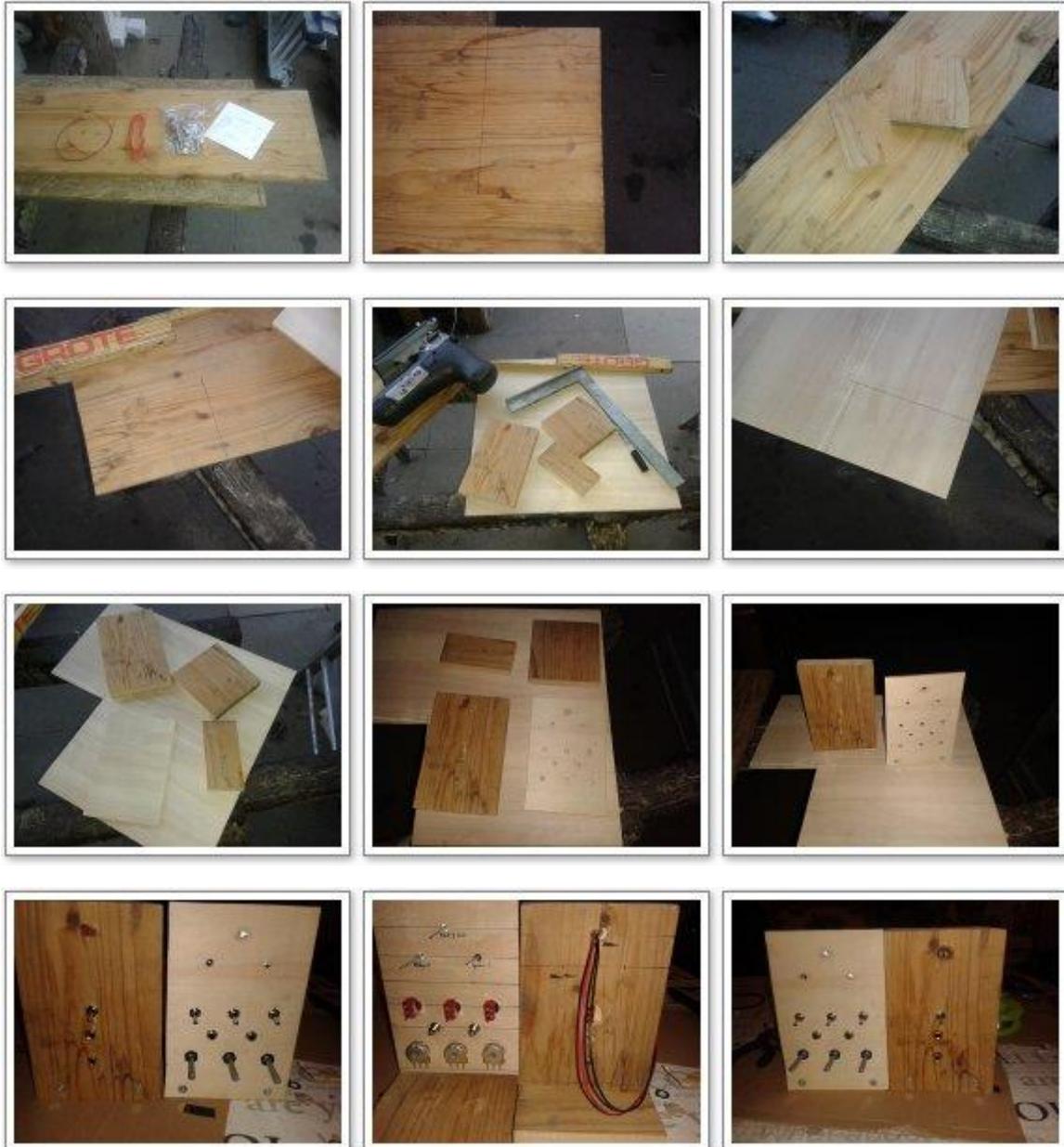


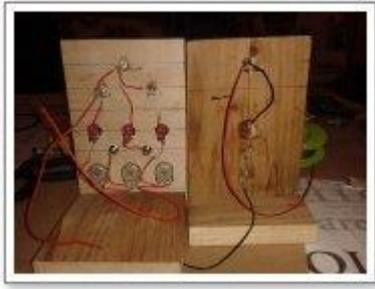
## Club Apollo 13, 14. Wettbewerb – Aufgabe 1.

a) Grundlagenteil: Basteln und Experimentieren

(1)

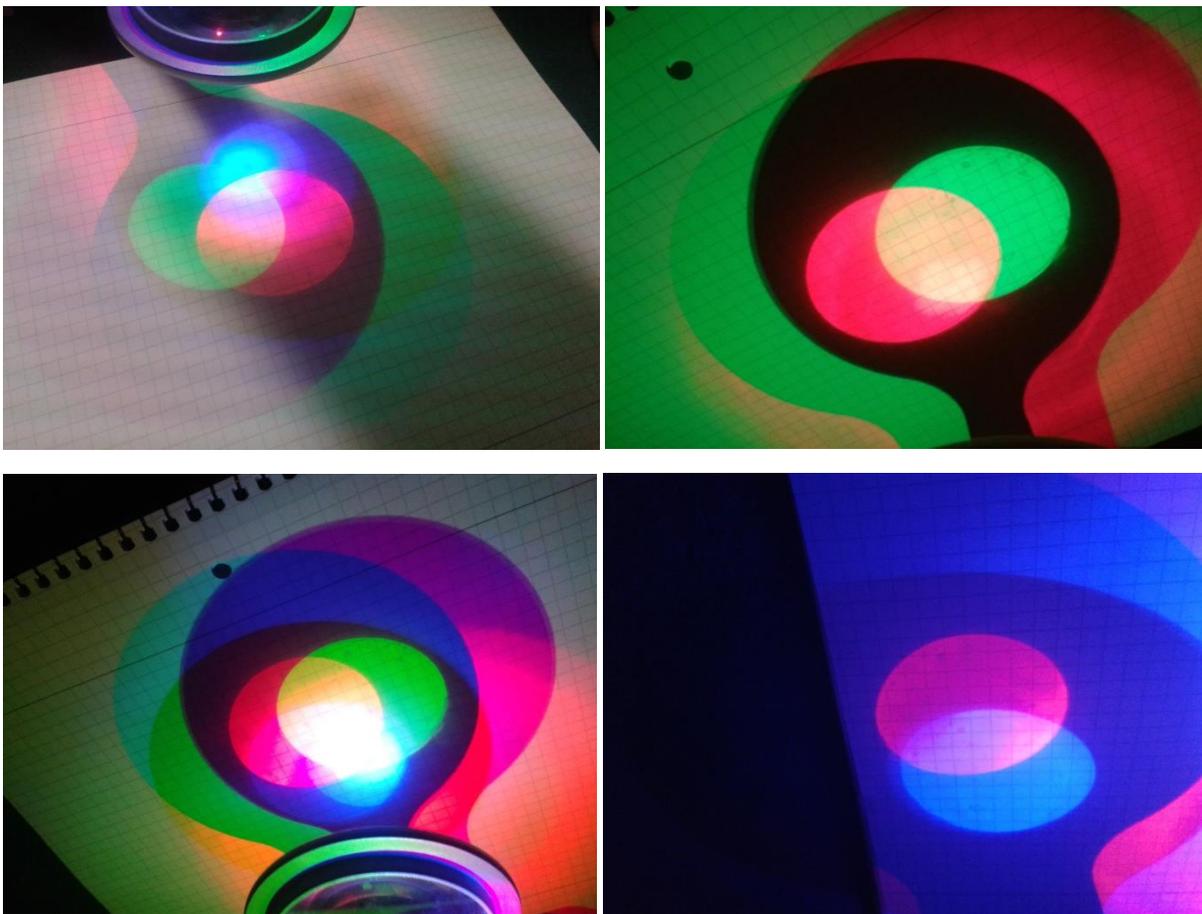
Wir haben den Versuchsaufbau entsprechend der Versuchsanleitung aufgebaut. Den Aufbau sowie die Phase des Bauens selbst haben wir durch Fotos dokumentiert.





(2)

Wir haben durch Mischung der verschiedenen LED-Farben Farbmischungen hergestellt. Dabei haben wir die Wirkung der Helligkeitseinsteller getestet. Auch hierfür haben wir Fotos als Dokumentation genutzt.



b) Mittlerer Teil: Die Physik der LED

(1)

Die Formel für die Wellenlänge ist bereits in der Aufgabenbeschreibung gegeben. Gesucht ist nun die „Stockwerkhöhenenergie“, die in der Formel als  $W_H$  angegeben ist.

Umformung der Formel ergibt

$$W_H = h * \frac{c}{\text{Wellenlänge}}$$

Nach Einsetzen der gegebenen Werte ergibt sich für die „Stockwerksenergie“

$$W_H = 3,00925 * 10^{-19} \text{ J}$$

(2)

Die Formel, mit der wir arbeiten ist

$$U_H = \frac{W_H}{e}$$

Nach Einfügen der Werte für die rote LED ergibt sich eine Spannung von 1,878V.

Nach Messen der Spannung der drei verschiedenen LEDs haben wir in einer Übersicht der Spannungsbereiche zusammengestellt.

Farbe	Spannung min / V	Spannung max / V
rot	1,72	1,95
blau	2,45	2,83
grün	2,41	3,1

Wie gesehen werden kann, liegt der berechnete Wert im Rahmen der Messung.

Die Wellenlängen der drei Farben können durch die Formel

$$\text{Wellenlänge} = h * \frac{c}{W_H}$$

leicht ausgerechnet werden. Mit Einsetzen der  $W_H$  Werte, die mithilfe der Spannung und  $e$  ausgerechnet werden können, ergeben sich die Wellenlängen der drei Farben. Unter Berücksichtigung der Spannungsbereiche liegen auch die Wellenlängen in einem Bereich und wurden nicht mit einem Wert punktuell bestimmt.

Blau = 793 – 687 nm

Grün = 807 – 627 nm

Rot = 1130 – 997 nm

Die Werte erscheinen allerdings nicht besonders gut und sind im Zusammenhang mit Messungenauigkeiten kritisch zu hinterfragen. Grundsätzlich ist aber zu erkennen, dass das System funktioniert und mithilfe der Spannung und der gegebenen Formeln die Wellenlänge ausgerechnet werden kann.

(3)

Im Folgenden soll es um eine kurze Beschreibung der Spektren der verschiedenen LEDs auf einer CD-Oberfläche gehen.

### Grün:

Auf der CD-Oberfläche ist ein kontinuierliches Spektrum festzustellen. Das bedeutet, dass in der Reflexion der grünen LED-Farbe sämtliche Farben des sichtbaren Bereichs (von rot bis violett) zu sehen sind. Dabei ist zu beachten, dass grün am meisten heraussticht und die größte Intensität hat.

Auf dieser Grundlage kann darauf geschlossen werden, dass das Licht nicht monochromatisch ist, sondern aus mehreren Farben zusammengesetzt ist.

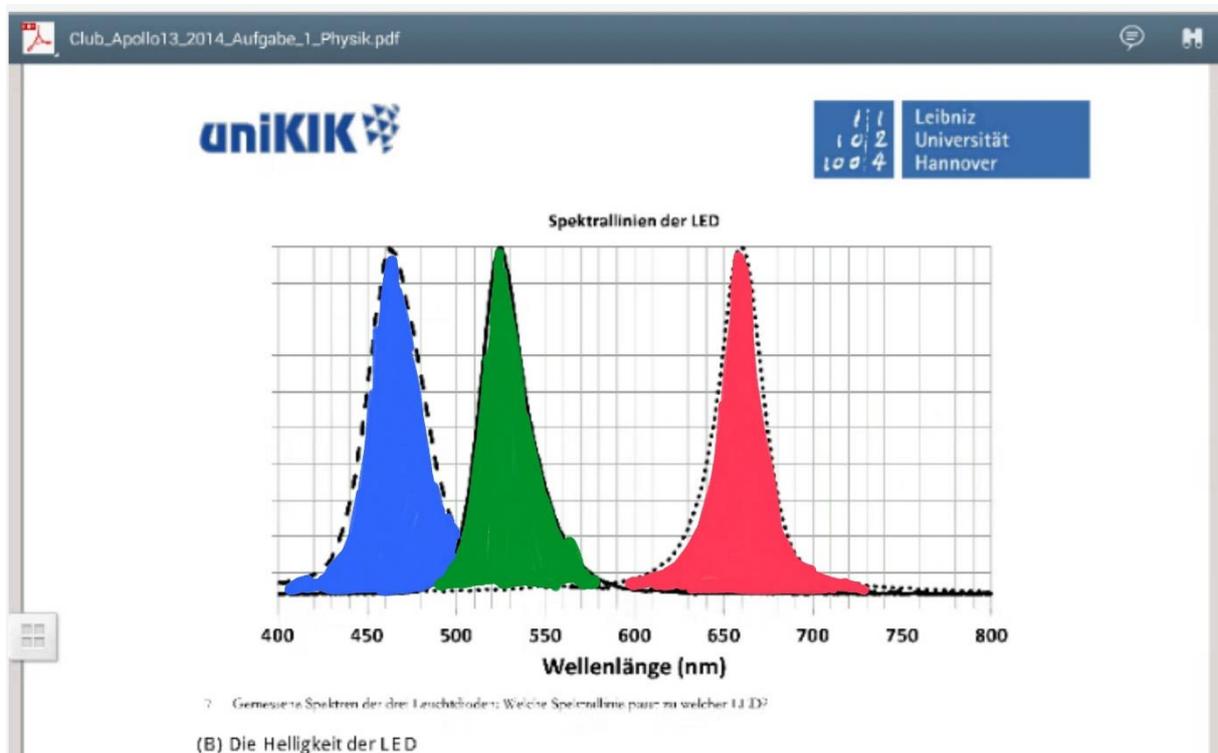
### Rot:

Auch hier ist ein kontinuierliches Spektrum festzustellen, dass allerdings nicht alle Farben aufweist, sondern lediglich die Farben gelb, orange, rot (besonders intensiv) und grün (sehr schwach). An dieser Stelle ist ebenfalls kein monochromatisches Verhalten festzustellen, dafür die starke Fokussierung auf Rot, die sich beim Sehen dann auch in der roten Farbe der LED ausdrückt.

### Blau:

Das blaue Spektrum ist ähnlich dem grünen Spektrum auf der CD-Oberfläche, allerdings ist es hier die Farbe Blau, die am intensivsten zu sehen ist.

(4)



Auf dieser Abbildung ist zu sehen, wie wir die Wellenlängen die Spektren zugeordnet haben. Dabei gibt es natürlich noch die Mischfarben, die zwischen den Farben entstehen (siehe a; (2) ), allerdings haben wir hier nur auf die drei Farben der LED beschränkt.

Prinzipiell kann die Zuordnung der Wellenlängen zu den Farben über die ausgerechneten Wellenlängen der Aufgabe (2) argumentiert werden. Dies ist allerdings an dieser Stelle nicht möglich, da die Messungenauigkeiten zu groß waren, um vernünftige Ergebnisse rauszubekommen.

Allerdings konnte auch in diesen Werten gelesen werden, dass die Farbe Rot bei höheren Wellenlängen auftritt als bei Grün. Grün hingegen hat eine größere Wellenlänge als Blau. Somit kann diese Zuordnung begründet werden.

Außerdem wissen wir, dass Blau sehr intensives Licht ist (der Himmel ist schließlich auch blau) und das Licht somit sehr energiereich sein muss. Dieser Zustand kann nur erreicht werden, wenn die Welle sehr eng zusammengepresst ist, also eine verhältnismäßig kurze Wellenlänge hat, während rotes Licht sehr energiearm ist und somit langwellig.

(5)

Grundsätzlich gilt innerhalb dieser Schaltung das Ohm'sche Gesetz

$$U = R * I$$

Durch Umformung kann man aus dieser allgemein gültigen Formel die Stromstärke I ermitteln

$$I = \frac{U}{R} \quad ; \text{ mit } U = 2V \text{ folgt}$$

$$I = \frac{2V}{R}$$

Nun gilt es, die minimale sowie die maximale Stromstärke zu berechnen. Da die Spannung konstant bei 2V bleibt, ändert sich diese mit dem Widerstand R, sodass für R der kleinste und der größte Wert ermittelt werden muss. Es gilt

$$0 \Omega \leq R \leq 10 \text{ k}\Omega$$

Weiterhin ist darauf zu achten, dass die LEDs selbst zur Sicherheit einen Widerstand von 680  $\Omega$  eingebaut haben.

Damit ergeben sich der größte und der kleinste Widerstand.

$$R_{\min} = 680 \Omega$$

$$R_{\max} = 10 \text{ k}\Omega + 680 \Omega$$

Durch Einsetzen der Werte in die Formel für die Stromstärke ergeben sich die größte und die kleinste Stromstärke. Dabei ist zu beachten, dass die maximalste Stromstärke bei dem kleinsten Widerstand und andersherum erreicht wird.

$$I_{\min} = 1,19 * 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{\max} = 2,94 * 10^{-3} \text{ A}$$

(6)

Das Modell liefert gewissermaßen die Antwort schon. Tatsächlich fahren mehr Photonen zurück in das Erdgeschoss, aber das sorgt eben nur zu einer Veränderung der Intensität. Jedes der Photonen emittiert immer noch das rote Licht, nur die Anzahl der Photonen, die das tun, verändert sich. Die Energie  $E = h * f$  pro Photon ändert sich nicht.

Damit ein Photon eine andere Farbe emittiert, müsste das Photon von einer anderen Etage in das Erdgeschoss fallen, es müsste also eine andere „Stockwerksenergie“  $W_H$  haben.

(7)

Auch in dem Aufbau des Lichtsensors gilt das Ohm'sche Gesetz

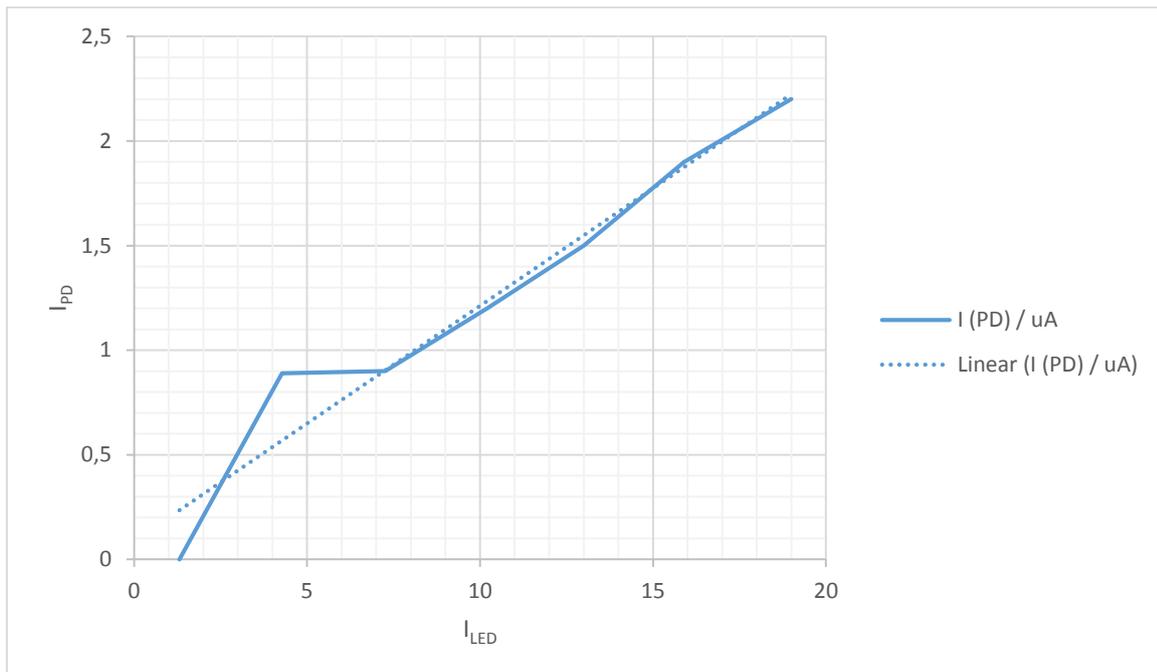
$$I_{PD} = \frac{U_R}{R} \quad ; \text{ mit } R = 1 \text{ M}\Omega$$

Die Stromstärke kann also einfach durch Messen der ankommenden Spannung durch das Licht festgestellt werden.

(8)

Folgende U-Werte konnten gemessen werden. Auf dieser Grundlage wurden die Stromstärken mithilfe der vorher gefundenen Formeln ausgerechnet.

$U_{LED} / V$	$U_{PD} / V$	$I_{LED} / mA$	$I_{PD} / \mu A$
0,89	0,14	1,308	0,14
2,91	0,53	4,28	0,89
4,94	0,9	7,26	0,9
6,96	1,22	10,2	1,2
8,87	1,54	13	1,5
10,87	1,95	15,9	1,9
12,95	2,25	19	2,2



(9)

Je mehr Stromstärke an der LED anliegt, desto mehr Strom kommt bei der Photodiode an.

(10)

Zwischen  $I_{PD}$  und  $I_{LED}$  liegt klar erkennbar ein proportionaler Zusammenhang vor. Diese Aussage kann durch den GTR (Taschenrechner) bestätigt werden, der bei einer linearen Regression der gemessenen Werte ebenfalls einen proportionalen Zusammenhang erkennen lässt. Diese Aussage kann durch ein  $r^2 = 0,9$  bestätigt werden. Dieser Wert ist ein Indikator dafür, wie nah die gemessenen Werte an dem Graphen des vermuteten Zusammenhangs liegt. Bei einem  $r^2 = 1$  sind die Werte perfekt, 0,9 stellt allerdings ebenfalls einen sehr guten Wert da.

(11)

Die Intensität der LED ist ein Maß dafür, wie stark der Stromfluss durch die LED ist. Da es sich um einen proportionalen Zusammenhang handelt und die Intensität durch  $I_{LED}$  ausgedrückt werden kann, ist ebenfalls klar, dass hier der Zusammenhang besteht.

Begründet werden kann dies ebenfalls über das Parkhausmodell. Wenn die Wagen hier „Stockwerksenergie“  $W_H$  in Form von Licht abgeben, wird also die gesamte Stromstärke, die durch die LED geht, in Licht umgewandelt. Dieses Licht kann in Form der Intensität an der Photodiode gemessen werden und lässt wiederum Rückschlüsse auf die Stromstärke  $I_{LED}$  zu.

Die gemessenen Werte zeigen ebenfalls, dass die Intensität der LED proportional zur Stromstärke  $I_{LED}$  ist

c) Für die Profis: Die Extinktion von Wackelpudding

(1)

Da es bei den Messungen einige Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten gab, haben wir nicht wie vorgeschriebenen einen Abstand von 10, sondern von 5cm gewählt. Die Spannung der roten LED haben wir auf 8,66V geregelt.

$$U_{RO} = 8,82 \text{ V}$$

(2)

Der Wackelpudding musste selbst hergestellt werden, da er nicht vorrätig war, konnte aber dann in die Küvette gefüllt und abgekühlt werden, um weiter mit den folgenden Aufgaben zu arbeiten.

(3)

$$U_{RD} = 6,6 \text{ V}$$

Wir wissen, dass für die Extinktion  $E_d$  gilt

$$E_d = \log \frac{U_{RO}}{U_{RD}}$$

Mithilfe der eben gemessenen Werte kann nun der Wert bestimmt werden, der bei ungefähr 0,1259 liegt. Die Extinktion hat durch den Logarithmus keine Einheit.

(4)

Den gleichen Versuchsablauf haben wir für die Farben blau und grün ebenfalls durchgeführt.

**Blau:**

$$U_{RO} = 9,24 \text{ V}$$

$$U_{RD} = 5,8 \text{ V}$$

**Grün:**

$$U_{RO} = 1,75 \text{ V}$$

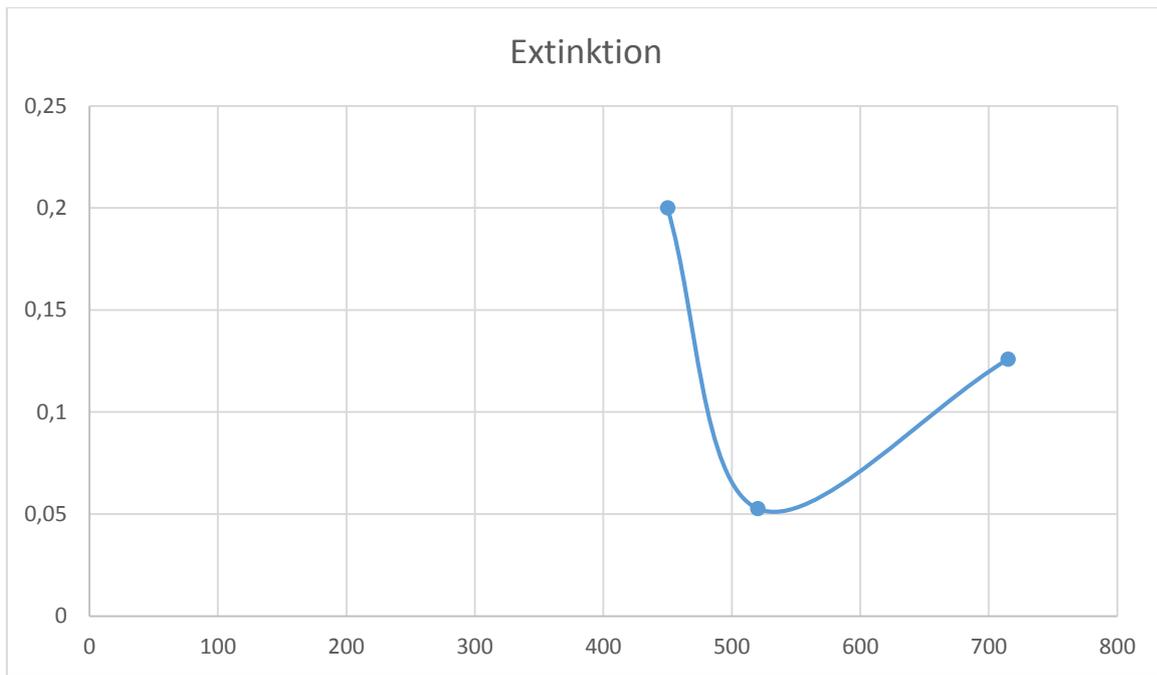
$$U_{RD} = 1,55 \text{ V}$$

Durch Ausrechnen der Extinktion wie in dem Beispiel der roten LED ergibt sich folgende Tabelle:

Farbe	Wellenlänge / nm <sup>1</sup>	Extinktion
rot	715	0,1259
grün	520	0,0527
blau	450	0,2

<sup>1</sup> Für die Wellenlänge wurden in diesem Versuch nicht die gemessenen Werte aus Aufgabenteil b) verwendet, da uns diese Ergebnisse fraglich erschienen. Stattdessen haben wir einen Literaturwert aus dem Internet benutzt, der uns plausibel vorkommt.

(5)



*Dieses Dokument wurde erstellt von*

*Jan Heiming, Jonathan Kalter, Sascha Gehrman und Tim Denecke*

*Für die Gruppe „Die Astrophysiker“*

*Des Hannah-Arendt-Gymnasiums Barsinghausen*