

**Reihe "Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen"**

Herausgegeben von der  
**Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“**

des Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung  
der Universität Klagenfurt

Sonja Wenig

**Welle - Teilchenmodell**  
Schülervorstellungen im Alter von 13-14 Jahren

PFL-Naturwissenschaften 2000-02  
Studie  
IFF, Klagenfurt, 2002

Betreuung:  
Helmut Kühnelt

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung des BMBWK.

# Inhaltsverzeichnis

Abstrakt/Kurzfassung

## Welle - Teilchenmodell

Schülervorstellungen im Alter von 13-14 Jahren

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchungsmethoden.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Schriftliche Befragung .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>1.Interview.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>2.Interview 5 Monate später.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Die schriftliche Befragung .....</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Die Interviews .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>12</b>
<b>6.1</b>	<b>Arbeitsblatt.....</b>	<b>12</b>
<b>6.2</b>	<b>Interviewleitfaden.....</b>	<b>13</b>
<b>6.3</b>	<b>Interviewleitfaden für das 2. Interview.....</b>	<b>13</b>

# **Welle - Teilchenmodell**

Schülervorstellungen im Alter von 13-14 Jahren

## **Abstract / Kurzfassung**

In dieser Untersuchung gehe ich der Frage nach, welche Vorstellungen die Kinder in der Unterstufe zum Wesen des Lichts in den Unterricht mitbringen, und ob es gelingt, ihnen die Problematik der beiden Bilder, des Wellenbildes und des Teilchenbildes verständlich zu machen.

Die Untersuchung stützt sich auf eine Unterrichtsstunde. Zuvor wurden die Vorstellungen schriftlich erhoben. Daten zum Unterrichtserfolg wurden durch zwei von einer Kollegin geführte Interviews – 2 Wochen, bzw. 5 Monate danach - gewonnen.

Als Ergebnis stelle ich fest, dass nur ein Schüler langfristig einerseits das Denken in Modellen erfasst hat und andererseits sich an die im Unterricht gebrachten Argumente erinnert.

Sonja Wenig

BG 6

Rahlgasse 4

1060 Wien

E-mail: "Sonja Wenig" <[swenig@aon.at](mailto:swenig@aon.at)>

# 1 Einleitung

Optik ist in den letzten Jahrzehnten auf Grund der technischen Entwicklung zu einem wichtigen Bereich im Alltag geworden. Schnelle Übertragung durch optische Kabel, Lasertechnik beim Etikettlesen im Supermarkt oder beim Abtasten von CDs sind alltägliche Anwendungen, mit denen unsere SchülerInnen tagtäglich zu tun haben.

Das Kapitel Optik wird in der 8.Schulstufe in Physik gelehrt. Zufällig unterrichtete ich bis jetzt jedes Jahr eine 8.Schulstufe und jedes Jahr war ich am Ende des Kapitels mit dem Unterrichtertrag nicht zufrieden. Immer wieder ließ die Begeisterung für dieses Kapitel schnell nach und dementsprechend auch die Leistungen. So entschied ich mich, meine Studie zum Kapitel Optik zu machen, um hier Probleme zu erkennen.

Ich begann mit dem Einstieg in das Kapitel. Die meisten Schulbücher beginnen das Kapitel Optik mit den Lichtquellen. Das Licht wird als Erscheinung charakterisiert. Ich fand eine Studie von Edith Guense, die belegte dass diese Vorstellung zum Licht nicht so gut ist. Edith Guense schreibt *„Die Vorstellung, dass Licht ein Gegenstand im Raum ist, der Eigenschaften besitzt, eine Vorstellung, der der Physiker, mehr oder weniger bereitwillig, seine Zustimmung geben würde, stellt offenkundig einen Fortschritt gegenüber der Gleichsetzung von Licht mit seiner Quelle bzw. mit seiner Wirkung dar, und nicht nur eine bessere alternative Vorstellung“*<sup>1</sup>. Die Untersuchung von Guense beschäftigt sich mit Vorstellungen von Kindern im Alter von 13 und 14 Jahren über das Licht. Sie wurde als Teil eines Versuchs durchgeführt und stammt aus dem Jahr 1984. So vermutete ich dass die Motivationsabnahme der SchülerInnen vielleicht damit zu tun hat, dass sie nicht wissen, mit welchem Material oder Stoff sie es eigentlich zu tun haben.

Die Eigenschaft und die Art des Lichts beschäftigte bereits die alten Griechen. Die Frage, ob nun das Licht aus einem Teilchenstrahl besteht oder eine Wellenbewegung ist, stellten sich Wissenschaftler seit dem 17.Jh. Befürworter der Teilchentheorie war Isaac Newton und Vertreter der Wellentheorie waren Christian Huygens und Robert Hooke. Beide erarbeiteten Theorien, in denen Reflexion und Brechung erklärt wurden. Newtons großes Ansehen führte dazu, dass die Wellentheorie des Lichts von vielen Wissenschaftlern abgelehnt und die Teilchentheorie über 100 Jahre lang akzeptiert wurde. Erst mit den Arbeiten von Thomas Young und Fresnel und dem experimentellen Beweis von Foucault, dass die Lichtgeschwindigkeit in Wasser kleiner ist als in Luft, wurde die Teilchentheorie in der Mitte des 19.Jh. widerlegt. Einstein zeigte hingegen am Anfang des 20.Jh., dass der Photoelektrische Effekt nur mit dem Teilchenmodell erklärt werden konnte und damit wurde dem Licht wieder ein Teilchencharakter zugesprochen. Die Experimente von Davisson, Germer und Thompson zeigten, dass Elektronen (und wie sich später zeigte alle Teilchen) ebenfalls eine duale Natur besitzen.

---

<sup>1</sup> Guesne Edith, Die Vorstellung von Kindern über Licht, In: physica didactica 11, 2/3 (1984) 98

Können sich SchülerInnen etwas unter Welle-Teilchenmodell vorstellen? Welche Vorstellungen können SchülerInnen zum Welle-Teilchenmodell entwickeln? Wie wirkt sich dieser andere Einstieg auf das ganze Kapitel aus?

Viele Fragen entstanden und ich entschied mich die Vorstellungen meiner SchülerInnen zu diesem Modell zu untersuchen und auf die Auswirkung nicht einzugehen.

Um Antworten auf meine Frage zu bekommen, machte ich meine Untersuchung im BG/BRG Rahlgasse im 6. Wiener Gemeindebezirk mit einer 4. Klasse Gymnasium, die ich in Physik unterrichtete. Es sind insgesamt 14 Schüler und 12 Schülerinnen.

## 2 Untersuchungsmethoden

Ich begann mit einer schriftlichen Befragung der SchülerInnen (8.Schulstufe) vor dem Einstieg in den Bereich Optik. Dazu stellte ich ihnen drei Fragen und ließ sie ihre Gedanken aufschreiben. Die so erhaltenen Unterlagen wertete ich aus. (Siehe 4.1.: Schriftliche Befragung).

### Die Fragen:

- Was stellst du dir unter Licht vor?
- Welche Wirkungen hat Licht?
- Womit beschäftigt sich die Optik?

Dann unterrichtete ich eine Unterrichtsstunde und verwendete dazu das Arbeitsblatt „Es werde Licht“, das sich im Anhang befindet. Auf diesem Arbeitsblatt wird die Wellentheorie und die Teilchentheorie jeweils mit einem Satz beschrieben. Im Unterricht verwendete ich etwa 30 Minuten zu Erklärung dieser beiden Theorien.

2 Wochen nach dieser Unterrichtseinheit wurden 3 Schüler und 2 Schülerinnen von einer Kollegin interviewt. Dazu gibt es Bandaufnahmen. Der Interviewleitfaden befindet sich im Anhang. (Ausschnitte des Interviews siehe **4.2.1. Interview**) Zu den Interviews meldeten sich die SchülerInnen freiwillig.

5 Monate später wurden 3 Schüler und 1 Schülerin interviewt. Es waren die SchülerInnen vom ersten Interview. Der Interviewleitfaden für das 2.Interview befindet sich auch im Anhang. (Ausschnitte des Interviews siehe **4.3. 2. Interview**)

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Schriftliche Befragung

Diese Befragung fand vor der Unterrichtseinheit „Einführung in die Optik“ statt. Die Schülerinnen hatten davor von mir nichts zum Thema Optik gehört.

#### „Was stellst du dir unter Licht vor?“

Antworten kurz zusammengefasst	Anzahl der Schüler und Schülerinnen
Licht ist Feuer/ Licht ist Wärme	3
Licht ist hell / ein heller Schein	16
Licht ist eine Energieform	1
keine Ahnung/ weiß nicht	3
etwas das eine Quelle hat	1
Wellen	2
Gesamtzahl der Schüler	26

#### „Schreibe Wirkungen des Lichts auf?“

Hier haben Schülerinnen mehr als eine Wirkung genannt.

Antworten kurz zusammengefasst	Häufigkeit
Helligkeit	12
wir können sehen	5
Wärme	11
zuviel Licht ist für die Augen schädlich/ bei zuviel Licht wird man blind	12
Licht wird bei Pflanzen in Energie umgewandelt	1
Beleuchtung des Raumes	1
Farben erkennen	1
bestimmt die Stimmung des Menschen	3
bräunen/Sonnenbrand	5
erzeugt Schatten	1

### „Womit beschäftigt sich die Optik?“

Auch hier haben SchülerInnen mehr als eine Punkt genannt.

<b>Antworten kurz zusammengefasst</b>	<b>Anzahl der Nennungen</b>
<b>mit dem Sehen/ mit der Funktion der Augen hat was mit den Augen zu tun/Brillen</b>	20
<b>Licht</b>	6
<b>Farben</b>	4
<b>keine Ahnung/ weiß nicht / nichts dazu- geschreiben</b>	4
<b>Perspektiven</b>	1
<b>Teleskopen</b>	1
<b>Linsen</b>	2

## **3.2 1.Interview**

Die Interviews fanden nach der Unterrichtseinheit „Einführung in die Optik“ statt. Es saßen immer zwei SchülerInnen beim Interview, wobei einer der beiden nur zur Unterstützung dabei saß.

I steht für Interviewer, S für befragte Schülerin/ befragten Schüler und S2 für die Schülerin/den Schüler, die bei dem Interview dabeisitzt und aushilft.

### **Interview 1**

I: Was ist das Licht, das hier weggeht.

.....

I: Es ist schwer, ich weiß, das sind schwere Fragen, aber du sollst mir deine Vorstellungen sagen, die müssen jetzt nicht unbedingt mit den....

S: Obs Wellen oder Teilchen sind oder?

I: Ja das habt ihr auch schon gehört, ja. Wie war das denn so mit den Wellen und Teilchen?

S: Mmmmh, wir haben nur gelernt ,es gibt Wellen und Teilchen und man weiß nie genau... das man sich noch nicht genau vorstellt, wann's Teilchen, wann's Wellen sind, und wie das zusammenhängt.

...

### **Interview 2**

...

I: Was geht denn da (von der Glühbirne) eigentlich weg?

S: Das Licht

I: Habt ihr Lichttheorie kurz besprochen, wie man sich das Licht vorstellt?



S: Wir haben darüber geredet, dass das Licht sowohl Welle als auch Teilchen ist...Ja dass es sich nach allen Seiten ausbreitet.

I: Und weißt du zufällig wie diese Lichtteilchen heißen?

S: Photonen

...

### **Interview 3**

...

I: .... was geht da wirklich von der Glühbirne weg, wenn wir sagen Licht wird ausgesendet?

S: Wellen.

I: Wellen sind das; oder können es sein. Gibt es da etwas anderes? Kann man es noch anders erklären oder versucht man es noch anders zu erklären?

S: Keine Ahnung

I: Dann spring kurz ein

S2: Also Teilchen, glaub ich, also bei einem Spiegel, dass sie abprallen glaub ich.

...

### **Interview 4**

...

I: Erinnerst du dich an irgendwelche Theorie, die ihr dazugelernt habt, wie man sich Licht vorstellen kann - zwei Möglichkeiten habt ihr besprochen, wie kann Licht sein? Kannst dich nicht mehr erinnern. Entweder als Welle oder?

S: Also Welle oder....weiß nicht

...

### **Interview 5**

...

I: ... wie stellt man sich dieses Licht vor? Ich bin ja schon ein bisschen eingeweiht von der Frau Professor. Sie hat mir gesagt, ihr habt zwei Theorien dazu kennengelernt. Kannst dich noch erinnern, wie man sich dieses Licht vorstellen kann?

...

I: Entweder oder?

S: Welle

I: oder was ist sozusagen die andere

S: oder als Strahl

...

## **3.3 2.Interview 5 Monate später**

Die Interviews fanden 5 Monate nach der Unterrichtseinheit Einführung in die Optik statt. I steht für Interviewer, S für die befragte Schülerin. Ich habe hier die Ausschnitte, die von Bedeutung sind und auf die ich mich bei den Schlussfolgerungen (Abschnitt 5) beziehe, ausgewählt.

### **Interview 1**

....

I: Na noch was anderes wir haben so eine Wellentheorie des Lichts und die Teilchentheorie des Lichts gemacht.

S: Ja, ja!

I: Weißt du noch was das war, so Licht ist eine Welle - Licht ist ein Teilchen.

S: Wie war das ?...( Pause) Also eine Welle ...(Pause) ich weiß nicht mehr genau.  
I: Wellentheorie sagt dir nichts mehr? Teilchentheorie auch nicht mehr? Was ist denn eine Welle?  
S: Eine Welle ist halt was ... was sich im Raum bewegt. Wenn jetzt Licht, also Licht strahlt einmal, ja und es muss ja irgendwie ... es muss sich ja irgendwie verbreiten, das Licht, ja aber...(Pause)  
I: Was heißt, es muss sich verbreiten, an was denkst du da konkret?  
S: Weiß nicht?  
I: Wo und was heißt verbreiten? Was verbreitet sich?  
S: Na von irgendwo muss ja mal ... muss das ja  
I: Also von irgendwo muss es weggehen, das ist die Quelle.  
S: Ja, genau!  
I: Und dann meinst du, dass es sich so aufbreitet  
S: Ja.  
I: Und Teilchentheorie?  
S: Fällt mir jetzt nichts ein.  
...

## **Interview 2**

...  
I: Wie kommt das Licht von der Sonne hier auf die Erde?  
S: Das sind Strahlen die halt...(Pause)  
I: Was stellst du dir unter Strahlen vor?  
S: Ah, da gibt's die zwei Theorie, das die Strahlen Bälle sind, das sie abprallen und andere das es eine Welle ist, eine Linie.  
I: Diese Wellentheorie und die Teilchentheorie..(werde unterbrochen)  
S: Weil beim Spiegel da prallt es ab und beim Papier geht es durch - also ein „bisl“ halt.  
...  
I: Schatten wie kommt der Schatten zustande  
S: Indem die Strahlung da abprallt kann sie da hinten nicht sein und da sie nur ein bisschen durchkommt sieht man es nicht so hell, weil nicht so viel Strahlung hinkommt  
...

## **Interview 3**

...  
I: Wie kommt es denn von der Sonne zur Erde?  
S: Ein Strahl von Teilchen.  
I: Was ist ein Strahl?  
S: Keine Ahnung.  
I: Wie schauen die Teilchen aus?  
S: Die sieht man nicht.  
I: Was ist denn da der Unterschied zwischen dem Strahl und dem Teilchen. Kommen die beide vor als das?  
S: Ich glaub, viele Teilchen ist ein Strahl oder so.

## **Interview 4**

...  
I: Was ist für dich Licht?  
S: Also so kleine Lichtwellen, so helle Wellen die von der Sonne kommen oder von, also es gibt künstliche ... also ich stell es mir als so kleine Wellen vor.

I: Aha, kleine Wellen.

S: Oder auch große Wellen (lacht)

...

I: Wie kommt das Licht von der Erde zur Sonne?

S: Es fliegt

I: Es fliegt. Wie, mit Flügel?

S: Nein, durch die Strahlung!

I: Durch die Strahlung fliegt es daher. aha!

S: Ja (lacht unsicher, merkt den Widerspruch)

...

## 4 Schlussfolgerungen

Im Zuge meiner Untersuchung habe ich begonnen zu überlegen, wann ich eine Vorstellung zum Welle-Teilchenmodell als richtig akzeptiere. Wir können eine Vorstellung zu einem Tisch haben, auch wenn jeder von uns an einen anderen Tisch denkt. Wie sieht die Vorstellung zum Licht aus, die in der Physik akzeptiert wird?

Das Welle-Teilchenmodell wird von den SchülerInnen dann verstanden, wenn sie Experimente und Versuche beschreiben, in denen das Licht seinen Wellencharakter oder seinen Teilchencharakter zeigt. Wichtig ist, dass mindestens zwei Situationen beschrieben werden, in denen das Licht jeweils ein anderes „seiner Gesichter“ zeigt.

### 4.1 Die schriftliche Befragung

#### **Was ist Licht ?**

Der Grossteil der SchülerInnen erklärt Licht mit seiner Eigenschaft. Licht ist hell.

#### **Schreibe Wirkungen des Lichts auf!**

Hier wird die Helligkeit und die Gefahr für die Augen als Wirkung des Lichts am häufigsten genannt. Dass die Gefährdung der Augen durch Licht so oft genannt wird, kann ein Nachwirken der Sonnenfinsternis sein. Zu dieser Zeit wurde oft davor gewarnt in die Sonne zu schauen.

#### **Womit beschäftigt sich die Optik**

Ein Großteil der SchülerInnen glaubt, dass wir uns im Unterricht mit dem Sehen und den Augen beschäftigen werden. Hier wird ganz eindeutig an den Optiker gedacht.

In meiner nächsten 4.Klasse werde ich zu Beginn der Optik einen Optiker besuchen. Danach muss über diesen Beruf und den Beruf eines Physikers, der sich mit Optik beschäftigt, gesprochen werden, um zu einer Klarheit der Begriffe zu kommen.

Die schriftliche Befragung zeigt, dass die SchülerInnen davor noch nie etwas über das Welle-Teilchenmodell erfahren haben oder alles wieder vergessen haben.

## 4.2 Die Interviews

Das erste Interview gleich nach dem Unterricht zeigt mir in Bezug auf die Vorstellungen zum Licht nichts. Die Begriffe Welle und Teilchen verwenden 3 von 5 SchülerInnen. Welche Vorstellungen damit verbunden sind, ist nicht zu erkennen. Die Begriffe haben sie sich aus dem Unterricht gemerkt, die Frage nach der Vorstellung bleibt hier offen

Im zweite Interview nach 5 Monaten ist klarer zu erkennen, dass es kaum Vorstellungen dazu gibt. Ein einziger Schüler (Interview2) verwendet das Welle- Teilchenmodell in Zusammenhang mit unterschiedlichen Versuchen.

*Schüler: Ah, da gibt's die zwei Theorie, dass die Strahlen Bälle sind, dass sie abprallen und andere das es eine Welle ist, eine Linie.*

und ein bisschen später sagt er:

*Schüler: Weil beim Spiegel da prallt es ab und beim Papier geht es durch - also ein „bisl“ halt.*

Ich finde es wichtig in einer 8.Schulstufe mit Modellen zu arbeiten und auch auf den Unterschied zwischen Modell und Wahrheit hinzuweisen. Ich weiß, wie schwierig es für Schüler der Oberstufe ist, wenn sie vorher glaubten im Besitz der Wahrheit zu sein und wenn sie dann erfahren müssen, dass es „nur“ Modelle bzw. Theorien sind, die sie kennen. Unmut und Ärger sind die Folgen solcher späten Erkenntnisse.

Deshalb ist es wichtig, das Welle-Teilchenmodell im Unterricht einer 8.Schulstufe zu verwenden. Es zeigt zwei verschiedene Modelle nebeneinander und macht allein dadurch eine Arbeitsweise in der Physik klarer.

Die SchülerInnen sind alt genug damit umgehen zu können und es gibt keine Überforderung, wie man bei dem Schüler aus dem Interviews 2 sieht. Die anderen Schüler brauchen wahrscheinlich mehr Zeit, deshalb werde ich das nächste Mal die ganze Stunde für das Welle-Teilchenmodell verwenden.

## 5 Literatur

- Edith Guesne, Die Vorstellung von Kindern über Licht, In: *physica didactica* 11, 2/3 (1984)
- Herbert Altrichter, Peter Posch, *Lehrer erforschen ihren Unterricht*, (Klinkhardt 1998)
- Fürnstahl, Wolfbauer, Becker, Oberndrauf, Die Schildbürger. In: *Physik heute* 4 (1990), 78
- Haider, Nest, Petek, *Du und die Physik*, 4.Klasse Hauptschule und AHS (1999)
- Gollenz, Struzka, Eder, Tentschert, *Physik 4* (1999)
- Kaufmann, Zöchling, *Physik in unserer Welt 4* (1992)
- Theodor Duenbostl, Thomas Brezina, *Physik erleben 4* (1999)
- Ingrid Lewisch, *Physik in Alltag und Technik 3* (Wien 1995)
- Otto Ernst Berge, Das Auge im Optik-Unterricht der Sekundarstufe1, In: *Unterricht Physik* 56 (2000) 10-15

# 6 Anhang

## 6.1 Arbeitsblatt

### Es werde Licht



Ein alter Spruch behauptet: „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte!“ Stimmt das wirklich? Es ist erstaunlich, wie oft der Volksmund den Nagel exakt auf den Kopf trifft. Wissenschaftler konnten nämlich zeigen, dass man über die Augen 5000-mal so schnell Information aufnehmen kann wie über die Ohren (und 2000-mal so viel wie über den Tastsinn). Schau dir z. B. das Bild von M. C. Escher an. Du kannst dir vorstellen, dass es eine langwierige Aufgabe wäre, jemandem dieses Bild nur mit Worten so zu beschreiben, dass er es exakt nachzeichnen kann.



Abb. 11

Wenn jemand hinter einem Baum steht und dich ruft, dann kannst du ihn hören aber nicht sehen.

Warum kannst du um die Ecke hören aber nicht sehen?

Die Optik ist die Lehre vom Licht, sie gehört zu den ältesten Gebieten der Physik. Schon die alten Griechen stritten sich darüber, ob das Licht von den Dingen ausgeht oder ob unser Auge die Dinge abtastet.

Wodurch kannst du die zweite Theorie schnell entkräften?

Licht ist Energie, die sich als elektromagnetische Welle mit einem bestimmten Wellenlängebereich und Frequenzbereich ausbreitet. (Wellentheorie)  
Eine andere Theorie besagt, dass Licht aus kleinen Teilchen besteht, den Photonen. (Teilchentheorie)



## **6.2 Interviewleitfaden**

(Einstieg) Du hast hier eine Batterie, Lämpchen und Kabeln. Kannst du das Lämpchen zum Leuchten bringen?

1. Kannst du mir sagen, warum das Lämpchen leuchtet? (Glühdraht)
2. Was ist Licht?
3. Zeichne mir auf, wie das Licht da von der Glühbirne weggeht?
4. Was fällt dir zu folgenden Begriffen ein?  
Wellentheorie  
Teilchentheorie  
Optik

## **6.3 Interviewleitfaden für das 2. Interview**

1. Was ist Licht? Was stellst du dir darunter vor? Woraus besteht es?
2. Wie kommt das Licht von der Erde zur Sonne?
3. Worin liegt der Unterschied zwischen eine dunklen und eine hellen Raum?  
(Gefüllt mit Licht und nicht gefüllt so wie ein Schwimmbecken?)
4. Wie entstehen Schatten?