

Schülervorstellungen zum Regenbogen

Thomas Wilhelm*, Philipp Henninger⁺

* Institut für Didaktik der Physik, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main

⁺Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Universität Würzburg, Emil-Hilb-Weg 22, 97074 Würzburg
info@thomas-wilhelm.net, philipp.henninger@googlemail.com

Kurzfassung

Der Regenbogen kommt zwar in den Physik-Lehrplänen vor, spielt aber für den weiteren Unterricht keine Rolle. So gab es bisher keine Untersuchung zu Schülervorstellungen zum Regenbogen, obwohl Einmütigkeit besteht, dass es beim Unterrichten sehr wichtig ist, die Vorstellungen der Schüler zu kennen und zu berücksichtigen.

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit wurde ein halboffenes Schülerinterview zum Regenbogen mit Hilfe eines Interviewleitfadens durchgeführt und ausgewertet. Auf dieser Basis wurde dann ein Fragebogen erstellt und von 238 Schülern beantwortet, bevor diese das Thema in der Schule behandelten. Die Ergebnisse dieser Befragung werden vorgestellt.

1. Die Bedeutung von Schülervorstellungen

Nach der heute allgemein akzeptierten konstruktivistischen Auffassung vom Lernen spielen während des Lernprozesses die bei den Lernern im Langzeitgedächtnis bereits gespeicherten und abrufbaren Wissens-elemente und -strukturen eine entscheidende Rolle. Die empirische Forschung über Schülervorstellungen zeigte allerdings, dass Schüler im Unterricht sehr oft ungeeignete Vorstellungen aktivieren, die erfolgreiches Lernen verhindern.

So besteht heute weitgehend Konsens darin, dass es für ein erfolgreiches Unterrichten von Physik wichtig ist, die Alltagsvorstellungen der Schüler zu kennen und zu berücksichtigen. Sonst ist die Gefahr groß, dass Lehrer und Schüler aneinander vorbeireden und sich missverstehen („hermeneutischer Zirkel“) [1]. Ein Lehrer muss diese Vorstellungen einerseits kennen, um im Unterrichtsgespräch den Schüler richtig zu verstehen, und andererseits, um den Unterricht angemessen zu planen. Dies gilt sowohl dann, wenn er einen diskontinuierlichen Lernweg durch Konfrontieren plant, als auch wenn er einen kontinuierlichen Lernweg mittels Anknüpfen oder Umdeuten plant. Für die sehr alte didaktische Maxime des Anknüpfens an das Vorwissen der Schüler muss man sowohl die Schülervorstellungen kennen, die Lernschwierigkeiten hervorrufen, als auch diejenigen, an die erfolgreich angeknüpft werden kann.

In vielen Gebieten der Physik sind diese Präkonzepte der Schüler gut untersucht und heute ein Standardthema in der Lehrerbildung. Dennoch gibt es einige kleine Randthemen, zu denen keine Erhebungen vorliegen. Ein solches Thema ist der Regenbogen, zu dem den Autoren keine veröffentlichte Erhebung bekannt ist. So finden sich in der Bibliographie „Students' and Teachers' Conceptions and

Science Education“ von Reinders Duit keine Einträge zum Regenbogen [2]. Dies ist auch verständlich, da es sich hierbei nicht um ein zentrales Thema handelt. Ein Verständnis des Regenbogens muss für kein weiteres Thema vorausgesetzt werden; der Regenbogen wird stattdessen nur als Anwendung von Brechung und Dispersion behandelt. Aber dennoch gehört er zu den Standardinhalten der geometrischen Optik, ist eine beeindruckende Naturerscheinung und meist positiv besetzt. Neben dem Hauptregenbogen sind viele weitere Teilphänomene zu entdecken [3].

2. Hinweise auf Fehlvorstellungen?

Um sich dem Thema zu nähern, kann man alte Gemälde mit Regenbögen betrachten [4]. Dort findet man Fehler bezüglich der Ausrichtung des Regenbogens zur Sonne, der Form des Regenbogens, der Farbfolge und deren Umkehrung beim zweiten Regenbogen. Offen bleibt dabei, inwieweit der Maler tatsächlich falsche Vorstellungen hatte oder ob bestimmte falsche Darstellungen aus künstlerischen Gründen gewollt sind.

Eine andere Möglichkeit ist, sich heutige Bilder von Regenbögen anzusehen, z.B. im Internet. Auch hier findet man Bilder mit falscher Anordnung der Sonne und mit falschen oder umgedrehten Farbreihenfolgen. Außerdem findet man Bilder, bei denen der Regenbogen etwas Festes und Statisches ist, auf den Figuren sitzen oder rutschen können, und man findet Bilder mit einem Eimer voll Gold am Fuße des Regenbogens. Offen bleibt auch hier, inwieweit Schülern klar ist, dass dies nicht der Realität entspricht oder davon beeinflusst werden.

Gerade die umgekehrte Farbreihenfolge wurde teilweise auch bewusst eingesetzt. So wurde der Re-

genbogen mit umgekehrter Farbreihenfolge in der „New Age“-Bewegung verwendet, in der man den christlichen Regenbogen bewusst umdrehte. So findet er sich nach wie vor in manchen esoterischen Publikationen und Produkten. Genauso ist es in der Regenbogenfahne der internationalen Friedensbewegung (Rot unten, Violett oben); die Fahne ist schon seit 1961 das Symbol der italienischen Friedensbewegung. Auch bei Homosexuellen wurde die Regenbogenfahne zunächst „andersherum“ (Rot unten, Violett oben) verwendet, um das Anderssein der Homosexuellen zusätzlich zu unterstreichen, aber mittlerweile wieder umgedreht (Rot oben, Violett unten).

Streng genommen sind selbst viele Abbildungen in Schulbüchern fehlerhaft. Zur Elementarisierung werden im Regentropfen nur die Strahlen eingezeichnet, die für das Sehen des Regentropfens entscheidend sind, also die unter dem Regenbogenwinkel austreten. Dass Lichtstrahlen in vielen verschiedenen Winkeln austreten und der eingezeichnete nur der Maximalwinkel ist, ist selbst Lehramtsstudierenden höheren Semesters nicht bewusst. Viele denken auch fälschlicherweise, im Regentropfen fände eine Totalreflexion statt, da im Regentropfen nur der entscheidende, an der Rückseite reflektierte Strahl eingezeichnet wird, aber nicht der intensivere, gebrochene Lichtstrahl, der den Tropfen verlässt.

3. Untersuchungsziele und Untersuchungsplan

Der Regenbogen wird in der Regel in der geometrischen Optik in der sechsten bis achten Jahrgangsstufe behandelt, d.h. recht früh im Physikunterricht. Von Interesse ist, welche Vorstellungen und welches Vorwissen die Schüler mit in den Unterricht bringen. Deshalb wurden hier nur Schüler der sechsten Jahrgangsstufe befragt. Dabei sollte es vor allem um grundlegende Aspekte gehen, wie z.B. welche Voraussetzungen für einen Regenbogen erfüllt sein müssen, wie Regen, Beobachter, Sonne und Regenbogen angeordnet sein müssen, ob man den Fuß erreichen kann, welche Farben vorkommen und wie diese angeordnet sind. Nicht so wichtig ist, ob die Schüler schon den Nebenregenbogen (Sekundärregenbogen) und dessen umgedrehte Farbreihenfolge kennen. Alexanders dunkles Band, die Polarisierung des Regenbogens und die Interferenzbögen bzw. überzählige Farben innerhalb des Regenbogens sind dagegen interessante Aspekte des Regenbogens, die in der Regel nicht einmal Lehramtsstudierende höheren Semesters kennen, obwohl sie bei fast jedem Regenbogen gut zu beobachten sind [3].

Die Untersuchung, die im Rahmen einer Staatsexamensarbeit [5] durchgeführt wurde, bestand aus zwei Schritten. Zunächst wurde ein halboffenes Leitfadenterview mit einzelnen Schülern durchgeführt. Bei dieser Form des Interviews besteht die Möglichkeit, gezielt auf den Befragten einzugehen und eventuell neue Aspekte zum Vorschein zu bringen, an die der Untersucher zu Beginn nicht gedacht hat. Ander-

seits besteht nicht die Gefahr, dass wichtige Fragen vergessen werden.

Zum Teil wurde das Interview in der Form einer Art „Experimentalinterview“ durchgeführt, d.h. die Schüler mussten mit bereitgestellten Gegenständen die Situation nachbauen und erläutern. Dieses „klinische Interview“, in dem die Schüler beim Handeln mit Materialien beobachtet werden, geht auf Piaget zurück [6+7].

Durch ein Leitfadenterview erhält man einige Vorstellungen, die es bei Schülern gibt, sowie schülertypische Formulierungen. Aus den Ergebnissen des Interviews und den Formulierungen der Schüler wurde dann ein Multiple-Choice-Fragebogen entwickelt, der einer größeren Anzahl von Schülern vorgelegt wurde.

4. Das Leitfadenterview

4.1. Ablauf des Interviews

Interviewt wurden nur Schüler, die in der Schule noch keinerlei Optikunterricht hatten. Dies waren fünf Schüler der siebten Jahrgangsstufe und fünf Schüler der sechsten Jahrgangsstufe zweier Gymnasien. Vier Schüler waren aus Bayern und sechs Schüler aus Baden-Württemberg und es gab fünf Mädchen und fünf Jungen. Die Dauer eines Interviews betrug im Schnitt zehn Minuten. Jeder Schüler wurde einzeln in entspannter Atmosphäre durch einen Studenten befragt und jedes Interview wurde auf einem Diktiergerät aufgezeichnet, somit konnten die einzelnen Antworten der Schüler dokumentiert werden [5].

Um den Schülern die Erklärungen der Position von Regen, Sonne, Beobachter und Regenbogen zu erleichtern, wurde hierfür ein einfaches Modell mit den Schülern aufgebaut. Dieses Modell bestand aus einer gelben Pappscheibe als Sonne, einem weißen Pappkartonbogen als Regenbogen, einem Playmobil-Männchen als Beobachter und blauen Wollfäden an einem Karton als räumliches Regengebiet. Die Aufbauten der Schüler zu den Konstellationen wurden anschließend mit einer Digitalkamera festgehalten. Für die Anordnung der Farben durften die Schüler den Regenbogen auf ein Blatt Papier malen, wozu viele verschiedene Farbstifte vorhanden waren.

Die befragten Schüler zeigten nahezu alle ein großes Interesse für das Interview. Außerdem überwand die Jugendlichen im Interview sehr schnell eine Scheu, falsche Antworten zu geben, und beantworteten die Fragen sehr detailliert.

4.2. Ergebnisse im Interview

Auf die Frage nach den Voraussetzungen für die Entstehung eines Regenbogens wurde von allen Schülern Regen und Sonnenschein genannt. Im späteren Verlauf des Interviews stellte sich dann allerdings heraus, dass einige Schüler der Ansicht waren, dass es zuerst regnen und anschließend die Sonne scheinen müsse, „...und dass das halt nach

dem Regnen so ist“. Außerdem gab es die Meinung, dass der Regenbogen im verdunstendem Wasser eines Regenschauers entsteht, „weil da die Sonnenstrahlen und der Regen aufeinandertreffen. Und es da aufsteigt, der ähh die verdunsteten Regentropfen.“ Dahinter steht eine korrekte Wahrnehmung: Da bei uns Regenbögen meistens abends zu sehen sind und der Wind und damit der Regen meist von Westen nach Osten zieht, ist es tatsächlich so, dass wir oft einen Regenbogen im Osten im dortigen Regengebiet sehen, während an unserem Beobachterstandort der Regen bereits aufgehört hat.

Für die Anordnung von Sonne, Regen, Regenbogen und Beobachter gaben die Schüler unterschiedliche Antworten. Oftmals ordneten die Schüler den Regenbogen vor oder hinter dem Regengebiet an (vgl. Abb. 1), aber nie in das Regengebiet. Auch wurde die Sonne des Öfteren nicht in einer Geraden mit dem Regenbogen gebracht, sondern seitlich versetzt (vgl. Abb. 2). Die Figur des Beobachters wurde in unterschiedliche Positionen gestellt: vor oder hinter das Regengebiet oder seitlich neben das Regengebiet (vgl. Abb. 1), aber nie in das Regengebiet.

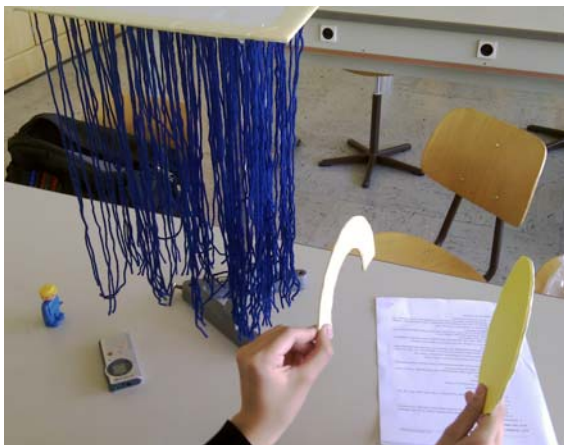


Abb. 1.: Beobachter blickt durch den Regen in die Sonne



Abb. 2.: Sonne und Beobachter seitlich versetzt

Auf die Frage, warum der Regenbogen an der gezeigten Stelle entsteht, gaben die Schüler unterschiedliche Erklärungen, wie zum Beispiel „...weil's

da jetzt vielleicht nass ist vom Regenbogen ähh vom Ding, ähh vom Regen und weil da halt genau die Sonne drauf scheint, auf den Regen.“ oder „... die Sonne geht da halt durch den Regen und dann kommt halt hinten dran der Regenbogen.“ Den Schülern ist wohl bewusst, dass der Regenbogen aus einem Zusammenspiel von Regen und Sonne beziehungsweise von Regen und Sonnenlicht entsteht, wenn auch das genaue Zusammenspiel unklar ist.

Die richtige Farbreihenfolge wurde von keinem der Schüler gemalt. Auffallend war, dass häufig violett als äußerste Farbe des Regenbogens gemalt wurde (vgl. Abb. 3), aber auch andere Farben, wie zum Beispiel gelb wurde als äußerste Farbe von Schülern gewählt (vgl. Abb. 4). Einer der Schüler malte sogar eine komplett andere Anordnung der Farben, bei der sich die Farben von links nach rechts ändern (vgl. Abb. 5).



Abb. 3: Violett als äußerste Farbe (umgekehrter Regenbogen)



Abb. 4: Gelb als äußerste Farben

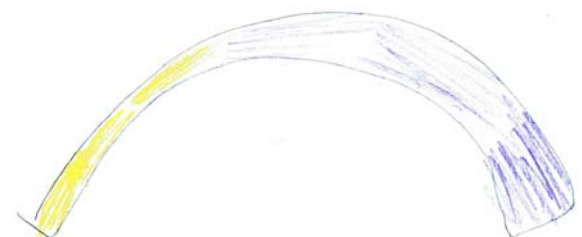


Abb. 5: Andere Anordnung der Farben

Bei der Erklärung der Entstehung der Farben eines Regenbogens wurden unter anderem etliche physikalische Fachbegriffe benutzt:

- „... ja also im Licht sind ja gewisse Farben enthalten, also so Strahlungen, und ich schätze 'mal, dass das die Hauptfarben die drinne sind vorkommen. Und dass die im Wasser, das wo runterkommt, sichtbar wird.“

- „... Rot ist die dunkelste Farbe, also zumindest die mit der niedrigsten Frequenz, die das menschliche Auge sehen kann und mmmh danach kommt orange, weil sich orange neben dem Rot anschließt beim Hellerwerden und danach würde ich sagen Gelb, weil das wird noch heller und danach kommt Blau. Und dazwischen muss Grün kommen, weil das die Übergangsfarbe zwischen Gelb und Blau ist. Und dann Violett, weil die da immer höher wird, die Frequenz.“
- „... also die Sonne bricht das Licht und dann sind da also da sind dann halt die Farben, die im Licht sind.“

Ein Schüler erwähnte bei dieser Frage den sekundären Regenbogen. „... mmhh ja es bildet immer noch ein Nebenbogen, der ist etwas schwächer“. Allerdings wurde die Ansicht vertreten, dass die Farben die gleiche Reihenfolge aufweisen. Die anderen Schüler waren sich sicher, keine weiteren Beobachtungen außer dem Primärregenbogen gemacht zu haben. Erfahrungen zeigen, dass selbst Erwachsene während dem Beobachten eines Regenbogens die Interferenzbögen und Alexanders dunkles Band erst dann sehen, wenn man sie explizit darauf hinweist.

Warum der Regenbogen rund ist, wurde von den Schülern auf unterschiedlichste Weise beantwortet:

- „... vielleicht wegen der Erdanziehungskraft“,
- „... weil die Erde rund ist“,
- „weil die Sonnenstrahlen treffen ja auf die Erde und die wird dann da so zurückgeworfen und deswegen“,
- „weil die Sonne rund ist. Da sind ja dann auch die Strahlen von der Sonne rund angeordnet, und deswegen“.

Auf die Frage, ob es ihnen möglich ist, unter dem Regenbogen durchzufahren bzw. ob man den Regenbogen zu Fuß erreichen kann, gaben die Schüler unterschiedlichste Antworten, so sagte einer der Schüler „... ich weiß jetzt nicht, ob den Regenbogen auch sieht, wenn man ganz nahe dran ist oder auch wenn man weiter weg ist. Kann sein, dass das auch irgendwie so 'ne Erscheinung ist.“. Physikalisch besser ist die Antwort: „... also eigentlich ist es unmöglich, unten drunter durchzulaufen, weil mmh weil wenn man drunter durchläuft, ist der schon wieder ein Stückchen weiter vorne.“

5. Der Fragebogen

5.1. Durchführung der Befragung

Ausgehend vom Schülerinterview wurde ein Multiple-Choice-Test erstellt [5]. Die Antwortalternativen wurden z.T. wörtlich aus den Schülerinterviews übernommen. Bei den Aufgaben zur Konstellation wurden Skizzen präsentiert, die nach den Anordnungen aus dem Interview erstellt wurden. Bei allen Aufgaben wurden den Schülern die Möglichkeit eingeräumt, auch freie eigene Antworten aufzuschreiben, was aber selten genutzt wurde. Meistens

gab es auch die Antwortmöglichkeit „Weiß ich nicht!“, die selten genutzt wurde.

Der Fragebogen wurde von insgesamt 254 Schülern aus 10 Klassen der sechsten Jahrgangsstufe ausgefüllt. Das waren neun Klassen aus vier bayerischen Gymnasien und eine Klasse aus einer bayerischen Realschule.

Das Ausfüllen des Fragebogens geschah unter Aufsicht der Lehrkräfte, die dafür Anweisungen bekamen. Da das Ausfüllen der Fragebögen gegen Ende des Schuljahres erfolgte, konnte den Schülern genügend Zeit für das Ausfüllen der Fragebogen zur Verfügung gestellt werden. Allerdings bestand auch die Gefahr, dass die Schüler den Fragebogen durch das bevorstehende Ende des Schuljahres nicht ganz ernst nahmen. So haben 16 der 254 Schüler (6 %) die Fragebögen eindeutig nicht ernsthaft ausgefüllt (alle Antworten angekreuzt, unsinnige Texte geschrieben etc.), so dass zur Auswertung 238 Fragebögen übrig blieben, die ausgewertet wurden.

5.2. Ergebnisse zu den Anordnungen

Auf die einfache Frage, was erfüllt sein muss, damit man einen Regenbogen sehen kann, gaben praktisch alle (99 %) an, dass die Sonne scheinen muss. 65 % gaben richtigerweise zusätzlich an, dass es regnen muss, während 32 % fälschlicherweise die interessante Antwort gaben, dass es vorher geregnet haben muss (siehe 4.2). Die restlichen 3 % gaben noch zusätzlich weitere Bedingungen an. Wie oben gesagt, kommt es tatsächlich häufig vor, dass der Regenbogen gesehen werden kann, obwohl das Regengebiet schon über den Beobachter hinweggezogen ist.

Dies wurde in den folgenden Fragen noch genauer spezifiziert. Zunächst wurde gefragt, was an der Stelle sein muss, an der man selber steht. 31% der Schüler gaben wieder an, dass es vorher geregnet haben muss. Dazu passt auch, dass 13 % der Schüler antworteten, dass es nass sein muss. Dass es dagegen in diesem Augenblick regnen muss, wählten 25 %. Die richtige Antwort, dass es egal ist, ob es an dieser Stelle regnet, wählten auch 25 %.

Analog wurde dann gefragt, was an der Stelle sein muss, an der der Regenbogen entsteht. 34% der Schüler gaben wieder an, dass es vorher geregnet haben muss, und 11 %, dass es nass sein muss. Dass es egal ist, ob es an dieser Stelle regnet, wählten nur 5 %. Die richtige Antwort, dass es in diesem Augenblick regnen muss, wählten 40 %.

In späteren Fragen ging es noch genauer um die Anordnung von Beobachter, Sonne, Regen und Regenbogen, wobei die Schüler aus fünf Skizzen auswählen sollten. In einer Aufgabe (siehe Abb. 6) wurde dies aus der Sicht einer weiteren Person, in einer anderen Aufgabe der Vogelperspektive (siehe Abb. 7) gezeichnet. Erschwert wurde diese Aufgaben dadurch, dass die Skizzen auf dem Fragebogen zu klein waren.

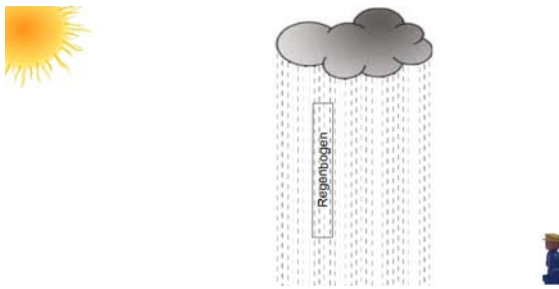


Abb. 6: Die am häufigsten gewählte Alternative (27 %) bei seitlicher Perspektive



Abb. 7: Die am häufigsten gewählte Alternative (26 %) bei der Vogelperspektive

Bei der seitlichen Perspektive gaben 20 % der Schüler die richtige Anordnung mit der Sonne im Rücken und dem Regenbogen in der Front im Regengebiet an. Weitere 16 % entschieden sich für die gleiche Anordnung, aber mit den Regenbogen vor der Regenwand. 56 % wählten eine Anordnung, bei der der Beobachter durch den Regen auf die Sonne schaut (18 % Regenbogen hinter der Regenwand, 27 % in der Regenwand (Abb. 6), und 11 % vor der Regenwand).

Bei der Vogelperspektive gaben 14 % der Schüler die richtige Anordnung mit der Sonne im Rücken und dem Regenbogen in der Front im Regengebiet an. Weitere 22 % entschieden sich für die gleiche Anordnung, aber mit den Regenbogen vor der Regenwand. Mit 26 % wählten die meisten die Anordnung, bei der der Beobachter durch den Regen auf die Sonne schaut (Abb. 7), wobei es hierbei leider nur die Alternative gab, dass der Regenbogen im Regengebiet ist. Weitere 21 % wählten eine Anordnung, bei der sich Beobachter, Sonne, Regen und Regenbogen nicht in einer Linie befinden.

Nun stellt sich auch die Frage, wie konsistent die Schüler antworteten. Dabei gibt es allerdings das Problem, dass nicht zu jeder Antwortmöglichkeit in einem Item auch eine entsprechende Antwortmöglichkeit in den anderen existierte. Bei dichotomer Auswertung (richtig-falsch) korrelieren die beiden Skizzen-Items zur Anordnung mit 0,56 mittel und signifikant. Die Korrelationen mit dem Textitem sind viel geringer: 0,22 bzw. 0,07.

Von den 40 % Schülern, die beim Textitem korrekt angaben, dass es an der Stelle, an der der Regenbogen entsteht, regnen muss, gaben 57 % auch bei der Skizze aus der seitliche Perspektive irgendeine dazu passende Antwort und 46 % bei der Skizze aus der Vogelperspektive. Auch innerhalb der beiden Skiz-

zen-Items waren viele Schüler nicht konsequent (siehe Tab. 1). So lässt sich konstatieren, dass viele Schüler nicht konsistent geantwortet haben, also wohl keine feste Vorstellung haben, sondern erst im jeweiligen Kontext eine Vorstellung erzeugen. Dies ist aus der Schülervorstellungsforschung auch aus anderen Bereichen der Physik bekannt.

Konstellation \ Item	Seitliche Perspektive	Vogelperspektive	beide Items
Richtig	20 %	14 %	11 %
Sonne - Beobachter - Bogen - Regen	16 %	22 %	9 %
Sonne - Regen mit Bogen - Beobachter	27 %	26 %	16 %

Tab. 1: Häufige Antworten zur Konstellation

In einem weiteren Item wurden Erklärungsvorschläge für das Entstehen eines Regenbogens gegeben. Mit 36 % gaben die meisten an, dass sich die Sonne im Regenbogen spiegelt. Die richtige Antwort, dass der Bogen in den angestrahlten Regentropfen entsteht, gaben 20 %. Für 32 % der Schüler entsteht der Regenbogen durch die Sonne und das verdunstende Wasser. 4 % gaben an, dass der Regenbogen von der Sonne in die Wolken gemalt wird, und 3 %, dass sich die Sonne in einem See spiegelt.

Bei der Frage nach dem Fuß des Regenbogens waren den Schülern mehrere Antworten erlaubt. 48 % gaben (u.a.) richtig an, dass der Regenbogen sich mit dem Beobachter bewegt (21 % nur diese Antwort). 26 % der Schüler waren der Ansicht, dass der Regenbogen verschwindet, bevor er erreicht werden kann (8 % nur diese Antwort), und 59 % sind davon überzeugt, dass der Regenbogen kein Ende hat (29 % nur diese Antwort). Dass sich am Ende des Regenbogens etwas Kostbares befindet, gaben nur 3 % der Schüler an. Entsprechende Märchen können also als solche erkannt werden.

5.3. Ergebnisse zum Aussehen

Bei der Frage nach der Anordnung der Farbbereiche gaben alle bis auf einen Schüler konzentrische Kreise an. Dieser eine Schüler wählte horizontale Streifen. Ein Anordnung von links nach rechts wie im Interview (Abb. 5) wurde nicht gewählt.

Bei der Frage, welche Farben im Regenbogen vorkommen, waren 16 Farben vorgeschlagen. 11 % der Schüler wählten vier Farben aus, 20 % fünf Farben, 28 % sechs Farben, 18 % sieben Farben, 10 % acht Farben, 7 % neun Farben und wenige etwas anderes. Am Häufigsten wurde Gelb (96 %), Rot (93 %) und Blau (87 %) gewählt (siehe Tab. 2). 5 % der Schüler gaben aber auch mindestens eine Farbe an, die im Regenbogen nicht zu finden ist (Braun, Gold, Weiß, Schwarz, Silber).

Gelb	96 %
Rot	93 %
Blau	87 %
Grün	79 %
Orange	75 %
Lila	55 %
Violett	53 %
Hellgrün	35 %
Hellblau	33 %
Pink	15 %
Flieder	6 %

Braun	4 %
Gold	2 %
Silber	1 %
Schwarz	1 %
Weiß	1 %

Tab. 2: Angegebene Farben

Des Weiteren sollten die Schüler die ausgewählten Farben in die richtige Reihenfolge bringen. 27 % der Schüler beantworteten diese Frage nicht, da sie wohl keine Idee hatten. 8 % wählten die richtige Farbreihenfolge (mit Rot außen und Violett innen). 16 % gaben zumindest eine Reihenfolge an, wie sie im Farbkreis vorkommt (8 % von Gelb über Rot nach Blau, 5 % von Blau über Rot nach Gelb), während 54 % fehlerhaft durch den Farbkreis gingen oder sogar eine Reihenfolge ohne erkennbares Muster angaben. Das bedeutet, dass es nicht genügt, den Schülern mitzuteilen, welche Farbe innen und welche außen liegt, da viele die Farbreihenfolge im Spektrum nicht nennen können. Als Randfarbe (innen oder außen) wurde am häufigsten Gelb und Blau gewählt, was jeweils falsch ist.

Bei den Fragen, ob man unter- oder oberhalb des eigentlichen Regenbogens etwas beobachten kann, waren neben „nichts“ nur die Alternative „weiterer Regenbogen“ und eine freie Antwortmöglichkeit gegeben. 44 % gaben unterhalb des eigentlichen Regenbogens einen weiteren Regenbogen an, während 47 % unterhalb es Regenbogens keine mögliche Beobachtung vermuten. Dagegen erwarten nur 29 % einen weiteren Regenbogen oberhalb des eigentlichen Regenbogens und 59 % keine Beobachtung oberhalb. Das bedeutet, dass zwar viele Schüler wissen, dass es einen zweiten Regenbogen geben kann, aber nicht, welches dann der „eigentliche“ Regenbogen ist. Weitere Fragen, ob es unter- bzw. oberhalb des Regenbogens heller oder dunkler ist, ergaben kein eindeutiges Bild.

Auf die Frage, wie die Farben des Regenbogens entstehen, gaben mit 44 % ein Großteil der Schüler an, dass die Aufteilung von Licht im Wasser geschieht. 16 % wählten eine Spiegelung des Sonnenlichts für die Ursache und 21 % entschieden sich für die Aufteilung des Lichts an der Grenzfläche von Licht und Wasser, während 15 % keine Antwort abgaben.

6. Schlussfolgerungen

Da viele Schüler davon ausgehen, dass es vor dem Erscheinen des Regenbogens geregnet haben muss, sollte man im Unterricht auch darauf eingehen, warum man den Regenbogen häufig nach dem Regen sieht. Bei der Besprechung der richtigen Anordnung sollte der Lehrkraft bewusst sein, dass etliche Schüler davon ausgehen, dass man durch den Regen in Richtung Sonne schauen muss.

Andererseits ist davon auszugehen, dass allen Schülern klar ist, dass der Regenbogen nichts Festes ist und man ihn nicht erreichen kann, sondern er durch das Zusammenspiel von Sonne und Wasser entsteht.

Allen Schülern ist klar, dass die Farben konzentrische Kreise bilden. Welche Farben aber enthalten sind und in welcher Reihenfolge diese vorkommen, wissen nur sehr wenige Schüler.

Interessant wäre nun, den gleichen Fragebogen nach dem Optikunterricht einzusetzen, um zu sehen, wo und inwieweit sich durch den Unterricht etwas verändert hat. Eine solche Untersuchung steht noch aus.

7. Literatur

- [1] Duit, Reinders (2009): Alltagsvorstellungen und Physik lernen – In: Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, S. 605 - 630
- [2] Duit, Reinders: Bibliography - STCSE. Students' and Teachers' Conceptions and Science Education, <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- [3] Vollmer, Michael: Lichtspiele in der Luft - atmosphärische Optik für Einsteiger, Spektrum Elsevier, München 2005, S. 101 - 150
- [4] Scheffler, Marc; Strahl, Alexander: Faszination Regenbögen - Brücke zwischen Physik und Kultur? - In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Hannover 2010, <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/160/142>, 2010
- [5] Henninger, Philipp: Schülervorstellungen zum Regenbogen, Schriftliche Hausarbeit für die erste Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen, Uni Würzburg, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Regenbogen.htm>
- [6] Kubli, Fritz: PIAGET's Methode des „klinischen Interviews“ und ihre Bedeutung für die Reflexion des Physikunterrichts. In: Reinders Duit, Walter Jung, Helga Pfundt: Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht, Aulis Verlag, Köln, 1981, S. 223 - 240
- [7] Duit, Reinders: Übersicht über einige allgemeine Probleme der Erfassung von Vorstellungen. In: Reinders Duit, Walter Jung, Helga Pfundt: Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht, Aulis Verlag, Köln, 1981, S. 182 - 195