

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

## DER LICHTBEGRIFF BEI 13-14-JÄHRIGEN SCHÜLERN: EINE DIDAKTISCHE INTERVENTION ANGELEHNT AN DEM BEGRIFF DER SOZIALEN MARKIERUNG

Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali,  
Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

**Abstract:** *This research project investigates the impact that social-teaching mediation has in conceptual change concerning the idea of light among grade 8 students in Greece. In order to challenge these misconceptions in this regard an intervention was realized with one of the two groups of 13-14 years old children. The experimental group participated in a teaching process which aimed to lead pupils to cognitive reconstruction based at the social marking concept of "light travel"; the control group followed traditional teaching methods based to the curriculum. In all tasks that were studied the difference between pre-test and post-test was significant: the experimental group was able to explain the light as an entity.*

**Keywords:** *Light, students' representations, social marking.*

### 1. Theoretischer Rahmen

Die Absicht dieses Artikels besteht darin, die Ergebnisse einer speziellen didaktischen Intervention in der Jahrgangsstufe 8 vorzustellen. Ziel dieser Intervention ist der Konzeptwechsel bestehender Schülervorstellungen zum Begriff des „Lichtes als Erscheinung, die sich im Raum bewegt“, welcher an das Konzept der sozialen Markierung (*social marking*) angelehnt ist. Die Ergebnisse wurden mit denen eines konventionellen Schulunterrichts verglichen und evaluiert.

Die Bedeutung von Schülervorstellungen zu Begriffen und Phänomenen im naturwissenschaftlichen Unterricht, aber auch der Abbau von Schülervorstellungen, hat sich als ein wichtiges Forschungsgebiet in der Didaktik der Naturwissenschaften in den letzten 30 Jahren entwickelt (BARKE 2006, 2009; DRIVER, GUESNE & TIBERGHEN 1985; LEMEIGNAN & WEIL-BARIS 1993). In diesem Rahmen ist das Verständnis zum Begriff des Lichts und seiner Ausbreitung im Raum mit Versuchspersonen im Alter von 5 bis 16 Jahren eingehend untersucht worden. Dabei hat sich herausgestellt, dass erhebliche Fehlvorstellungen zur Lichtausbreitung und seiner Wechselwirkung mit verschiedenen Arten von Materie vorliegen.

## Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:

Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

Allen Untersuchungen gemeinsam ist, dass die meisten SuS in ihren Vorstellungen insofern befangen sind, dass sie den Lichtbegriff ausschließlich mit den eigentlichen Lichtquellen in Beziehung setzen (TIBERGHIE, DELACOTE, GHIGLIONE & MATALON, 1980; ANDERSON & KÄRRQVIST, 1983; GUESNE, 1984, 1985; FLEER, 1996; SELLEY, 1996; TOH, BOO & WOON, 1999; GALLEGOS CÁZARES, FLORES CAMACHO & CALDERÓN CANALES, 2008). Es sei besonders darauf hingewiesen, dass bei vielen Untersuchungen den SuS die Möglichkeit eingeräumt wurde, ihre Gedanken zum Weg des Lichts zum Ausdruck zu bringen. Somit wird das Licht nicht nur an den Lichtquellen, sondern zum Beispiel dort, wo es hell beleuchtete Stellen gibt, lokalisiert (RAVANIS, 1999; RAVANIS & BOILEVIN, 2009).

Dennoch liegt die größte Schwierigkeit beim Verständnis des Lichts in seiner allgegenwärtigen Präsenz im Raum, also das Vorhandensein als eigenständige Erscheinung, die sich im Raum zwischen den Quellen und den Oberflächen, auf denen sie auftritt, bewegt (WIESNER, H. 1992; BERGE, O. E. 2000; JUNG, W. 1987).

In der Tat nehmen Kinder eines breiten Altersspektrums - oft unabhängig vom konventionellen Unterricht in der Schule - die Gegenwart des Lichts im Raum nicht wahr. SuS konzentrieren ihre Überlegungen auf die Lichtquellen oder auf stark beleuchtete Flächen und sind dadurch nicht in der Lage auf Phänomene einzugehen, die aus der Wechselwirkung des Lichts mit verschiedenen Objekten resultieren (STEAD & OSBORNE, 1980; OSBORNE & BLACK, 1993; RAVANIS & PAPAMICHAEL, 1995; GALILI, 1996; LANGLEY, RONEN & EYLON, 1997; GALILI & HAZAN, 2000; DEDES, 2005; RAVANIS, 2008).

Was aber kann die Erklärung für dieses kognitive Hindernis sein? PIAGET (1971) benutzte mit Hilfe des logisch mathematischen Denkens den Begriff der „Transitivität der Gedanken“ (wenn  $A \rightarrow B$  und  $B \rightarrow C$ , dann gilt  $A \rightarrow C$ ). Er schlug eine interessante Interpretation für die Schwierigkeiten der Kinder vor, sich die Ausbreitung des Lichts im Raum vorzustellen. Obwohl aus physikalischer Sicht die Ausbreitung eine indirekte Übertragung darstellt, sehen Schüler Licht als Etwas an, das in direkter Verbindung mit den Lichtquellen (LQ) und den sichtbar beleuchteten Flächen (SBF) steht. Sie verwenden einen Ein-Lernschritt gemäß  $LQ \rightarrow SBF$ . Durch dieses intuitive Denken resultiert ein Nicht-Wahrnehmen der Lichtausbreitung im Raum (LIR). Nach Piaget sollte die Lichtausbreitung als ein Zwei-Schritt-Verfahren erfolgreicher sein (wenn  $LQ \rightarrow LIR$  und  $LIR \rightarrow SBF$ , dann  $LQ \rightarrow SBF$ ). Dadurch ist der Schüler in der Lage das Licht im Raum zu lokalisieren, unabhängig davon, ob das Licht bei hoher oder niedriger Strahldichte wahrgenommen wird oder nicht, wobei das Licht natürlich niemals sichtbar ist.

Die Konstruktion von Überlegungen mit Übergangscharakter (schrittweises Denken) und das Verständnis des Lichts als eigenständige und übertragende Erscheinung im Raum stellt eine Bedingung für das Aneignen von Eigenschaften und Phänomenen dar, die mit dem Licht assoziiert werden. Dabei spielen die Quellen und Oberflächen, auf denen das Licht auftritt, keine

## Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:

Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

Rolle. Ohne den Ansatz einer solchen Annäherung an den Lichtbegriff, ist es unmöglich, ein Modell der geradlinigen Bewegung und die Schattenbildung oder die Bildarstellung systematisch zu begreifen.

Jedoch sind derlei Vorstellungen unbeständig und bleiben nicht unverändert. Sowohl aufgrund der biologischen Reifung als auch durch die Unterrichtsdurchführung entwickeln sie sich weiter, sofern diese auf die Schülervorstellungen und den Abbau vorhandener Schülervorstellungen ausgerichtet ist. Es konnte festgestellt werden, dass sich Schülervorstellungen zum Licht allmählich zwischen 5 und 10 Jahre alten Kindern verändern. Kinder im Alter von 10 Jahren nehmen die Anwesenheit von Licht an beleuchteten Flächen leichter wahr (Ravanis & Boilevin, 2009), sofern sie an einer geeigneten didaktischen Intervention teilgenommen haben. Im Gegensatz zu Kindern, die lediglich an einem konventionellen Unterricht teilnehmen, sind 10 Jahre alte Kinder in der Lage sich Vorstellungen über das Licht als Erscheinung im Raum anzueignen, wenn es mit dem Modell der Strahlenoptik in Einklang steht (RAVANIS, PAPAMICHAEL & KOULADIS, 2002).

Eine Möglichkeit der geeigneten didaktischen Intervention ist die „soziale Markierung“. Für DOISE und MUGNY (1981) beschreibt die soziale Markierung (*social marking*) Situationen, in denen der Verstand aus bekannten gesellschaftlich geprägten Begriffen und Konzepten schöpft und Vergleiche bildet. Die soziale Markierung benutzt diese Vergleiche, um sozio-kognitive Konflikte zu schaffen und eine kognitive Umstrukturierung zu erzielen. Diese Art der Vergleiche ist für die kognitive Entwicklung von Kindern äußerst wichtig, da diese auf einem sozialen Anpassungsfaktor der Gedanken basiert. Dieser Anpassungsfaktor lässt das Verständnis von Unterschieden und Konflikten zwischen Gedanken zu und demzufolge auch deren Abbau und die Schaffung neuer kognitiver Einstellungen (FLICK, 1995).

Als Beispiel für den erfolgreichen Unterricht zur sozialen Markierung seien Kinder genannt, die eine Fläche mit rechteckigen Papierstreifen nicht vollständig bedecken konnten. Diese Kinder reagierten sehr viel positiver auf die Aufgabenstellung, einen Parkplatz mit Autos zu befüllen (ZACHAROS & RAVANIS, 2000). Mehrere Untersuchungen mit unterschiedlichen Lerngegenständen haben das Potenzial der sozialen Markierung für die kognitive Entwicklung von Kindern bestätigt, insbesondere im Vergleich mit ähnlichen Prozessen, in denen es keine soziale Markierung gab (DE PAOLIS & MUGNY, 1985; GIOTTO, 1987; GILLY & ROUX, 1988; CALVERT, 1993; ZACHAROS & RAVANIS, 2000; TELES & CÉSAR, 2010).

Im Falle des Lichtbegriffs sind wir davon ausgegangen, dass der Begriff „Lichtreise“ ein geeignetes gesellschaftlich bekanntes „Instrument“ darstellt. Der Grund dafür liegt darin, dass die Bewegung eines Gegenstandes den Weg zwischen Start- und Endpunkt beinhaltet.

Wird der Schwerpunkt auf die Ausbreitung gesetzt wird, also die Bewegung des Lichts mit einem bestimmtem Ziel, so haben die SuS die Möglichkeit, ihre

**Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:**

Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

Gedanken vom Ausgangspunkt-LQ und den Endpunkt-SBF abzuwenden und ihre Gedanken auf das Vorhandensein des Lichtes im Raum-LIR zu übertragen.

Es wird deshalb auf die Anwesenheit des Lichtes im Raum fokussiert, da dies unser grundlegendes Verständnisproblem auf der Grundlage unseres theoretischen Modells lösen soll.

Die **Hypothese**, von der die hier vorzustellende Untersuchung ausgegangen ist, besagt also, dass die 13 bis 14-jährigen SuS der Experimentalgruppe (EG) ein besseres Verständnis zum Lichtbegriff als die SuS der Kontrollgruppe (KG) erlangen.

## **2. Methode**

### **2.1. Stichprobe**

Die Stichprobe bestand aus 91 SuS der 8. Jahrgangsstufe (2. Klasse der Sekundarschule) im Alter von 13-14 Jahren (mittleres Alter: 13 Jahre und 10 Monate), aus vier Klassen einer Schule in Patras, Griechenland. Diese Schule wurde von SuS derselben sozialen Herkunft aus der Mittelschicht besucht. Sowohl die Leistungen der vier Klassen als auch die Leistungen in den Fächern Physik und Chemie sind von derselben Lehrperson als gleich bewertet worden. Zwei dieser Klassen bildeten mit 46 SuS die EG die anderen zwei die KG mit 45 SuS.

Alle SuS wurden in vorangegangenem Unterricht (in Klasse 5) in einer Einführungsphase in geometrischer Optik (auch Strahlenoptik genannt) unterrichtet.

### **2.2. Das Forschungsdesign**

Die Untersuchung wurde in drei Phasen durchgeführt: Vortest, didaktische Intervention in der EG und Nachtest. Die Überlegungen der SuS wurden während des Vor- und Nachtests durch Einzelinterviews, die jeweils ca. 10 Minuten dauerten, festgehalten.

Die entsprechende didaktische Intervention in der EG als auch der konventionelle Unterricht in der KG wurden von demselben Physiklehrer durchgeführt. Der Vortest fand einen Monat vor und der Nachtest einen Monat nach der Intervention statt. Die Datenanalyse erfolgte anhand aufgezeichneter Tonbandaufnahmen und Protokolle, die für jedes Kind einzeln festgehalten wurden. Die Beurteilung der von den SuS gegebenen Antworten fand von zwei unabhängigen Forschern mit einer Übereinstimmung von 95% statt. Die Antwortmöglichkeiten der SuS wurden vor und nach der didaktischen

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

Intervention verglichen und es konnte - wie erwartet - ein Leistungsfortschritt festgestellt werden.

### 2.3. Versuchsobjekte und Geräte, die im Vor- und Nachtest verwendet wurden

Die Interviews wurden in einem Raum, der speziell für dieses Vorhaben ausgelegt war, durchgeführt. Der Raum war durch Tageslicht gut beleuchtet und mit künstlichen Lichtquellen ausgestattet. Den SuS wurden vier Versuchsobjekte vorgestellt, anhand derer sie zeigen sollten, auf welche Weise sie das Licht wahrnehmen.

#### *Versuch Nr. 1*

Die SuS wurden gebeten, mindestens 3 Stellen im Raum aufzuzeigen, „wo es Licht gibt“. Nach ihren ersten Äußerungen wurde von ihnen verlangt, weitere Stellen aufzuzeigen, sodass festgestellt werden konnte, ob sie Licht an allen Stellen des Raums wahrnehmen.

#### *Versuch Nr. 2*

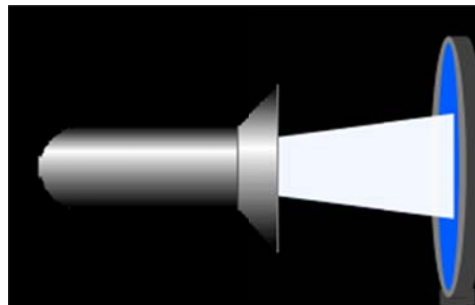


Abbildung 1

Eine 3-Volt Taschenlampe (1,5 W) wurde eingeschaltet und auf die Wand gerichtet, die sich im Abstand von ca. 3 Metern befand. Dadurch wurde ein schwacher Lichtfleck erzeugt (vgl. Abb. 1). Obwohl die Taschenlampe in Betrieb war, ohne dass ein sichtbarer Lichtstrahl – aufgrund des hellen Raums – zu sehen war, wurde gefragt: „Wo gibt es Licht, das aus der Taschenlampe stammt?“. Hat der Schüler nur die Streuscheibe der Taschenlampe oder den hellen Fleck auf der Wand angegeben, wurde näher darauf eingegangen und gefragt, ob zwischen der Taschenlampe und der Wand auch Licht vorhanden sei. Hier wurde auf eine ihnen vertraute Situation aus ihrem alltäglichen Leben verwiesen, nämlich die der ihnen bekannten Sonnenstrahlen.

## Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:

Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

## Versuch Nr. 3

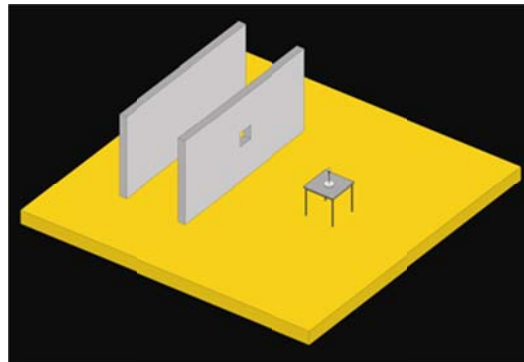


Abbildung 2

Zwei Kartonstücke (Maße: 17cm x 25cm) wurden im Abstand von 12 cm senkrecht mit zwei stabilen Ständern auf einer horizontalen Ebene befestigt. Auf dem einen Karton befand sich eine quadratische Öffnung (vgl. Abb. 2).

Auf genau derselben Höhe (d.h. auf derselben horizontalen Linie) wurde im Abstand von 15 cm eine tragbare Lampe (4,8V, 2,4W) angebracht (vgl. Abb. 2). Nachdem diese Anordnung den SuS gezeigt wurde, ohne dabei die Lampe einzuschalten, wurde folgende Frage gestellt: „Wenn wir jetzt die Lampe einschalten, wird es zwischen den zwei Kartonstücken Licht geben?“. Unabhängig davon, ob die Frage bejaht oder verneint wurde, wurde eine Begründung verlangt, um genau festzustellen, welche Vorhersage jeder der SuS getroffen hatte.

## Versuch Nr. 4.

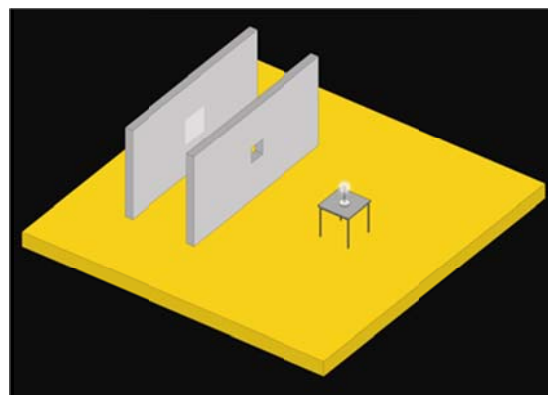


Abbildung 3

In diesem Versuch wurde die Lampe aus Versuch 3 eingeschaltet. Der Lichtstrahl war aufgrund des Tageslichts nicht sichtbar, jedoch konnte ein schwacher Lichtfleck auf dem zweiten Kartonstück erkannt werden (vgl. Abb. 3). Die SuS wurden erneut befragt, ob sich Licht zwischen den 2 Kartonstücken aus der Lampe stammend befindet. Wurde die Frage verneint oder wurde nur auf den Lichtfleck auf dem zweiten Kartonstück verwiesen, sollte auch hier die Begründung seitens der Schüler angeführt werden.

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

## 2.4. Die didaktische Intervention

Die didaktische Intervention fand in zwei Unterrichtsstunden statt. Der Lehrplan und das entsprechende Schulbuch sahen dafür folgende Themen vor:

- Sehen und Energie (Vorstellungen zum Sehvorgang aus historischer Sicht, energetische Auswirkungen des Sonnenlichts, Energieumwandlungen und Erzeugung von Licht, Erzeugung künstlichen Lichts und Lichtemission).
- Lichtausbreitung (Lichtstrahl, geradlinige Lichtausbreitung, Lichtausbreitung im Vakuum und in Materie, Schattenbildung).
- Lichtgeschwindigkeit (Vergleich zwischen Lichtgeschwindigkeit und Geschwindigkeiten bekannter Objekte, das Prinzip von Fermat, Messung der Lichtgeschwindigkeit).

Der wesentliche Unterschied zwischen der Intervention in der EG und dem konventionellen Unterricht in der KG bestand darin, dass in der EG aufgrund des Begriffs der sozialen Markierung „Lichtreise“ unterrichtet wurde, also ausgehend von der „Reise des Lichts im Raum“. Dieser Begriff ist allen SuS in Griechenland aus ihrer sozialen Umwelt bekannt.

Dieser Begriff setzt die Fortbewegung von Individuen von einem Startpunkt ausgehend bis zu einem Zielort hin voraus. Während der Fortbewegung wechselwirken diese Individuen mit allem, was ihnen begegnet. Der Unterricht ging von diesem Begriff der „Lichtreise“ aus und beschrieb die Fortbewegung des Lichts. Dabei wurde angenommen, dass dadurch die Fehlvorstellungen abgebaut werden, die durch das Vorgehen „LQ→SBF“ in einem Schritt hervorgerufen werden können.

Anstelle mit der Lichtreise in der EG wird in der KG traditionell argumentiert. Auf die Frage, wie es möglich sei, Objekte zu sehen, die von sich aus kein Licht ausstrahlen, wird laut Lehrplan und anhand des Schulbuchs verwiesen auf: „In solch einer Situation sendet das Objekt, das mit Licht bestrahlt wird, dieses in jede Richtung wieder aus“.

In der EG wird diese Diskussion Bezug nehmend auf den Begriff der „Lichtreise“ durchgeführt: „Während das Licht reist, trifft es auf ein Objekt. Das Objekt, auf das das Licht trifft, schickt es fort, um seine Reise fortzusetzen zu können“.

Ein weiteres Beispiel soll veranschaulicht werden. In der KG wird die Lichtausbreitung im Vakuum diskutiert und dem Schulbuch zufolge wird erwähnt: „Muss Materie vorhanden sein, damit sich das Licht in ihr ausbreiten kann? Wir wissen, dass das Sonnenlicht auf der Erde ankommt, obwohl der meiste Raum zwischen der Sonne und unserem Planeten Erde leer ist. Das Licht breitet sich also im Vakuum aus“.

Parallel dazu wurde in der Unterrichtseinheit der EG wie folgt argumentiert: „Muss Materie vorhanden sein, damit sich das Licht in ihr ausbreiten kann? Wir

## Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:

Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

wissen, dass die Raumfahrzeuge im Vakuum reisen, genauso reist das Licht im Vakuum, um auf die Erde zu gelangen“.

Mit exakt derselben systematischen Einbeziehung des sozial markierten Begriffs „Lichtreise“ werden die Überlegungen anstelle des einen Schrittes „LQ→SBF“ allmählich in Richtung eines Zwei-Gedankenschrittes geleitet (LQ→LIR→SBF). Diese Möglichkeit hat sich in einer ähnlichen Untersuchung, die an 10-jährigen SuS durchgeführt wurde, bestätigt (RAVANIS, PAPAMICHAEL & KOULADIS, 2002). Die diesbezügliche Experimentalanordnung unterschied sich von der hier vorgestellten insofern als die Intervention in der EG unter Laborbedingungen stattfand und unter Aufsicht des Versuchsleiters mit kleinen Gruppen. In der Kontrollgruppe wurde von der Lehrperson Frontalunterricht durchgeführt. Des Weiteren war in der damaligen Studie der Versuch 4 nicht Gegenstand der Untersuchung.

### 3. Ergebnisse

Mit dem U-Test nach MANN-WHITNEY wurden die Antworten der Probanden beider Gruppen im Vor- und Nachtest miteinander verglichen<sup>1</sup>. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren statistisch signifikant auf dem Niveau 0.05.

Die von den Kindern angestellten Überlegungen führten sowohl im Vor- als auch im Nachtest zur Formulierung von Antworten, die in adäquate und unzureichende Äußerungen gruppiert wurden:

#### *Adäquate Antworten*

Anhand dieser Äußerungen wird deutlich, dass das Licht im Raum als eigenständige Erscheinung angesehen wird, zum Beispiel: „*man findet es überall. An den Lampen, am Boden, in der Luft, überall ... da es alles ausfüllt, so wie es kommt*“ (Schüler 46, Versuch 1, Vortest).

„*Zwischen der Taschenlampe und der Wand gibt es einen Lichtstrahl ... man sieht ihn nicht, weil hier drin viel Licht von der Sonne drin ist ... aber es gibt ihn, da er ja an der Wand ankommt*“ (Schüler 33, Versuch 2, Vortest).

„*Ja, es gibt Licht ... wenn die Lampe eingeschaltet wäre, würden wir den Lichtstrahl sehen zwischen den zwei Kartonstücken (zeigt auf den imaginären Strahl)*“ (Schüler 87, Versuch 3, Nachtest).

„*... wir sehen das Licht nicht ... aber da es am Kartonstück ankommt ... da es durch das Loch hindurchgeht und auf dem hinteren Kartonstück ankommt ... sicher gibt es Licht in der Luft*“ (Schüler 21, Versuch 4, Nachtest).

<sup>1</sup> Mit dem U-Test nach MANN-WHITNEY werden Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben verglichen, die aus demselben sozialen Umfeld stammen.



Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

### Unzureichende Antworten

In diesen Antworten wird das Licht nur in den Lichtquellen und/oder an den stark beleuchteten Flächen, wahrgenommen. *„(Licht) haben wir an den eingeschalteten Lampen ... (Licht) haben wir in der Sonne ... obwohl das ja nicht zählt, da sie gesagt haben im Raum ... auch überall, wo es hinfällt. (Interviewer: „Wo sonst noch?“). „...nirgendwo sonst sehe ich, dass es Licht gibt ...“ (Schüler 2, Versuch 1, Vortest).*

*„Das Licht kommt an der Wand an und dort sehen wir es ... (Licht) gibt es auch noch in der Glühbirne der Taschenlampe und um die Lampe herum (Interviewer: „Wo, um die Lampe herum?“) „...in einem kleinen Abstand um die Lampe herum“ (zeigt sehr nah an der Lampe) (Schüler 27, Versuch 2, Vortest).*

*„Wir würden es auf dem hinteren Kartonstück sehen, gegenüber des Loches ...“ (Interviewer: „Wird es sonst noch irgendwo zwischen den zwei Kartonstücken Licht geben?“) „... ich denke nicht, da das erste Kartonstück das Licht hindern wird ...“ (Schüler 67, Versuch 3, Nachtest).*

*„Ich dachte, ich würde es sehen .... aber es gibt kein Licht...“ (Interviewer: „Gibt es kein Licht oder sieht man es nicht?“) „... wahrscheinlich sieht man es nicht ... aber ... (sie hält ihre Hand vor die Lampe und es bildet sich ein Lichtfleck auf ihrer Hand) „... jetzt fällt das Licht auf meine Hand, aber sonst ist nirgendwo Licht ... es gibt Licht auf meiner Hand. Wenn ich meine Hand wegnehme, dann geht das Licht direkt zum Kartonstück gegenüber ... ich weiß nicht“ (Schülerin 61, Versuch 4, Nachtest).*

In Tabelle 1 werden die Häufigkeiten der Schülerantworten der zwei Gruppen im Vor- und Nachtest gegenübergestellt:

**Tabelle 1:** Antworthäufigkeiten der SuS der Experimentalgruppe (EG) und der Kontrollgruppe (KG)

		Vortest		Nachtest	
		EG	KG	EG	KG
Versuch 1	adäquat	8	8	32	14
	unzureichend	38	37	14	31
Versuch 2	adäquat	23	24	44	33
	unzureichend	23	21	2	12
Versuch 3	adäquat	12	13	42	28
	unzureichend	34	32	4	17
Versuch 4	adäquat	6	9	39	20
	unzureichend	40	36	7	25

Der Vergleich der Ergebnisse aus dem Vor- und Nachtest lässt auf die Wirksamkeit des Unterrichts in der EG deuten. Das heißt, dass im Vortest die Leistungen von EG und KG fast gleich groß sind, es gibt keine signifikanten Unterschiede. Im Gegensatz dazu sind die Leistungen der EG im Nachtest

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

deutlich besser und die Hypothese, dass die Schüler durch das Bild der „Lichtreise“ angemessenere Vorstellungen erlangen, scheint verifiziert zu sein.

Um die Antworten auf einem weiteren Weg zu beurteilen, werden sie drei Kategorien zugeordnet:

- als *Fortschritt* wird der Übergang von unzureichenden Antworten eines Kindes im Vortest zu adäquaten im Nachtest beschrieben;
- als *Stagnation* wird das Verbleiben auf derselben Antwort während der beiden Untersuchungen (Vor- und Nachtest) beschrieben, unabhängig davon, ob diese adäquat oder unzureichend sind;
- als *Regression* wird der Übergang von adäquaten Antworten im Vortest zu unzureichenden Antworten im Nachtest beschrieben.

Die Zuordnung der Antworten zu den drei Kategorien führt zu den Ergebnissen, die in Tabelle 2 dargestellt werden.

**Tabelle 2:** Schülerantworten aus der EG und der KG aus dem Vor- und Nachtest

		EG	KG
Versuch 1	Fortschritt	25	7
	Stagnation	20	37
	Regression	1	1
Versuch 2	Fortschritt	21	9
	Stagnation	25	36
	Regression	-	-
Versuch 3	Fortschritt	31	17
	Stagnation	14	26
	Regression	1	2
Versuch 4	Fortschritt	35	14
	Stagnation	9	28
	Regression	2	3

Der Unterschied zwischen den Antworten der SuS im Vor- und Nachtest verifiziert die Hypothese, da in allen vier Versuchen der Fortschritt der Experimentalgruppe im Vergleich zu dem der Kontrollgruppe statistisch signifikant ist.

[(Versuch 1,  $U = 664$ ,  $p < 0,03$ ), (Versuch 2,  $U = 769,5$ ,  $p < 0,035$ ), (Versuch 3,  $U = 749$ ,  $p < 0,023$ ), (Versuch 4,  $U = 1367$ ,  $p < 0,008$ )].

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

#### 4. Diskussion

Anhand der erhaltenen Ergebnisse wird ersichtlich, dass sich die soziale Markierung als geeignetes Instrument für die angenommene Konstruktion des Lichtbegriffs herausstellt.

Im ersten Versuch wurde von den SuS verlangt, Licht aufzuzeigen, das sie aus ihrer alltäglichen Umgebung kennen. Hier wird ein bemerkenswerter Fortschritt der SuS der EG zwischen Vor- und Nachtest vermerkt: 25 von 38 SuS (ca. 66%), die im Vortest an der Lichtquelle und den sichtbar beleuchteten Flächen festhielten, waren im Nachtest in der Lage, Licht überall im Raum wahrzunehmen. Im Gegensatz dazu sind in der KG weniger als 20% der SuS (7 von 37) mit einem Fortschritt zu vermerken.

Im zweiten Versuch wurde eine weitere alltägliche Situation untersucht. Gegenstand dieses Versuchs war die Anwesenheit von Licht aus einer Taschenlampe, das einen Raum ausfüllt. Auch hier liegen die Unterschiede im Fortschritt der beiden Gruppen deutlich zugunsten der EG: 21 von 23 SuS (etwa 90%), die im Vortest Schwierigkeiten hatten, haben im Nachtest Licht im Raum wahrgenommen. Hingegen vermerken von den 21 SuS der Kontrollgruppe 42% (9 von 21) einen Fortschritt.

Die Bestätigung der Hypothese zeigt sich allerdings auch in den Versuchen 3 und 4, bei dem die SuS einschätzen sollten, ob es Licht zwischen den zwei Kartonstücken a) mit ausgeschaltetem Licht und anschließend b) mit eingeschalteter Lampe geben wird.

Demzufolge zeigen 90% der SuS der EG (31 von 34 SuS) und etwas über 50% der SuS der KG (17 von 32 SuS) einen Fortschritt im dritten Versuch. Im vierten Versuch hingegen vermerken erneut etwas über mehr als 90% der SuS aus der EG (35 von 40 SuS) und ca. 40% der SuS aus der KG (14 von 36 SuS) einen Fortschritt. Von Interesse ist hier, dass die Leistungen beider Gruppen im Versuch 4 etwas niedriger als im Versuch 3 sind, da der schwach leuchtende Strahl nicht erkannt wird und sich dadurch bei einigen Kindern eine Art kognitive Instabilität in Bezug auf ihre Einschätzung bildete.

#### 5. Schlussfolgerungen

In dieser Untersuchung wird die Bedeutung, die die Rolle der sozialen Markierung (*social marking*) des Begriffs der „Lichtreise“ spielt, bezüglich des Abbaus erlebter Schülervorstellungen zum Licht bestätigt, die „Lichtreise“ wirkt sich positiv auf die Entwicklung des Denkens aus, ein Unterricht mit dem Begriff der „Lichtreise“ führt die Restrukturierung kognitiven Denkens herbei.

Die „Lichtreise“ hat das Verständnis von Licht verbessert, möglicherweise ist dadurch die mentale Bereitschaft der Kinder optimiert worden, über die Lichtausbreitung erfolgreich nachzudenken.

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

Insbesondere scheint das funktionale Denken in zwei Schritten (LQ→LIR→SBF) für alle physikalischen Ereignisse mit energetischem Charakter von Bedeutung zu sein. Unter ihnen ist die Lichtreise vermutlich die in Gedanken der SuS gängigste vorhandene Vorstellung, da sie eine „materieartige“ Vorstellung der Ausbreitung von Lichtstrahlen und ihrer Anwesenheit im Raum hat.

Zuletzt sei noch erwähnt, dass die Möglichkeit der SuS, ihre Überlegungen in zwei Schritten (funktionales Denken) auszudrücken, in den Naturwissenschaften einen geeigneten Rahmen bildet, um die Wechselwirkung zwischen energetischen Erscheinungen und Objekten, die sie auf ihrem Weg treffen, einzuführen und zu erforschen.

### Sekundärliteratur

1. Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1983). *How Swedish pupils aged 12 - 15 years understand light and its properties*. In *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
2. Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Heidelberg: Springer.
3. Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education*. Heidelberg: Springer.
4. Berge, O. E. (2000). Das Auge im Optik-Unterricht der Sekundarstufe I. *Unterricht Physik*, 11, 10-14.
5. Calvert, S. (1993). *Socio-cognitive conflict, social marking and the development of understanding of conservation in children with moderate learning difficulties*. In *Early Child Development and Care*, 95(1), 49-62.
6. De Paolis, P., & Mugny, G. (1985). *Régulations relationnelles et sociocognitives du conflit cognitif et marquage social*. In G. Mugny (éd.), *Psychologie sociale du développement cognitif* (pp. 93-108). Berne: Peter Lang.
7. Doise, W., & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Interéditions.
8. Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
9. Flerer, M. (1996). *Early learning about light: mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program*. In *International Journal of Science Education*, 18(7), 819–836.
10. Flick, U. (1995). *Psychologie des Sozialen - Repräsentationen in Wissen und Sprache*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
11. Galili, I. (1996). *Students' conceptual change in geometrical optics*. In *International Journal of Science Education*, 18(7), 847–868.
12. Galili, I., & Hazan, A. (2001). *Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis*. In *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.
13. Gallegos Cázares, L., Flores Camacho, F., & Calderón Canales, E. (2009). *Preschool science learning: The construction of representations and explanations about color, shadows, light and images*. In *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 49-73.

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

14. Gilly, M. (1990). *Mécanismes psychosociaux des constructions cognitives. Perspectives à l'âge scolaire*. In G. Nethine (éd.), *Développement et fonctionnement cognitif chez l'enfant: des modèles généraux aux modèles locaux* (pp. 201-222), Paris: PUF .
15. Gilly, M., & Roux, J.-P. (1988), *Social marking in ordering tasks: effects and action mechanisms*. In *European Journal of Social Psychology*, 18, 251-266.
16. Girotto, V. (1987). *Social marking, socio-cognitive conflict and cognitive development*. In *European Journal of Social Psychology*, 17, 171-196.
17. Guesne, E. (1984). *Die Vorstellungen von Kindern über Licht*. In *Physica Didactica*, 11, 79-98.
18. Guesne, E. (1985). *Light*. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 10-32). Philadelphia: Open University Press.
19. Jung, W. (1987). *Verständnisse und Missverständnisse*. In *Physica Didactica*, 14, 23-30.
20. Langley, D., Ronen, M., & Eylon, B. (1997). *Light propagation and visual patterns: preinstruction learners' conceptions*. In *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
21. Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. Paris: Hachette.
22. Osborne, J., Black, P., Meadows, J., & Smith, M. (1993). Young children's ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.
23. Piaget, J. (1971). *Causalité et opérations*. In J. Piaget & Garcia (éds), *Les explications causales* (pp. 11-140). Paris: PUF.
24. Ravanis, K. (1999). *Représentations des élèves de l'école maternelle: le concept de lumière*. In *International Journal of Early Childhood*, 31(1), 48-53.
25. Ravanis, K. (2008). *Le concept de lumière: une recherche empirique sur les représentations des élèves de 8 ans*. In *Annales Scientifiques de l'Université Cuza, XII*, 147-156.
26. Ravanis, K., & Papamichaël, Y. (1995). *Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentation spontanée des élèves pour la propagation de la lumière*. In *Didaskalia*, 7, 43-61.
27. Ravanis, K., Papamichael, Y., & Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: the conception of light for ten-year old children. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
28. Ravanis, K., & Boilevin, J.-M. (2009). *A comparative approach to the representation of light for five-, eight- and ten-year-old children: educational perspectives*. In *Journal of Baltic Science Education*, 8(3), 182-190.
29. Selley, N. J. (1996). *Children's ideas on light and vision*. In *International Journal of Science Education*, 18(2), 713-723.
30. Stead, B., & Osborne, R. (1980). *Exploring students' concepts of light*. In *Australian Science Teacher Journal*, 26(3), 84-90.
31. Teles, L. & César, M. (2010). *Batiks: Another way of learning Mathematics*. In *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education - CERME 6* (pp. 1506-1516). Lyon: France.
32. Tiberghien, A., Delacote, G., Ghiglione, R., & Matalon B. (1980). *Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10 - 12 ans*. in *Revue Française de Pédagogie*, 50, 24-41.
33. Toh, K.-A., Boo, H.-K., & Woon, T.-L., (1999). *Students' perspectives in understanding light and vision*. In *Educational Research*, 41(2), 155-162.

Der Lichtbegriff bei 13-14-jährigen Schülern:  
Eine didaktische Intervention angelehnt an dem Begriff der sozialen Markierung  
Konstantinos Ravanis, Eleni Daoutsali, Katerina Nikolakopoulou, Hans-Dieter Barke

34. Wiesner, H. (1992). *Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I) – Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten*. In *Physik in der Schule*, 30(9), 286-290.
35. Zacharos, K. Ravanis, K. (2000). *The transformation of natural to geometrical concepts, concerning children 5-7 years old. The case of measuring surfaces*. In *European Early Childhood Education Research Journal*, 8(2), 63-72.

**Konstantinos Ravanis** (corresponding author), Fachbereich Erziehungswissenschaft und Vorschulpädagogik / Universität Patras, Griechenland. Kontakt: ravanis@upatras.gr

**Eleni Daoutsali**, Institut für Didaktik der Chemie / Universität Münster, Deutschland. Kontakt: eleni.daoutsali@uni-muenster.de

**Katerina Nikolakopoulou**, Fachbereich Erziehungswissenschaft und Vorschulpädagogik / Universität Patras, Griechenland. Kontakt: katnikolak@upatras.gr

**Hans-Dieter Barke**, Institut für Didaktik der Chemie / Universität Münster, Deutschland . Kontakt: barke@uni-muenster.de

Dank

Diese Publikation wurde durch die Unterstützung des "Archives Jean Piaget" der Universität Genf ermöglicht. Ein herzlicher Dank geht an den Direktor, Herrn Professor Pierre Barrouillet, an das wissenschaftliche Komitee und an die Mitarbeiter des Archivs.