



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Regionalwettbewerb Jugend forscht

HANNOVER



Simulation von Rotgrünblindheit

Tilman Grunwald
Anneliese Mohr
Dam Linh Tran

Schule:

Kaiser-Wilhelm- und Ratsgymnasium

Simulation von Rotgrünblindheit

Tilman Grunwald, Anneliese Mohr, Dam Linh Tran

Betreuer: Dr. Lutz Wiehlmann

Jugend Forscht Regionalwettbewerb Hannover

Kaiser Wilhelm- und Ratsgymnasium Hannover

Jahrgang 11

Kurzfassung

Jeder hat sich bestimmt schon einmal gefragt wie andere Menschen die Welt mit den Augen wahrnehmen und, ob sie mit der eigenen Wahrnehmung übereinstimmt. Besonders interessant finden wir hierbei die visuelle Wahrnehmung von Rotgrünblinden. Denn, dass Rotgrünblinde die Welt anders wahrnehmen, ist offensichtlich. Wie genau sie die Welt aber wahrnehmen, ist wesentlich schwieriger zu beantworten. Unser Ziel für das Jugend-Forscht-Projekt ist es, diese Frage am Ende der Forschungen beantworten zu können.

Dieses Ziel versuchen wir durch das Konstruieren einer Lichtquelle zu erreichen. Diese Lichtquelle soll die Eigenschaft haben, dass in einem abgedunkelten Raum ein Normalsichtiger Rotgrünblindheit erfährt. Die Funktionsweise und Konstruktion dieser Lichtquelle versuchen wir möglichst einfach zu halten, damit die Apparatur einfach nachzubauen ist und jedem Neugierigen die Welt wortwörtlich in ein neues Licht rückt.

Das gewöhnliche Licht bearbeiten wir in der Art, dass wir die Wellenlängen, die Rotgrünblinde nicht wahrnehmen bzw. unterscheiden können herausfiltern. Zurück bleibt nur noch das Licht, das ein Rotgrünblinder wahrnimmt, und soll einem Normalsichtigen den Eindruck eines Rotgrünblinden vermitteln.

Als Materialien werden voraussichtlich einige Lampen, Interferenzfilter, Polarisationsfilter und eine Zylinderlinse verwendet werden. Wir erkennen jedoch die Problematik der Filter, da diese nicht zwingend in jedem Haushalt vorhanden sind und deshalb nur für diesen Versuch angeschafft werden müssen. Dies widerspricht leider unserem Vorsatz, den Versuch möglichst reproduzierbar zu machen, aber dies scheint uns als Ansatz am simpelsten.

GLIEDERUNG

- 1. EINLEITUNG**
- 2. VORGEHENSWEISE, MATERIALIEN UND METHODE**
- 3. ALTERNATIVE VORGEHENSWEISEN**
 - 3.1. Prisma**
 - 3.2. Smartphone Brille**
 - 3.3. Brille**
- 4. ERGEBNISSE**
 - 4.1. Interferenzfilter**
 - 4.2. Prisma**
- 5. ERGEBNISDISKUSSION**
- 6. ZUSAMMENFASSUNG**
- 7. DANKSAGUNG**
- 8. QUELLEN UND LITERATURVERZEICHNIS**

1. Einleitung

Wie bereits beschrieben sind wir äußerst neugierig, wie ein Rotgrünblinder seine Umgebung wahrnimmt. Desweiteren erzählte uns unser Betreuer, dass die Medizinische Hochschule Hannover (MHH) ein Personenleitsystem verwendet, welches für in der Farbwahrnehmung gestörte Menschen sehr unvorteilhaft ist (Abb.1). Dieses verwendet nämlich für Unterschiedliche Abteilungen gleiche Symbole in unterschiedlichen Farben. Mit unserem Projekt wollen wir deswegen auch auf derartige Probleme hinweisen, denn Farbfehlsichtige werden zu oft im Alltag nicht berücksichtigt.

Mit unserem Projekt verfolgen wir die Absicht die Probleme von Rotgrünblinden im Alltag zu zeigen und die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf diese Missstände zu lenken. Aber um ihre Problematik zu verstehen, müssen wir die Welt aus ihrer Perspektive betrachten. Unser Projekt ist dazu da, dieses zu realisieren und zwar auf einem analogen Weg ohne Verwendung von Smartphones oder ähnlichem, obwohl uns auch eine Idee kam, wie Rotgrünblindheit mithilfe eines Smartphones simuliert werden kann.

Unsere Forschung basiert auf den Absorptionskurven der Zapfen im menschlichen Auge (Abb.2). Dabei untersuchen wir besonders den Unterschied zwischen den Absorptionskurven von Rotgrünblinden und Normalsichtigen. Bei Rotgrünblinden sind die Rot-Zapfen (auch: S-Zapfen) oder Grün-Zapfen (auch: M-Zapfen) mutiert oder fehlen vollständig. Dies hat zur Folge, dass bei der Mutation die Kurve des S- oder M-Zapfen leicht in Richtung der Kurve des jeweils anderen Zapfen verschoben wird, und Überschneidungen entstehen. Der Bereich der eindeutig unterscheidbaren Wellenlängen nimmt ab. Durch das Fehlen eines gesamten Zapfentyps fällt logischerweise die gesamte zum Zapfen gehörige Kurve weg. Die entsprechenden Wellenlängen werden gar nicht wahrgenommen.

Um für einzelne Wellenlängen den Anteil des Lichtes, welcher nach unserer Filterung vorhanden sein soll, zu errechnen, nutzen wir die Absorptionswerte der Zapfen. Beim Sehen wird die Farbe durch die Zapfen ermittelt. Alle Zapfen auf einem Sichtpunkt liefern abhängig von der Wellenlängen Absorptionswerte, welche das Gehirn verarbeitet. Dort

Personenleitsystem
MEDIZINISCHE HOCHSCHULE HANNOVER

1 2	Anästhesiologie	1 2	Lungenfunktionslabor
1 2	Aufnahme/ Allgemeinmedizin	1 2	Nephrologie
1 2	Augenheilkunde	1 2	Neuroradiologie
1 2	Betriebsarzt	1 2	Neurochirurgie
1 2	Diagnostische Radiologie	1 2	Neurologie und Neurophysiologie
1 2	EKG	1 2	Notfallaufnahme
1 2	Endokrinologie	1 2	Nuklearmedizin
1 2	Endoskopie	1 2	Physikalische Medizin
1 2	Gastroenterologie und Hepatologie	1 2	Pneumologie
1 2	Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde	1 2	Psychosomatik und Psychotherapie
1 2	Hämatologie und Onkologie	1 2	Rheumatologie
1 2	Humangenetik	1 2	Strahlentherapie und spez. Onkologie
1 2	Kardiologie und Angiologie	1 2	Thorax-, Herz- u. Gefäßchirurgie
1 2	Kinderheilkunde	1 2	Transfusionsmedizin
1 2	Klinik Phoniatrie und Pädaudiologie	1 2	Unfallchirurgie
1 2	Klinische Immunologie	1 2	Urologie
1 2	Klinische Psychiatrie/ Sozialpsychiatrie	1 2	Viszeral- und Transplantationschirurgie
1 2	Kuratorium für Heimdialyse	1 2	Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
1 2	ev./kath. Seelsorge	1 2	WC

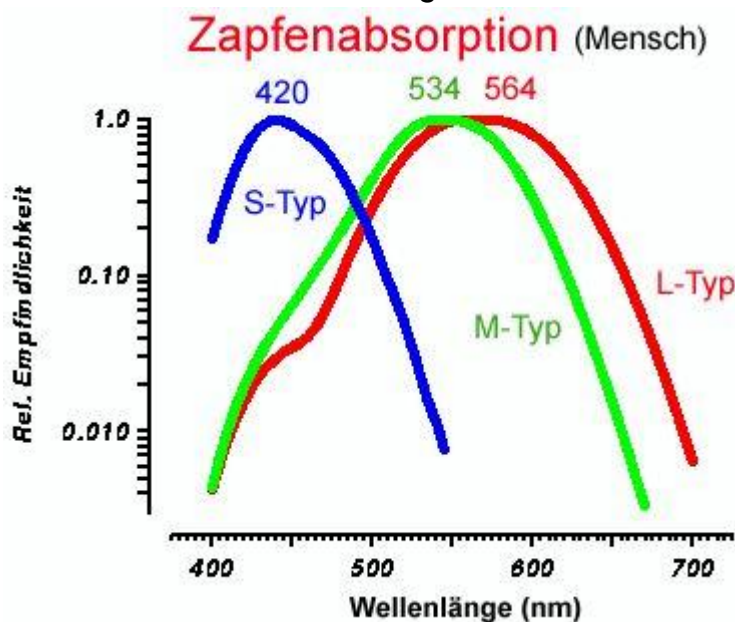
1 Abteilungsleitung
Tel.: (0511) 532
2 Ambulanz/Poliklinik
Tel.: (0511) 532

(Abb. 1) Personenleitsystem der MHH

http://www.transplantationsbegleitung.de/5_9_1.html

werden die Absorptionswerte addiert und liefern eine Gesamtabsorption und so den Farbwert des Sichtpunktes. Hierbei gibt es im Auge drei unterschiedliche Zapfentypen, die L-, die M- und S-Zapfen, welche unterschiedliche Absorptionswerte bei gleicher Wellenlänge liefern. Nun sind wir in der Lage für einzelne Wellenlängen eine Gesamtabsorption zu berechnen, indem wir die Absorptionswerte der einzelnen Zapfentypen für diese Wellenlänge addieren und gleichzeitig ungefähr danach gewichten, wie häufig die entsprechenden Zapfen im Auge vorkommen. Bei Rotgrünblinden sind die Absorptionswerte anders als bei normalsichtigen Menschen, also auch die Gesamtabsorption und dies versuchen wir durch unsere Lichtquelle auszugleichen.

Der Anteil des Lichtes einer Wellenlänge, welcher durchgelassen wird, muss also so groß sein, dass der Anteil, multipliziert mit der Gesamtabsorption eines Normalsichtigen bei dieser Wellenlänge die Gesamtabsorption eines Rotgrünblinden bei dieser Wellenlänge ergibt. Hieraus ergibt sich ein Anteil, welcher sich als Gesamtabsorption eines rotgrünblinden Menschen geteilt durch die Gesamtabsorption eines normalsichtigen Menschen errechnen lässt. Hierbei ergeben sich bei einigen Wellenlängen Anteile, welche größer als eins sind. Da wir nicht mehr Licht durchlassen können, als vor dem Filtern vorhanden ist, multiplizieren wir alle Anteile mit einer Konstanten, möglich wäre zum Beispiel 0,5. Dadurch verändert sich nichts an den Verhältnissen des Lichtes der einzelnen Wellenlängen, also auch die Farbzusammensetzung, nicht. Der Raum wird nur dunkler, da weniger Licht vorhanden ist, die Anteile werden jedoch alle kleiner als eins und können so als Anteil des einfallenden Lichts durchgelassen werden.



(Abb.2) Absorptionswerte der Zapfen im menschlichen Auge

2. Vorgehensweise, Materialien und Methode

Der Versuchsaufbau besteht aus mehreren Lampen. Vor jeder Lampe wird jeweils ein unterschiedlicher Interferenzfilter platziert, der nur einen bestimmten Bereich von Wellenlängen durchlässt. Insgesamt soll das gesamte sichtbare Spektrum vertreten sein. Um jetzt Rotgrünblindheit nachzuahmen, werden die wie oben beschrieben berechneten Wellenlängen mithilfe von Polarisationsfiltern in ihrer Helligkeit reguliert. Diese befinden sich von der Lampe aus gesehen hinter den Interferenzfiltern. Die verschiedenen Wellenlängen werden nun mit einer Zylinderlinse zusammengefasst. Durch das Zusammenfassen entsteht hoffentlich ein annähernd weißes Licht, mit dem dann ein abgedunkelter Raum ausgeleuchtet wird. Der Raum muss vollständig abgedunkelt sein und es dürfen sich keine weiteren Lichtquellen in dem Raum befinden. Diese könnten mit von uns ungewünschten Wellenlängen den Effekt verfälschen. Denn besagtes Licht stört das von uns konstruierte Verhältnis der Wellenlängen.

Bei den Interferenzfiltern handelt es sich um Bandpassfilter, die jeweils angrenzende Wellenlängen-Bereiche durchlassen sollen. Ein Filter beschränkt sich dabei auf nur einen Bereich, während alle anderen Wellenlängen außerhalb dieses Bereiches absorbiert oder reflektiert werden. Alle angrenzenden Bereiche zusammengesetzt sollen das gesamte für den Menschen sichtbare Spektrum abdecken.

Die Polarisationsfilter werden nach den Interferenzfiltern eingesetzt, um die herausgefilterte Wellenlänge in ihrer Helligkeit anzupassen. Dabei werden alle Wellenlängen in ein genau berechnetes Verhältnis zueinander gebracht. Dieses Verhältnis orientiert sich dabei an der Summe der Absorptionskurven eines Rotgrünblinden.

Um die einzelnen Wellenlängenbereiche in einen Lichtstrahl zusammenzufassen, verwenden wir eine Zylinderlinse. Damit der Lichtstrahl am Ende möglichst gleichmäßig wird, müssen alle eintretenden Lichtstrahlen parallel zueinander sein und senkrecht auf die Linse treffen. Das bedeutet, dass wir alle Lampen parallel zueinander in eine Richtung zeigend aufstellen müssen. Das gebündelte Licht der Zylinderlinse streuen wir dann im abgedunkelten Raum.

Für den Versuch verwenden wir genau vier Lampen, vier Interferenzfilter und vier Polarisationsfilter. Die vier Lampen werden in zwei Reihen mit

jeweils 2 Lampen auf einander gestapelt, während sie die oben genannten Bedingungen erfüllen.

Die Interferenzfilter werden abhängig von der Art der Rotgrünblindheit gewählt (Protanopie, Deutanopie, Protanomalie und Deuteranomalie). Die Einstellungen der Polarisationsfilter werden auch anhand der Art der Rotgrünblindheit berechnet.

3. Alternative Vorgehensweisen

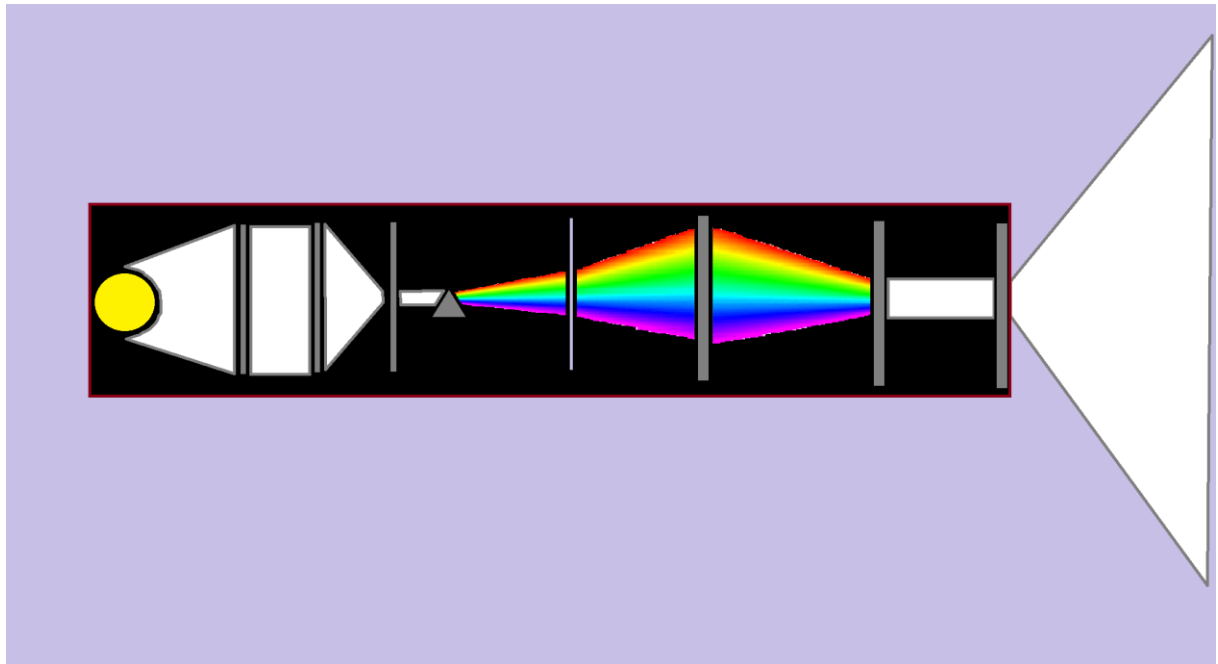
3.1 Prisma

Ursprünglich verfolgten wir einen anderen Ansatz, der nur eine Lampe benötigte, aber sehr viel komplizierter vom Aufbau war und sehr viel Licht beim Filtervorgang verloren geht. Dies hat zur Folge, dass es uns nicht mehr möglich ist, einen Raum auszuleuchten und den visuellen Unterschied deutlich zu machen.

Der Aufbau (Abb. 3) bestand aus einer sehr leistungsstarken Lampe, deren Licht mithilfe eines Geradsichtprismas gespalten wird. Um die Lichtausbeute zu maximieren, muss das Licht aber vollständig und parallel auf das Prisma fallen, was eine Herausforderung in der Werkstellung darstellt. Als nächstes legen wir eine mit schwarzen Streifen bedruckte Klarsichtfolie in das herausfallende Licht des Prismas. Mit den schwarzen Streifen, können wir bestimmte Wellenlängen des Spektrums blockieren und so herausfiltern. Der Anteil der gefilterten Wellenlänge lässt sich durch Anpassung der Länge des Striches regulieren. Ein von oben bis unten verlaufender Streifen blockiert 100% des Lichts, ein halb so langer 50% etc.

Nach dem Herausfiltern und Regulieren der Wellenlängen werden diese mithilfe einer Zylinderlinse in nahezu weißes Licht gebündelt. Dabei kann kein vollständig weißes Licht mehr entstehen, weil zuvor die quantitativen Verhältnisse der Wellenlängen zueinander geändert wurden. Dieses bearbeitete Licht wird nun im abgedunkelten Raum gestreut und soll Rotgrünblindheit simulieren.

Durch die Verwendung von nur einer Lampe reichte das Licht auch ohne das Filtern von Wellenlängen nicht aus, um einen Raum auszuleuchten. Desweiteren muss der Versuch sehr genau aufgebaut werden und ist somit für unsere Schulmaterialien nicht geeignet.



(Abb.3) Aufbau v.L.n.R.: Lampe, Linsensystem zum Parallelisieren und verkleinern des Strahls, Geradsichtprisma, Folie, Linsensystem zum Bündeln des Lichts und anschließenden Streuen (skizziert von Dam Linh Tran)

3.2 Smartphone Brille

Ein anderer Ansatz ist eine digitale Möglichkeit, die Idee umzusetzen. Die Idee lehnt dabei an die Virtuelle Realität (VR) an. Dabei wird eine Kamera-App für das Smartphone geschrieben, mit der die aufgenommenen Daten der Kamera als zwei Bildschirme auf dem Smartphone angezeigt werden. Wird das Smartphone nun in eine VR-Brille für das Handy gelegt, wie zum Beispiel ein Samsung Galaxy S7 in eine Samsung Gear VR, läuft man ohne einen wirklichen Unterschied durch die Welt.

Als nächstes werden die aufgenommenen Farbwerte modifiziert bevor sie an das Display weitergeleitet werden. Dabei werden die Farben, die ein Rotgrünblinder nicht erkennen kann, durch Farben ersetzt, die er an ihrer Stelle sieht, ersetzt. Dies hat den Effekt, dass der Proband mithilfe der VR-Brille wie ein Rotgrünblinder diese Farben nicht unterscheiden kann.

Vorteile dieser Methode sind unter anderem, dass man als Proband nicht nur auf einen Raum beschränkt ist, sondern mithilfe der Brille überall wie ein Rotgrünblinder sehen kann. Desweiteren ist dieser Ansatz wesentlich einfacher reproduzierbar und kann von jeder Person als App auf sein Smartphone geladen werden. Benötigt wird nur noch eine Art "Brillenrahmen".

Wir entschieden uns jedoch gegen diesen Weg, da wir uns nicht sicher waren, ob der Effekt der gleiche bleibt. Bei einem Display werden Farbeindrücke durch Mischung der Farben Rot, Grün und Blau erzeugt. Der Unterschied zu den anderen Lösungsmöglichkeiten besteht darin, dass das Auge die entsprechenden Wellenlängen tatsächlich wahrnimmt oder auch nicht wahrnimmt, während dem Auge hier der Farbeindruck durch Mischung von Rot, Grün und Blau vermittelt wird. Problematisch ist jedoch, dass wir uns nicht sicher sein können, welche Farben dargestellt werden sollen. Dieses Projekt zielt nämlich genau darauf ab, herauszufinden was ein Rotgrünblinder sieht und nicht etwas, was wir bereits wissen, in eine App zu schreiben.

Der nächste Grund, warum wir uns gegen diesen Ansatz entschieden, ist die Inkonvenienz unserer beschränkten Programmierfähigkeiten. Schwierig wird das Zugreifen auf alle Rot-, Grün- und Blau-Werte der Kamera und das Bearbeiten.

3.3 Brille

Als letzten möglichen Ansatz verfolgten wir die Idee einer Brille. Dieser Ansatz hat auch den obigen genannten Vorteil, dass der Proband nicht auf einen Raum beschränkt ist. Desweiteren ist dieser Ansatz nicht auf Elektrizität angewiesen.

Die Funktionsweise ist ähnlich zu unserem ausgewählten Ansatz. Als Brillengläser werden Filter eingesetzt, die Wellenlängen herausfiltern. Auch hier handelt es sich um die Wellenlängen, die ein Rotgrünblinder nicht unterscheiden kann. Um mehrere Wellenlängen filtern zu können, werden mehrere Filter nacheinander geschaltet, die jeweils eine Wellenlänge bearbeiten.

Gegen diesen Ansatz spricht jedoch, dass Wellenlängen mithilfe von Interferenzfiltern entweder annähernd vollständig durchgelassen oder geblockt werden können. Da aber auch teilweise prozentuale Anteile von Wellenlängen benötigt werden, scheidet dieser Ansatz automatisch aus. Polarisationsfilter lassen sich hier nämlich nicht verwenden, da der Polarisationsfilter das gesamte Licht, das durch das Brillenglas fällt, beeinflussen würde.

4. Ergebnisse

4.1 Interferenzfilter

Da wir beim Verfassen dieses Textes noch mitten in unseren Forschungen stecken, lässt sich noch nicht mit Sicherheit sagen, dass die Forschungen Früchte tragen werden.

Als zwischen Ergebnis lässt sich jedoch festhalten, dass der Aufbau sehr genau sein muss und deswegen auch nicht zur Reproduzierbarkeit zu Hause beiträgt.

Bisher ist es uns aber gelungen, einzelne Wellenlängenbereiche mithilfe der Interferenzfilter herauszufiltern. Wir sind jedoch leider noch nicht in Besitz aller benötigten Interferenzfilter.

Es entstand jedoch eine Problematik, an die wir nicht gedacht hatten: durch das Entfernen der meisten Wellenlängen geht natürlich sehr viel der ursprünglichen Helligkeit verloren. Theoretisch wird beim Sammeln des Lichts mit der Linse aber wieder die Helligkeit einer Lampe herauskommen. Faktisch wird der Helligkeitswert jedoch knapp darunter liegen, weil jeder Filter auch einen Teil des Lichts, das er durchlassen soll, absorbiert.

Das Licht lässt sich auch relativ gut mit der Zylinderlinse bündeln, obwohl es wahrscheinlich noch zu wenig Wellenlängen sind, um sagen zu können, dass das Licht wirklich weiß-ähnlich sein wird.

4.2 Prisma

Bei diesem Versuch waren wir in der Lage den Lichtstrahl zu parallelisieren und auf das Geradsichtprisma zu lenken. Das Licht wird auch relativ sauber und ohne Überschneidungen gespalten. Wir versuchten dann das Licht erst einmal ohne Bearbeitung der Wellenlängen wieder zu bündeln. Dabei stießen wir auf immense Probleme. Verwendeten wir eine gewöhnliche Sammellinse, war das Licht nur im Brennpunkt der Linse weiß. Bei Verwendung einer Zylinderlinse war das Ergebnis des gebündelten Lichts nicht zufriedenstellend, d.h. dass das Licht nicht vollständig sauber zurück in eine weiße Form geführt wurde.

Weiterhin reichte das Licht dieser Apparatur nicht mehr, um einen Raum ausleuchten zu können.

5. Ergebnisdiskussion

Wir bewerten unser Ergebnis beim Ansatz mit den Interferenzfiltern als relativ gut, weil keine wirklichen Komplikationen auftraten wie bei dem Prisma-Ansatz. Ein großes Problem ist natürlich, dass wir noch nicht in der Lage waren unsere Forschung abzuschließen.

Wird es uns aber möglich sein den Versuch abzuschließen, hoffen wir dass unsere Überlegungen richtig waren und wir in dem Raum eine Art von Rotgrünblindheit erleben.

Das Ergebnis des Ansatzes mit dem Prisma war eher ernüchternd. Wir sind uns nicht sicher an welchen Stellen die Menge an Licht verloren ging, aber wir vermuten dass das komplizierte Linsen und Prisma System teilweise Licht reflektiert hat und dass die Apparatur schlicht und einfach zu groß wurde, sodass die Helligkeit beim Verlassen der Apparatur wesentlich an Helligkeit abgenommen hat.

Unsere Forschung kann einem normalsichtigen Menschen zeigen, wie Rotgrünblinde sehen und auf ihre Probleme im Alltag aufmerksam machen. Hoffentlich werden bei Planungen für den Alltag Rotgrünblinde mit eingebunden und berücksichtigt wie beispielsweise bei dem Personenleitsystem der MHH und ihnen der Alltag in der Zukunft erleichtert. Bahnbrechend wirkt dieser Versuch und ihr möglicher Ausgang aber auch auf uns nicht, sondern ist eher eine kleine Gedankenspielerei, die nicht wirklich zu weiteren Forschungszwecken verwendet kann.

6. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich noch nicht viel zu unserem Projekt sagen, da das Projekt noch nicht abgeschlossen ist. Das Ziel scheint aber auch nicht unerreichbar zu sein, da wir keinen fatalen Rückschlag bisher erfahren mussten.

Leider ist das Nachbauen für zu Hause unmöglich geworden, solange man nicht bereit ist zusätzlich Geld auszugeben. Vor allem sind die Arbeitsmaterialien nach dem Versuch im gewöhnlichen Alltag nicht zu gebrauchen. Der Aufbau ist jedoch ohne großes Fachwissen erdacht worden, was seine Simplität zeigt.

Ob die Frage wie Rotgrünblinde sehen beantwortet wird, wird sich noch herausstellen.

7. Danksagung

Wir möchten uns hier besonders bei Herrn Dr. Scholz für seine Unterstützung bei unserem Projekt bedanken. Desweiteren bedanken wir uns bei unserem Physiklehrer Herrn Burghardt bedanken für die zusätzlichen Physik Lektionen. Als letztes wollen wir uns bei unserem Lehrer und Betreuer Herrn Dr. Wiehlmann bedanken für die Betreuung unseres Projektes.

8. Quellen- und Literaturverzeichnis

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Rot-Gr%C3%BCn-Sehschw%C3%A4rche> (aufgerufen am 13.12.16)
- <http://www.vision-doctor.com/interferenz-filter.html> (aufgerufen am 26.12.16)
- <http://fotovideotec.de/polfilter/> (aufgerufen am 26.12.1)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Geradsichtprisma> (aufgerufen am 16.12.16)
- http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/lehre/wct/w/w3_visuelles_system/w321_staebchen_und_zaepfchen.htm (aufgerufen am 13.12.16)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Farbwahrnehmung> (aufgerufen am 13.12.16)
- <http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach/Wahrnehmung/Wahr-06-farbe.pdf> (aufgerufen am 13.12.16)
- <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/ps/ps4/PS4.pdf> (aufgerufen am 26.12.16)