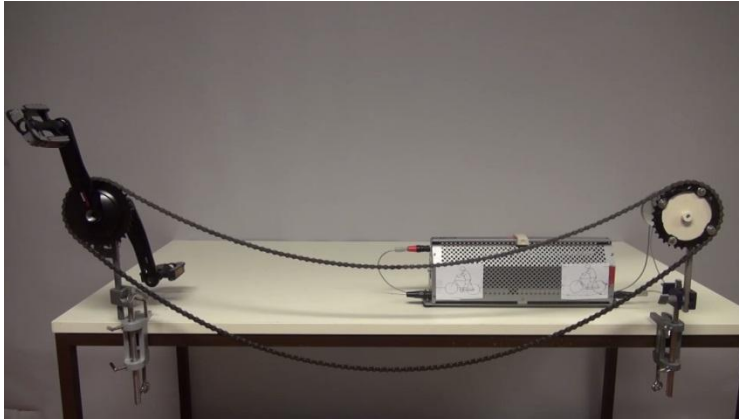


Einführung des Potenziels mit der Fahrradkette

Fall 1



Das „Potenzial“ der Fahrradkette



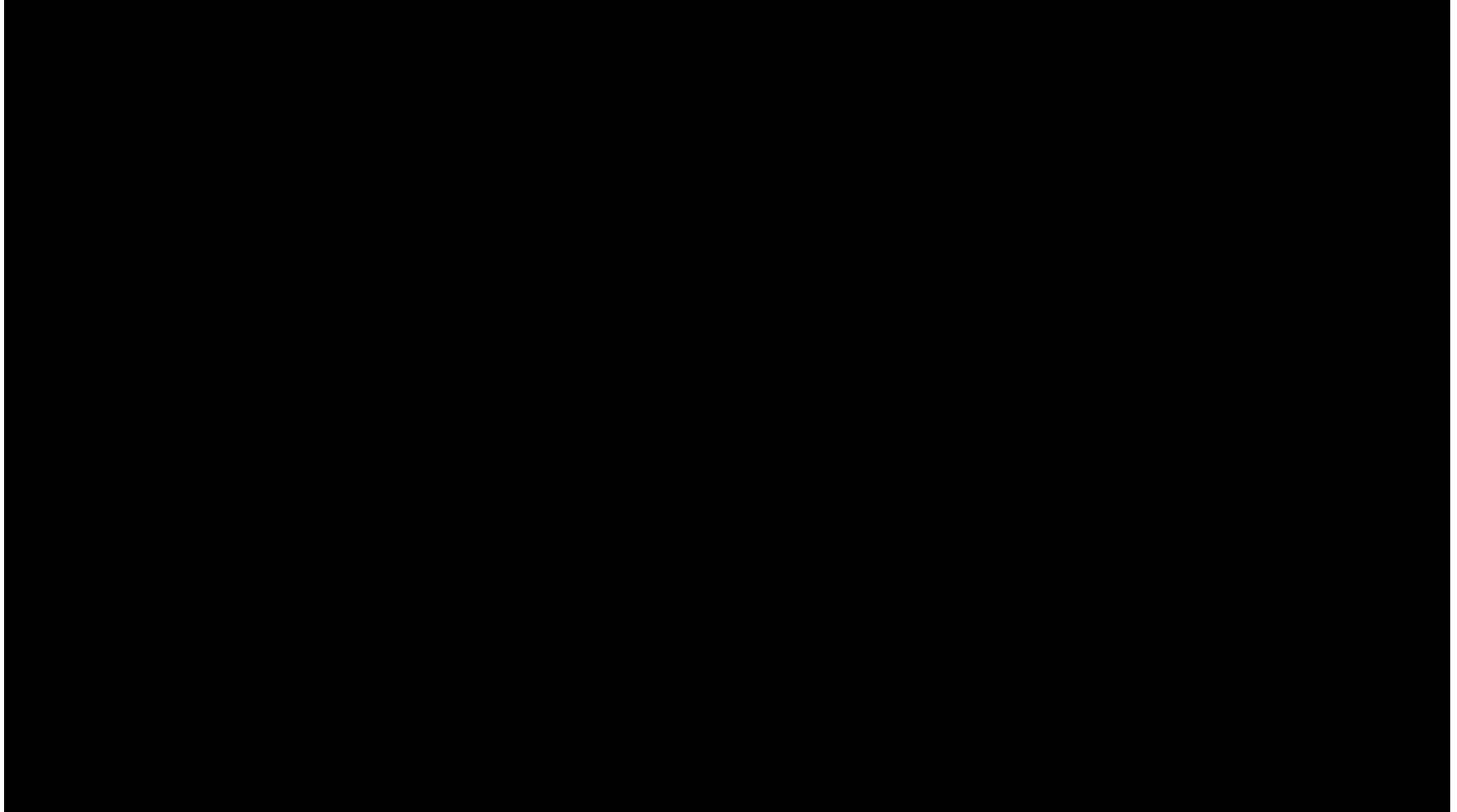
Zusammenfassung

- Gibt es keinen Antrieb, wird also keine Kraft auf die Pedale ausgeübt, so gibt es auch keinen Unterschied zwischen Straffheit in der Kette oben und Lockerheit unten.
- Gibt es einen Antrieb, so gibt es einen Unterschied.
- Je **größer der Antrieb** ist, also je größer die Kraft ist, mit der in die Pedale getreten wird, desto **größer ist der Unterschied zwischen Straffheit oben und Lockerheit unten**.

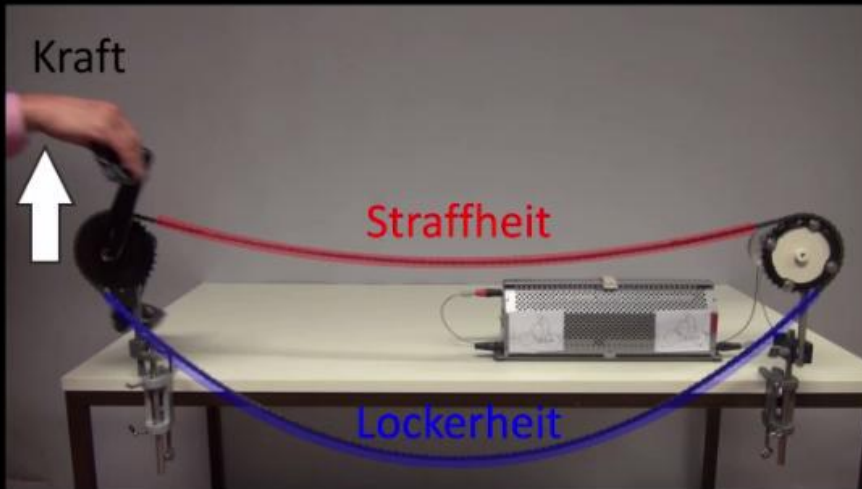
Wenn die Kette nicht durchhängt ...



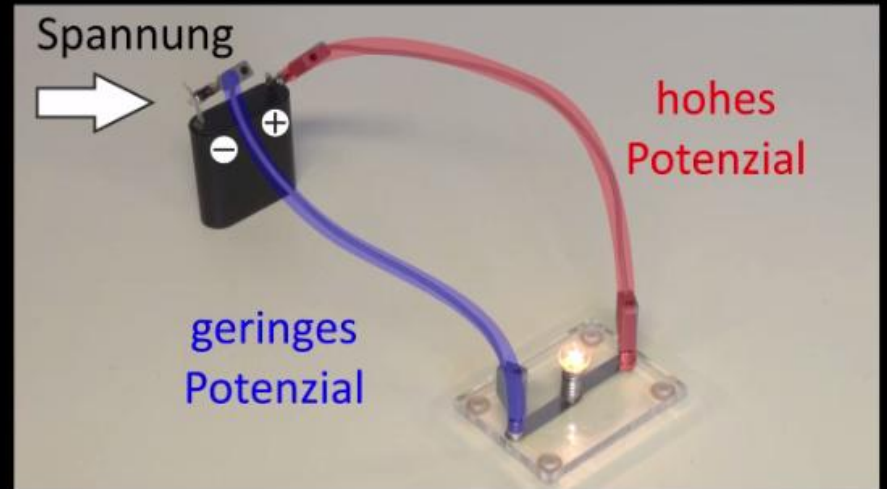
Übertragung auf das Potenzial (Text)



Fahrradkette und Stromkreis im Vergleich



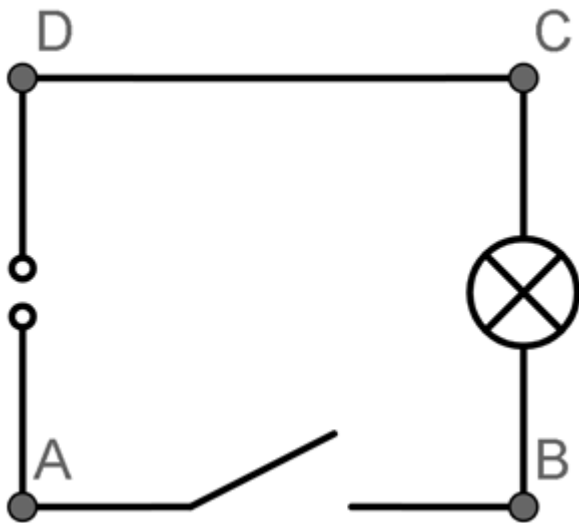
Unterschied zwischen Straffheit und Lockerheit:
Maß für den Antrieb der Kette und damit die **Kraft**.



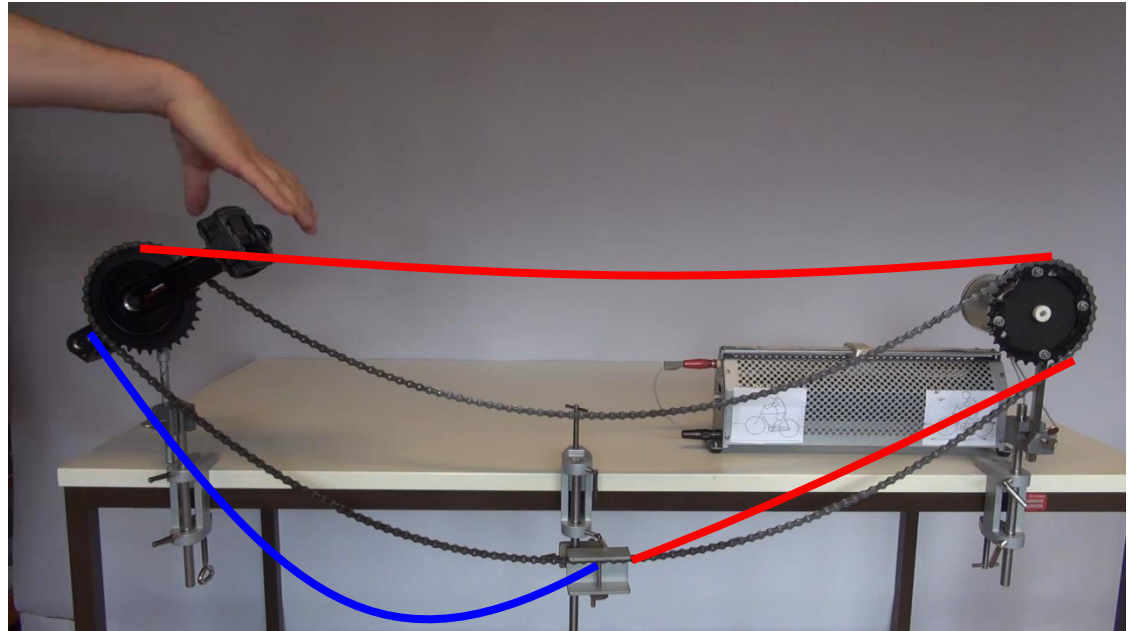
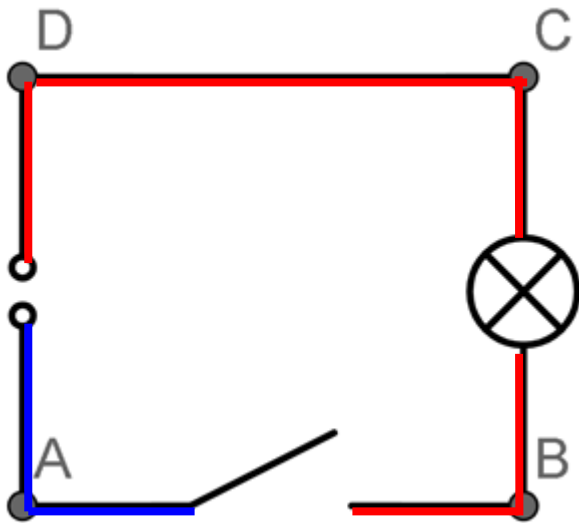
Unterschied zwischen hohem und geringem Potenzial:
Maß für den Antrieb der Elektronen und damit die **Spannung**.

Spannung = Potenzialunterschied

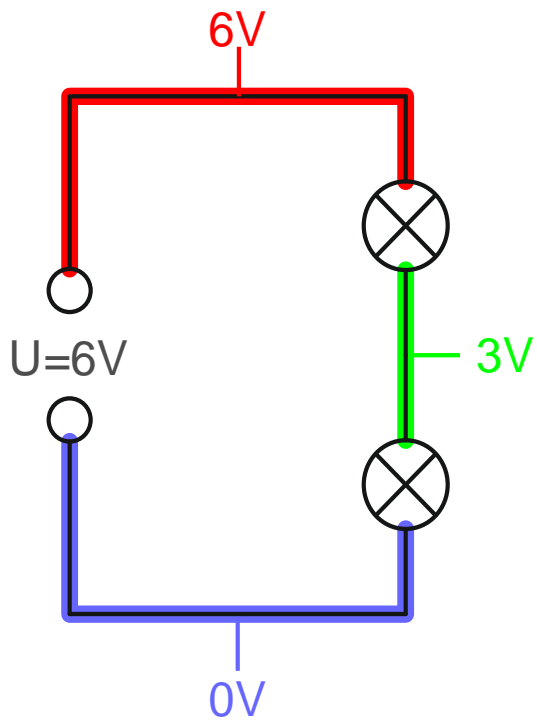
Spannung und Potenzial am Schalter



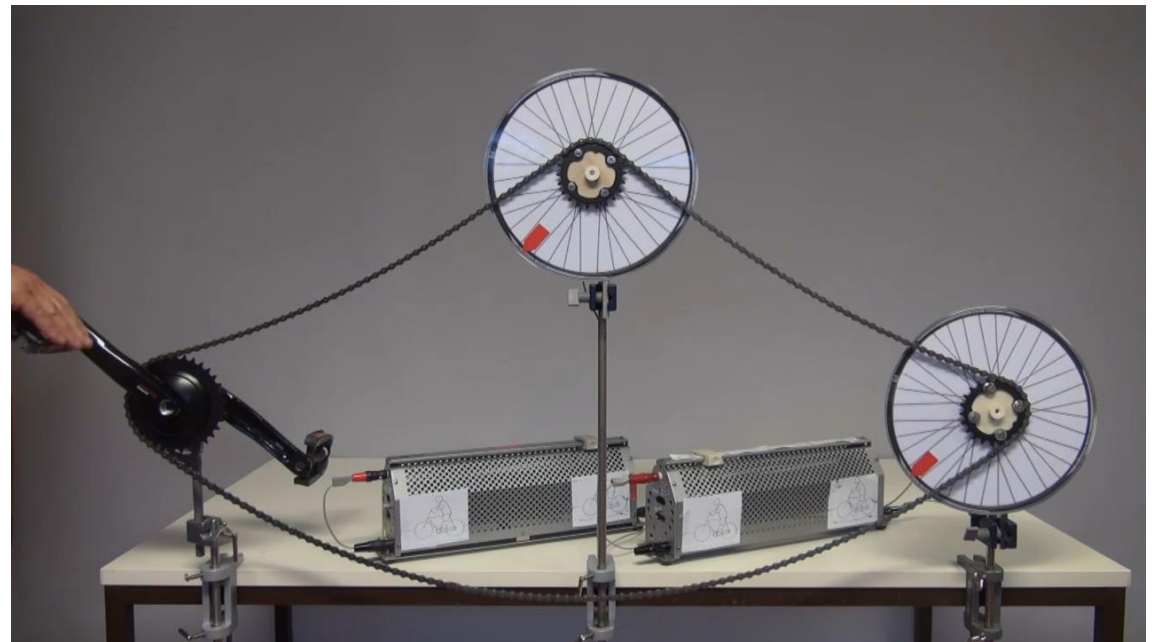
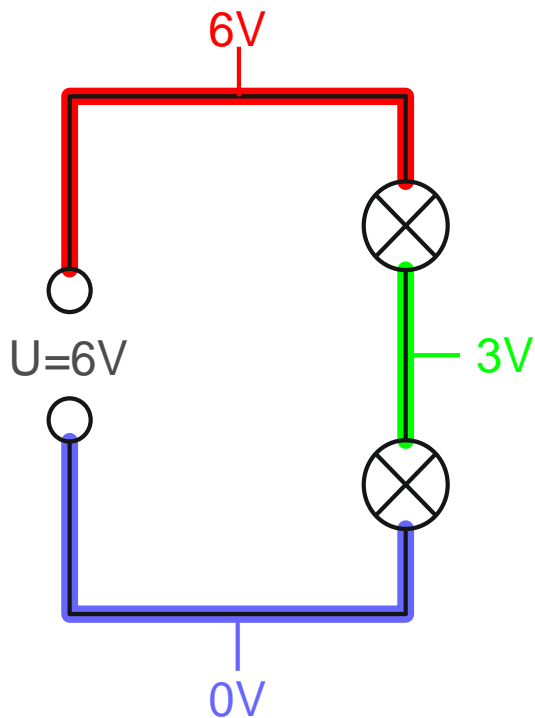
Spannung und Potenzial am Schalter



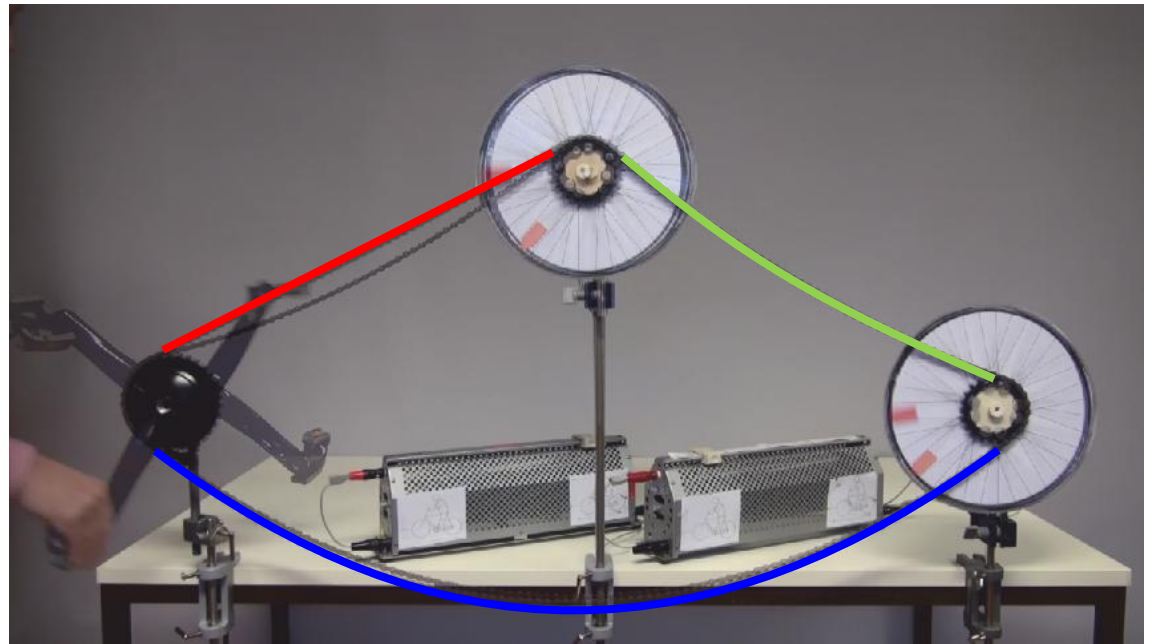
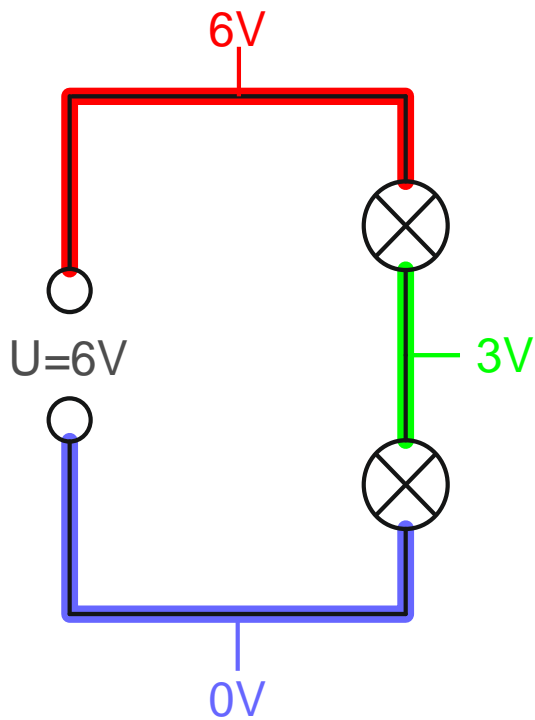
Potenziale im Stromkreis mit zwei Widerständen



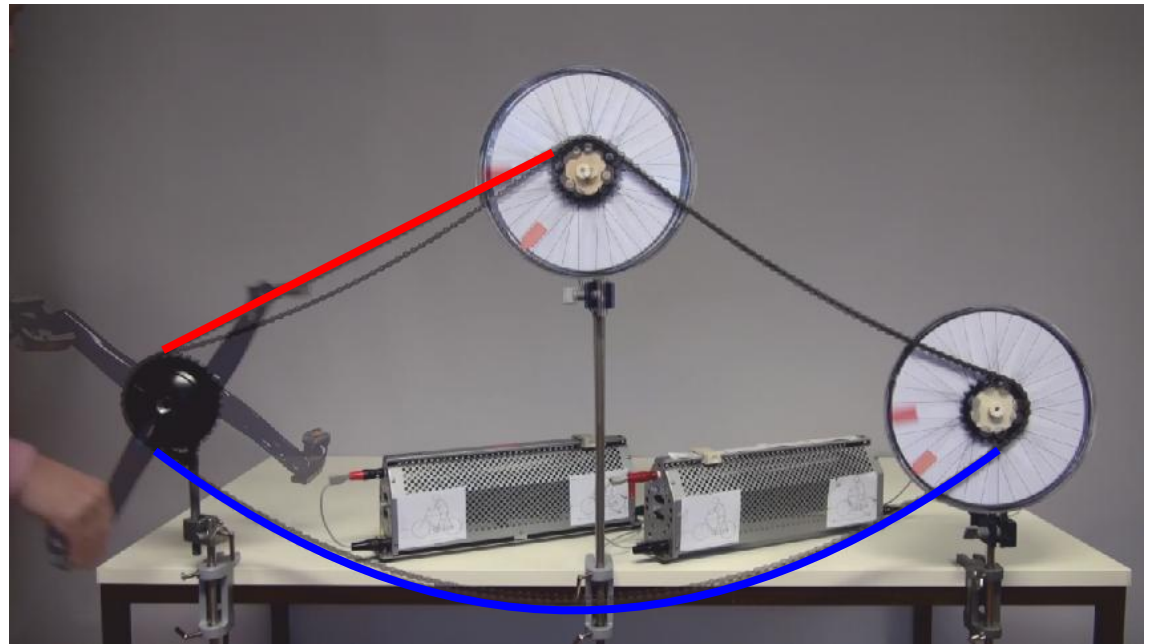
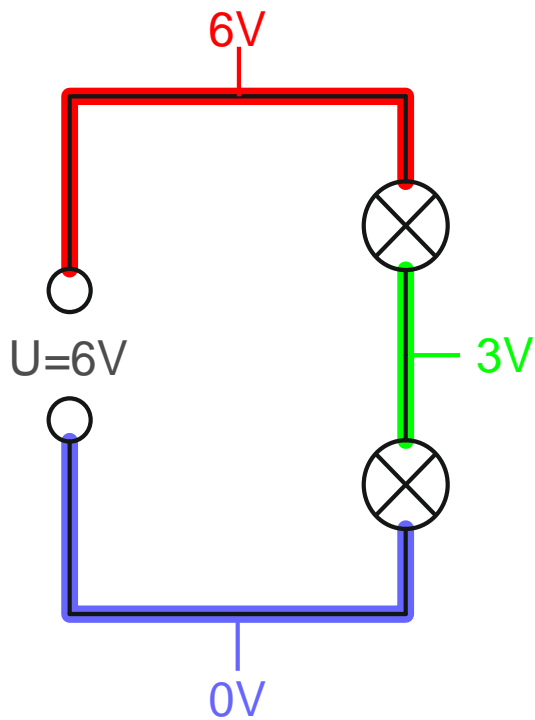
Potenziale im Stromkreis mit zwei Widerständen



Potenziale im Stromkreis mit zwei Widerständen

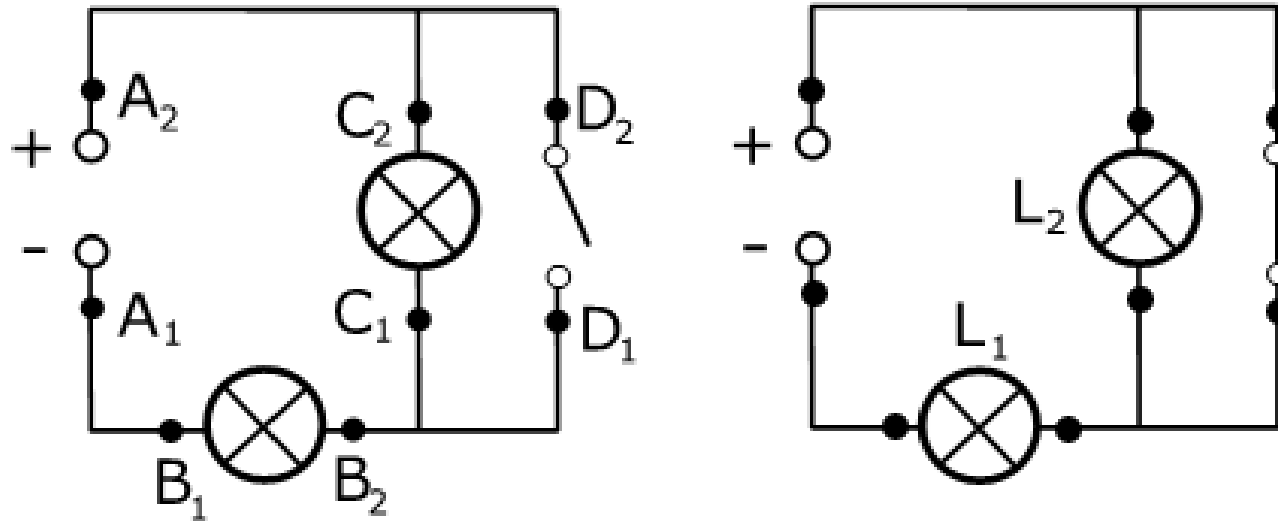


Potenziale im Stromkreis mit zwei Widerständen



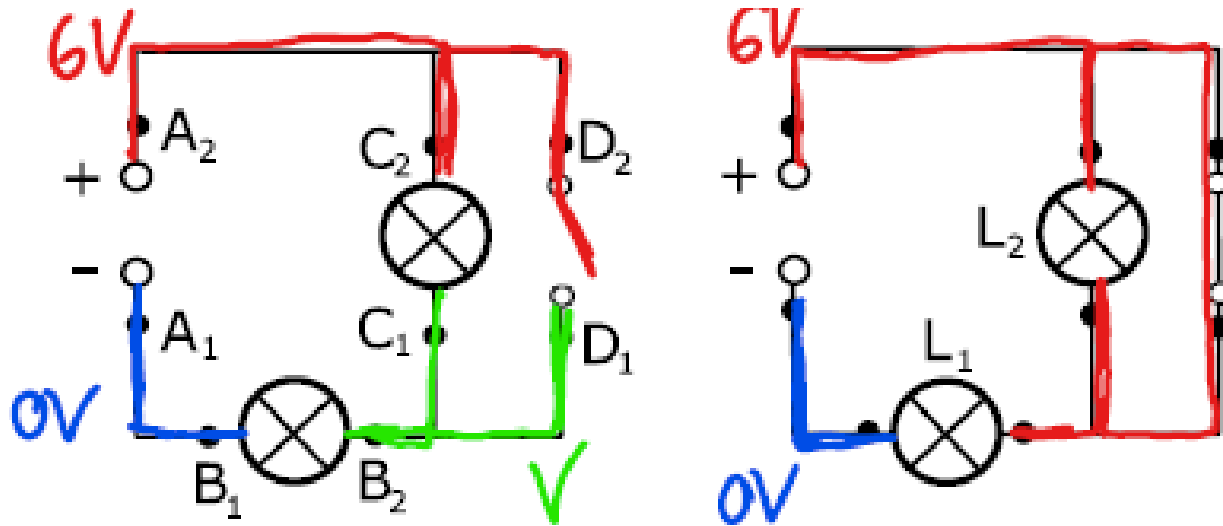
Beispiel: Vorhersage bei Schaltungen

Die Lampen L_1 und L_2 haben den gleichen Widerstand (60Ω).
Schaltskizze:



Beispiel: Vorhersage bei Schaltungen

Die Lampen L_1 und L_2 haben den gleichen Widerstand (60Ω).
Schaltskizze:



Inhalt

- Ausgangssituation
- Vorstellung des Fahrradkettenmodells:
Gegenüberstellung physikalischer Größen
- Die Fahrradkette als durchgängiges Modell
- Unterrichtselemente
- **Empirische Untersuchung**

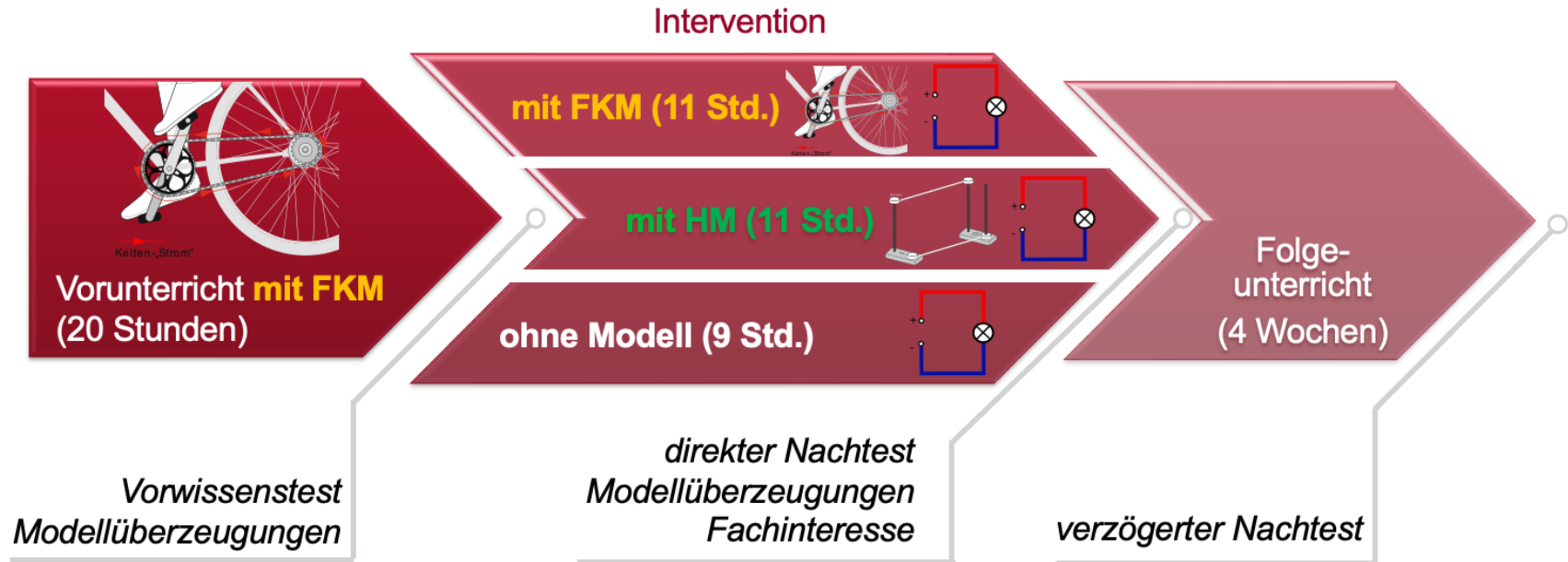


Empirische Untersuchung (Hindriksen, Kahnt & Berger, 2023)

Ausgangsthesen:

- „Die Verwendung eines durchgängigen Modells ist vorteilhaft, weil die SuS immer wieder auf dasselbe Modell zurückgreifen und es sich dadurch gut einprägen können. Zudem werden sie mit dem Modell vertrauter und wenden an einem Beispiel ausführlich die Methode analogiebasierten Lernens an.“ (Kahnt, 2022)
- „Auch bietet es sich an, für verschiedene Aspekte der Elektrizitätslehre verschiedene Analogien zu benutzen, also für jedes Einzelthema die hierfür jeweils beste Analogie heranzuziehen.“ (Burde & Wilhelm, 2017)

Vergleichsuntersuchung



Forschungsfrage 1: Zeigen sich in den Modellbedingungen Unterschiede im Verständnis von Potenzial und Spannung?

Forschungsfrage 2: Gibt es Lernende, die besonders von der Verwendung eines spezifischen Analogiemodells profitieren?

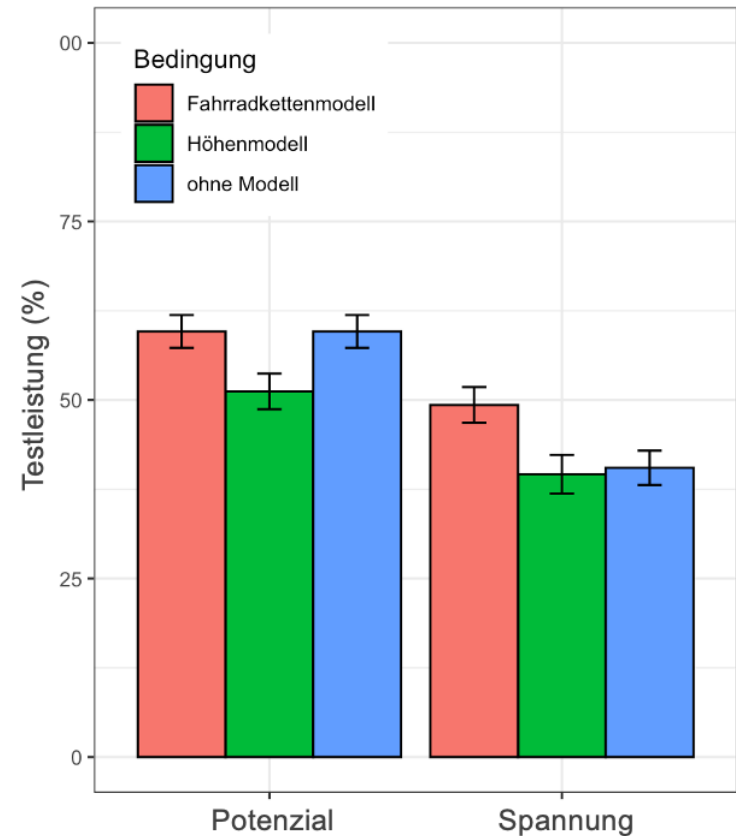
Forschungsfrage 3: Unterscheiden sich die Gruppen nach dem Unterricht hinsichtlich des Modellverständnisses?

Vergleichsuntersuchung

Forschungsfrage 1:

Zeigen sich in den Modellbedingungen Unterschiede im Verständnis von Potenzial und Spannung?

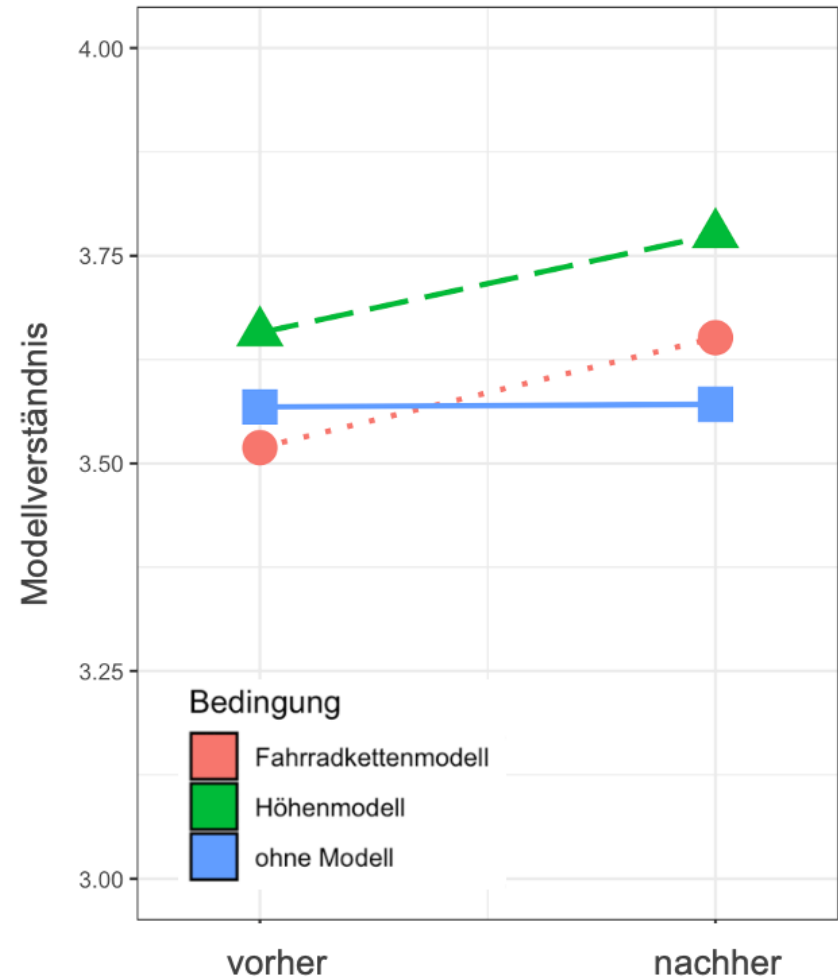
- Kein Unterschied im direkten Nachtest
- Unterschiede im verzögerten Nachtest



Vergleichsuntersuchung

Forschungsfrage 3:

Unterscheiden sich die Gruppen nach dem Unterricht hinsichtlich des Modellverständnisses?



Zusammenfassung

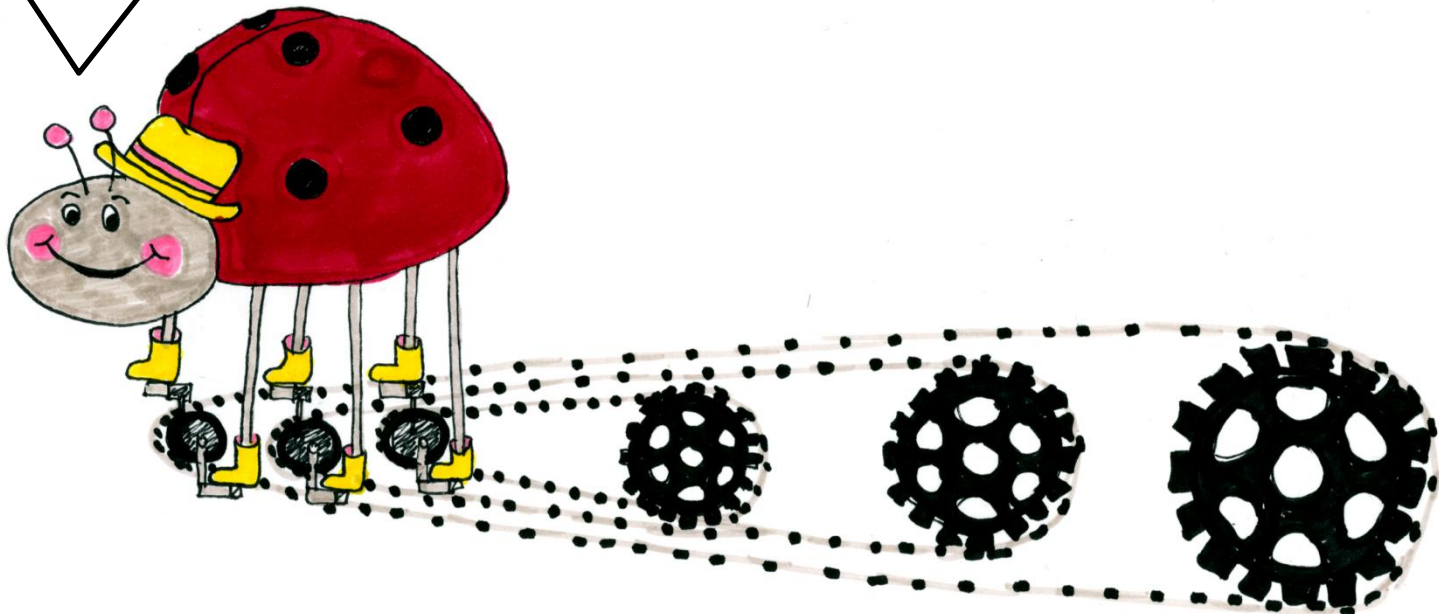
Die Fahrradkette bietet die Möglichkeit

- der gleichzeitigen qualitativen Einführung der Größen Spannung, Strom und Widerstand,
- der Erarbeitung des lernförderlichen Potenzials,
- des Aufbaus von Modellkompetenz,
- der Nutzung als „durchgängiges Modell“.

Die Nutzung als durchgängiges Modell zeigt empirisch keine Nachteile.

Die Parallelschaltung mit der Fahrradkette

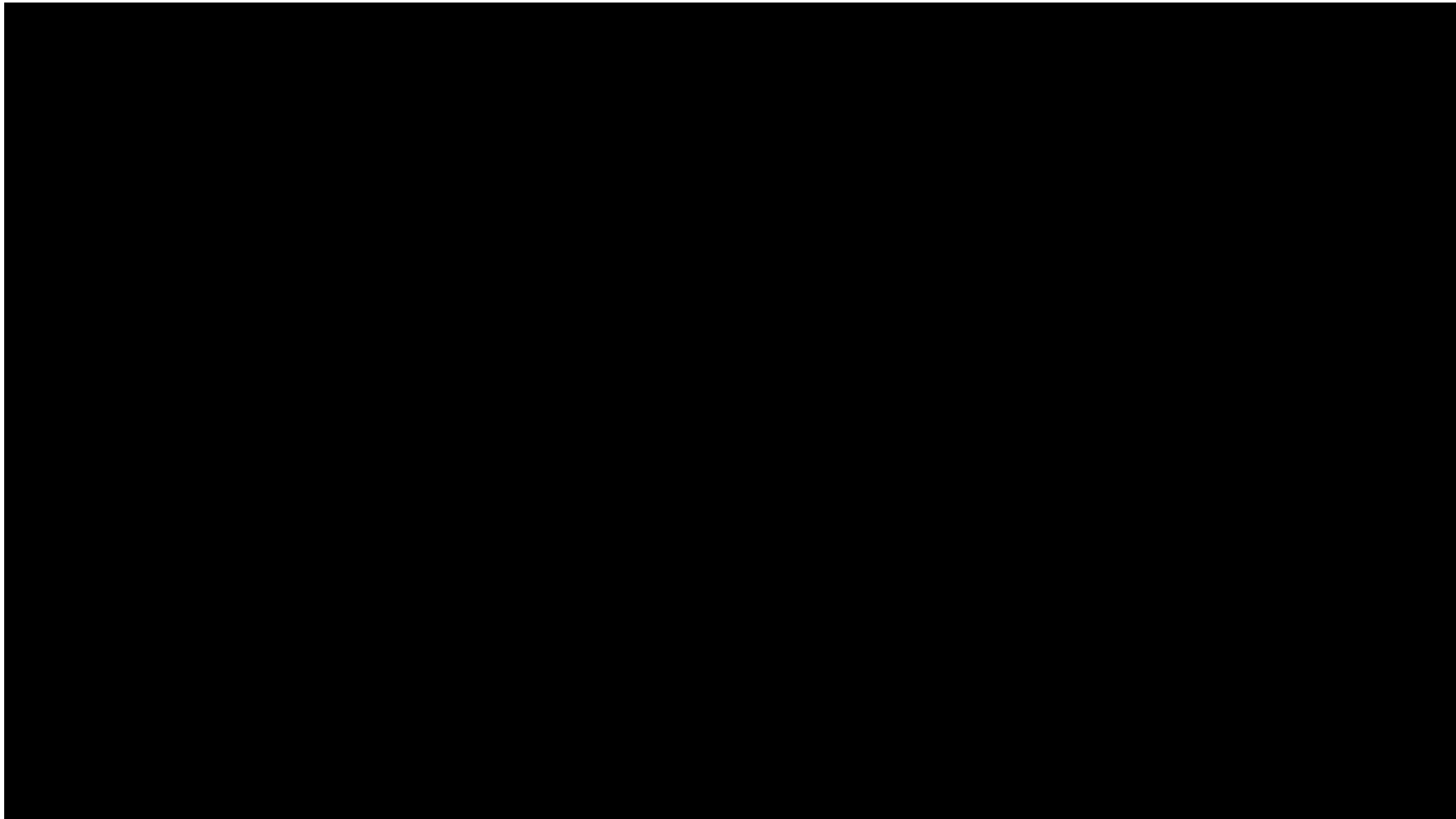
Meine Beine treten
alle mit der gleichen
Kraft!



Grundidee der Parallelschaltung im
Fahrradkettenmodell :

- Unabhängig voneinander laufende
Ketten mit gleichem Antrieb

Parallelschaltung im Fahrradkettenmodell



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gern stellen wir das Unterrichtskonzept in Seminaren oder auf Lehrerfortbildungen vor.

Kontakt:

mkahnt@uni-osnabrueck.de