

# Wie funktioniert Lernen eigentlich?

---

- Ich plane eine Stunde zur Einführung des Begriffs der Temperatur. Was mache ich?
  - Ich schaue mir den Lehrplan an und finde heraus, was die Schülerinnen und Schüler überhaupt dazu lernen sollen.
  - Ich mache mir selbst den Begriff klar. Dazu lese ich im Schulbuch oder im Hochschullehrbuch nach. Manchmal erinnere ich mich auch nur daran, was ich dazu weiß.
  - Ich finde gute Beispiele, die den Begriff schön illustrieren. Ich suche nach guten Aufgaben, die die Schülerinnen und Schüler dazu lösen können. Dann finde ich noch ein schönes Experiment, das die wesentlichen Zusammenhänge gut darstellt
- Implizit gehe ich also davon aus, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff schon verstehen werden, wenn ich ihn nur fachlich korrekt und gut verpackt darstelle.

**Prof. Dr. Christoph Kulgemeyer**

AG Didaktik der Physik

Fakultät für Naturwissenschaften

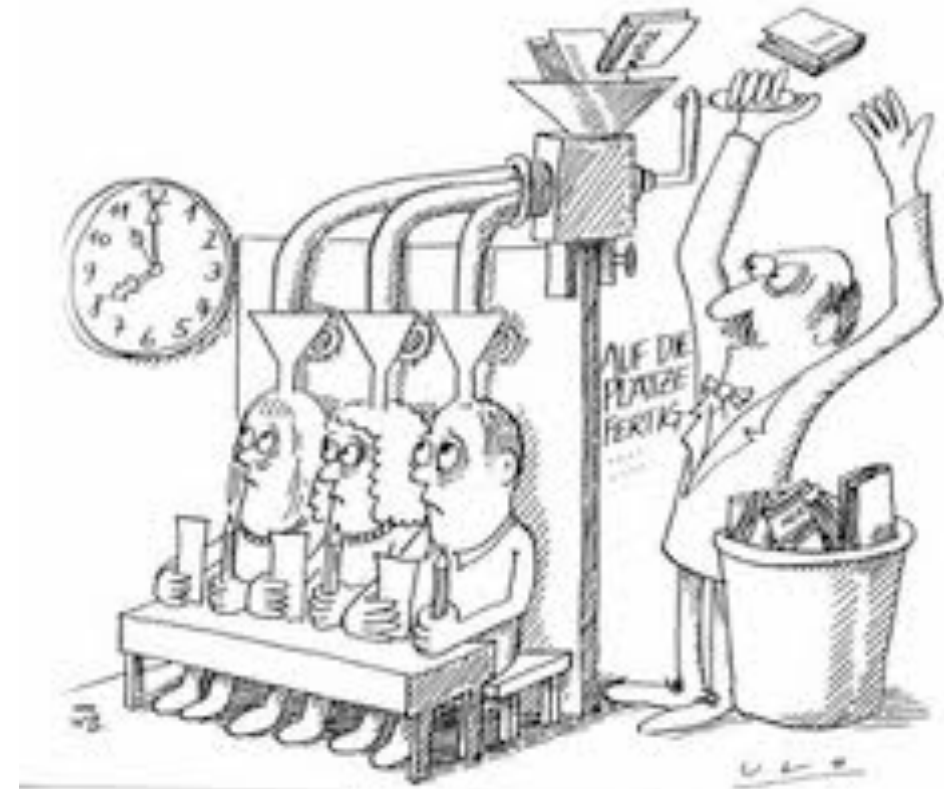
[christoph.kulgemeyer@uni-paderborn.de](mailto:christoph.kulgemeyer@uni-paderborn.de)

# Konstruktivismus, Conceptual Change und das Lernen von Physik

# „Nürnberger Trichter“

---

- Wissen ist direkt übertragbar
- Nur die Darstellungsform ist entscheidend, es kommt auf „leichte Verdaulichkeit“ an
- Wenn die SuS gut aufpassen, lernen sie auch
- Implizit oft vorhanden - niemand vertritt es mehr offen



# Alltagssprache vs. Wissenschaftssprache

Oha, der hat  
aber Kraft!



Nein,  
Kraft kann man  
nicht „haben“.  $F = ma$   
und kann nicht  
gespeichert  
werden!



Problem: Lehrer und Schüler reden aneinander vorbei!

# Also: wie funktioniert das mit dem Lernen?

---

- Reiz und Reaktion: belohnt man adäquate Reaktionen, führt das zu einer Verhaltensänderung (Konditionierung).
- Im Behaviorismus ging man davon aus, dass das man über das Innenleben keine Schlüsse ziehen kann. Das Gehirn ist eine „Black Box“
- Das scheitert allerdings beim Lernen komplexer Begriffe. Ohne Modellierung des Lernvorgangs im Inneren kam man nicht weiter.
- **Ausubel (1968):** „Der wichtigste Einzelfaktor, der das Lernen beeinflusst, ist, was der Schüler schon weiß“ (nach Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018)
  - Aus heutiger Sicht vielleicht besser: was er/ sie sich **denkt/ vorstellt**

# Von Wahrnehmung und Lernen

---

- Als Mensch ist man über seine Sinnesorgane einem ständigen und intensiven Strom von Reizen ausgesetzt.
- Diese Informationen sind scheinbar sinnlos.
- Aber: das Gehirn kann sehr gut Bedeutung daraus konstruieren, z.B. indem Muster gesucht werden.
- Die sich daraus ergebenden Muster werden abgespeichert und können revidiert werden, wenn man Information findet, die den bisherigen Mustern widerspricht.
- Man kann sagen: das Gehirn strebt danach, mit möglichst wenig Aufwand ein möglichst konsistentes System an Wissens-elementen zu schaffen.

# Lerntheorie: Konstruktivismus

---

- **Neues Wissen wird stets auf Basis des schon vorhandenen Wissens entwickelt.**
- Lernende müssen neues Wissen **selbst aktiv** aufbauen.
- Informationsangebote (Signale, Sinnesdaten) transportieren keine Bedeutung.
- Der Lerner muss die **Bedeutungszuweisung selbst vornehmen (Bedeutung „konstruieren“)**.
- Die Bedeutung physikalischer Konzepte muss zwischen Lerner und Lehrer (Lernumgebung) abgeglichen bzw. „ausgehandelt“ werden.
- Aufgrund ihres unterschiedlichen Vorwissens kommen Expertinnen und Experten sowie Lernende oft zu unterschiedlichen Bedeutungszuweisungen.
- **Und: es kann aus Prinzip keine objektive Wahrheit geben**

# Lerntheorie: Konstruktivismus

---

- **Beliebtes Missverständnis: Konstruktivistisches Lernen heißt, dass Lernende alle Theorien neu und selbst entwickeln müssen: man kann aber durchaus fertige Konzepte als leistungsfähig erleben!**



# Exkurs: Höhlengleichnis und E. von Glasersfeld

---

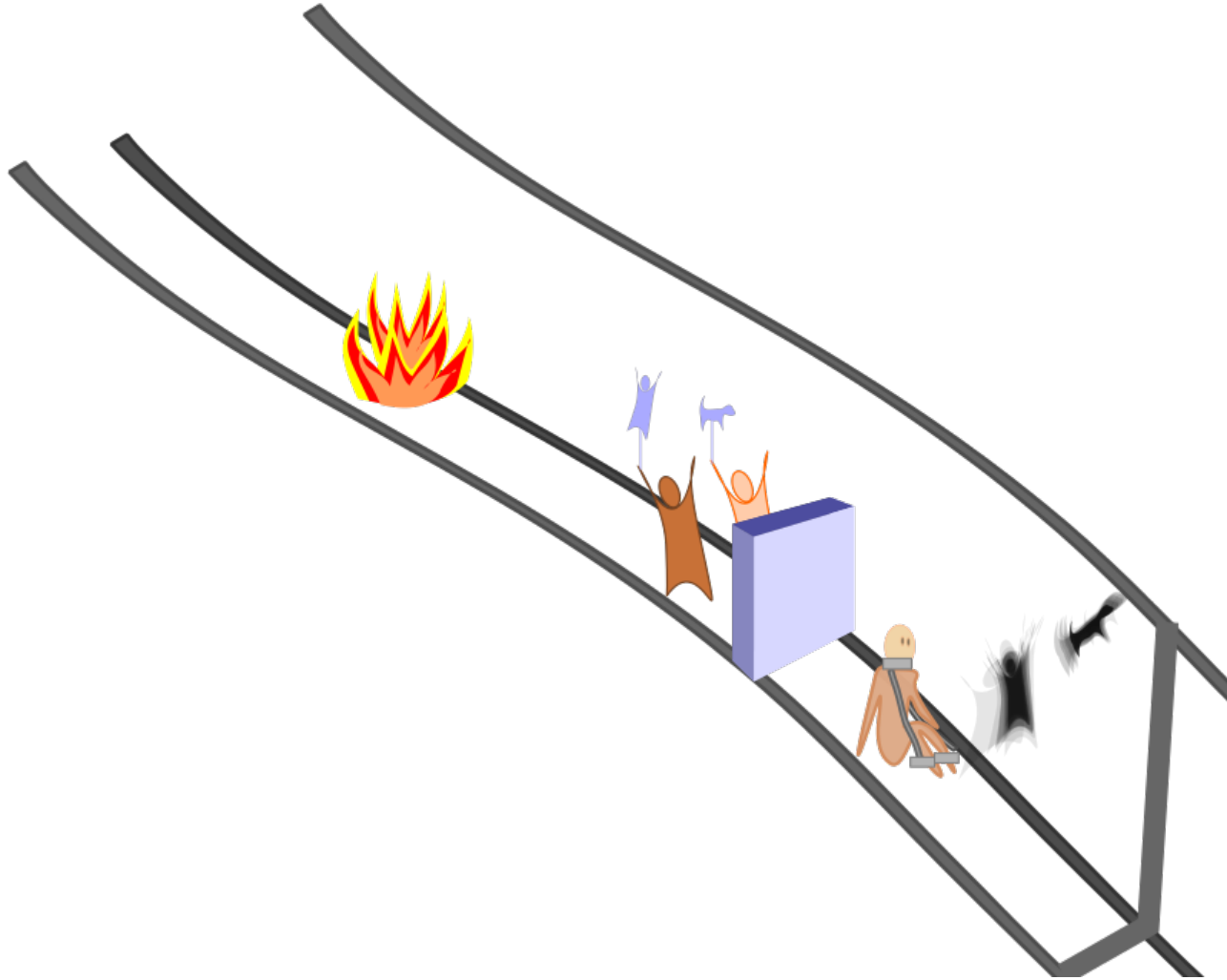


Abbildung: Wikipedia ([https://de.wikipedia.org/wiki/Höhlengleichnis#Deutung\\_des\\_Gleichnisses](https://de.wikipedia.org/wiki/Höhlengleichnis#Deutung_des_Gleichnisses))

# Schülervorstellungen

---

- Im Prinzip: Schülervorstellungen sind Vorstellungen, die subjektiv sinnvoll erscheinen und gut zum System aus Wissenselementen passen - die jedoch der wissenschaftlichen Erklärung widersprechen.
- Sie lösen Aufgaben so, sprechen so und handeln so „als ob“ sie eine bestimmte Theorie im Hinterkopf haben (Schecker et al. nennen das „als-ob-Vorstellungen“).
- Die Schülervorstellungen selbst sind dann hypothetische Konstrukte, die die Schülerhandlungen erklären. Sie stammen aus der physikdidaktischen Forschung.
- Es ist in der Forschung umstritten, ob die Schülervorstellungen immer existieren oder nur aktiviert werden, wenn SuS nach bestimmten Phänomenen gefragt werden.

# Problem: unterschiedliche Voraussagen

Der Pullover wärmt. Legt man ihn um den Eisblock, schmilzt er schneller.



Der Pullover behindert die Wärmeleitung. Der Block schmilzt langsamer!



Problem: Schülervorstellungen sind nicht anschlussfähig

# Problem: unterschiedliche Ursachen

---

Ich sehe das Heft, weil die Lampe es hell macht! Helle Sachen kann man sehen.



Das Licht fällt von der Lampe auf das Heft und wird von dort ins Auge gestreut.



Problem: Phänomene werden unterschiedlich gedeutet

---

# Problem: unterschiedliche Beobachtungen

Der Draht fängt da an zu glühen, wo der Strom in ihn rein fließt!



Der Draht fängt überall gleichzeitig an zu glühen. Sein Widerstand ist überall gleich groß.



Problem: „Man muss das dem Schüler nur zeigen“ löst das Problem nicht!

# Alltagssprache vs. Wissenschaftssprache

Oha, der hat  
aber Kraft!



Nein,  
Kraft kann man  
nicht „haben“.  $F = ma$   
und kann nicht  
gespeichert  
werden!



Problem: Lehrer und Schüler reden aneinander vorbei!

# Woher stammen Schülervorstellungen?

---

- Alltagserfahrungen
  - Wolle macht warm!
  - Helle Dinge kann man besser sehen als dunkle
- Alltagssprache
  - Kraft hat mehrere Bedeutungen! Warum sollte die Fachsprache die Norm sein?
- Populärwissenschaftliche Darstellungen
  - Atome sind kleine Sonnensysteme
- Vorunterricht

# „Schülervorstellungsorientierter“ Unterrichts

---

- Die Schüler kommen nicht als „leere, unbeschriebene Blätter“ in den Physikunterricht, auf die man physikalisches Wissen „übertragen“ kann. Wissen ist nicht ansteckend!
- Die Schüler bringen vielmehr ein Inventar von Vorstellungen und Denkweisen zu physikalischen Begriffen und Phänomenen mit.
- Sie haben sich oft aus Alltagserfahrungen gebildet und im umgangssprachlichen Gebrauch bewährt.
- Diese Vorstellungen liegen häufig quer zum physikalischen Verständnis.
- Die Verarbeitung neuer Informationsangebote wird wesentlich von den bereits vorhandenen Denkmustern angeleitet.

Nach Schecker, Hopf, Wilhelm & Duit (2018)



# Schülervorstellungen und Unterrichtsgestaltung

---

- „Es kann **nicht empfohlen** werden, dass der Lehrer erst die Vorstellungen und Theorien **erhebt**, um sie dann im Laufe seines Unterrichts ... zu **widerlegen**. Eine experimentelle Widerlegung elaborierter „falscher“ Vorstellungen ist nicht immer möglich, und das schon aus Zeitgründen.“

W. Jung (1981): Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik

# Schülervorstellungen und Unterrichtsgestaltung

---

- „Es kann nicht empfohlen werden, dass der Lehrer erst die Vorstellungen und Theorien erhebt, um sie dann im Laufe seines Unterrichts ... zu widerlegen. Eine experimentelle Widerlegung elaborierter „falscher“ Vorstellungen ist nicht immer möglich, und das schon aus Zeitgründen.“
- „**Sinnvoll** erscheint hingegen das folgende methodische Konzept: Mittels ausgewählter experimenteller Phänomene wird vom Lehrer ... eine dem Stand der Physik und dem Verständnisniveau der Lerner angemessene Vorstellung **begründet** – und das ist nicht dasselbe wie hergeleitet. (...) Gegebenenfalls diskutiert er andere Vorstellungen und zeigt die Vorzüge der physikalischen auf, falls das möglich ist.“

W. Jung (1981): Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik

# „Vermeidungsstrategie“

Folie nach H. Schecker (U Bremen)

Orientierung



## Einführung des physikalischen Konzepts

Phänomene demonstrieren

Schülerversuche

Ergebnissicherung

Beispielanwenden des Konzepts



„Kontrastieren“

Gegenüberstellung des phys. Konzepts  
zu Schülervorstellungen



Üben, Vertiefen, Transfer

Anwenden auf neue Phänomene



Wiederholen

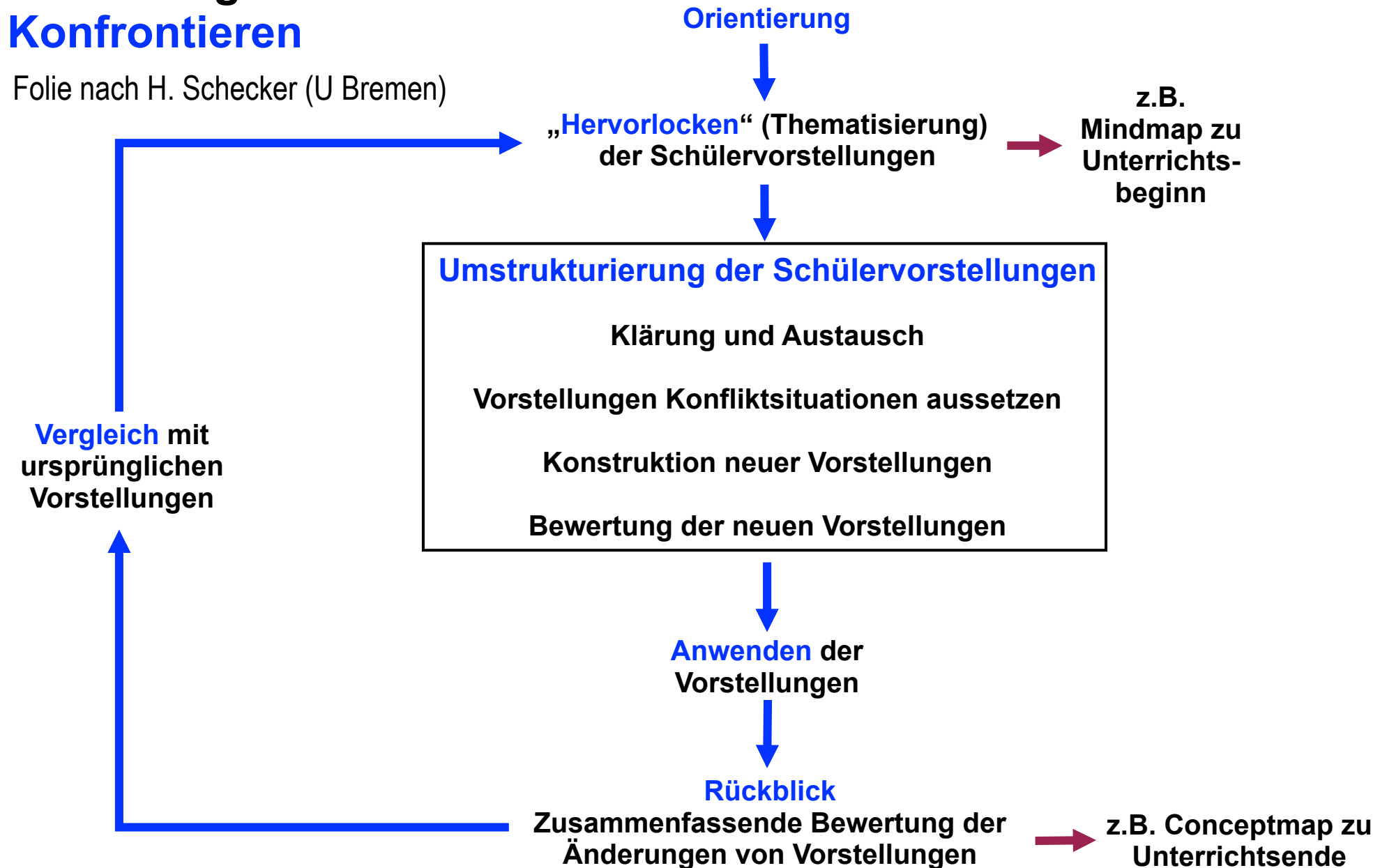
an geeigneten Stellen



# CC-Strategie nach Driver & Scott

## Konfrontieren

Folie nach H. Schecker (U Bremen)



(nach Duit, R.: Schülervorstellungen  
— von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In:  
NiU-Physik 1993, Nr. 16, 4-10

# Lernen nach Piaget

---

- Äquilibrationstheorie: Grundannahme
  - Jede Person bildet über Begriffe sogenannte Schemata bzw. Strukturen aus.
  
- Beispiel: **Fahrradfahren**
  - Fahrrad bewegt sich
  - Bewegt es sich zu langsam, fällt man um
  - Hört man auf zu treten, wird man langsamer
  - Man muss aktiv treten, um sich zu bewegen
  - D.h. man muss eine Wirkung auf das Fahrrad ausüben, damit es sich bewegt
  - Treten ist anstrengend, es kostet Körperkraft
  - **Struktur**: das gilt für alle Bewegungen

# Adaption: Assimilation und Akkomodation

---

- **Assimilation**: eine neue Information kann bruchlos in das Schema eingefügt werden. Assimilation ist die bevorzugte Form des Lernens (Energie).
- Beispiel: **Fahrradfahren**
  - Fahrrad bewegt sich
  - Bewegt es sich zu langsam, fällt man um
  - Hört man auf zu treten, wird man langsamer
  - Man muss aktiv treten, um sich zu bewegen
  - D.h. man muss eine Wirkung auf das Fahrrad ausüben, damit es sich bewegt
  - Treten ist anstrengend, es kostet Körperkraft
  - **Struktur**: das gilt für alle Bewegungen
  - **Neu**: Physikalische Kraft = Körperkraft

# Adaption: Assimilation und Akkomodation

---

- **Akkomodation**: Neue Schemata müssen gebildet werden bzw. sie müssen grundlegend umstrukturiert werden. Das ist anstrengend!
- Hier: z.B. neues Schema Kraft inklusive Reibung
  
- Gründe: „**Kognitiver Konflikt**“
  - Empirischer Misserfolg (z.B. Experimentelle Widerlegung)
  - Konflikte zwischen Schemata (z.B. Im Weltraum geht das auch ohne Kraft)

# Konzeptwechsel — Conceptual Change

---

- „Conceptual Change“: Fachbegriff für die Veränderung des begrifflichen Verständnisses (z.B. von „Kraft“, „Wärme“ oder „Licht/Sehen“)
- empirische Forschungsergebnisse:
  - „Wechsel“ (exchange) erfolgt ganz selten
  - Erweiterung des Begriffsverständnisses um eine physikalische Sicht ist realistischer...
  - ...und dennoch schwer zu erzielen
- Großer Lernerfolg: Fähigkeit zur Unterscheidung, in welchem Kontext (Physik / Alltagsgespräch), welches Konzept angemessener ist.
- Statt „Konzeptwechsel“ also eher „Konzeptentwicklung“

(nach Häußler: Physikdidaktik)



# Wie verläuft die Entwicklung hin zur phys. Sicht?

---

- 1. Ansatz: **Kontinuierliche Entwicklung** mit fließenden Übergängen  
Annahmen:
  - die physikalische Sicht ist in der Alltagssicht angelegt und kann aus ihr herausgearbeitet werden
  - „Kinder auf dem Wege zur Physik“ (Martin Wagenschein)
- 2. Ansatz: **Sprungartige Herausbildung** einer neuen Sicht  
Annahmen
  - lebensweltliche und physikalische Sichten sind grundsätzlich verschieden
  - es gibt keinen kontinuierlichen Weg von der Alltagswelt zur Physik
  - die Brüche müssen deutlich gemacht werden

# Günstige Rahmenbedingungen für Konzeptwechsel

---

- Unzufriedenheit mit den vorhandenen Vorstellungen
  - die neue Vorstellung muss verständlich sein
  - sie muss einleuchtend sein
  - sie muss in neuen Situationen fruchtbar sein  
(nach Posner, Strike & Hewson)
  
- Aber: Wie schafft man diese Rahmenbedingungen?

# Umgang mit Schülervorstellungen — Strategien

---

## ■ Konfrontieren

- das Vorverständnis aktivieren und den Schülern bewusst machen
- die physikalische Sicht gegenüberstellen

## ■ Umgehen

- die Aktivierung von Fehlvorstellungen vermeiden
- erst bei entwickelter physikalischer Sicht das Alltagsverständnis gegenüberstellen

## ■ Anknüpfen

- an Vorstellungen, die im Hinblick auf die Physik ausbaufähig sind (z.B. Materie besteht aus kleinen Teilchen)

## ■ Umdeuten

- Aussagen von Schülern physikalisch uminterpretieren  
z.B. „Wärme“ als Entropie, „Kraft“ als kinetische Energie

# Was kann ich als LehrerIn sonst noch tun?

---

- Vorstellungen thematisieren: „Ihr denkt möglicherweise, dass...“
- Unterschiede zwischen Fach- und Alltagssprache neutral ansprechen - es gibt das keine Wertigkeit!
- Konfliktsituationen schaffen - insbesondere falsche Voraussagen über den Ausgang von Experimenten
- Konzepte kontrastieren!
- Qualitative Aufgaben einbetten, die zum Diskurs anregen
- Und ganz wichtig:
  - Mir der Schülervorstellungen bewusst sein! Es gibt geradezu Listen zu allen Themenbereichen, die auch Anlass für gute und überraschende Aufgaben sein können.
  - Schülervorstellungen nicht werten! Mir stattdessen bewusst sein, dass ein Lernender/ eine Lernende so decken **muss**.

