

Darstellung und Codierung von Farben

Egal mit welchem Programm wir arbeiten, die Interaktion mit dem Anwender beinhaltet in der Regel eine bunte Ausgabe auf dem Bildschirm. Wenn wir selbst ein Produkt am Rechner erstellen, spielt in der Regel auch die Farbgebung eine Rolle. Ein Textverarbeitungs- oder ein Bildbearbeitungsprogramm ermöglichen uns die Farbauswahl über eine Farbpalette. Wenn wir einen speziellen Farbton exakt angeben möchten, erfolgt die Angabe des Farbtons hingegen über einen Zahlencode. Viele Programmiersprachen oder der HTML-Code einer Webseite arbeiten ausschließlich mit Zahlencodes für die Angabe von Farben. Für viele Arbeiten am Rechner ist es daher hilfreich, sich mit der Darstellung und Codierung von Farben etwas genauer auszukennen.

Darstellung von Farben

Ein Bild am Computerbildschirm besteht aus ganz vielen kleinen Punkten (Pixel). Wenn man dicht genug an den Monitor herangeht, kann man diese einzelnen **Bildpunkte** zumindest erahnen. Sie sind jedoch so klein, dass es mit bloßem Auge nicht möglich ist, diese leuchtenden Punkte näher zu untersuchen. Wir nehmen daher den Calliope zur Hilfe. Der Calliope besitzt zwar nur eine einzelne Farb-LED, diese erzeugt eine Farbe jedoch nach dem gleichen Prinzip wie jeder kleine Bildpunkt des Computerbildschirms. Anhand dieser LED können wir die Farbdarstellung daher genauer untersuchen. Wir beginnen mit einem kleinen Experiment.

Aufgabe 1:

- Kopiere das Programm *Aufgabe1_FarbenDarstellen* auf deinen Calliope und beobachte die große Farb-LED des Calliope ganz genau. Was fällt dir auf?
- Abbildung 1 zeigt den Programmcode. Erläutere den Aufbau des Programms in deinen eigenen Worten.
- Notiere hinter jedem *setze RGB-LED-Farbe auf*-Block, in welcher Farbe die LED des Calliope leuchtet.

	Farbe der LED
dauerhaft	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 20 Grün 0 Blau 0	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 0 Grün 20 Blau 0	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 0 Grün 0 Blau 20	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 20 Grün 20 Blau 0	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 20 Grün 0 Blau 20	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 0 Grün 20 Blau 20	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 20 Grün 20 Blau 20	_____
pausiere (ms) 2000	
setze RGB-LED-Farbe auf Rot 0 Grün 0 Blau 0	_____
pausiere (ms) 2000	

Abbildung 1: Programm für den Calliope zur Untersuchung der Farbdarstellung einer LED

Farbwahrnehmung beim Menschen

Um zu verstehen, wie eine LED oder ein Computerbildschirm Farben erzeugen, machen wir zunächst einen kleinen Ausflug in die Biologie und die Funktionsweise des menschlichen Auges.

Unser Auge verfügt auf der Netzhaut über Sinneszellen, die für die Farbwahrnehmung zuständig sind: die **Zapfen**. Von diesen Sinneszellen gibt es drei verschiedene Arten: Blauzapfen, Rotzapfen und Grünzapfen. Die Blauzapfen nehmen den kurzwelligen (blauen) Anteil des Lichts wahr; die Rotzapfen den langwelligen (roten) Lichtanteil und die Grünzapfen den Lichtanteil der im mittleren Wellenbereich liegt (grün). Dass wir ganz viele verschiedene Farben sehen können, liegt daran, dass die drei Zapfenarten von verschieden farbigem Licht jeweils unterschiedlich stark gereizt werden. Aus diesen Informationen setzt unser Gehirn dann die passende Farbe zusammen. Wenn wir etwas Blaues sehen, werden also vor allem unsere Blauzapfen gereizt. Wenn wir etwas als gelb wahrnehmen, so wurden sowohl unsere Rot- als auch unsere Grünzapfen gereizt, da die Wellenlänge von gelbem Licht zwischen der von rotem und grünem Licht liegt.

Unter dem Link <https://www.youtube.com/watch?v=si7TfR3stMQ> findest du eine Animation zur Veranschaulichung der Farbwahrnehmung beim Menschen¹.

Das RGB-Modell

Da unser Auge vereinfacht gesagt nur den Rot-, Grün- und Blauanteil einer Farbe wahrnehmen kann, werden von der LED und dem Computerbildschirm nur diese Anteile dargestellt. Unser Gehirn setzt daraus dann die entsprechende Mischfarbe zusammen. Deshalb besteht die große farbige LED genau genommen aus drei kleinen LEDs, einer roten, einer grünen und einer blauen, die einzeln angesteuert werden und unterschiedlich hell leuchten können.

Die Farben Rot, Grün und Blau bezeichnet man als **Grundfarben** oder **Primärfarben**. Da die Mischfarben durch Hinzunahme entsprechender Anteile der Grundfarben erzeugt werden, spricht man von **additiver Farbmischung**. Das Farbmodell, welches Farben durch ihren Rot-, ihren Grün- und ihren Blauanteil beschreibt, bezeichnet man entsprechend als **RGB-Modell**.

Wenn zwei Grundfarben zu gleichen Teilen gemischt werden, ergeben sich die **Sekundärfarben** Gelb (Rot + grün), Cyan (Blau + Grün) und Magenta (Rot + Blau). Alle drei Grundfarben zusammen ergeben weißes Licht. Die Grafik in Abbildung 2 veranschaulicht diesen Zusammenhang. Alle weiteren Farben ergeben sich aus unterschiedlich großen Anteilen der Grundfarben.

Rotes und grünes Licht werden allerdings nicht physikalisch zu gelbem Licht gemischt. Das rote und grüne Licht simulieren nur die Reizung der Zapfen, die bei gelbem Licht entsteht. Die „Mischung“ findet daher erst im Gehirn statt.

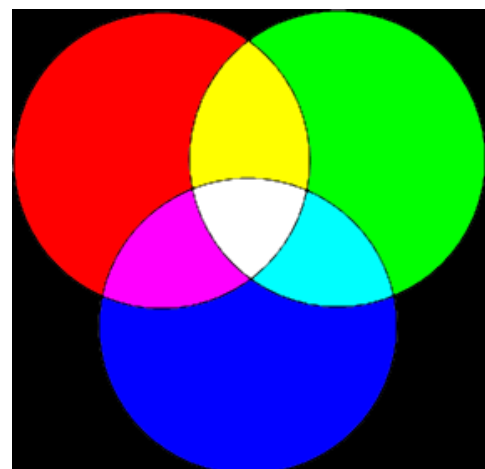


Abbildung 2: Primär- und Sekundärfarben des RGB-Modells

¹ dasGehirn.info (2012). Wie wir Farben sehen | Wahrnehmung
<https://www.youtube.com/watch?v=si7TfR3stMQ>

Aufgabe 2: Abbildung 3 zeigt drei Lichtkegel, die jeweils in einer der drei Grundfarben des RGB-Modells leuchten.

- Male die Felder, die durch die Lichtkegel beleuchtet werden, entsprechend an.
- Beschrifte jedes Feld mit dem Namen der Farbe.
- Nenne drei technische Geräte, die Farben nach dem RGB-Modell (additive Farbmischung) erzeugen:

[1] _____

[2] _____

[3] _____

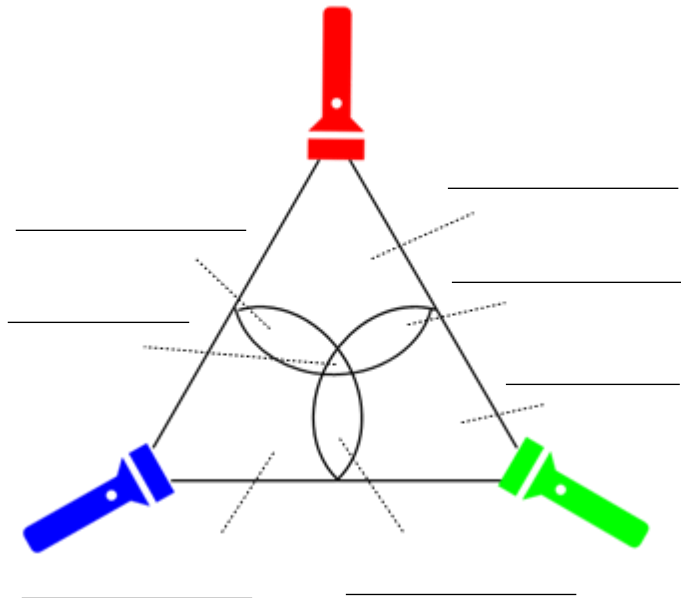


Abbildung 3: Farbmischung im RGB-Modell

Die Intensität jedes Farbanteils wird mit Werten zwischen 0 und 255 angegeben. In unserem Lampenmodell hieße 0 *Die Lampe leuchtet gar nicht* und 255 *Die Lampe leuchtet mit voller Intensität*. Mit den ganzzahligen Werten dazwischen gibt es für jede Lampe 256 Abstufungen.


Der Zahlencode für eine Farbe setzt sich im RGB-Modell daher aus drei Zahlen zwischen 0 und 255 zusammen. Die erste Zahl gibt den Rotanteil an, die zweite den Grünanteil und die dritte den Blauanteil. Tabelle 1 zeigt einige Beispiele.

R(otanteil)	G(rünanteil)	B(lauanteil)	Farbe	
0	0	255	Blau	
255	255	0	Gelb	
80	80	80	Grau	
250	178	96	Orange	

Tabelle 1: Beispiele für Farbcodes im RGB-Modell

Aufgabe 3:

- a) Vervollständige die Tabelle. Schreibe zunächst mit Bleistift. Überlege dir für jeden RGB-Wert, wie die dargestellte Farbe ungefähr aussieht.


R	G	B	Name	Farbe	R	G	B	Name	Farbe
255	0	0	rot		132	0	132		
0	255	0			255	255	255		
0	0	100			200	200	200		
0	0	0			100	100	100		
120	120	0			100	200	200		
0	255	255			50	100	100		

- b) Überprüfe deine Tabelleneinträge mithilfe eines Farbmischers. Ein geeignetes Programm findest du z. B. unter https://informatik.schule.de/rgb/RGB_farbmischer.html.² Hier kannst du Farben mischen, indem du mithilfe der Schieberegler einstellst, wie hoch der Rot-, Blau- und Grünanteil in der Farbe sein soll.

Aufgabe 4:

- a) Finde mithilfe des Farbmischers einen passenden RGB-Wert für die folgenden Farben:

R	G	B	Farbe	R	G	B	Farbe	R	G	B	Farbe
											

- b) Finde den RGB-Wert deiner Lieblingsfarbe heraus: (____, _____, _____) 

Aufgabe 5: Der Rot-, der Grün- und der Blau-Wert liegen jeweils zwischen 0 und 255. Das heißt, es können für jede der drei Grundfarben 256 unterschiedliche Werte eingestellt werden. Somit lassen sich $256 \cdot 256 \cdot 256$ verschiedene Farben darstellen. Berechne, wie viele das sind.

$$256 \cdot 256 \cdot 256 = \underline{\hspace{100pt}}$$

Aufgabe 6: Schau dir noch einmal die Tabelle aus Aufgabe 3 an.

- Erläutere, wie man anhand des RGB-Wertes erkennen kann, ob es sich um einen Grauton handelt.
- Erläutere, wie man anhand des RGB-Wertes erkennen kann, ob es sich um einen hellen oder einen dunklen Farbton handelt, z. B. um einen hellen oder dunklen Grauton.
- Schau dir noch einmal das Programm aus Abbildung 1 an. Was kannst du anhand des Programmcodes über die Farben sagen, welche die LED anzeigt.

Binärdarstellung der RGB-Werte

Vielleicht hast du dich schon gefragt, warum der höchste Wert für einen Farbanteil im RGB-Modell ausgerechnet 255 ist. Benötigen wir tatsächlich fast 17 Millionen verschiedene Farben? Wäre eine Unterscheidung zwischen 0 und 100 pro Farbanteil nicht ausreichend?

² Andreas Gramm (2016). RGB-Farbmischer https://informatik.schule.de/rgb/RGB_farbmischer.html [Datum des Aufrufs 10.09.2021]

Nun der Wert 255 wurde nicht zufällig festgelegt, sondern hängt mit den Speichereinheiten eines Rechners zusammen. Der Rechner kann nicht wie wir Menschen zwischen den Ziffern 0 bis 9, sondern nur zwischen zwei Ziffern, 0 und 1, unterscheiden. Genau genommen unterscheidet der Rechner auch keine Ziffern, sondern zwei Zustände *Stom fließt* oder *Stom fließt nicht*. Diese Zustände werden in der Informatik mit den Ziffern 0 und 1 symbolisiert. Die RGB-Werte müssen für den Rechner daher mit den Ziffern 0 und 1 dargestellt werden. Die kleinste Speichereinheit eines Rechners ist ein Bit, darin kann nur eine Ziffer, also eine 0 oder eine 1 gespeichert werden. Damit könnten wir aber für einen Farbanteil nur angeben, ob er enthalten ist oder nicht und keine Abstufungen vornehmen.

Aufgabe 7: Wie viele Farben können wir unterscheiden, wenn für jeden Farbanteil nur ein Bit zur Verfügung steht? Ordne jeder Farbe die entsprechende Codierung zu.

Beispiel: 1 0 0 codiert die Farbe Rot.

Aufgabe 8: Schreibe ein Programm für den Calliope, mit dem der Anwender Farben für die große LED entsprechend der Codierung aus Aufgabe 7 wählen kann. Ordne Pin 0, Pin 1 und Pin 2 die Farben Rot, Grün und Blau zu. Wird ein Pin berührt, soll der entsprechende Farbanteil in der Farbe enthalten sein.

Die nächstgrößere Speichereinheit ist ein Byte. Ein Byte besteht aus 8 Bit, also acht Nullen und Einsen. Da jedes Bit eine Null oder eine Eins sein kann, ergeben sich $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^8 = 256$ verschiedene Kombinationen aus Nullen und Einsen.

Eine solche Kette aus Nullen und Einsen kann als Zahl im binären Zahlensystem³ interpretiert werden. Die höchste Zahl im Binärsystem wäre die 1111 1111 und steht umgerechnet in unser Dezimalsystem für die 255. Die Belegung 0000 0000 entspricht 0 und alle anderen 8-Bit-Kombinationen stehen für Zahlen zwischen 0 und 255. Die 1101 0011 entspricht z. B. der 211 im Dezimalsystem. Die möglichen RGB-Werte ergeben sich also daraus, welche Werte sich in einem Byte pro Farbanteil codieren lassen. Um uns leichter etwas unter den RGB-Werten vorstellen zu können, geben wir sie als Dezimalzahl an. Für die Verarbeitung im Rechner werden sie dann in eine Binärzahl umgewandelt.

Aufgabe 9:

- Gib die binäre Codierung für ein helles und ein dunkles Magenta an.
- Um welchen Farbton handelt es sich bei dem binären RGB-Wert:
1100 1000 1100 1000 1100 1000
- Ergänze in Tabelle 2 jeweils die fehlenden Darstellungen.





R(otanteil)		G(rünanteil)		B(lauanteil)		Farbe	
Dezimal	Binär	Dezimal	Binär	Dezimal	Binär	Name	Aussehen
						Rot	
	0000 0000		1011 1001		1011 1001		
112			0011 0000	160		Lila	
	11111010	178			0110 0000	Orange	

Tabelle 2: Dezimale und binäre RGB-Werte verschiedener Farben

³ Wenn du dich mit dem binären Zahlensystem noch nicht auskennst, findest du in der Datei *Exkurs_Binaersystem* eine Einführung.

Hexadezimaldarstellung der RGB-Werte

Zum Weiterarbeiten für Schnelle und Interessierte

In manchen Grafikprogrammen oder dem HTML-Code für Webseiten findet man die RGB-Werte der Farben auch in folgender Form FF0000 für Rot oder F76A0A für einen Orangeton. Auch bei dieser Darstellung werden die Farbanteile von Rot, Grün und Blau mit Werten zwischen 0 und 255 angegeben. Allerdings erfolgt die Zahlendarstellung hier im Hexadezimalsystem, dem Zahlensystem zur Basis 16. Da im Hexadezimalsystem die Ziffern 0 bis 15 benötigt werden und Ziffern einstellig sein sollen, wird nach der neun mit Buchstaben weitergezählt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. Das C steht also z. B. für unsere Zahl 12. Da sich mit 4 Stellen im Binärsystem gerade die Zahlen 0 bis 15 darstellen lassen, können Binärzahlen sehr leicht in das Hexadezimalsystem umgewandelt werden und umgekehrt. Die Darstellung im Hexadezimalsystem ist dabei deutlich kürzer. Schauen wir uns an einem Beispiel an, wie ein binärer RGB-Wert in den passenden Hexadezimalwert umgewandelt werden kann:

Den binären RGB-Wert 1100 1001 0010 1111 1010 0011 zerlegen wir in Viererblöcke und tragen diese in Tabelle 3 ein. Zunächst rechnen wir jede vierstellige Binärzahl einzeln in das Dezimalsystem um. Anschließend müssen wir für die Dezimalzahl nur noch die passende Ziffer aus dem Hexadezimalsystem auswählen.

	Rotanteil		Grünanteil		Blauanteil	
binär	1100	1001	0010	1111	1010	0011
<i>dezimal</i>	12	9	2	15	10	3
hexadezimal	C	9	2	F	A	3

Tabelle 3: Umwandlung der binären RGB-Werte in die Hexadezimaldarstellung

Die Darstellung des binären RGB-Wertes **1100 1001 0010 1111 1010 0011** im Hexadezimalsystem lautet also **C92FA3**. Aber vorsichtig: die Darstellung der einzelnen Blöcke im Dezimalsystem ist nur ein Zwischenschritt. Diese Ziffern können für die dezimale Darstellung des RGB-Wertes **nicht** einfach hintereinandergeschrieben werden.

Aufgabe 10:

- Gib in Tabelle 2 zusätzlich die Darstellung im Hexadezimalsystem an.
- Gib einen hexadezimalen RGB-Wert für ein helles und ein dunkles Gelb an.
- Gib den hexadezimalen RGB-Wert A9469F in Binärdarstellung an.
- Schau einmal, ob auf deinem Rechner ein Bildbearbeitungsprogramm installiert ist, das die Auswahl einer Farbe mithilfe der hexadezimalen RGB-Werte anbietet. Lass dir damit die Farben zu den hexadezimalen RGB-Werten aus den Aufgaben a) bis c) anzeigen.

Wenn du dich genauer über die Darstellung von Zahlen im Hexadezimalsystem informieren möchtest, kannst du hier nachschauen: https://www.inf-schule.de/information/darstellunginformation/binaerdarstellungszahlen/konzept_hexadezimalsystem

Die subtraktive Farbmischung

Manch eine(r) von euch denkt vielleicht schon die ganze Zeit: „Moment mal, im Kunstunterricht sind doch Rot, Blau und Gelb die Grundfarben, aus denen wir andere Farben mischen. Hier stimmt doch etwas nicht!?“

Schauen wir uns deshalb an, wie die Farbmischung in Kunst und Informatik zusammenpassen. Mit der additiven Farbmischung mit den Grundfarben Rot, Grün und Blau haben wir es immer dann zu tun, wenn technische Geräte Farben erzeugen, indem sie selbst Licht aussenden, wie z.B. der Computerbildschirm oder eine LED. Wenn ihr hingegen Farben aus dem Tuschkasten mischt und damit malt, so leuchten die bunt bemalten Gegenstände nicht von allein, sondern reflektieren Farbanteile aus dem Licht, mit dem sie angestrahlt werden. Steht keine Lichtquelle zur Verfügung sehen wir nur schwarz.

Zur Vereinfachung beschränken wir uns im Folgenden auf die Betrachtung des roten, grünen und blauen Anteils des Lichts. Nach allem, was wir über die Farbwahrnehmung beim Menschen gelernt haben, muss ein Gegenstand, damit er gelb erscheint, vor allem die Lichtanteile reflektieren, die die roten und grünen Zapfen reizen. Den blauen Anteil des Lichts hält er größtenteils fest, man sagt er absorbiert das blaue Licht. Abbildung 4 stellt die Reflexion der unterschiedlichen Farbanteile des Lichts für einen gelben Gegenstand schematisch dar.

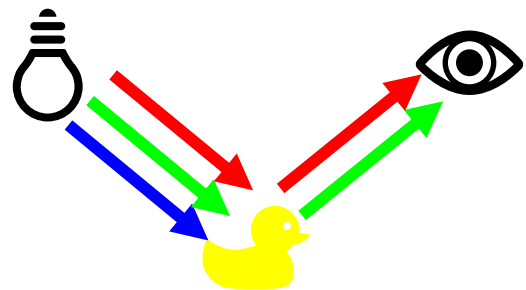


Abbildung 4: schematische Darstellung der Lichtreflexion für einen gelben Gegenstand

Von der gelben Quackscheite werden vor allem die roten und die grünen Anteile des Lichts reflektiert. Diese werden von unserem Auge und unserem Gehirn zur Farbe Gelb zusammengesetzt.

Aufgabe 11: Abbildung 5 zeigt schematisch die Reflexion der Lichtanteile für drei unterschiedlich farbige Blumen. Male die Blumen jeweils in der Farbe an, in der sie ein menschlicher Betrachter wahrnimmt.

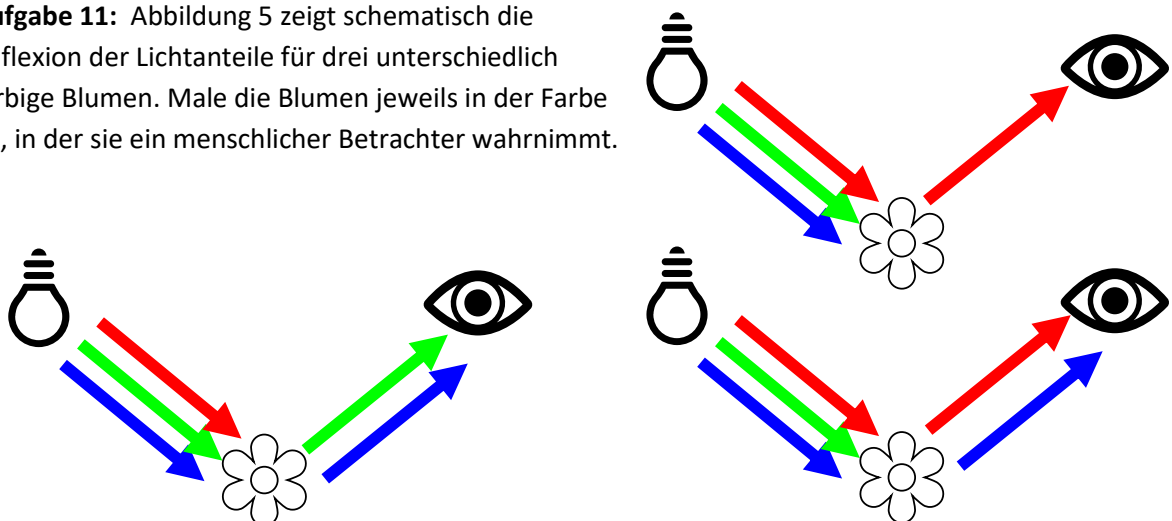


Abbildung 5: schematische Darstellung der Lichtreflexion verschieden farbiger Gegenstände

Die Farben Cyan, Magenta und Gelb entziehen dem weißen Licht jeweils einen der Farbanteile Rot, Grün bzw. Blau. Wenn wir uns die Tintenpatronen eines Farbdruckers anschauen, sind das genau die Farben der bunten Tintenpatronen. Auch beim Mischen mit dem Tuschkasten sind die Grundfarben

genau genommen Cyan, Magenta und Gelb. Nachdem was wir im Kunstunterricht gelernt haben, müssten wir also aus Cyan und Gelb die Farbe Grün mischen können. Schauen wir anhand unseres Modells, ob das funktioniert. Die Grundfarbe Cyan entzieht dem weißen Licht den Rotanteil (s. links in Abbildung 5). Die Grundfarbe Gelb entzieht dem weißen Licht den Blauanteil (s. Abbildung 4). Wenn sowohl der Rot- als auch der Blauanteil absorbiert werden, bleibt nur der Grünanteil übrig und wir nehmen den Gegenstand als grün wahr. Abbildung 6 stellt die Reflexion der Lichtanteile beim Mischen der Farben Cyan und Gelb schematisch dar. Die Farbmischung erfolgt hier also nicht durch das Hinzufügen von Lichtanteilen wie bei der additiven Farbmischung, sondern durch das Absorbieren von Lichtanteilen. Man spricht in diesem Fall daher von subtraktiver Farbmischung.

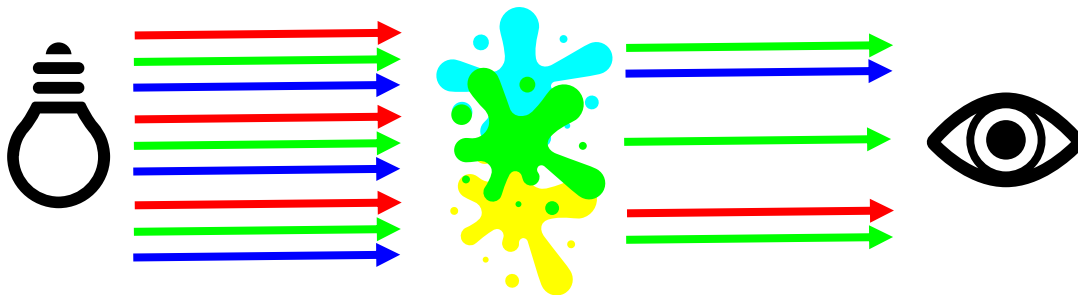


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Reflexion der Lichtanteile beim Mischen der Farben Cyan und Gelb

Aufgabe 12:

- Färbe in Abbildung 7 die Flächen, in denen sich die Farben mischen, passend ein.
- Erläutere mithilfe einer Skizze, wie der Drucker mithilfe der Druckfarben Cyan, Magenta und Gelb die Farbe Blau erzeugt.
- Farbdrucker verwenden noch eine zusätzliche Tintenpatrone mit schwarzer Tinte. Stelle Vermutungen auf, warum die Farbpatronen in Cyan, Magenta und Gelb nicht ausreichen.

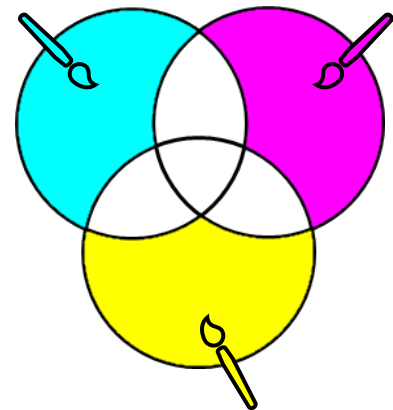


Abbildung 7: Subtraktive Farbmischung mit den Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb

Zusammenfassung

Wir unterscheiden also bei der Farbmischung zwischen der additiven Farbmischung und der subtraktiven Farbmischung. Bei der **additiven Farbmischung** werden die Anteile der Grundfarben Rot, Grün und Blau additiv zu einer neuen Farbe zusammengesetzt. Diese Farbmischung findet man bei allen selbstleuchtenden Geräten, wie z. B. einem Computerbildschirm. Alle Gegenstände, die selbst nicht leuchten, sondern das Licht nur reflektieren, arbeiten nach dem Prinzip der **subtraktiven Farbmischung**. Dabei werden dem weißen Licht mithilfe der Grundfarben Magenta, Cyan und Gelb, die roten, grünen bzw. blauen Farbanteile entzogen. Die Sekundärfarben der additiven Farbmischung sind daher die Grundfarben der subtraktiven Farbmischung. Die Farben Magenta, Cyan und Gelb finden wir deshalb z. B. auch als Grundfarben im Drucker. Bei der additiven und der subtraktiven Farbmischung handelt es sich somit nicht um widersprüchliche Modelle, sondern lediglich um zwei verschiedene Sichtweisen.



Lizenz

Dieses Werk und die beiliegenden Quelltexte sind lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#). Von der Lizenz ausgenommen ist das InfSI-Logo.

Bildnachweis: Die Abbildungen wurden mithilfe von Formen und Piktogrammen in Microsoft Word 2016 erstellt.

Für die korrekte Ausführbarkeit der Quelltexte in diesem Arbeitsblatt wird keine Garantie übernommen. Auch für Folgeschäden, die sich aus der Anwendung der Quelltexte oder durch eventuelle fehlerhafte Angaben ergeben, wird keine Haftung oder juristische Verantwortung übernommen.