

Fachdidaktik Physik: 1.1.4 Schülervorstellungen

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Konzeptwechsel im Unterricht	2
3 Entwicklung von Schülervorstellungen	4
3.1 Undifferenzierte Schülervorstellungen	4
3.2 Bekannte Schülervorstellungen	4
3.2.1 Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre	6
3.2.2 Schülervorstellungen zur Mechanik	7
3.2.3 Schülervorstellungen zur Optik	9
3.2.4 Schülervorstellungen zur Wärme	10
3.2.5 Schülervorstellungen zur Teilchenvorstellung	10
3.2.6 Allgemeine Schülervorstellungen	11
3.3 Lernwege	16
4 Aufgaben	16
5 Zusammenfassung	17

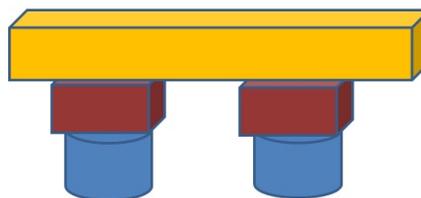


Abbildung 1: Bereits im Kleinkindalter entwickeln Kinder physikalische Vorstellungen, beispielsweise durch Spielen mit Bauklötzen. An solche und weitere Vorstellungen sollten Sie anknüpfen.

1 Einleitung

Zu vielen Themen des Physikunterrichts bringen die SuS bereits eigene Vorstellungen mit, welche dem Sachverhalt allerdings nicht immer gerecht werden. Das ist die beste Voraussetzung für begeisternden Physikunterricht: Machen Sie Ihren SuS ihre Ausgangsvorstellungen bewusst. Lassen Sie Ihre SuS erleben, dass die Natur hier eine Überraschung bereit hält. Entwickeln Sie gemeinsam mit Ihren SuS eine erweiterte Vorstellung. Mit solchen bewussten Horizonterweiterungen bereiten Sie Ihren SuS immer eine große Freude und einen markanten sowie nachhaltigen Kompetenzzuwachs. Solcher Unterricht ist auch besonders lernwirksam, denn das Vernetzen mit Vorwissen und Interessen im Naturwissenschaftlichen Unterricht weist eine hervorragende Effektstärke von 1,48 auf (s. [Hattie \(2009\)](#)) und das Erkennen bekannter Strukturen bietet die ebenfalls überragende Effektstärke von 1,32 (s. [Marzano \(1998\)](#)). zudem ist solcher Unterricht im Einklang mit neurowissenschaftlichen Erkenntnissen über Lernen, denn das Wiedererkennen entspricht der Netzwerkarchitektur des Gehirns (s. [Carmesin \(1996\)](#)) und die Vernetzung mit Vorwissen ist grundlegend für die Entstehung von Bedeutung im Gehirn (s. [Roth \(2006\)](#), S. 56-58).

2 Konzeptwechsel im Unterricht

Sie können mit Ihrem Unterricht einen bewussten Konzeptwechsel Ihrer SuS begünstigen (s. [Duit \(2004\)](#); [Hewson u. a. \(2003\)](#)). Dazu können Sie einige der folgenden sieben Schritte zum Konzeptwechsel stimmig auswählen und anwenden:

1. **Sammeln bestehender Schülervorstellungen zum Thema:** Dadurch machen sich die SuS ihr anfängliches Konzept¹ bewusst. Erst auf dieser Grundlage können sich die SuS bewusst und begründet für das neue Konzept entscheiden. Methodische Möglichkeiten hierfür sind eine Vermutungsphase, ein Murmelgespräch, ein kurzes Quiz oder ein kleiner Wettbewerb wie beim Peilstabversuch.
2. **Kognitiver Konflikt:** Es kann sinnvoll sein, den SuS bewusst zu machen, dass ihr Basiskonzept an einem Sachverhalt scheitert (s. [Aebli \(1997\)](#)). Damit entsteht für die SuS ein kognitiver Konflikt. Möglichkeiten hierfür sind Versuche oder Schlussfolgerungen, die das Basiskonzept falsch erklärt.
3. **Entwicklung des neuen Konzepts:** Aus der Sicht des Konstruktivismus sollte jeder Lernende den Konzeptwechsel so selbstständig wie möglich und mit so vielen Hilfen durch den Lehrenden wie nötig durchführen (s. [Hewson u. a. \(2003\)](#)). Das Entwickeln neuer Konzepte ist erfahrungsgemäß oft sehr anspruchsvoll. Entsprechend sollten wirklich genügend Lernhilfen vorbereitet werden um eine drohende geringe Lernwirksamkeit zu vermeiden (s. [Hattie \(2009\)](#)).
4. **Möglichkeiten zur erleichterten Einführung des neuen Konzepts:**

¹Es kann auch mehrere anfängliche Vorstellungen geben.

-
- (a) Nutzen einer **Strukturgleichheit** zu einem bereits bekannten Konzept, beispielsweise kann die Beugung von Wasserwellen auf die Beugung von Lichtwellen übertragen werden.
 - (b) Nutzen eines **Experiments**, welches das neue Konzept deutlich nahelegt oder veranschaulicht. Beispielsweise zeigt ein Beschleunigungssensor direkt die Richtung der Zentripetalbeschleunigung an.
 - (c) Bilden von **Hypothesen** mit Überprüfung
 - (d) Vorbereitende ausführliche **didaktische Analyse** eines Gedankengangs, der vom Präkonzept zum neuen Konzept führt
 - (e) **Umdeutung** eines bekannten Konzepts, beispielsweise kann die Zentrifugalkraft als Scheinkraft umgedeutet werden.
 - (f) **Erweiterung** eines Präkonzepts, beispielsweise kann die Bewegung mit Reibung zur Bewegung ohne Reibung erweitert werden.
 - (g) Einführung eindeutiger, ordnender oder modularisierender **Begriffe**. Beispielsweise disambiguiert der Begriff Federkraftmesser den umgangssprachlichen Kraftbegriff, der z. B. die Lebenskraft, die Leuchtkraft und die Überzeugungskraft umfasst.
5. **Ökologie der Konzepte:** Die SuS verfügen über viele Konzepte. Auch primitive Konzepte sind für einen beschränkten Gültigkeitsbereich nützlich. Daher verfügen die SuS über eine Ökologie der Konzepte (s. [Hewson u. a. \(2003\)](#)). Auch der ausgebildete Physiker wird die Newtonschen Axiome verwenden, obwohl diese durch die relativistische Mechanik und die Quantenmechanik verbessert wurden. Denn die newtonschen Axiome behalten einen weiten Gültigkeitsbereich und Anwendungsbereich. Selbst der Fachmann wird nicht mit Kanonen auf Spatzen schießen und den Bremsweg eines Autos mit Hilfe der relativistischen Mechanik analysieren (s. z. B. [Meschede u. a. \(2006\)](#)).
6. **Kompetenzen zur Bedeutung des Konzepts:** Die SuS gewinnen Einsicht in ein Konzept durch folgende Kompetenzen: Die SuS können ...
- (a) ... das Konzept beschreiben, veranschaulichen, erläutern und anwenden.
 - (b) ... die Plausibilität begründen.
 - (c) ... die Fruchtbarkeit des Konzepts begründen.
 - (d) ... die Beziehung zu verwandten Konzepten erläutern.
 - (e) ... Beispiele und Gegenbeispiele erläutern.
7. **Begründung des Konzepts:** Das neue Konzept wird hauptsächlich begründet durch seine Notwendigkeit, Leistungsfähigkeit, Anwendbarkeit und Nützlichkeit.
8. **Metakognition zum Konzeptwechsel:** Die Reflexion des Konzeptwechsels hilft den SuS dabei in Zukunft eine Vorstellung zu wechseln (s. [Hewson u. a. \(2003\)](#)). Die Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung ist die Grundlage zur Metakognition und wird in den Curricula zur Physik als eine von vier Kompetenzen intensiv eingefordert. Möglichkeiten hierzu sind:

-
- (a) Vergleich des neuen Konzepts mit dem Basiskonzept
 - (b) Analyse von Beispielen und Gegenbeispielen
 - (c) Reflexion des Lernprozesses

3 Entwicklung von Schülervorstellungen

3.1 Undifferenzierte Schülervorstellungen

Sehr viele Fehler der SuS in Klassenarbeiten und Klausuren entstehen im Zusammenhang mit neuen Konzepten:

1. SuS wählen ein unpassendes Konzept aus.
2. SuS wenden ein passendes Konzept falsch an.
3. SuS erläutern ein passendes Konzept falsch.
4. SuS begründen ein passendes Konzept falsch.
5. SuS kombinieren passende Konzepte falsch.
6. SuS erkennen die Grenzen eines Konzeptes nicht.
7. SuS können ein Konzept nicht auf eine neuartige Situation übertragen.
8. SuS können ein Konzept nicht für eine neuartige Situation abwandeln.
9. SuS können für eine neuartige Situation kein neuartiges Konzept entwickeln.

Die sieben Schritte zum Konzeptwechsel können diesen Fehlerquellen vorbeugen.

3.2 Bekannte Schülervorstellungen

Am einfachsten, direktesten und individuellsten erkunden Sie die Vorstellungen Ihrer SuS im Unterricht, in Klassenarbeiten, in Klausuren oder im Gespräch. Zudem hat die Fachdidaktik zahlreiche verbreitete Schülervorstellungen zum Physikunterricht untersucht.

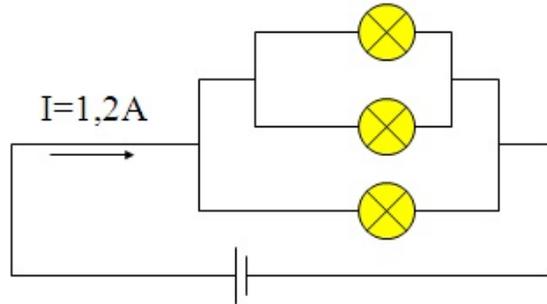


Abbildung 2: Lokale Vorstellung zum Stromkreis: Viele SuS meinen, bei der ersten Verzweigung fließe die Hälfte in den unteren Zweig $I_{unten} = 0,6A$, während bei der folgenden Verzweigung eine weitere Halbierung auftrete in $I_{Mitte} = 0,3A$ und $I_{oben} = 0,3A$.

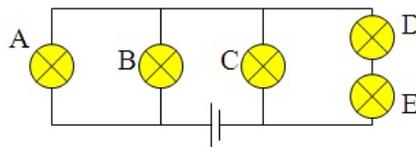


Abbildung 3: Die visuelle Vorstellung dominiert die Verschaltung: Viele SuS meinen, die Lampen B und C seien parallel geschaltet.

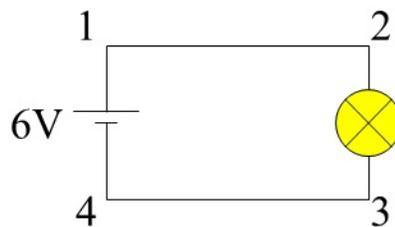


Abbildung 4: Vorstellung räumlich konstanter Spannung: Viele SuS meinen es gelte $U_{12} = U_{23} = U_{34}$.

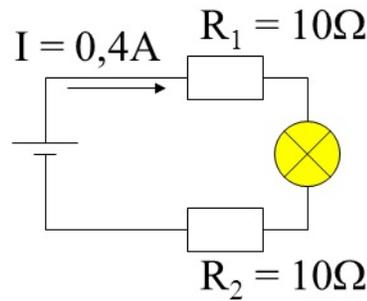


Abbildung 5: Vorstellung der sequentiellen Beeinflussung: Viele SuS meinen, nur der Widerstand R_1 könne die Lampe beeinflussen.

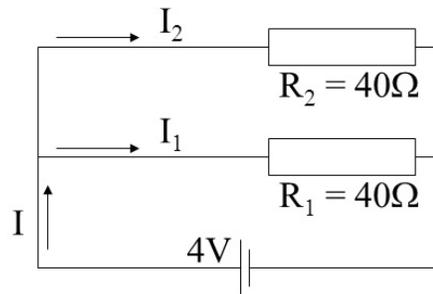


Abbildung 6: Widerstandsvorstellungen: Nur wenige SuS meinen, dass bei Erhöhung des Widerstands R_2 auf 50Ω die Stromstärke I_1 gleich bleibt.

3.2.1 Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre

In fünf europäischen Ländern wurden bei über 1200 SuS der Klasse 10 nach dem Unterricht folgende Vorstellungen festgestellt (s. von Rhöneck u. Niedderer (2006)):

Viele SuS meinen, dass etwas von der Batterie zur Lampe fließt und dort verbraucht wird. Dabei kommen die physikalisch inadäquaten Vorstellungen vom "Stromverbrauch" und vom "Energieverbrauch" vor. Bevor Sie hier eine Fehlvorstellung eines Lernenden vermuten, sollten Sie feststellen, ob ein Lernender sich nur wie in der Sprache üblich ungenau ausdrückt. Denn man spricht auch vom "Brotverbrauch" und vom "Geldverbrauch", obwohl das Brot vom Körper nur umgewandelt wird und obwohl das Geld nur von einem zum anderen wandert, ohne, dass es der Empfänger irgendwie zerstören oder eliminieren würde.

Etwa 60 % der 1200 SuS *analysieren einen Stromkreis lokal*, s. Abb. 2. Von diesen untersuchten SuS halten 40 %, *die Spannung im Stromkreis für eine Konstante*, s. Abb. 4. Etwa ein Drittel der untersuchten SuS gehen *im Stromkreis nur von Wirkungen von vorne nach hinten* aus, s. Abb. 5. Nur etwa 20 % der 1200 SuS können die *Stromstärken in einer Parallelschaltung zweier Widerstände* richtig beurteilen, s. Abb. 6.

SuS bevorzugen gern die räumliche Vorstellung. Sie meinen etwa, in Abb. 3 seien die Lampen B und C parallel geschaltet (s. Bleichroth u. a. (1999)).

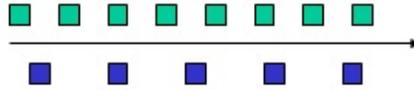


Abbildung 7: Beschleunigung: Zwei Klötze hinterlassen in gleichen Zeitabständen diese Spuren. Die SuS sollen die Beschleunigungen vergleichen. Viele meinen, der untere Klotz werde stärker beschleunigt als der obere.



Abbildung 8: Kraft und Aktivität: Viele SuS meinen, der linke Junge übe eine Kraft auf den rechten aus, aber nicht umgekehrt.

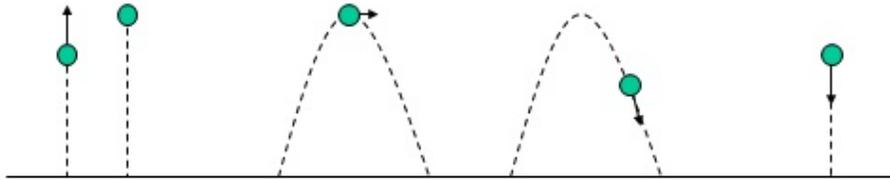


Abbildung 9: Kraft und Bewegung: Sind die Kräfte auf die jonglierten Bälle gleich oder verschieden? Viele SuS meinen, die Kraft sei proportional und parallel zur Geschwindigkeit.

3.2.2 Schülervorstellungen zur Mechanik

Etwa 40 % von 1000 untersuchten SuS amerikanischer Highschools meinen vor dem Unterricht, dass *schwere Gegenstände schneller fallen als leichte* (s. von Rhöneck u. Niedderer (2006)). Von diesen 1000 SuS *verwechseln viele Beschleunigung und Geschwindigkeit*, 50 % vor und 20 % nach dem Unterricht, s. Abb. 7. Etwa 80 % dieser 1000 SuS erkennen eine *Kraftwirkung nur vom aktiven auf den passiven Körper*, anstatt das Prinzip von Actio gleich Reactio anzuwenden, s. Abb. 8. Viele SuS meinen, *ein nach oben geworfener Ball erfahre auch nach dem Abwurf während des Steigflugs noch eine nach oben gerichtete Kraft*. Viele SuS meinen, die *Kraft sei proportional und parallel zur Geschwindigkeit*, s. Abb. 9. Viele SuS gehen implizit vom *Bezugssystem Erde* aus. Auch stellen sich viele SuS eine *Trägheitsgegenkraft* vor.

SuS vermuten gerne, dass außer beim Magnetismus Kräfte durch Kontakt übertragen werden, obwohl sie das Gegenbeispiel Gravitation kennen (s. Bleichroth u. a. (1999)).

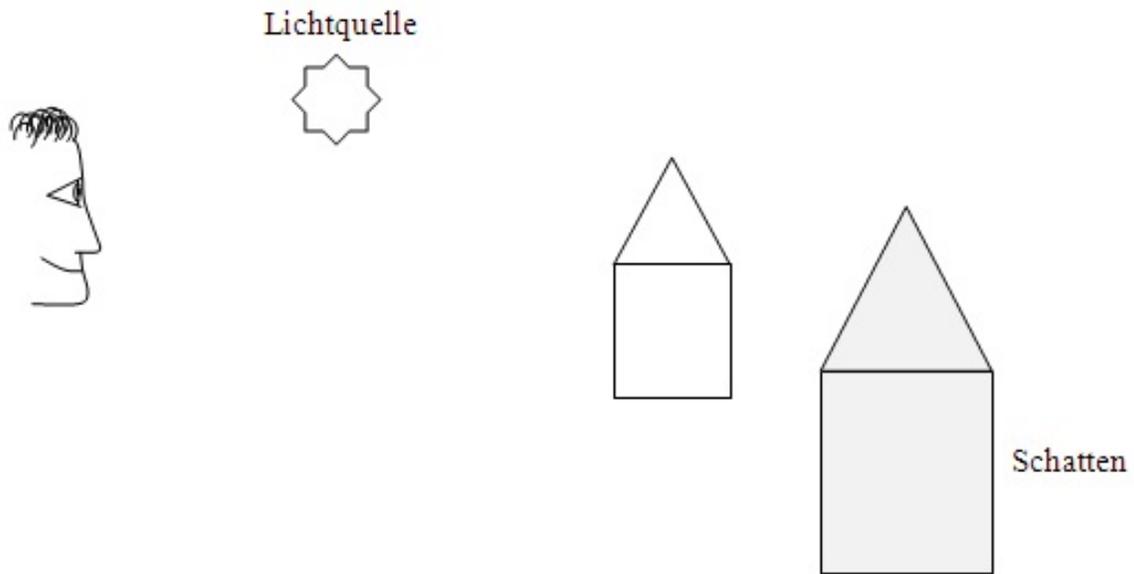


Abbildung 10: Sehen: Viele 11 bis 12-jährige SuS sagen, ein Gegenstand würde in Licht gehüllt und dadurch sichtbar. Sie ordnen die Schatten aufgrund ähnlicher Gestalt den Gegenständen zu.

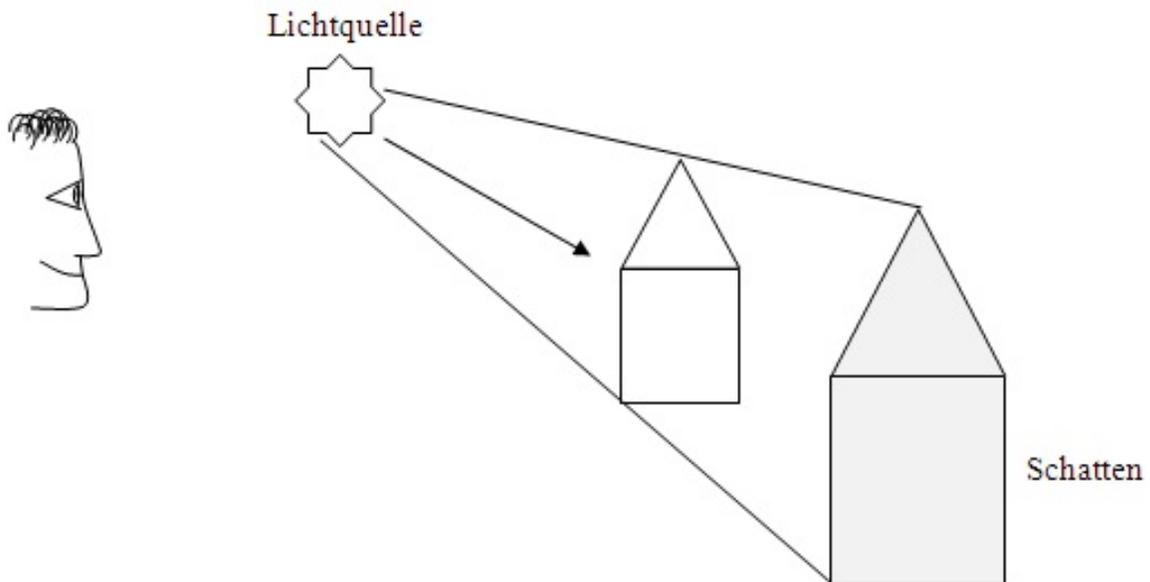


Abbildung 11: Sehen: Viele 13 bis 14-jährige SuS meinen, Licht komme geradlinig von der Lichtquelle zum Gegenstand und mache diesen so sichtbar. Damit besteht die Grundlage für die Deutung des Schattens als einen Bereich, in den das Licht nicht kommt, weil der Gegenstand im Weg steht.

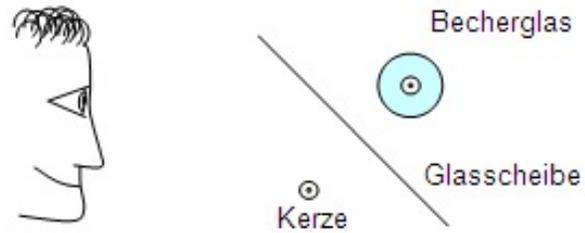


Abbildung 12: Spiegelbilder: Viele SuS meinen, das Spiegelbild sei am Spiegel. Wir lassen sie daher ein Becherglas so hinter einer Glasscheibe positionieren, dass das Licht einer Kerze im Becherglas erscheint. Wie sollte das möglich sein, wenn das Bild vor der Scheibe wäre?

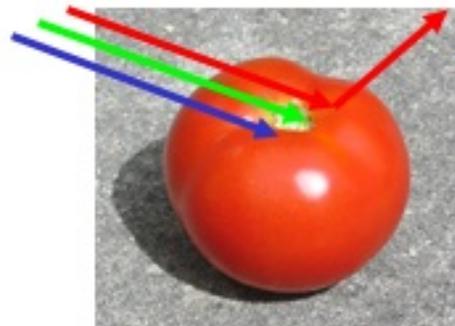
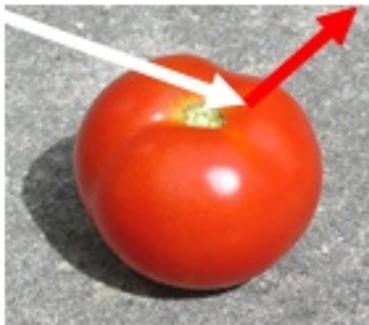


Abbildung 13: Farben: Viele SuS meinen nicht, dass weißes Licht aus farbigem zusammengesetzt ist.

3.2.3 Schülervorstellungen zur Optik

Eine wichtige Grundlage für tragfähige Konzepte zur Optik ist das Sender - Empfänger - Modell des Sehens (s. von Rhöneck u. Niedderer (2006) und Abb. 10 und 11). Die meisten SuS vermuten das Spiegelbild nicht hinter, sondern auf dem Spiegel (s. Schön (1994); Wiesner (1994)), da dieser nicht lichtdurchlässig ist. Diese Schülervorstellung können wir direkt mit einer Flamme im Wasser erschüttern (s. Carmesin (2008a) und Abb. 12). Die SuS kennen zwar die Bündelung von Licht durch Linsen, wissen aber meist nicht, wie das Bild entsteht ². Etwa

²Nach den aktuellen Curricula müssen die SuS die Bildentstehung nicht erklären können. Falls Ihre SuS das dennoch verstehen wollen, so empfehle ich die Verwendung von Fresnel - Linsen (s. Carmesin (2004)), da diese den Aufbau der Linse elementarisieren und auf Prismen zurückführen.

die Hälfte der SuS meint nicht, dass weißes Licht aus farbigem zusammengesetzt ist (s. [Wiesner \(2004\)](#)).

3.2.4 Schülervorstellungen zur Wärme

Etwa 25 % der 12 bis 13-Jährigen unterscheidet Temperatur und Wärme nur vage. Viele SuS meinen, Aluminium halte die Kälte besser, Wolle dagegen die Wärme (s. [von Rhöneck u. Niedderer \(2006\)](#)).

3.2.5 Schülervorstellungen zur Teilchenvorstellung

SuS und Studierende beurteilten den Raum zwischen Gasteilchen wie folgt (s. [von Rhöneck u. Niedderer \(2006\)](#)): Nur 37 % gaben an, dass der Zwischenraum leer ist. Nur 40 % führten diesen Zwischenraum auf die Teilchenbewegung zurück. Von 48 SuS der Klassen 8-10 wurden bei einer Befragung die verschiedenen Modelle wie folgt bevorzugt:

- Modell Sonnensystem 10 %
- Multiple Bahnen 15 %
- Modell mit Bahnen 45 %
- Orbitalmodell 15 %
- Elektronenwolke 15 %
- Ballmodell 5 %

SuS unterscheiden ungerne Ensemble und Teilchen (s. [Bleichroth u. a. \(1999\)](#)). Beispielsweise fragen sie: Wie heiß ist ein blaues gasförmiges Atom?



Abbildung 14: Modell und Realität: Viele SuS zögern das Spiegelbild hinter dem Spiegel zu lokalisieren, weil sie wissen, dass dort die Zahnpasta steht.

3.2.6 Allgemeine Schülervorstellungen

Die SuS nehmen gern genau eine Ursache an (s. [Bleichroth u. a. \(1999\)](#)). Physikalisch tragfähig ist das bei der Verlängerung der Schraubenfeder durch eine Kraft. Physikalisch wenig tragfähig ist es beim Kernzerfall, der spontan ohne Ursache erfolgen kann. Ebenso unzutreffend ist es bei einer Druckerhöhung im eingeschlossenen Gas; diese kann die Folge einer Volumenabnahme oder einer Temperaturzunahme sein.

Die SuS nehmen gerne ein Kontinuum an.

Ferner stellen sich die SuS gerne eine Dichotomie vor. Das ist physikalisch tragfähig bei positiven und negativen Ladungen, bei Nordpol und Südpol des Stabmagneten oder bei Materie und Antimaterie. SuS nehmen gern eine Dichotomie an. Es ist physikalisch allenfalls bedingt tragfähig bei Schwarz und Weiß, beim Schwimmen und Sinken oder beim Leiter und Nichtleiter.

Auch unterscheiden die SuS ungern Modell und Realität. Beispielsweise zögern sie das Spiegelbild hinter dem Spiegel zu lokalisieren, weil sie es für real halten, s. [Abb. 14](#).

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

7f3

Thema der Unterrichtseinheit: Optik

Entdeckung der Bedingungen des Sehens

Entdeckung der Geradlinigkeit der Lichtausbreitung

Entdeckung unterschiedlicher Schattenräume

Untersuchung einer einseitig beleuchteten Kugel und Deutung der Mondphasen

Entdeckung der Lochkamera und Erläuterung ihrer Funktionsweise

Einführung des Abbildungsmaßstabs

Entdeckung des Reflexionsgesetzes

Entwicklung eines Verfahrens zum Zeichnen des Urbilds zu einem Spiegelbild

Didaktik: Stundenlernziel: Die Schüler sollen ein Spiegelbild beschreiben und die Position des gespiegelten Gegenstands zeichnerisch bestimmen können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Geradlinige Ausbreitung von Licht	Erläutern, Zeichnen
LV: Reflexionsgesetz	Erklären, Anwenden
TLZ: Spiegelbild	Erkennen, Beschreiben
TLZ: Lage des Gegenstandes	Beschreiben, Schätzen
TLZ: Lage des Gegenstandes in Bezug zum Bild	Zeichnen, Erläutern

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Problemstellung:</u> Leitfrage	DE, SuS beschreiben die Flamme im Becherglas, SuS entwickeln die Leitfrage, TA Leitfrage	LSG
10	<u>Problemanalyse:</u> Schätzen und Vermuten der Lage	OHP, legen Strahlen, vermuten Reflexionsgesetz, TA	LSG
30	<u>Problemlösung:</u> Zeichnen	AB	GA
45	<u>Sicherung:</u> s.u., Reflexion des Lernprozesses	SV, OHP, TA	SV
	<u>Reserve:</u> Konsolidierung, AB2, HA	Bearbeiten	EA/HA

Geplantes Tafelbild

Wo ist die Kerzenflamme?

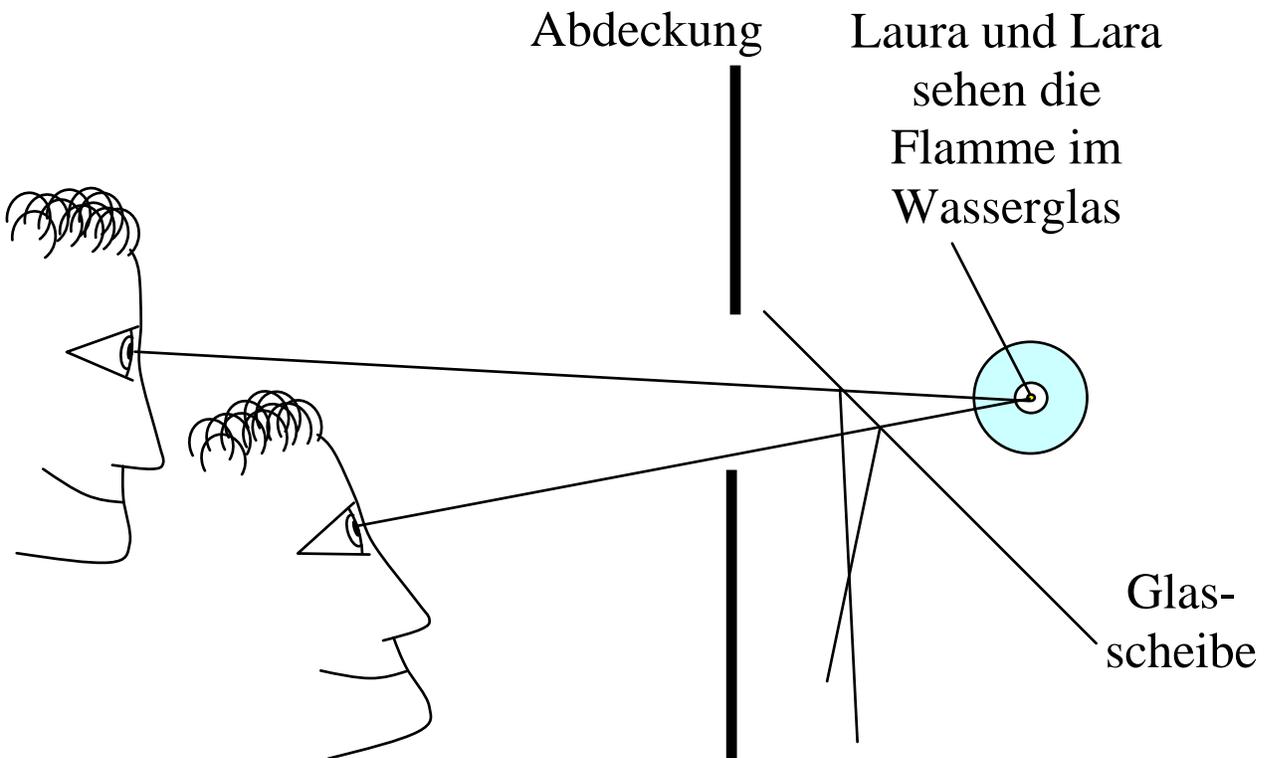
Vermutungen:

Im Wasser **f**
 Hinter der Abdeckung 

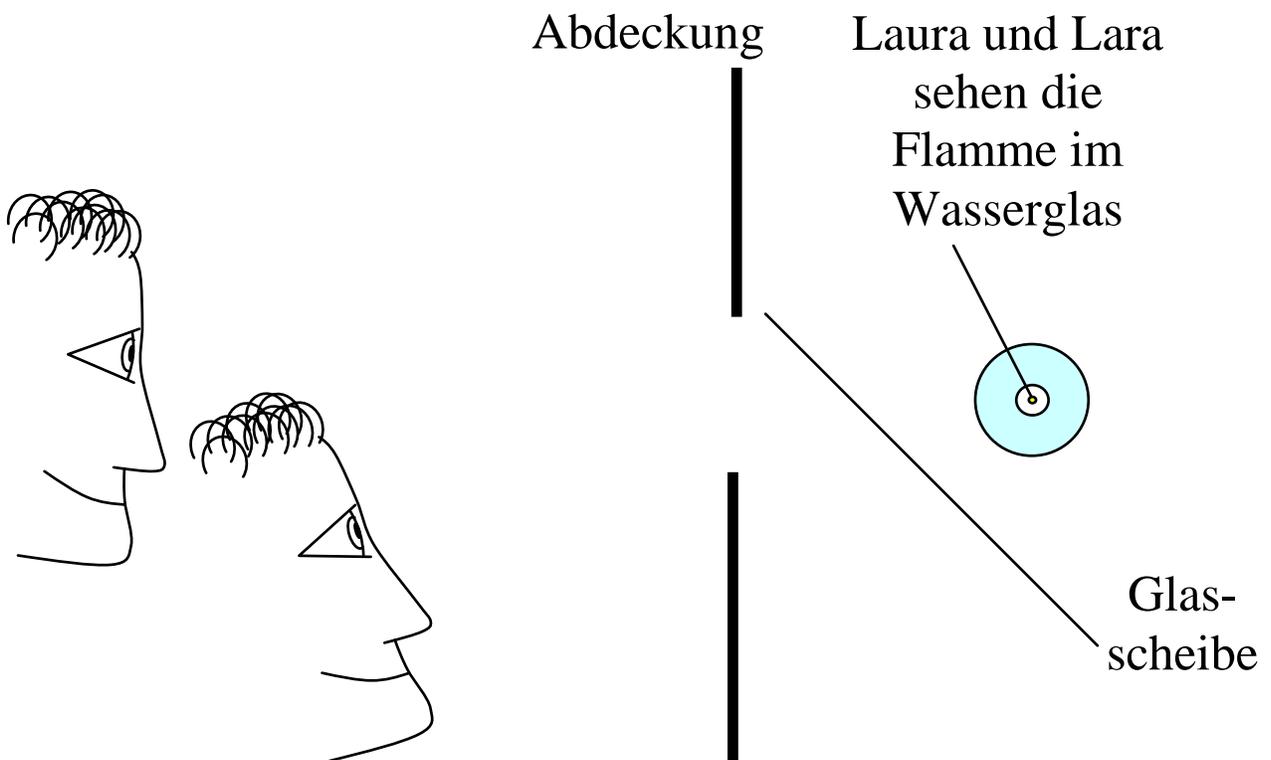
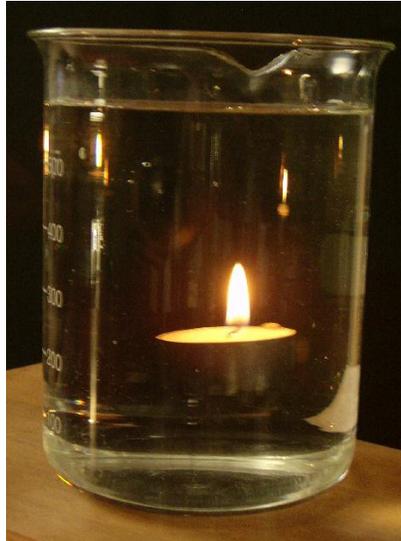
Ergebnisse: Die Kerzenflamme ist rechts des Wasserglases. Sie ist durch die Bühne verdeckt. Wir sehen das Spiegelbild der Kerzenflamme hinter der spiegelnden Glasscheibe im Wasserglas.

Geplantes OHP-Bild:

- Die Figur ohne Lichtwege (s. AB) liegt als Folie vor.
- Die Strahlen/Lichtwege sind auf Folie vorgefertigt.
- So können die SuS die Folien übereinander legen und kreativ vermuten und kombinieren.



Wo ist die Kerzenflamme?





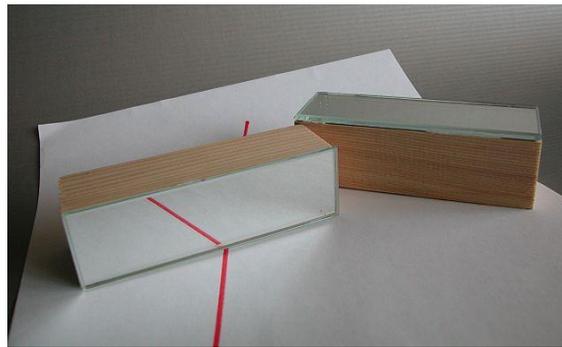
Wachsen die Bäume nach unten?.



Greift die Frau mit ihrer rechten Hand ins Haar?



Ist das Spiegelbild verkleinert?



Hat das Spiegelbild einer Geraden einen Knick?



Warum hat der LKW drei Spiegel?



Kippt der Spiegel die Vase um?

3.3 Lernwege

Im Idealfall regen Sie Ihre SuS an ihre Vorstellungen einzubringen (s. z. B. Abb. 1). Anschließend entwickeln Sie diese Basiskonzepte gemeinsam mit Ihren SuS weiter. So entstehen Lernwege. Die Schritte solcher Lernwege sind wichtige Elemente der Ökologie der Konzepte Ihrer SuS (s. Hewson u. a. (2003)). Die Stationen eines solchen Lernweges können im Fall des Lichts wie folgt aussehen:

1. Anfangsvorstellung: Sehen von Gegenständen, die sich im Licht befinden
2. Sender-Empfänger-Modell des Sehens
3. geradlinige Ausbreitung des Lichts
 - (a) Die geradlinige Ausbreitung können wir durch ein Hindernis aufhalten. So entsteht Schatten.
 - (b) Die geradlinige Ausbreitung können wir durch Reflexion umlenken.
 - (c) Dabei nehmen wir hinter dem Spiegel ein Spiegelbild wahr.
 - (d) Die geradlinige Ausbreitung können wir durch Brechung umlenken.
 - (e) Damit können wir Licht bündeln und Bilder erzeugen.
 - (f) Optional: Modell Lichtstrahl
4. Modell Welle: Anwendungen: Spektroskopie, optische Speichermedien, TFT-Display
5. Modell Teilchen: Anwendungen: Solarzelle, LED, Nachtsichtgerät (s. Carmesin (2008b))
6. Welle-Teilchen-Dualismus: Anwendungen: Quantenkryptographie, Beamen

Für die Schüler entsteht so ein Netzwerk verschiedener Konzepte mit Gültigkeitsbereichen und Beziehungen untereinander. Dieses kann man sehr lernwirksam metakognitiv (Effektstärke 0,69) durch beispielsweise eine Konzeptkarte (Effektstärke 0,57) darstellen (s. Hattie (2009) und Steffens u. Höfer (2011)).

4 Aufgaben

1. Analysieren Sie die dargestellte Stunde bezüglich der sieben Schritte zum Konzeptwechsel.
2. Analysieren Sie die dargestellte Stunde bezüglich bekannter Basiskonzepte der SuS.
3. Stellen Sie Beispiele von Konzeptwechsel aus Ihrem Unterricht dar.
4. Stellen Sie einen Lernweg für eine Ihrer Lerngruppen dar.

5 Zusammenfassung

Jeder Lernende wurde in seinem Leben schon oft mit **physikhaltigen Situationen** konfrontiert und hat dabei schon viele für diese Situationen **zweckmäßige Vorstellungen** entwickelt (s. z. B. Abb. 1). In Abschnitt 3.2 haben wir uns anhand der Literatur einen Überblick über derartige Vorstellungen verschafft. Wenn Sie nun Ihren Lerner in eine für ihn neuartige Situation bringen, so versucht er diese zu Recht mit seinen bisherigen Konzepten zu meistern. Das wird ihm nicht immer gelingen und damit ist er bereit für einen **Konzeptwechsel**. Die hierzu wichtigen unterrichtlichen Verfahren haben wir im Abschnitt 2 kennen gelernt. Wenn Sie diese Methoden anwenden, dann sind Ihre SuS gut auf physikalische Herausforderungen vorbereitet (s. Abschnitt 3.1).

Im Idealfall erlebt Ihr Lerner im Laufe seines Lebens eine Folge solcher bewusster Konzeptwechsel und beschreitet insgesamt einen **Lernweg** (s. Abschnitt 3.3), den er immer aus der Einsicht in die Erweiterung seiner individuellen Konzepte heraus fortsetzt. Dabei behalten oft auch früh erworbene Konzepte ihren grundlegenden Wert, denn sie sind für die Situationen, in denen sie erworben wurden zweckmäßig. Ich wünsche Ihnen, dass Sie mit Ihren SuS progressive Lernwege mit vielen spannenden, bewussten sowie einsichtsvollen Konzepterweiterungen beschreiten und gemeinsam mit Ihren SuS die erreichten neuen Horizonte genießen.

Literatur

- [Aebli 1997] AEBLI, Hans: *Zwölf Grundformen des Lehrens*. 9. Stuttgart : Klett-Cotta, 1997
- [Bleichroth u. a. 1999] BLEICHROTH, Wolfgang ; DAHNKE, Helmut ; JUNG, Walter ; KUHN, Wilfried ; MERZYN, Gottfried ; WELTNER, Klaus: *Fachdidaktik Physik*. 2. Köln : Aulis Verlag Deubner, 1999
- [Carmesin 1996] CARMESIN, Hans-Otto: *Neuronal Adaptation Theory*. Frankfurt : Peter Lang Verlag, 1996
- [Carmesin 2004] CARMESIN, Hans-Otto: Messung von Beschleunigungen mit einer Bogenwasserwaage im Physikunterricht einer 11. Klasse. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, ISBN 3-86541-066-9*. Berlin : DPG, 2004
- [Carmesin 2008a] CARMESIN, Hans-Otto: *Flamme brennt unter Wasser*. technopedia. <http://www.technopedia.de/index.php?id=119894079436354&experimentId=130781146387891&sid=0f2fd5304e4d7095c2022adc07ce509f>. Version: 2008
- [Carmesin 2008b] CARMESIN, Hans-Otto: *Lichtteilchen im Nachtsichtgerät*. technopedia. <http://www.technopedia.de/index.php?experimentId=130889298672447&id=119894079436354>. Version: 2008
- [Duit 2004] DUIT, Reinders: *Schülervorstellungen und Lernen von Physik*. Piko-Brief Nr. 1, 2004

-
- [Hattie 2009] HATTIE, John: *Visible Learning*. London : Taylor and Francis Ltd, 2009
- [Hewson u. a. 2003] HEWSON, Peter ; BEETH, Michael ; THORLEY, Richard: Teaching for Conceptual Change. In: FRASER, Barry J. (Hrsg.) ; TOBIN, Kenneth G. (Hrsg.): *Handbook of Science Education*. 1. Dordrecht : Kluwer, 2003, S. 199–218
- [Marzano 1998] MARZANO, Robert J.: *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*. Aurora, Colorado : Mid-continent Educational Laboratory, 1998 www.mcrel.org
- [Meschede u. a. 2006] MESCHEDÉ, Dieter ; GERTHSEN, Christian ; KNESER, Hans O.: *Gerthsen Physik*. 20. Berlin : Springer, 2006
- [von Rhöneck u. Niedderer 2006] RHÖNECK, Christoph von ; NIEDDERER, Hans: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen. In: MIKELSKIS, Helmut (Hrsg.): *Physik Didaktik*. Berlin : Cornelsen, 2006, S. 52–73
- [Roth 2006] ROTH, Gerhard: Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wissenserwerb. In: CASPARI, Ralf (Hrsg.): *Lernen und Gehirn*. Freiburg : Herder, 2006, S. 54–69
- [Schön 1994] SCHÖN, Lutz: Ein Blick in den Spiegel - Von der Wahrnehmung zur Physik. In: *Physik in der Schule* 32 (1994), S. 2–5
- [Steffens u. Höfer 2011] STEFFENS, Ulrich ; HÖFER, Dieter: Zentrale Befunde aus der Schul- und Unterrichtsforschung - Eine Bilanz aus über 50000 Studien. In: *Zeitschrift Schulverwaltung - Ausgabe Hessen Rheinland/Pfalz* (2011)
- [Wiesner 1994] WIESNER, Hartmut: *Ein neuer Optikkurs für die SI, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert*. NiU-Physik 5 - Nummer 22, 1994
- [Wiesner 2004] WIESNER, Hartmut: Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik. In: MÜLLER, Rainer (Hrsg.) ; WODZINSKI, Rita (Hrsg.) ; HOPF, Martin (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln : Aulis, 2004, S. 160