

## Weißes Licht – fachliche Klärung mittels Experteninterviews

Claudia Haagen-Schützenhöfer, Gerhard Rath, Thomas Schubatzky

Karl-Franzens Universität Graz, Fachbereich Fachdidaktik Physik, Universitätsplatz 5, 8010 Graz  
[claudia.haagen@uni-graz.at](mailto:claudia.haagen@uni-graz.at), [gerhard.rath@uni-graz.at](mailto:gerhard.rath@uni-graz.at), [thomas.schubatzky@uni-graz.at](mailto:thomas.schubatzky@uni-graz.at)

### Kurzfassung

Das Verstehen des Zustandekommens von Körperfarben stellt für viele Schülerinnen und Schüler im Anfangsoptikunterricht und darüber hinaus eine große Hürde dar. Als eine Ursache dafür gelten unangemessene Konzeptualisierungen von weißem Licht. Ziel dieses Forschungsprojekts war es, eine fachliche Klärung des Konzepts „weißes Licht“, der didaktischen Rekonstruktion von Kattmann et al. folgend, durchzuführen. Dazu wurden Literaturrecherchen in physikalischen Fachbüchern auf Universitätsniveau sowie in gängigen österreichischen Schulbüchern durchgeführt. Hinzu kamen im Rahmen eines Diplomandenseminars durchgeführte Experteninterviews mit an Universitäten forschenden Physikerinnen und Physikern und Physiklehrkräften der Sekundarstufe I. Diese Interviews wurden im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring aufgearbeitet, woraus sich sechs grundlegende Kategorien zur Definition und Elementarisierung von weißem Licht ergaben. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Überlagerung verschiedener Lichtsorten bzw. Frequenzen als gemeinsame Basis aller Definitionen finden lässt. Die gleichmäßige Verteilung der Intensitäten, die vereinzelt in Fachbüchern thematisiert wird, wurde jedoch kaum als notwendiger Aspekt einer fachlich angemessenen Definition genannt. Die Ergebnisse zeigen die unterschiedlichen Herangehensweisen und Definitionen der Experten an das Konzept „weißes Licht“ auf und liefern somit wichtige Erkenntnisse für eine didaktische Rekonstruktion für den Anfangsoptikunterricht

### 1. Forschungsstand und Motivation

Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass das Konzept „weißes Licht“, unter dem wir typischerweise Gegenstände wahrnehmen, eine Schlüsselrolle für Lernprozesse zu Körperfarben spielt [1], [2], [3]. Aktuelle Untersuchungen [4], [5], [9] zeigen, dass selbst nach dem Anfangsoptikunterricht der Begriff „weißes Licht“ als konzeptuelle Leerstelle bestehen bleibt, oder sich Hybridvorstellungen entwickeln.

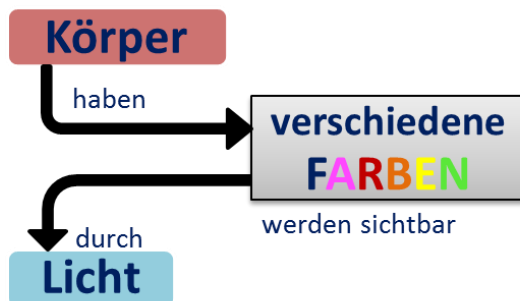


Abb.1: Vorunterrichtliche Vorstellung zum System Körper-Farben-Licht, aus [5], verändert nach [9]

Weißes Licht wird vielfach als Fachbegriff für „normales Licht“ (Sonnenlicht, Tageslicht) interpretiert, dem folgende Eigenschaften dieses „normalen

Lichts“ aus Alltagssicht zugeschrieben werden: gelblich in der Farbe und nicht in weitere Lichtfarben zerlegbar. Eine nicht fachlich angemessene ausdifferenzierte Vorstellung von weißem Licht bildet jedoch eine Hürde für das Verstehen von Farbphänomenen im Allgemeinen und von Körperfarben im Speziellen (siehe Abbildung 1). Ohne weißes Licht als Zusammensetzung verschiedener Lichtsorten zu elementarisieren kann es kaum gelingen Prozesse der selektiven Absorption und Re-Emission, die für die Entstehung von Körperfarben ausschlaggebend sind (siehe Abbildung 2), nachzuvollziehen.

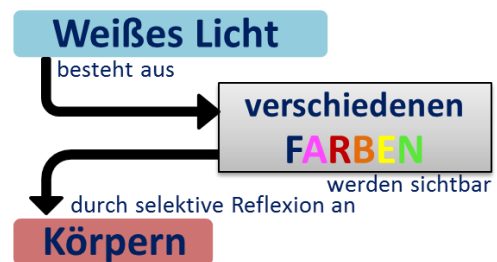


Abb.2: Erwünschtes Konzept zur Beziehung zwischen Körperfarben und weißem Licht, aus [5], verändert nach [9]

Ziel dieses Forschungsprojekts war, das Konzept „weißes Licht“, der didaktischen Rekonstruktion von Kattmann et al. [6] folgend, für den Anfangsopikunterricht in der Sekundarstufe I aufzubereiten. Als im Anfangsunterricht zu vermittelnde elementare Grundidee zum Konzept von weißem Licht wurde folgende Elementarisierung als Lernergebnis normativ festgelegt: „Weißes Licht ist eine Zusammensetzung aus allen Spektralfarben (Regenbogenfarben). Es kann in diese Bestandteile (Regenbogenfarben) zerlegt werden, z.B. mit Hilfe eines Prismas. Sonnenlicht bzw. Tageslicht sind weißem Licht ähnlich in ihrer Zusammensetzung.“ [5]. Der Lernpfad zu dieser Elementarisierung sollte bei dem allen Schülerinnen und Schülern bekannten Sonnenlicht ansetzen und eine Anknüpfungsstrategie verfolgen.

Diese erste Elementarisierung über die Begrifflichkeit des „sonnenähnlichen Lichts“ [7] wurde in Lernprozessstudien erprobt [8]. Der intendierte Lernpfad wurde so konzipiert, dass an subjektiven Alltagserfahrungen (Sonnenschein bei Regen kann zur Aufspaltung des Sonnenlichts in Regenbogenfarben führen) angeknüpft wurde, und diese dann in das objektive System der Physik schrittweise überführt wurden (klassischer Prismenversuch: weißes Licht ist sonnenähnlich und wird im Prisma aufgespaltet). „Sonnenähnliches Licht“ wurde in einer Art Brückenfunktion nur zeitweilig verwendet, bis die Lernenden den Begriff weißes Licht konzeptuell verankert hatten [4]. Trotz erster Hinweise zur Lernwirksamkeit und Anschlussfähigkeit dieses Lernpfades stieß die Elementarisierung von weißem Licht als „sonnenähnlich“ auf heterogene Reaktionen bei Expertinnen und Experten. Im Kern der Kritik stand vor allem, dass Sonnenlicht grundsätzlich tages- bzw. jahreszeitlichen Änderungen in der Zusammensetzung unterworfen ist und sein Spektrum zudem auch Absorptionslinien aufweist.

Um diesen fachlichen Bedenken Rechnung zu tragen wurde als ein Teilprojekt daher eine vertiefte fachliche Klärung durchgeführt. Neben der hierfür typischen Literaturrecherche wurden im Rahmen eines Diplomandenseminars Experteninterviews mit an Universitäten forschenden Physikerinnen und Physikern und Physiklehrkräften der Sekundarstufe I geführt.

## 2. Forschungsfragen

Folgenden drei Forschungsfragen wurde nachgegangen:

- 1) Wie definieren Physik Expertinnen und Experten weißes Licht physikalisch?

- 2) Inwiefern ist für Expertinnen und Experten die Intensitätsverteilung der einzelnen Lichtsorten oder Wellenlängen für eine korrekte Definition wichtig?
- 3) Wie stufen Expertinnen und Experten weißes Licht aus ontologischer Perspektive ein, als ein in der Realität beobachtbares Phänomen oder ein physikalisches Modell?

## 3. Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt nahmen an der Untersuchung 18 Personen teil, wovon 13 Personen männlich und 5 Personen weiblich waren. Das Sample teilte sich zur Hälfte in ausgebildete und praktizierende Gymnasialphysiklehrkräfte der Sekundarstufe I ( $m=5$ ,  $w=4$ ) und in universitär fachlich forschende Physikerinnen und Physiker ( $m=8$ ,  $w=1$ ) auf. Die Lehrkräfte verfügten über mehrjährige Unterrichtserfahrung, knapp die Hälfte von ihnen war als Lehrveranstaltungsleiter im Bereich der Fachdidaktik tätig.

## 4. Untersuchungsdesign und Methoden

In einer ersten Phase wurden gängige österreichische Schulbücher als auch Fachbücher in Bezug auf die Definition von weißem Licht untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass sich sowohl in den meisten Schulbüchern als auch in Fachbüchern auf Universitätsniveau keine explizite Definition von weißem Licht finden ließ. Des Weiteren wurden auch keine Nachweisexperimente oder dgl. angeführt. Eine der wenigen Ausnahmen bildet hier Halliday Physik [10]: „Ein Strahl weißen Lichts enthält Komponenten aller (oder fast aller) Farben des sichtbaren Spektrums in nahezu gleicher Intensität. Wir nehmen seine Farbe als Weiß wahr, nicht als irgendeine Mischfarbe.“ Diese Definition wurde als Ausgangspunkt für die zweite Phase gewählt, in der Leitfadeninterviews mit den Expertinnen und Experten durchgeführt wurden (siehe Abbildung 3).

Die Interviewleitfäden wurden im Rahmen des Privatissimums für Physiklehramtsstudierende im Wintersemester 2016/17 an der Universität Graz erstellt. Die Studierenden waren ebenso in die Erhebung selbst involviert. Nach einer Interviewschulung wurden Teams aus Studierenden gebildet, die je eine Expertin bzw. einen Experten aus dem universitären Umfeld und der Schulpraxis interviewten. Dabei wechselte die Rolle innerhalb des Teams und jede/r Studierende fungierte einmal als Interviewerin bzw. als Interviewer und einmal als Beobachterin bzw. Beobachter.

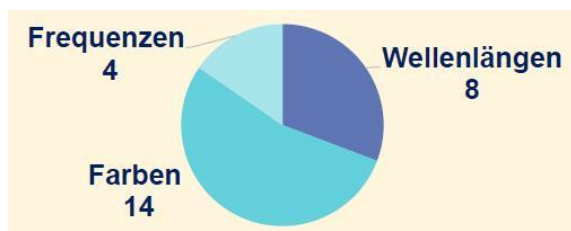


**Abb. 3:** Vorgangsweise sowie Untersuchungs- und Auswertungsmethoden

Die durchgeführten Interviews wurden mit der Transkriptionssoftware F4 teiltranskribiert, wobei sich die Analyse an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [11] orientierte. Die Kategorienbildung erfolgte im Forscherkollektiv deduktiv aus den bereits bekannten Ergebnissen der Schülervorstellungsforschung und teilweise auch induktiv aus dem Datenmaterial.

### 5. Ausgewählte Ergebnisse

Als streng physikalische Definition von weißem Licht wurde von allen Experten und Expertinnen die Überlagerung von verschiedenen Lichtsorten oder auch Wellenlängen genannt (siehe Abbildung 4). Als Beispiel: „Das Licht ist aus unterschiedlichen Farben aufgebaut, die Summe [...] gibt den Eindruck eines weißen Lichtes“. An dieser Stelle muss noch herausgestrichen werden, dass explizit nach einer physikalisch fachlich angemessenen Definition gefragt wurde und nicht nach einer für Schülerinnen oder Schüler angemessenen. Es sollte von vornherein an dieser Stelle verhindert werden, dass die gelieferte Definition bereits Einschränkungen und Vereinfachungen in Hinblick auf die Zielgruppe der Lernenden der Sekundarstufe I enthielt.



**Abb. 4:** Anzahl der Nennungen der unterschiedlichen Definitionen von weißem Licht als Überlagerung

Weniger klar war die Datenlage bezüglich der Notwendigkeit, die Gleichverteilung der Intensitäten

zwingend als Definitionsbestandteil zu verwenden. Nur zwei der 18 Expertinnen und Experten (eine Physiklehrkraft sowie eine an der Universität forschende Person) inkludierten diesen Aspekt in ihrer Definition. Dem gegenüber stellte sich allerdings bei konkreter Nachfrage sehr wohl heraus, dass der Großteil der Befragten diesem Aspekt post-hoc eine große Bedeutung beimaß. Aus den vorliegenden Daten konnte jedoch nicht abgeleitet werden, ob dieses Antwortverhalten darauf zurückzuführen war, dass die befragten Expertinnen und Experten diese Gleichverteilung von vornherein implizit mitgedacht hatten, ohne sie zu verbalisieren, oder ob die Idee diesen Aspekt völlig auszuschließen der Beweggrund war dieses Additum als bedeutsam zu deklarieren.

Die Relevanz dieser Gleichverteilung für die Zielgruppe der Schulstufe 8 wurde in einem späteren Fragenkomplex thematisiert. Hier herrschte große Einigkeit darüber, dass dieser Aspekt für diese Zielgruppe nicht von Bedeutung sei. Es wurden auch keine Bedenken bezüglich der Anschlussfähigkeit zur Wellenoptik in der Sekundarstufe II geäußert.

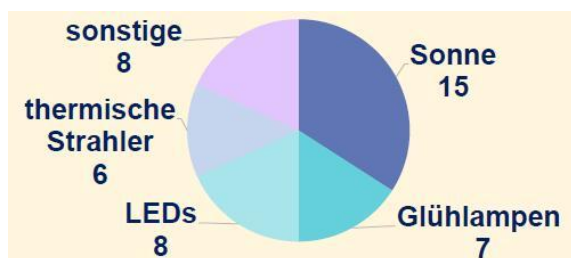
Auffallend im Zusammenhang mit der Definition von weißem Licht war jedoch, dass auch biologische und psychologische Aspekte eine große Rolle spielten. Die Interviews zeigten, dass für viele Expertinnen und Experten die subjektive Wahrnehmung von weißem Licht auch für die physikalische Definition einen wesentlichen Gesichtspunkt darstellte. Wurde dieser Interpretationsaspekt in der Formulierung einer Definition noch ausgeklammert, so wiesen die meisten Interviewpartnerinnen und -partner im Zuge des weiteren Interviewverlaufs auf die Bedeutung der individuellen Wahrnehmung von weißem Licht. Insgesamt ergab sich jedoch eine Uneinigkeit darüber, ob weißes Licht ein in der Realität beobachtbares Phänomen ist oder nicht (siehe Abbildung 5).

Rolle d. menschlichen Wahrnehmung	Kategorisierung von weißem Licht		
	real beobachtbare Entität	physikalische Definition	
erwähnt	9	4	13
unerwähnt	3	0	3
	12	4	16

**Abb. 5:** Verteilung der Antworten bezogen auf die Kategorisierung von weißem Licht sowie auf die Rolle der menschlichen Wahrnehmung

Als prototypische Quellen, welche weißes Licht oder annähernd weißes Licht emittieren, wurde vom Großteil der Befragten an erster Stelle unsere Sonne genannt, gefolgt von LEDs sowie Glühlampen und allgemein thermischen Strahlern (siehe Abbildung 6). Wurde auf LED-Lampen verwiesen, so spielte aus Sicht der Expertinnen und Experten auch hier

wieder die subjektive Wahrnehmung von Weiß eine große Rolle.



**Abb. 6:** Nennung prototypischer Quellen weißen Lichts

## 6. Schlussfolgerungen

Als gemeinsame Basis aller Definitionen zu weißem Licht fand sich die Überlagerung von verschiedenen Lichtsorten, Frequenzen oder Wellenlängen, was mit der Definition in Fachbüchern und Schulbüchern weitgehend übereinstimmt.

Die gleichmäßige Verteilung der jeweiligen Intensitäten wurde von einer Minderheit der Befragten (2) als Teil einer fachlich angemessenen Definition genannt. In Bezug auf die Experteninterviews war in diesem Zusammenhang von Interesse, dass bei konkreter Nachfrage von beinahe allen Befragten der Intensitätsverteilung eine wichtige Rolle zugesprochen wurde. Für eine Elementarisierung im Schulunterricht der Sekundarstufe 1 wurde dem Faktor Intensitätsverteilung jedoch keine große Bedeutung beigemessen. Dieser Aspekt wird auch in den meisten Fachbüchern, nicht ausgeführt, denn in den meisten Fachbüchern liegt keine explizite Definition vor. Ebenso blenden Schulbücher, die sich dem Begriff des weißen Lichts nur implizit über das klassische Prismenexperiment nähern, den Aspekt der Gleichverteilung völlig aus. Der vernachlässigte Aspekt der Intensitätsverteilung wurde in der Vergangenheit in Bezug auf die fachliche Angemessenheit der Rekonstruktion im Lehrgang von Haagen et al. [4] als „sonnenähnliches Licht“ teilweise hinterfragt. Die Ergebnisse der fachlichen Klärung unter Einbeziehung von Schul- und Fachbüchern sowie von Expertenmeinungen zerstreuen allerdings diesbezügliche fachliche Bedenken.

## 7. Fazit

Die Ergebnisse der Fach- und Schulbuchanalysen und der Experteninterviews liefern wichtige Erkenntnisse für eine didaktische Rekonstruktion von weißem Licht für den Anfangsoptikunterricht. Demnach gibt es wenige Argumente gegen den Ansatz, „sonnenähnliches Licht“ als ersten Elementarisierungsschritt zu verwenden, um an die Erfahrungen der Lernenden anzuknüpfen. Im Sinne der geforderten Anschlussfähigkeit und Angemessenheit von Elementarisierungen kann „sonnenähnliches Licht“ jedoch nur eine Brückenfunktion haben, die schließ-

lich zum abstrakteren Konzept des weißen Lichts überleitet. Deutlich wird auch, dass es notwendig ist, biologische und psychologische Aspekte im Anfangsoptikunterricht nicht auszuklammern, sondern bei den subjektiven, visuellen Erfahrungen der Lernenden anzuknüpfen und diese in die physikalische Weltansicht einzuordnen.

## 8. Acknowledgement

Besonderer Dank gilt den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Privatissimums für LAK im Unterrichtsfach Physik an der Karl-Franzens Universität Graz im Wintersemester 15/16: Alexander Della Schiava, Angelika Renz, Anna Fallmann, Christiane Pommer, Christoph Menner, Florian Heribert Schirgi, Hannes Schönlechner, Johannes Nistelberger, Klaus Leo Irgang, Linda Portscht, Manuel Feldbacher, Martin Pratl, Michael Hudimast, Monika Deller, Seagull Ondas, Silvia Thaller und Thomas Resch.

## 9. Literatur

- [1] Wiesner H: Physikunterricht an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaft* 1995; 23(2):127–145
- [2] Feher E., Meyer K.: Children's conceptions of colour. *Journal of research in Science Teaching* 1992;29(5):505–520
- [3] Eaton J., Anderson C., Sheldon T.: *Light: a teaching module*, Institute for Research on Teaching, 1986
- [4] Haagen-Schützenhöfer, C. (2014a). Students' conceptions on the nature of white light. In Dvorak, L. & Koudelkova, V. (Hrsg.), *ICPE-EPEC Conference 2013: Active learning – in a changing world of new technologies* (S.439-450). Prague.
- [5] Haagen-Schützenhöfer, C., Langer, S., Hiller, R., Klungenböck, A., Rohringer, C., Franz, G., Parzer, V., Ritt, P., Steiner, C. & Stifter, D. (2014b). Vorstellungen zu weißem Licht. DPG-Frühjahrstagung 2014. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*
- [6] Kattmann, U., Gropengießer H., Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion-Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (3), 3-18
- [7] Haagen-Schützenhöfer, C.; Fehring, I.; Rottensteiner, J. (2016): *Unterrichtsmateria-*

- lien für den Anfangsoptikunterricht (Sekundarstufe I). AECC Physik, Universität Wien
- [8] Haagen-Schützenhöfer, C.; Fehringer, I., Hopf, M. (2014): Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien: Farben. In: Bernholt, S. (Hrsg.), GDCP Jahrestagung in München 2013: Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht: LIT Verlag, S.639–641
- [9] Martinez-Borreguero G, Pérez-Rodríguez Á, Suero-López MI, et al.: Detection of Misconceptions about Colour and an Experimentally Tested Proposal to Combat them. *International Journal of Science Education* 2013;35(8):1299–1324.
- [10] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2007). *Halliday Physik – Bachelor Edition*. Weinheim: Wiley
- [11] Mayring, P. (2002) *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zum qualitativen Denken*, Weinheim: Beltz.