

Hands-On Computer Science

Nicolas Meseth

26. August 2025

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Was macht dieses Buch besonders?	5
Tipps für die Lektüre	6
Experimente	8
Hands-On Programmieren lernen	8
Spannende Experimente	9
Frust ist dein Freund – zumindest ein bisschen	10
Voraussetzungen	12
Visual Studio Code	12
Python	12
Software von Tinkerforge	12
Tinkerforge-Bibliothek für Python	12
Brick Daemon	12
Brick Viewer	13
1 Farben	14
Lernziele	14
Experimentaufbau	14
1.1 Erste Schritte mit der LED	17
1.2 Unser erstes Programm	19
1.2.1 Programme	19
1.2.2 Boilerplate Code	20
1.2.3 Bibliotheken	20
1.2.4 Klassen und Objekte	20
1.2.5 Schlüsselwörter	21
1.2.6 Objekte erzeugen	21
1.2.7 Methoden	22
1.2.8 Ein Objekt für die LED	22
1.2.9 Zusammenfassung unseres ersten Programms	22
1.2.10 Und jetzt?	23
1.3 Farben und Licht	23
1.4 Farben im Computer	25

1.5	Farben mischen	25
1.5.1	Additive Farbmischung	26
1.5.2	Subtraktive Farbmischung	26
1.6	Schleifen	28
1.6.1	Abzählbare Wiederholungen	28
1.6.2	Bedingte Wiederholungen	32
1.7	Farbkreise	34
1.7.1	Farbkreis als Programm	37
1.7.2	Der Zyklus wiederholt sich	38
1.7.3	Zeitsteuerung	39
2	Zahlen	43
	Lernziele	43
	Experimentaufbau	43
2.1	Erste Schritte mit dem Drehknopf	43
2.2	Hoch- und Runterzählen	46
2.3	Kontrollstrukturen	48
2.4	Ein LED-Dimmer	49
2.5	Das Binärsystem	51
2.5.1	Unser Dezimalsystem?	54
2.5.2	Andere Zahlensysteme	54
2.5.3	Das Oktalsystem	54
2.5.4	Das Dualsystem	54
2.6	Das fertige Programm	54
3	Texte	57
	Setup	57
3.1	Texte – ganz ohne Tastatur?	57
3.2	Klein anfangen: Ein einfacher Button mit Handgesten	58
4	Bilder	60
5	Codes	61
6	Umwandlung	62
	Setup	62
6.1	Der Weg in den Computer hinein	62
6.2	Der Weg aus dem Computer heraus	62
7	Information	63
	Setup	63
8	Sensoren	64
	Setup	64

Aufgaben	64
9 Signale	65
Setup	65
9.1 Pulsmesser: Dein Finger als Signalquelle	65
9.2 Vom Diagramm zur Zahl	66
10 Protokolle	69
Setup	69
11 Verschlüsselung	70
Setup	70
12 Algorithmen	71
Setup	71
13 Kompression	72
Setup	72
14 Computer	73
Setup	73
14.1 Logik und Arithmetik	73
14.2 Die von-Neumann-Architektur	73
14.3 Der Arbeitsspeicher oder das Kurzzeitgedächtnis des Computers	73
15 Probleme	75
Setup	75
Literaturverzeichnis	76

Vorwort

Glückwunsch – du bist angekommen! Wie auch immer dein Weg hierher aussah, du hast es geschafft, dieses Buch zu öffnen. Vielleicht bist du Student oder Studentin an der Hochschule Osnabrück und wurdest (zu deinem Glück) gezwungen, oder du bist ganz bewusst hier gelandet und freust dich darauf, etwas Neues zu lernen – genau wie ich.

Dieses Buch entstand ursprünglich, um meinen Veranstaltungen an der Hochschule Osnabrück eine verständliche und praxisnahe Grundlage zu geben. Es dient als Hauptlektüre für meine Vorlesungen, aber auch als Nachschlagewerk für alle, die vielleicht mal eine Sitzung verpasst haben oder Themen eigenständig vertiefen wollen. Besonders willkommen sind dabei Quereinsteiger, Wiederholer oder einfach neugierige Menschen, die bisher noch gar keinen Kontakt mit der [Hochschule Osnabrück](#) hatten.

Hier bekommst du keine trockene Theorie präsentiert, sondern eine spannende, praxisnahe Einführung in die Grundlagen moderner Computer und unserer digitalen Welt. Das Fach, das sich dahinter verbirgt, heißt auf Deutsch Informatik, international auch bekannt als Computer Science. Der Titel Hands-On Computer Science verrät bereits: Hier wird es praktisch – und zwar von Anfang an.

Was macht dieses Buch besonders?

Lehrbücher zur Informatik gibt es reichlich. Viele davon sind großartig, aber kaum eines passt perfekt zu dem, was ich mit meinen Studierenden vorhave. Woran liegt das?

Viele klassische Informatikbücher versuchen, das gesamte Fachgebiet möglichst umfassend abzubilden. Das ist sinnvoll für angehende Informatiker, aber meine Zielgruppe bist du: Studierende in Studiengängen wie [Management nachhaltiger Ernährungssysteme](#), [Lebensmittelproduktion](#) oder [kAgrarsystemtechnologien](#) – oder vielleicht bist du nicht mal Student oder Studentin, sondern einfach interessiert daran, endlich Zugang zur digitalen Welt zu finden.

Kurz gesagt: Dieses Buch ist für jeden gedacht, der Lust hat, in die digitale Welt einzutauchen, ohne sich gleich mit komplizierten Details zu überfordern. Dafür brauchst du kein allumfassendes Nachschlagewerk, sondern einen klaren roten Faden, der dich Schritt für Schritt an die grundlegenden Konzepte heranführt.

Viele Bücher versprechen Praxisnähe, doch oft endet diese in nüchternen Übungsaufgaben am Kapitelende. Genau hier setzt *Hands-On Computer Science* an und macht zwei Dinge anders:

1. Du lernst informatische Konzepte direkt anhand spannender Projekte mit Hardware wie Microcontrollern, Sensoren, Buttons, LEDs und Displays kennen.
2. Du arbeitest kontinuierlich am LiFi-Projekt, das dich durch alle Kapitel begleitet und dabei immer weiter wächst.
3. Theorie und Praxis sind nicht getrennt, sondern eng miteinander verbunden – Programmieren und informatische Grundlagen lernst du gleichzeitig.

Schon ab Kapitel 1 beginnst du zu programmieren und zwar nicht abstrakt, sondern konkret mit Bauteilen wie Buttons. Im Laufe des Buches lernst du Schritt für Schritt neue Hardware-Komponenten kennen, die immer direkt mit relevanten informatischen Konzepten verknüpft sind. So schließt du am Ende nicht nur das LiFi-Projekt erfolgreich ab, sondern verfügst fast nebenbei über ein solides Fundament in der Informatik. Wenn alles gut läuft, merkst du kaum, wie schnell du gelernt hast.

Tipps für die Lektüre

Weil es in diesem Buch viel ums Programmieren geht, findest du natürlich viele Codeblöcke. Als Einstiegssprache verwenden wir Python. Warum ausgerechnet Python? Das erfährst du später genauer.

Codeblöcke sind deutlich sichtbar vom übrigen Text abgehoben, meist grau hinterlegt und in einer Schreibmaschinenschrift dargestellt, etwa *Courier New* oder *Consolas*. Hier ein kleines Beispiel:

```
led.set_rgb_value(0, 0, 0)                                     ①
led.set_rgb_value(255, 255, 255)                                ②

print("Diese Zeile hat keine Annotation")

# Lasse die LED blau aufleuchten                               ③
led.set_rgb_value(0, 0, 255)
```

- ① Schaltet die LED aus, weil der RGB-Code (0,0,0) schwarz erzeugt.
- ② Schaltet die LED auf weißes Licht, weil drei Mal die 255 die Farbe Weiß ergibt.
- ③ Auch Kommentare sind für kurze Erläuterungen nützlich.

Kommentare sind mit einer kleinen Zahl versehen. Wenn du die Online-Version nutzt und mit der Maus über diese Zahl fährst, erscheint ein Tooltip, der die Codezeile erklärt. Das funktioniert nur online, nicht in PDF oder Druckversion.

Noch ein kleiner Tipp: Wenn du mit der Maus über den Codeblock fährst, siehst du rechts oben ein Clipboard-Symbol. Ein Klick darauf kopiert den Code direkt in deine Zwischenablage, und du kannst ihn problemlos in dein geöffnetes Visual Studio Code oder eine andere IDE einfügen und ausprobieren.

Alle Codebeispiele findest du außerdem im [GitHub-Repository](#), das zu diesem Buch gehört.

Experimente

Hands-On Programmieren lernen

Hast du dich schon einmal gefragt, wie man Informationen über Licht übertragen kann? Oder wie man mit Licht den Puls messen kann? Oder wie man mit zwei einfachen Kabeln einen Wasserstandssensor baut? Das alles klingt vielleicht weit hergeholt, ist aber tatsächlich machbar – und wie genau, das wollen wir in diesem Buch herausfinden! Dabei werden wir nicht nur die digitale Welt der Computer und Programmierung kennenlernen, sondern auch mit spannenden Geräten in der analogen Welt arbeiten. In jedem Kapitel arbeiten wir mit anderen Geräten, die dir unterschiedliche Facetten der digitalen Welt näherbringen und gleichzeitig ermöglichen, das Programmieren spielerisch zu erlernen.

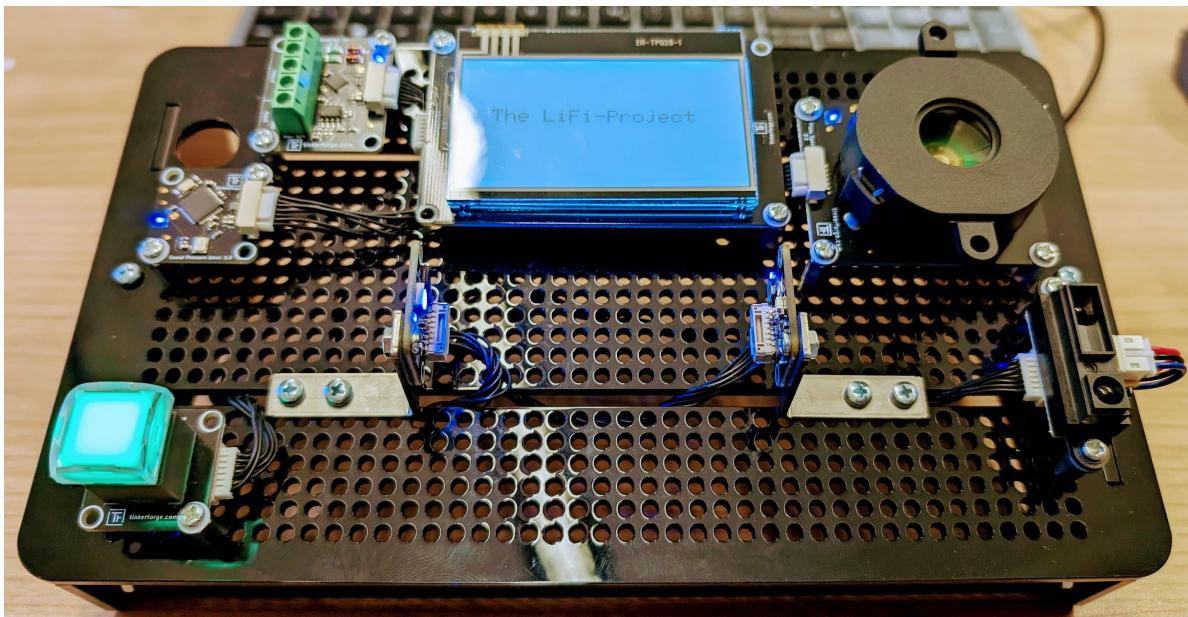


Abbildung 1: Tinkerforge Workbench mit vielen Geräten

Hier ein Überblick über die Geräte, mit denen wir gemeinsam experimentieren werden. Zusammengefasst kosten alle Komponenten 249 €. Aber keine Sorge: Wenn du das Buch im Rahmen meines Moduls „Digitalisierung und Programmierung“ an der Hochschule Osnabrück liest, erhältst du für das gesamte Semester ein komplettes Hardware-Kit.

Was?	Bauteil	Anzahl	Preis pro Stück
Bunte LED	RGB LED Bricklet 2.0	1	8 €
Button mit integrierter, bunter LED	RGB LED Button Bricklet	1	15 €
Licht- und Farbsensor	Color Bricklet 2.0	1	17 €
LCD Touchdisplay	LCD 128x64 Bricklet	1	33 €
Piezo Lautsprecher	Piezo Speaker Bricklet 2.0	1	19 €
Infrarot-Entfernungsmeßgeräte	Distance IR 4-30cm Bricklet 2.0	1	20 €
Analoger Spannungssensor	Analog In Bricklet 3.0	1	14 €
Schalldruckpegelsensor	Sound Pressure Level Bricklet	1	35 €
Mikrocontroller	Master Brick 3.2	2	35 €
Anschlusskabel 15 cm	Bricklet Kabel 15cm (7p-7p)	8	1 €
USB-A- auf USB-C Kabel	USB-A auf USB-C Kabel 100 cm	1	6 €
Montageplatte	Montageplatte 22x22 (12x12cm)	2	7 €
Schrauben, Abstandshalter und Muttern	Befestigungskit 12mm	4	2 €

Spannende Experimente

Kapitel für Kapitel werden wir an unterschiedlichen Experimenten arbeiten. Dabei lernst du nicht nur, wie man Hardware-Komponenten miteinander verbindet, sondern vor allem auch, wie man Computer – diese universellen Problemlösungsmaschinen – für eigene Ideen und Lösungen programmieren kann. Hier ist der Überblick, was dich in diesem Buch erwartet:

Kapitel	Experiment(e)
Kapitel 1	Wir lassen eine LED einen Regenbogenfarbverlauf über die Zeit erzeugen.
Kapitel 3	Wir lernen, wie man Texte umständlich und ohne Tastatur eingeben kann – über Handgesten.

Kapitel	Experiment(e)
Kapitel 4	Wir verbinden Tabellenkalkulation mit Bildern und Touchdisplays
Kapitel 5	Wir lernen Morse-Code und wie wir diesen über einen Lautsprecher ausgeben können.
Kapitel 6	Wir verwenden einfache Kippschalter, um analoge Werte in digitale Werte umzuwandeln.
Kapitel 7	
Kapitel 8	Wir bauen einen Wasserstandssensor mit einem analogen Spannungssensor.
Kapitel 9	Wir basteln einen Pulsmesser aus einem Farbsensor
Kapitel 10	Wir übertragen Nachrichten über Lichtsignale
Kapitel 11	Wir verstecken geheime Botschaften in harmlosen Nachrichten
Kapitel 12	
Kapitel 13	Wir entwickeln ein Verfahren, um Information zu komprimieren.
Kapitel 14	Wir entwickeln eine Rechenmaschine, die zwei Bytes addieren kann, mit nur einem einem Bauteil.
Kapitel 15	

Frust ist dein Freund – zumindest ein bisschen

Eins möchte ich gleich vorwegnehmen: Beim Programmierenlernen ist eine gewisse Portion Frust unvermeidbar. Klingt unangenehm? Ist es auch! Aber es ist zugleich Teil eines enorm wertvollen Lernprozesses. Jeder Fehler, den du machst, ist eine Gelegenheit, um zu verstehen, wie Computer wirklich funktionieren – nämlich absolut präzise und ohne jede Toleranz für Fehler.

Computer sind gnadenlose Lehrer. Sie zeigen dir sofort und unerbittlich, wenn etwas nicht stimmt – sei es ein vergessener Punkt, ein falscher Buchstabe oder ein simpler Zahlendreher. Das kann frustrieren, aber genau dieses direkte und sofortige Feedback hilft dir auch, schnell und effektiv zu lernen. Sobald du verstehst, wie du aus Fehlermeldungen sinnvolle Schlüsse ziehest und deine Programme entsprechend korrigierst, wirst du belohnt – mit Erfolgserlebnissen und einer steilen Lernkurve.

Also, wenn mal etwas nicht klappt: Nimm es nicht persönlich, sondern sieh es als Herausforderung. Atme tief durch, mach dir klar, dass Fehler unvermeidbar und sogar wichtig sind, und probier es noch einmal. Ich verspreche dir: Es lohnt sich!



Abbildung 2: Ein frustrierter Frosch

Voraussetzungen

Um die Experimente in diesem Buch durchführen zu können, benötigt ihr die folgende Software auf eurem Computer:

Visual Studio Code

Eine beliebte Entwicklungsumgebung, die ihr kostenlos herunterladen könnt. [Hier geht's zur Download-Seite.](#)

Python

Eine Programmiersprache, die für die Experimente verwendet wird. Ihr könnt Python von der offiziellen Website herunterladen: [Python Download](#).

Software von Tinkerforge

Tinkerforge-Bibliothek für Python

Eine Sammlung von Funktionen, die die Programmierung der Tinkerforge-Hardware erleichtern. Ihr könnt die Bibliothek mit dem folgenden Befehl installieren: `pip install tinkerforge`.

Brick Daemon

Ein Hintergrundprozess, der die Kommunikation mit der Tinkerforge-Hardware ermöglicht. Ihr könnt den Brick Daemon von der Tinkerforge-Website herunterladen: [Brick Daemon Download](#).

Brick Viewer

Ein Tool, das eine grafische Benutzeroberfläche für die Interaktion mit der Tinkerforge-Hardware bietet. Ihr könnt den Brick Viewer von der Tinkerforge-Website herunterladen: [Brick Viewer Download](#).

1 Farben

Das erste Kapitel hat es gleich in sich: Wir lernen etwas über Farben und wie sie im Computer funktionieren. Gleichzeitig steigen wir in die Programmierung ein und schreiben unser erstes Programm. Dabei nutzen wir eine LED und erzeugen einen Regenbogenfarbverlauf.

Lernziele

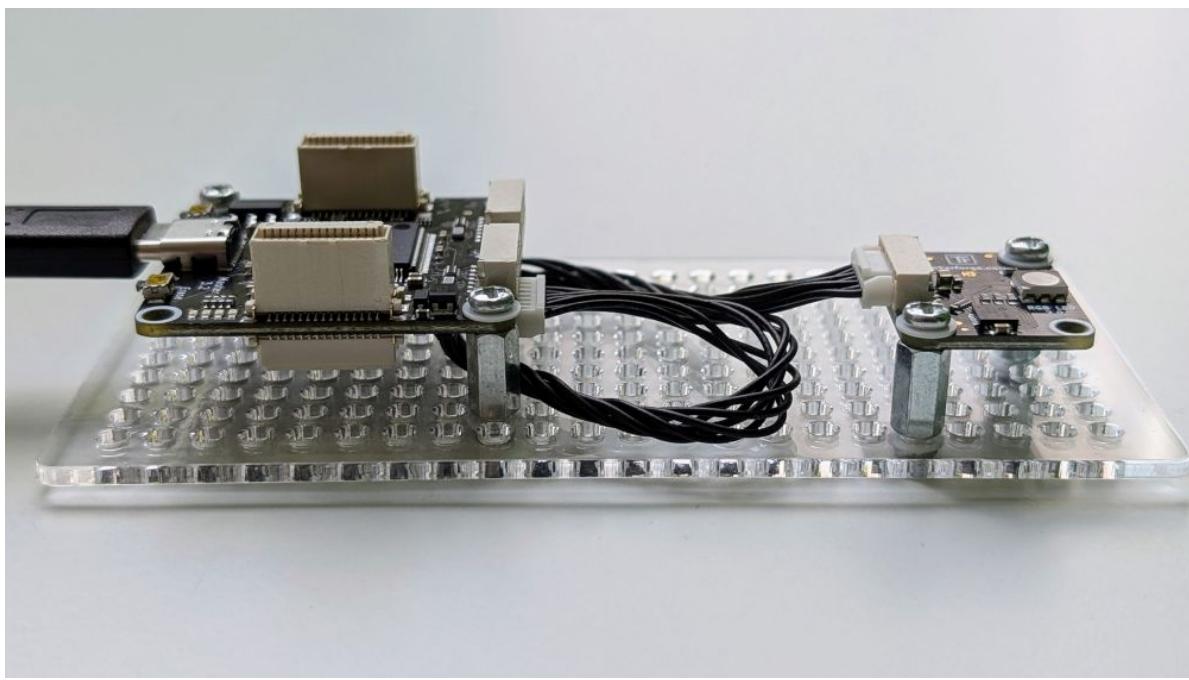
Unsere wichtigsten Lernziele in diesem Kapitel sind:

1. Wir verstehen, wie Farben im Computer funktionieren.
2. Wir schreiben unser erstes Programm am Beispiel einer LED-Steuerung.
3. Wir lernen Schleifen in der Programmierung kennen.

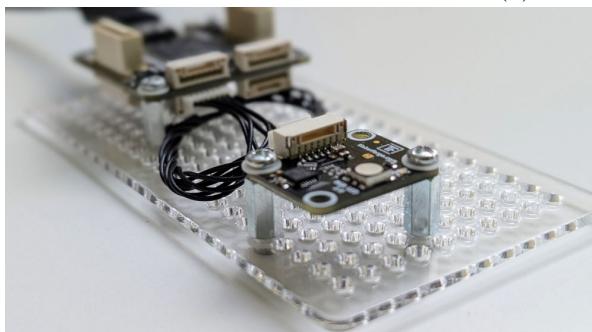
Experimentaufbau

Bereit für euer erstes Hardware-Experiment? Perfekt! Ihr braucht dafür eine LED ([RGB LED Bricklet 2.0](#)) und einen Mikrocontroller ([Master Brick 3.2](#)). Befestigt beide Bauteile mit Abstandshaltern auf einer Montageplatte, wie in Abbildung [1.1](#) gezeigt. Zwei Schrauben pro Gerät reichen völlig. Denkt an die kleinen, weißen Unterlegscheiben aus Kunststoff. Sie schützen eure Platinen vor Druckstellen.

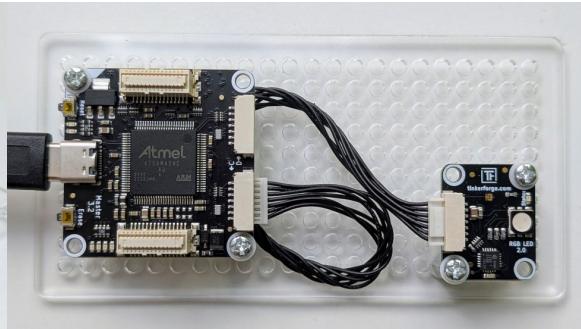
Neben der Hardware benötigt ihr auch die passende Software. Diese solltet ihr bereits installiert haben. Falls nicht, schaut im [Abschnitt zu den Voraussetzungen](#) vorbei. Dort ist alles genau beschrieben. Im Folgenden gehe ich davon aus, dass ihr alles am Laufen habt.



(a) Seitenansicht.



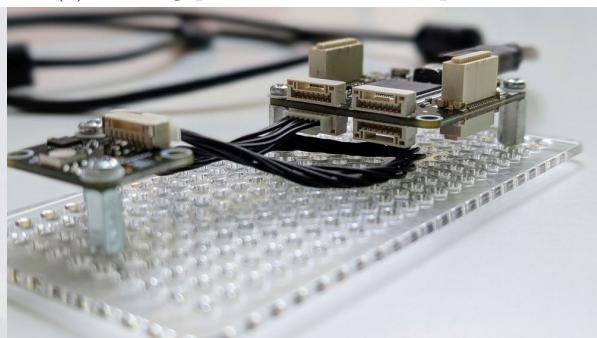
(b) Nahaufnahme der LED.



(c) Montageplatte mit allen Komponenten.



(d) Untenansicht.



(e) Ansicht der vier Steckplätze.

Abbildung 1.1: Einfaches Setup mit einem Mikrocontroller und einer LED.

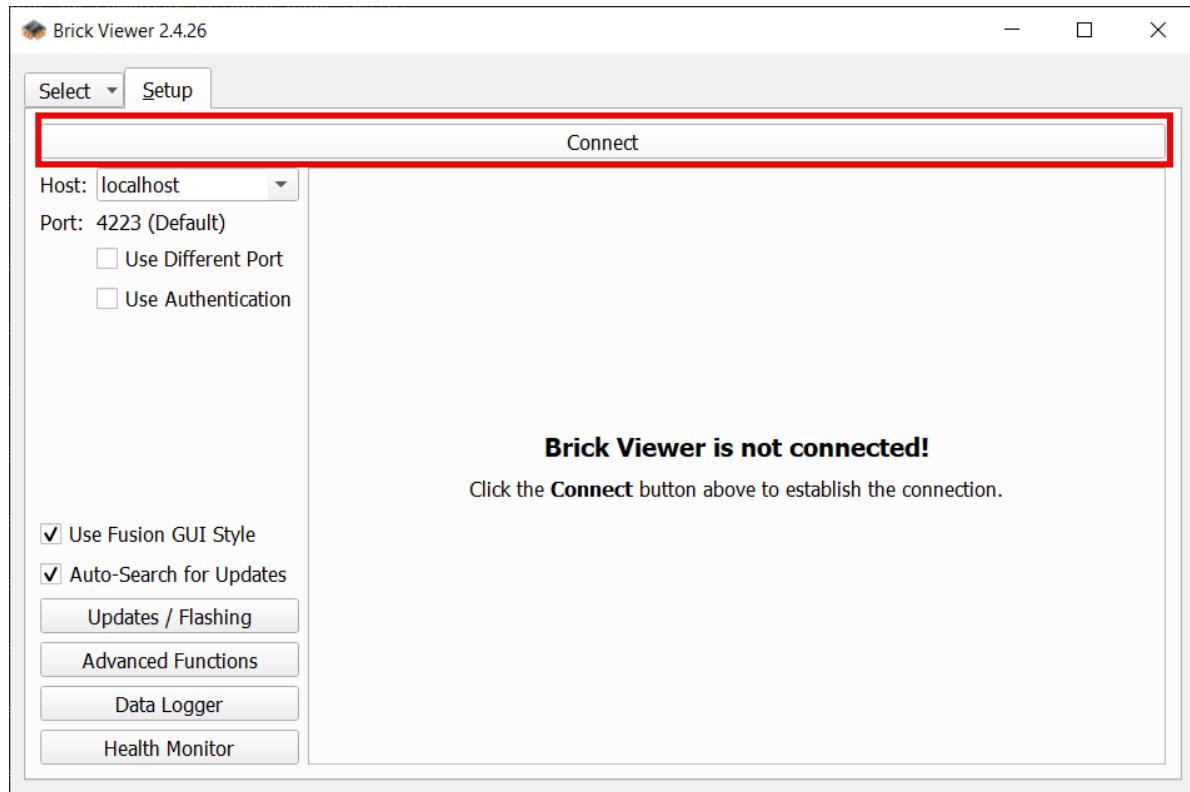


Abbildung 1.2: Über den Connect-Button verbindet ihr den Brick Viewer mit dem angeschlossenen Master Brick.

1.1 Erste Schritte mit der LED

Im ersten Schritt wollen wir die LED und ihre Funktionen testen! Das geht ganz leicht mit dem Brick Viewer. Schließt zuerst den Master Brick über das USB-Kabel an euren Computer an und öffnet den Brick Viewer. Klickt dann auf den Connect-Button.

Wenn alles geklappt hat, zeigt euch der Brick Viewer alle angeschlossenen Geräte in Tabs an. Schaut euch Abbildung 1.3 an – so etwa sollte es aussehen.

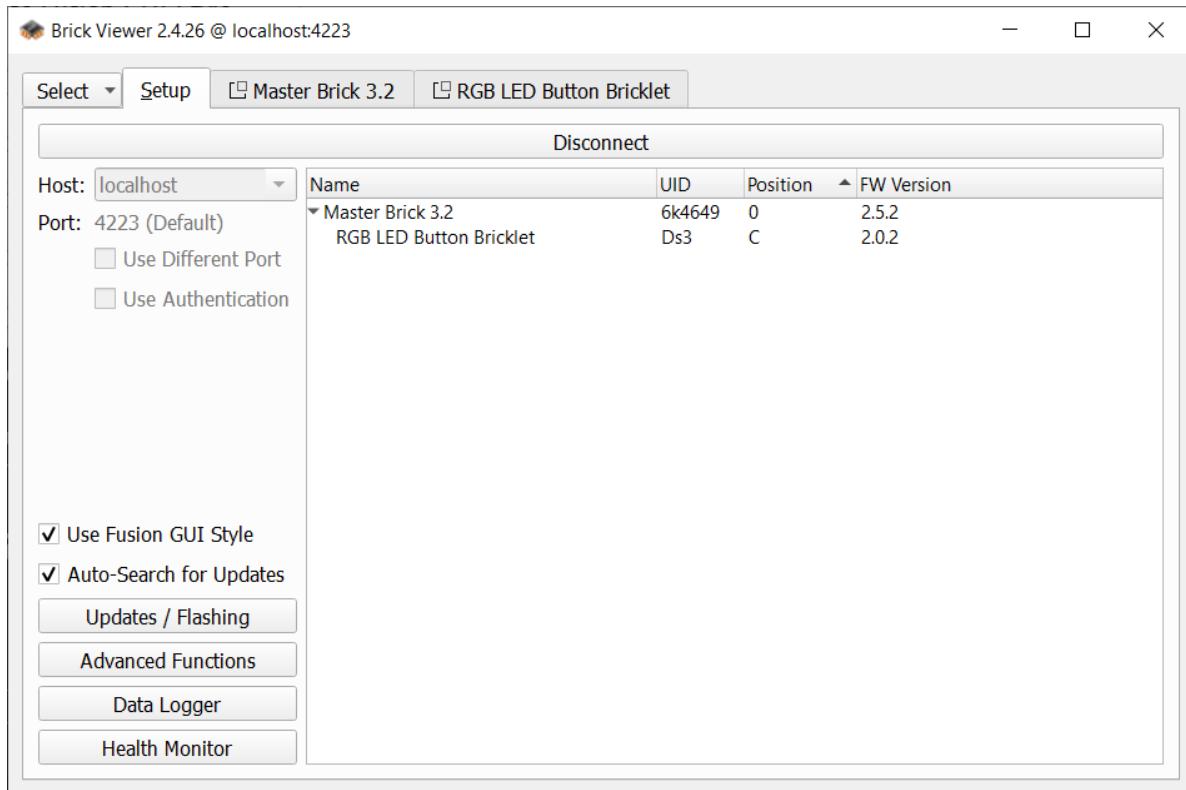


Abbildung 1.3: Der Brick Viewer nachdem ihr mit dem Master Brick verbunden seid.

Wechselt nun zum Tab der RGB LED. Hier könntt ihr über unterschiedliche Wege die Farbe der LED einstellen. Mehr kann eine LED nicht!

Mit den drei Schiebereglern steuert ihr die einzelnen Farbkanäle – Rot, Grün, Blau. Der Wertebereich: 0 bis 255. Warum gerade diese die Farben und Zahlen? Gute Frage. Die Antwort kommt weiter unten.

Fazit: Der Brick Viewer ist top zum Rumprobieren. Aber wenn ihr echte Projekte umsetzen wollt, müsst ihr programmieren lernen. Also los!

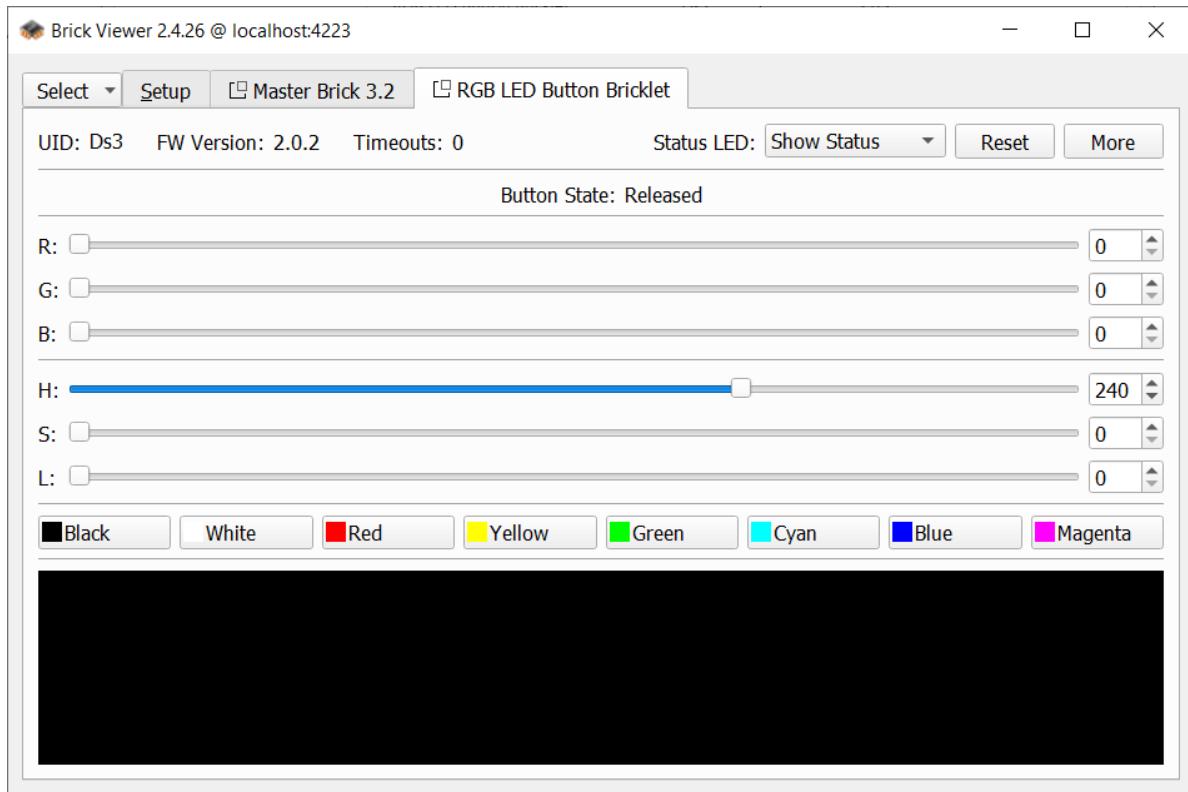


Abbildung 1.4: Die Ansicht für die RGB LED im Brick Viewer, in der ihr alle Funktionen per Klick im Zugriff habt.

1.2 Unser erstes Programm

Wie verbinden wir uns über Programm mit der LED und setzen ihre Farbe? Die Antwort darauf findet ihr im folgenden kurzen Codebeispiel.

Listing 1.1 Der Boilerplate-Code für die Verbindung mit den Geräten am Beispiel der RGB LED.

```
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection          ①
from tinkerforge.bricklet_rgb_led_v2 import BrickletRGBLEDV2    ②

ipcon = IPConnection()                                     ③
ipcon.connect("localhost", 4223)                            ④
led = BrickletRGBLEDV2("ZEP", ipcon)                      ⑤
```

- ① Hier importieren wir ein Objekt aus einer Bibliothek zum Herstellen einer Verbindung mit dem Master Brick.
- ② Hier importieren wir ein weiteres Objekt, das wir zur Darstellung der LED als Python-Objekt benötigen.
- ③ Die Verbindung erfolgt über eine sogenannte IP-Verbindung, die wir hier als Objekt erstellen.
- ④ Mit `connect` stellen wir eine Verbindung zum angeschlossenen Master Brick her.
- ⑤ Schließlich holen wir uns eine virtuelle Instanz des RGB LED Bricklets, indem wir die UID nennen und sagen, welche Verbindung (`ipcon`) genutzt werden soll.

1.2.1 Programme

Zunächst klären wir den Begriff *Programm*. Ein Programm ist eine Abfolge von Anweisungen, die ein Computer ausführt, um eine bestimmte Aufgabe zu erledigen. In unserem Fall ist das Programm später dafür zuständig, mit der LED zu interagieren und sie in verschiedenen Farben leuchten zu lassen. Programme werden in Programmiersprachen geschrieben, die es uns ermöglichen, dem Computer präzise Anweisungen zu geben. Wir verwenden in diesem Buch die Programmiersprache Python, die sich besonders gut für Einsteiger eignet und gleichzeitig mächtig genug ist, um komplexe Aufgaben zu lösen.

Wenn wir ein Programm ausführen, arbeitet der Computer die Anweisungen Schritt für Schritt von oben nach unten ab. Die Nummerierung der Zeilen verdeutlicht das sehr schön. Der Computer beginnt bei Zeile 1 und arbeitet die Befehle Zeile für Zeile bis nach unten ab.

Es gibt Befehle, die den Computer von dieser linearen Abfolge abweichen lassen, etwa Schleifen oder Verzweigungen. Diese lernen wir später kennen.

1.2.2 Boilerplate Code

Der Codeausschnitt in Listing 1.1 wird uns im Verlauf dieses Buches immer wieder begegnen. Wir benötigen ihn, um uns am Anfang des Programms mit den Geräten zu verbinden, die wir für unsere Anwendung benötigen. In der Informatik nennen wir solchen Code, den wir häufig in der gleichen Form benötigen und fast eins zu eins kopieren können, auch *Boilerplate-Code*. Wundert euch also nicht, wenn ich diesen Begriff ab und an mal verwende. Jetzt wisst ihr, was gemeint ist.

1.2.3 Bibliotheken

Beginnen wir in den ersten beiden Zeilen. Hier seht ihr zwei sehr ähnliche Befehle, die mit dem Schlüsselwort `from` beginnen. Nach dem Schlüsselwort `from` folgt der Name einer Bibliothek, aus der wir ein für unser Programm benötigtes Objekte importieren. Die Kombination der Schlüsselwörter `from ... import` lässt sich also wörtlich übersetzen: “Aus der Bibliothek X importiere das Objekt Y”.

Eine *Bibliothek* in einer Programmiersprache ist die Bündelung und Bereitstellung von Funktionen, Klassen oder Konstanten. Eine Bibliothek könnt ihr euch vorstellen wie einen Werkzeugkasten: Sie enthält fertige Werkzeuge (Funktionen und Klassen), damit ihr nicht alles von Grund auf selbst programmieren müsst. Tinkerforge stellt uns genau solche Werkzeuge bereit, damit wir schnell und unkompliziert mit den Geräten loslegen können. Für jedes Gerät gibt es in der Tinkerforge-Bibliothek eine eigene Klasse, über die wir auf die Funktionen jedes Geräts zugreifen können.

1.2.4 Klassen und Objekte

Mit `from ... import` importieren wir also etwas aus einer Bibliothek. Soweit so gut. Aber was bedeutet das genau? Mit *importieren* ist konkret gemeint, dass wir dem Programm mitteilen, dass wir vorhaben, die genannten Dinge in unserem Programm zu verwenden, und dass sie deshalb am besten schon einmal geladen werden sollten. Ob wir diese Dinge später wirklich nutzen steht auf einem anderen Blatt.

In dem Fall der ersten beiden Zeilen unseres Programms von oben sind es zwei *Klassen*, deren Verwendung wir ankündigen. Die erste Klasse heisst `IPConnection` und die zweite `BrickletRGBLEDV2`. Der Begriff *Klasse* ist hier analog zum Begriff *Kategorie* zu verstehen. Wir können zu einer Klasse gehörige *Objekte* erzeugen, und alle Objekte der selben Klasse verhalten sich gleich und haben die gleichen Funktionen. Das verstehen wir am besten an einem einfachen Beispiel.

Stellt euch vor, ihr habt eine Klasse namens `Auto`. Diese Klasse beschreibt alle Eigenschaften und Funktionen, die ein Auto haben kann, wie etwa `fahren()`, `bremsen()` oder `tanken()`. Diese Dinge sollen für jedes Auto gleich ablaufen. Jedes konkrete Auto in der Welt ist ein

Objekt dieser Klasse. Wir können also sagen: "Mein Auto ist ein Objekt der Klasse `Auto`." Jedes `Auto` hat neben den Funktionen die gleichen Eigenschaften wie Farbe, Marke und Modell. Aber jedes Auto kann andere Werte für diese Eigenschaften haben.

Genauso verhält es sich mit den Klassen, die Tinkerforge für uns bereitgestellt hat. Die Klasse `IPConnection` beschreibt, wie wir eine Verbindung zu einem Mikrocontroller herstellen können, und die Klasse `BrickletRGBLEDV2` beschreibt, wie wir mit der LED interagieren können. Wenn wir ein Objekt dieser Klasse erstellen, können wir alle Funktionen nutzen, die in der Klasse definiert sind. Eine LED muss nicht fahren oder bremsen wie ein Auto. Dafür hat sie andere Funktionen, wie etwa `set_rgb_value()`, die uns erlaubt, die Farbe der LED zu ändern. Eine Eigenschaft jeder LED ist ihre UID, die eindeutig ist und uns hilft, sie im System zu identifizieren.

1.2.5 Schlüsselwörter

Soeben haben wir mit `from` und `import` unsere ersten beiden Schlüsselwörter in Python kennengelernt! Aber was bedeutet das genau? Ein Schlüsselwort, das wir im Englischen auch *keyword* oder *reserved keyword* nennen, ist ein Begriff, der in der jeweiligen Programmiersprache eine feste Bedeutung hat und deshalb nicht anderweitig verwendet werden darf. Wir werden gleich noch sehen, dass wir bei der Programmierung auch häufig Namen vergeben müssen, etwa für Variablen oder Funktionen. Diese Namen dürfen nicht wie ein Schlüsselwort lauten, ansonsten funktioniert unser Programm nicht wie gewünscht. Welche Schlüsselwörter es in Python gibt, könnt ihr [hier](#) nachschauen.

Im Codeausschnitt oben laden wir zuerst das Objekt für die Verbindung zum angeschlossenen Mikrocontroller, die über eine IP-Verbindung hergestellt wird. Was das genau ist? Später mehr dazu. Zusätzlich zur `IPConnection` laden wir anschließend noch die benötigen Klassen für die Geräte, die wir in unserem aktuellen Setup verwenden wollen. In diesem Kapitel ist das nur die LED, in späteren Experimenten werden es auch mal mehrere Geräte sein.

1.2.6 Objekte erzeugen

In Listing 1.1 in Zeile 4 erzeugen wir ein Objekt der Klasse `IPConnection`. Die fertige Instanz - so nennen wir ein Objekt, das aus einer Klasse erzeugt wurde - speichern wir auf einer *Variable* mit dem Namen `ipcon`. Diesen Namen haben wir uns selbst ausgedacht, damit wir später darauf zugreifen können. Wir hätten auch einen anderen Namen wählen können. Eine Variable ist also ein Platzhalter für einen Wert, den wir später im Programm verwenden wollen. In diesem Fall ist `ipcon` der Platzhalter für die Verbindung zu unserem Mikrocontroller. Was eine Variable technisch ist, lernen wir später noch genauer kennen.

1.2.7 Methoden

Über das Objekt `ipcon` können wir nun eine Verbindung zu unserem Mikrocontroller herstellen. Das geschieht in Zeile 5 mit der Methode `connect()`. Eine *Methode* ist eine Funktion, die zu einem Objekt gehört. Wie etwa `fahren()` oder `bremsen()` in unserem Auto-Beispiel.

Wir können Methoden aufrufen, um eine bestimmte Aktion auszuführen. In diesem Fall stellen wir eine Verbindung zum Mikrocontroller her, indem wir die Adresse und den Port angeben, über den die Verbindung hergestellt werden soll. In unserem Fall ist das “localhost”, was für die lokale Maschine steht, und Port 4223, der durch den Brick Daemon standardmäßig so konfiguriert ist. Der Aufruf einer Methode erfolgt immer mit dem Punkt `.` nach dem Objekt, gefolgt vom Namen der Methode und den Klammern `()`, in denen wir eventuell benötigte Parameter angeben.

Eine Methode ist letztlich eine Funktion, die zu einem Objekt gehört. Zu einem späteren Zeitpunkt schreiben wir unsere eigenen Funktionen und lernen dann noch viel mehr darüber.

1.2.8 Ein Objekt für die LED

In Zeile 6 erzeugen wir schließlich ein Objekt der Klasse `BrickletRGBLEDV2`. Dieses Objekt repräsentiert unsere LED und ermöglicht es uns, mit ihr zu interagieren. Wir nennen das Objekt `led`, was kurz und klar ist. Auch hier haben wir uns den Namen selbst ausgedacht, um später darauf zugreifen zu können. Auch wenn wir grundsätzlich Variablennamen frei wählen können, sollten sie immer so gewählt werden, dass sie den Inhalt der Variable beschreiben. Das macht es später einfacher, den Code zu verstehen. Gleichzeitig gibt es in Python einige Regeln, die wir bei der Benennung von Variablen beachten müssen. Dazu gehören etwa, dass Variablennamen nicht mit einer Zahl beginnen dürfen und keine Leerzeichen enthalten dürfen. Eine ausführliche Liste der Regeln findet ihr [hier](#).

1.2.9 Zusammenfassung unseres ersten Programms

Damit haben wir unser erstes Programm von oben nach unten erläutert und dabei schon viele wichtige Konzepte der Programmierung kennengelernt:

Programme	Abfolge von Anweisungen, die nacheinander ausgeführt werden.
Boilerplate Code	Standard-Code, den man immer wieder braucht.
Importieren von Bibliotheken	Sammlung von fertigen Code-Elementen.
Schlüsselwörter	Reservierte Begriffe der Programmiersprache.
Klassen und Objekte	Kategorien und deren konkrete Instanzen.

Methoden und Funktionen	Funktionen, die zu einem Objekt gehören.
Variablen	Platzhalter für Werte.

1.2.10 Und jetzt?

Wir haben nun eine digitale Repräsentation unserer LED in Python. Wir können die LED jetzt zum Leuchten bringen, indem wir eine Methode der Klasse `BrickletRGBLEDV2`, die `set_rgb_value()` heißt, verwenden. Diese Methode erwartet drei Parameter: Rot, Grün und Blau. Mit diesen Parametern können wir die Farbe der LED einstellen.

```
led.set_rgb_value(0, 255, 0) (1)
```

- ① Setzt die LED auf grün. R = 0, G = 255, B = 0. Logisch, oder?

Moment mal ... Wo steht hier eigentlich *grün*? Steht da gar nicht. Stattdessen drei Zahlen. Willkommen bei der *RGB-Farbkodeierung*. Jede Farbe besteht aus drei Werten zwischen 0 und 255: Rot, Grün, Blau. Null ist nix. 255 ist volle Power. Alles 0? Schwarz. Alles 255? Weiß. Nur Grün auf 255? Na klar: grün.

Aber warum machen wir das mit Zahlen? Weil Computer nun mal mit Zahlen arbeiten. Das ist einer der zentralen Gedanken dieses Buches: Wie übersetzen wir die Welt in etwas, das ein Computer versteht?

Warum aber ist das so? Warum kodieren wir in der Informatik jede Farbe mit *drei* Zahlen? Warum überhaupt mit Zahlen? Hier kommen wir zu einer zentralen Frage dieses Buches: Wie bilden Computer Informationen ab?

Vorher müssen wir aber kurz zurück in die Schule.

1.3 Farben und Licht

Physik ist vielleicht schon eine Weile her. Erinnern wir uns dennoch kurz, was Licht ist und wie Farben damit zusammenhängen. Licht ist *elektromagnetische Strahlung*. Das bedeutet, es handelt sich um gekoppelte Schwingungen elektrischer und magnetischer Felder, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Vereinfacht können wir uns Licht als Wellen vorstellen, die sich durch den Raum bewegen. Diese Wellen haben unterschiedliche Frequenzen und Wellenlängen. Das sichtbare Licht ist nur ein kleiner Teil des gesamten elektromagnetischen Spektrums, das von Radiowellen über Infrarotstrahlung bis hin zu Röntgenstrahlen und Gammastrahlen reicht.

Bei Wellen unterscheiden wir zwischen der Frequenz (wie oft die Welle pro Sekunde schwingt) und der Wellenlänge (der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wellenbergen). Die Frequenz und die Wellenlänge sind umgekehrt proportional: Je höher die Frequenz, desto kürzer die Wellenlänge und umgekehrt.

Frequenzen messen wir in Hertz (Hz), wobei 1 Hz einer Schwingung pro Sekunde entspricht. Das sichtbare Licht hat Frequenzen im Bereich von etwa 430 THz (Terahertz) bis 750 THz. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts liegen zwischen etwa 400 nm (Nanometer) für violettes Licht und etwa 700 nm für rotes Licht. Um sich das vorzustellen: Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter. Zum Vergleich: Ein menschliches Haar hat einen Durchmesser von etwa 80.000 bis 100.000 Nanometern. Die Abstände zwischen den Wellenlängen des sichtbaren Lichts sind also extrem klein.

Was bedeutet das nun für eine LED? Eine LED (Light Emitting Diode) ist ein Halbleiterbauelement, das Licht erzeugt, wenn elektrischer Strom hindurchfließt. Die Farbe des Lichts hängt von Eigenschaften des Halbleitermaterials ab, aus dem die LED besteht. Verschiedene Materialien emittieren Licht bei unterschiedlichen Wellenlängen, was zu verschiedenen Farben führt. Zum Beispiel emittiert eine rote LED Licht mit einer Wellenlänge von etwa 620-750 nm, während eine grüne LED Licht mit einer Wellenlänge von etwa 495-570 nm emittiert.

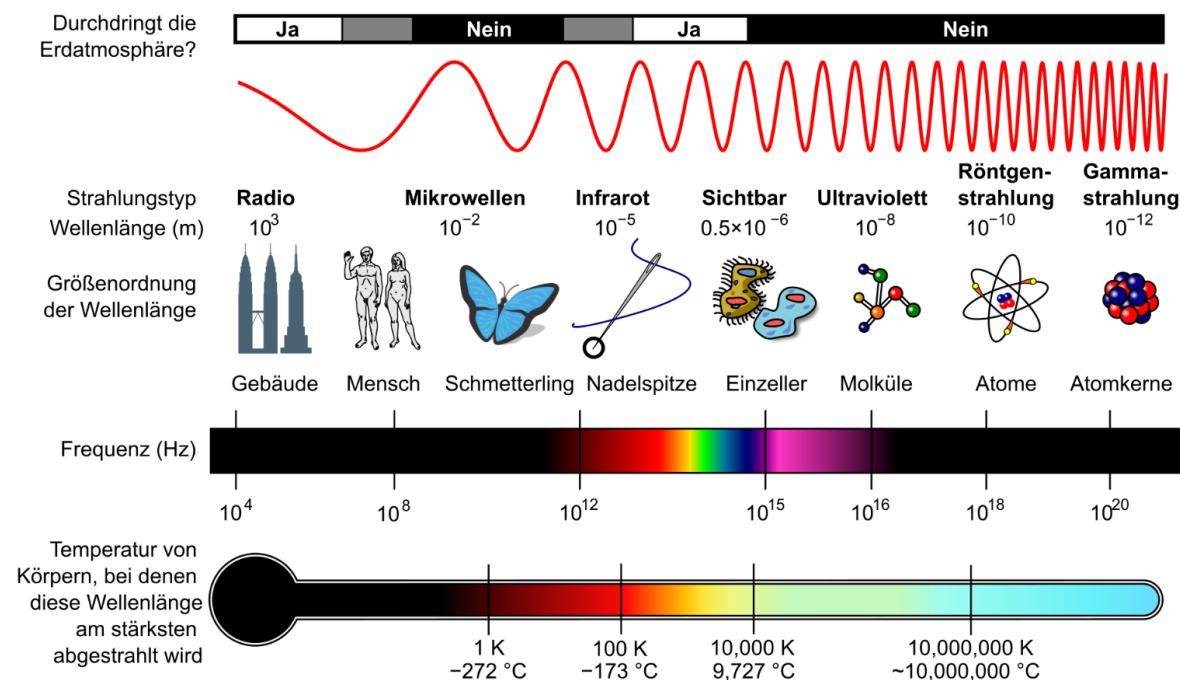


Abbildung 1.5: Das elektromagnetische Spektrum, wovon das sichtbare Licht ein kleiner Teil ist. (Quelle: [Wikipedia](#))

Die RGB LED besteht in Wirklichkeit aus drei einzelnen LEDs: einer roten, einer grünen und einer blauen. Jede dieser LEDs kann unabhängig voneinander angesteuert werden, um verschiedene Farben zu erzeugen. Mehr Stromstärke bedeutet mehr Intensität der jeweiligen Farbe. Durch die Kombination der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau in unterschiedlichen Intensitäten können wir eine Vielzahl von Farben mischen. Das ist das Prinzip der additiven Farbmischung: Wenn wir alle drei Farben mit voller Intensität leuchten lassen, erhalten wir Weiß. Wenn wir keine Farbe leuchten lassen, erhalten wir Schwarz. Klar, die LED sind dann alle aus.

1.4 Farben im Computer

Nun wissen wir, warum die Methode `set_rgb_value()` drei Parameter erwartet: Rot, Grün und Blau. Diese Parameter sind die Intensitäten der jeweiligen Farbe, die wir in unserem Programm angeben. Mit den Werten 0 bis 255 können wir jede Farbe im sichtbaren Spektrum erzeugen.

Wie kommt es aber zu der merkwürdigen Zahl 255? Warum nicht einfach 0 bis 100? Das liegt daran, wie ein Computer grundsätzlich Werte speichert und wie dieser Speicher organisiert ist. Kurz gesagt: Der Wertebereich 0 bis 255 passt genau in ein sogenanntes *Byte*. Ein Byte ist eine Speichereinheit, die aus 8 Bits besteht. Ein Bit kann entweder 0 oder 1 sein. Mit 8 Bits können wir also $2^8 = 256$ verschiedene Werte darstellen, von 0 bis 255. Das ist genau der Bereich, den wir für die RGB-Farbkodeierung verwenden. Dazu lernen wir später noch mehr.

Wir halten also fest, dass sich ein Farbwert im Computer aus drei Zahlen zusammensetzt, die jeweils zwischen 0 und 255 liegen. Das gilt für unsere LED, aber auch für Pixel in TVs, Smartphones, digitalen Foto oder Monitoren. All diese Dinge beleuchten wir später noch genauer.

1.5 Farben mischen

Klingt alles theoretisch sehr gut. Aber wie sieht es mit der Praxis aus? Probieren wir es aus und mischen zwei Farben mit voller Intensität!

```
led.set_rgb_value(255, 255, 0)
```

Was macht der Befehl? Welche Farbe kommt dabei heraus? Probiert es einfach mal aus!

1.5.1 Additive Farbmischung

Ihr solltet alle eure LEDs in Gelb aufleuchten sehen. In der *additiven Farbmischung* mischen wir Rot und Grün und erhalten dadurch Gelb. Gelb ist heller als die beiden Farben Rot und Grün, was kein Zufall ist. Das ist das Prinzip der additiven Farbmischung: Wenn wir zwei Farben mit voller Intensität leuchten lassen, erhalten wir eine neue Farbe, die stets heller ist als die Ursprungsfarben. Wir fügen mehr Licht hinzu. Wenn wir alle drei Farben mit voller Intensität mischen erhalten wir schließlich Weiß.

```
led.set_rgb_value(255, 255, 255)
```

Am anderen Ende des Spektrums erzeugen drei Nullen die Farbe Schwarz:

```
led.set_rgb_value(0, 0, 0)
```

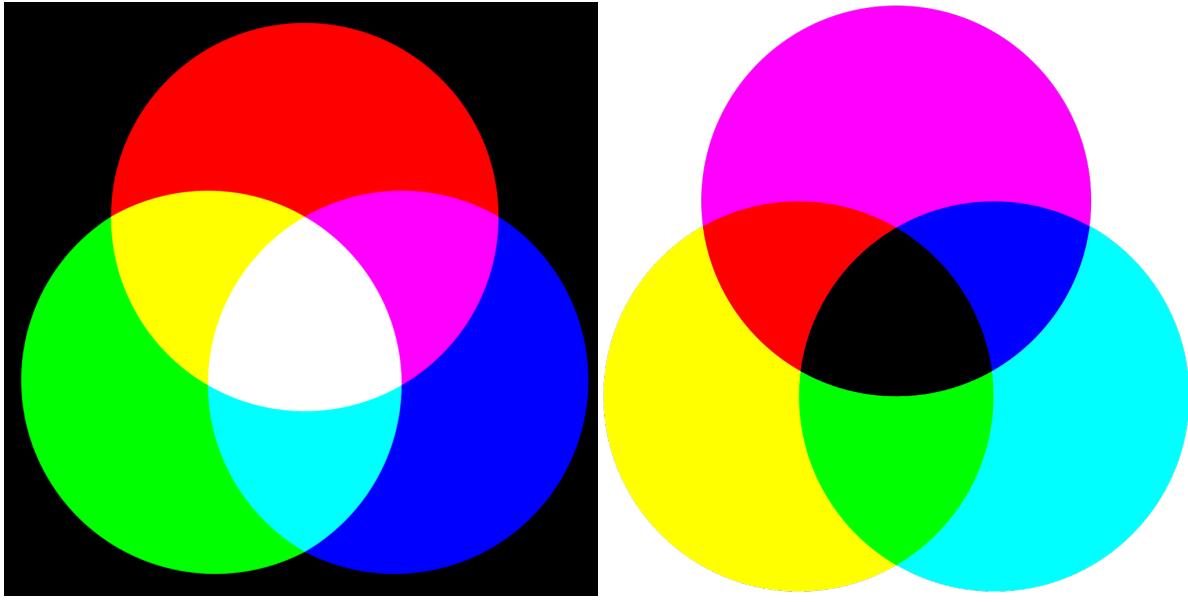
1.5.2 Subtraktive Farbmischung

Ihr könnt euch merken, dass wir im Kontext von Computern oft von *additiver Farbmischung* sprechen, weil Bildschirme Licht erzeugen. Durch das Mischen der drei Farbkanäle entstehen neue Farben gemäß der additiven Farbmischung, also stets heller als ihre Grundfarben. Daneben gibt es aber noch die subtraktive Farbmischung. Sie funktioniert anders, nämlich genau umgekehrt. Statt beim Mischen Licht hinzuzufügen, nehmen wir Licht weg.

Erinnert ihr euch an euren Farbkasten aus der Grundschule? Dort habt ihr auch Farben gemischt, um neue Farben zu erzeugen, die euer Farbkasten nicht direkt mitgeliefert hat. Was hat im Farbenkasten die Mischung aus Rot und Grün ergeben? Sicher nicht Gelb - eher Braun. Eine dunklere Farbe. Das liegt daran, dass wir es hier nicht mit additiver, sondern mit subtraktiver Farbmischung zu tun haben. Bei der subtraktiven Farbmischung mischen wir Pigmente, die Licht *absorbieren* und *reflektieren*. Das Mischen von Farben fungiert hier wie ein Filter: Bestimmte Teile des Lichtspektrums werden nicht mehr reflektiert, sondern absorbiert und sind damit nicht mehr sichtbar. Das Ergebnis einer Mischung zweier Farben ergibt in der subtraktiven Farbmischung also stets eine dunklere Farbe. Genau umgekehrt zur additiven Farbmischung.

Was passiert mit dem absorbierten Licht? Es wird in eine andere Form der Energie umgewandelt, nämlich Wärme. Deshalb wird eine schwarze Oberfläche auch besonders heiß, wenn die Sonne darauf knallt. Sie absorbiert das gesamte Lichtspektrum und wandelt es in Wärme um. Dagegen wirken weiße Oberflächen fast wie Klimaanlagen. Es ist kein Zufall, dass wir in sonnigen Erdteilen viele weiße Fassaden sehen.

Wenn wir alle Farben mischen ergibt die subtraktive Farbmischung Schwarz, weil kein Licht mehr reflektiert wird. Alles Licht wird aufgesogen und nichts kommt mehr zurück. Das ist ein



(a) Additive Farbmischung

(b) Subtraktive Farbmischung

Abbildung 1.6: Additive und subtraktive Farbmischung.

anderes Prinzip als bei der additiven Farbmischung, bei der wir Lichtquellen *kombinieren*, um neue Farben zu erhalten.

In Abbildung 1.6 sehen wir die beiden Farbmischungsarten im Vergleich. In Abbildung 1.6b sehen wir die drei Grundfarben, die wir bei der subtraktiven Variante benötigen, um daraus alle weiteren Farben zu erhalten. Das sind Cyan, Magenta sowie Gelb. Im Englischen ist die Abkürzung CMY, wo das “Y” für *Yellow* steht. In der additiven Farbmischung sind es, wie oben schon gesehen, Rot, Grün und Blau. Wenn ihr Abbildung 1.6a betrachtet dann erkennt ihr, dass genau diese drei Farben durch das Mischen jeweils zweier Grundfarben in der additiven Farbmischung entstehen. Und umgekehrt gilt das gleiche Prinzip! Ob das Zufall ist?

In der additiven Farbmischung entsteht Gelb durch das Mischen von Rot und Grün, wobei Blau fehlt. Im Umkehrschluss bedeutet das: Gelbes Licht enthält keine blaue Komponente, es reflektiert also kein Blau. In der subtraktiven Farbmischung (wie beim Farbkasten) wird Gelb erzeugt, indem Blau aus weißem Licht herausgefiltert wird – Gelb reflektiert also kein Blau, sondern absorbiert es. Gelb kann also auch als Blaufilter gesehen werden. Das erklärt, warum ein gelber Gegenstand unter blauem Licht dunkel erscheint: Er kann das blaue Licht nicht reflektieren.

Jetzt können wir auch erklären, warum Farbdrucker vier unterschiedliche Kartuschen benötigen (Abbildung 1.7). Mit den Grundfarben der subtraktiven Farbmischung Cyan, Magenta und Gelb können wir jede beliebige Farbe mischen. Zusätzlich haben Drucker eine

Kartusche für Schwarz, um erstens ein sattes Schwarz drucken zu können und zweitens die Farbkartuschen zu schonen. Denn schließlich müssen alle drei Farben gemischt werden, um Schwarz zu erhalten. Und weil viele Drucksachen schwarz enthalten (oder sogar ausschließlich) ist eine schwarze Kartusche einfacher effizienter. Die Farbe Schwarz wird bei Druckerkartuschen als Key bezeichnet und mit "K" abgekürzt. Wir sprechen daher auch von CMYK.

Farben spielen eine so wichtige Rolle bei der Arbeit mit Computern. Deshalb lohnt es sich, ein wenig über die Hintergründe von Farben und deren Mischung zu verstehen. Wir werden später noch lernen, wie Bildschirme Farben darstellen. Spätestens dann wird uns das Thema der Farbmischung wieder begegnen.

Ab jetzt wollen wir weiter mit unserer LED experimentieren und den RGB-Code, mit dem Computer Farben abbilden, praxisnah verstehen. Bisher haben wir gelernt, dass wir die Farbe der LED über die Methode `set_rgb_value()` verändern können, wenn wir wissen, welcher RGB-Code unsere gewünschte Farbe repräsentiert. Da wir jetzt mehr über die Farbmischung wissen, können wir die LED also ganz einfach in der Farbe Magenta leuchten lassen:

```
led.set_rgb_value(255, 0, 255)
```

Gemäß der Theorie der additiven Farbmischung (Abbildung 1.6a) müsste Rot und Blau Magenta ergeben. Probiert es aus!

1.6 Schleifen

Das deklarierte Ziel unseres ersten Experiments ist es, einen Regenbogenfarbverlauf zu erzeugen. Dazu müssen wir die Farbe der LED kontinuierlich ändern, sodass sie von Rot über Gelb, Grün, Cyan, Blau und Violett wieder zurück zu Rot wechselt. Das erreichen wir mit einer *Schleife*. Eine Schleife ist ein Konstrukt in der Programmierung, das es uns ermöglicht, einen bestimmten Codeabschnitt mehrfach auszuführen, ohne ihn jedes Mal neu schreiben zu müssen. Das spart Zeit und macht den Code übersichtlicher.

1.6.1 Abzählbare Wiederholungen

Wir beginnen wie immer einfach und nähern uns dem Regenbogen schrittweise an. Zunächst wäre es schön, wenn wir die LED einfach Rot pulsieren lassen könnten. Dazu müssen wir nämlich nur den Rot-Kanal und nicht alle drei Kanäle der LED ansteuern. Gleichzeitig lernen wir schon hier ein Problem kennen, das mit Schleifen gelöst werden kann.

Was bedeutet es, die LED pulsieren zu lassen? Und was müssen wir dafür tun? Pulsieren bedeutet, dass die LED langsam immer heller wird, kurz in der vollen Helligkeit verweilt, aber dann sofort wieder kontinuierlich dunkler wird. Sobald sie schwarz ist fängt der Zyklus von Vorne an.



Abbildung 1.7: Ein typisches Set mit CMY-Druckerkartuschen inklusive Schwarz.

Den Ausdruck *immer heller werden* können wir bezogen auf die LED so übersetzen, dass wir den Anteil des Rot-Kanals schrittweise erhöhen. Wenn die LED zu Beginn aus ist, also alle Kanäle auf 0 stehen, können wir den Rot-Kanal von 0 auf 255 erhöhen und so die LED immer heller in Rot aufleuchten lassen.

Wir beginnen also mit einer schwarzen LED:

```
led.set_rgb_value(0, 0, 0)
```

Anschließend setzen wir den Wert für Rot auf 1:

```
led.set_rgb_value(1, 0, 0)
```

Und erhöhen ihn schrittweise:

```
led.set_rgb_value(2, 0, 0)
led.set_rgb_value(3, 0, 0)
led.set_rgb_value(4, 0, 0)
# ...
```

Wenn wir nach diesem Muster fortfahren, hätten wir bis zum vollen Rot 255 Zeilen Code geschrieben, eine für Zeile jeden ErhöhungsSchritt. Und anschließend das gleiche nochmal rückwärts, damit wir wieder zu Schwarz kommen. Mit 510 Zeilen Code hätten wir dann eine Pulssierungszyklus durchlaufen. Wollen wir die LED öfters pulsieren lassen vervielfacht sich unser Code entsprechend. Das kann doch nicht die Lösung für ein so einfaches Problem sein.

Und tatsächlich gibt es in der Programmierung eine bessere Möglichkeit, um sich wiederholende Abläufe abzubilden: die Schleife. In einem Fall, bei dem wir genau wissen, wie oft wir etwas wiederholen wollen, bietet sich eine Zählerschleife an:

```
for r in range(256):
    led.set_rgb_value(r, 0, 0)
```

Voilá! Unsere 510 Zeilen Code können wir mit einer Schleife auf zwei Zeilen reduzieren! Dazu müssen wir im Kopf der Schleife (`for ... in ...`) festlegen, wie oft der eingerückte Codeblock nach dem Doppelpunkt ausgeführt werden soll. In Python funktioniert das über die Angabe einer Menge, für die jedes Element einmal durchlaufen wird. Das aktuelle Element ist in der Schleife als `r` verfügbar. Und `r` nimmt nacheinander jeden Wert der Menge an, die nach dem Schlüsselwort `in` folgt. Diese Menge erzeugt hier die Funktion `range(256)`, die, wie der Name preisgibt, eine *Zahlensequenz* von 0 bis zum angegebenen Wert minus eins erzeugt. In unserem Fall also von 0 bis 255.

Um das besser nachvollziehen zu können, geben wir den Wert für `r` einfach mal aus:

```
for r in range(256):
    led.set_rgb_value(r, 0, 0)
    print(r)
```

①

- ① Mit `print()` geben wir einen Wert auf der Konsole aus.

Jetzt wird es deutlich: mit jedem Durchlauf der Schleife wird ein neuer Wert für `r` gesetzt und ausgegeben. Und zwar jeweils um eins erhöht. Die Funktion `range(256)` erzeugt genau gesagt eine sortierte Reihe mit den Zahlen von 0 bis 255. Das sieht in Python dann so aus:

```
list_of_numbers = range(256)
print(list(list_of_numbers))
```

①

- ① Mit der `list()`-Funktion wandeln wir die von `range()` erzeugte Menge in eine Liste um, die wir dann ausgeben können.

[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]

Rückwärts erreichen wir das gleiche Ergebnis mit einer weiteren Schleife, deren Menge wir umkehren, so dass sie von 255 bis 0 geht:

```
for r in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(r, 0, 0)
```

Warum hat `range()` auf einmal drei Argumente? Ganz einfach: Standardmäßig erstellt die Funktion eine Menge von 0 bis zur angegebenen Zahl minus eins. Wir können die Menge aber beeinflussen, indem wir einen Startwert und einen Schrittwert angeben. In unserem Fall oben beginnen wir bei 255 (erster Parameter) und gehen bis -1 (zweiter Parameter), wobei wir in jedem Schritt um -1 verringern (dritter Parameter). Warum zählen wir bis -1, wo wir doch eigentlich die 0 als kleinste Zahl benötigen? Das liegt daran, dass die Menge von `range()` immer bis zum zweiten Parameter minus eins geht. Wenn wir also 0 als kleinste Zahl benötigen, müssen wir bis -1 zählen.

Fassen wir unsere Erkenntnis zusammen und lassen die LED pulsieren:

```
import time

# Increase red step by step
for r in range(256):
    led.set_rgb_value(r, 0, 0)
    time.sleep(0.001)
```

```

# Stay at full brightness for a bit
time.sleep(0.25)

# Decrease red step by step
for r in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(r, 0, 0)
    time.sleep(0.001)

```

Soweit bekannt? Fast, eine kleine Neuerung habe ich gerade eingebaut, nämlich mit der Funktion `time.sleep()`. Diese Funktion pausiert das Programm für die angegebene Zeit in Sekunden. In unserem Fall pausieren wir für 0,001 Sekunden, also 1 Millisekunde. Dadurch wird die LED langsamer heller und dunkler, was den Pulsationseffekt verstärkt. Ohne diese Pause würde die LED so schnell aufleuchten, dass es für das menschliche Auge nicht mehr wahrnehmbar wäre. Tatsächlich würden wir auch die Hardware überfordern, weil die LED gar nicht so schnell die Farbe wechseln kann. Das Programm würde abstürzen.

Auf dem Höhepunkt warten wir erneut, dieses Mal eine Viertelsekunde, bevor wir die LED langsam ausgehen lassen und den Rotanteil schrittweise wieder auf Null setzen. Dann endet unser Programm, leider viel zu früh. Die LED soll doch eigentlich weiter pulsieren, bis... ja bis wann überhaupt?

1.6.2 Bedingte Wiederholungen

Beim Lösen von Problemen stoßen wir häufig auf Situationen, in denen wir bestimmte Schritte wiederholt ausführen möchten, aber nur unter bestimmten Bedingungen. Hier kommen bedingte Wiederholungen ins Spiel, die es uns ermöglichen, Schleifen zu erstellen, die nur dann fortgesetzt werden, wenn eine bestimmte Bedingung noch erfüllt ist.

Das können wir auf unsere pulsierende LED anwenden. Sie soll ihren Pulsierzyklus Dunkel-Hell-Dunkel wiederholen, solange der Benutzer nicht unterbricht. Das ist zumindest ein pragmatisches Abbruchkriterium für unseren Fall. Wir definieren also hier keine feste Anzahl Wiederholungen, wie bei der `for ... in`-Schleife, sondern wir wollen festlegen, unter welcher *Bedingung* die Schleife fortgesetzt wird. Wir könnten also sagen: *solange* die Bedingung X erfüllt ist, wiederhole die aufgeführten Schritte. Und weil Programmiersprachen für Menschen gemacht sind, klingt es im echten Programm auch so ähnlich:

```

while 1==1:
    print("The condition is always true")
    time.sleep(1)

```

Das Schlüsselwort `while` führt eine bedingte Schleife ein, gefolgt von der Bedingung, die die Schleife steuert. Die Bedingung wird vor jedem neuen Schleifendurchlauf geprüft (auch vor dem ersten) und sollte sie falsch (`false`) sein, wird die Schleife beendet.

Wann wird die Schleife oben also beendet? Richtig - niemals. Die Bedingung `1==1` ist immer wahr, die Schleife läuft somit endlos. Wir sprechen auch von einer Endlosschleife, die wir in der Programmierung unbedingt vermeiden wollen, es sei denn, sie ist explizit gewollt und nicht versehentlich entstanden. Das kurze Programm oben schreibt also in Abständen von einer Sekunde den Text "The condition is always true" auf die Konsole.

Eine Bedingung ist in Python und anderen Programmiersprache ein wichtiges Konzept, das es uns ermöglicht, Entscheidungen zu treffen und den Programmfluss zu steuern. In unserem Fall könnte die Bedingung lauten: *solange der Benutzer nicht stoppt, wiederhole den Pulsierzyklus*. Eine Bedingung hat die Eigenschaft, dass sie jederzeit evaluiert werden kann und entweder den Wert wahr (`true`) oder falsch (`false`) annimmt. Wie aber drücken wir das in Python aus?

```
import keyboard

while not keyboard.is_pressed('esc'):
    print("Nobody pressed ESC yet")
    time.sleep(1)
```

Für Ereignisse, die die Tastatur betreffen, können wir uns der Bibliothek `keyboard` bedienen, die es uns ermöglicht, Tasteneingaben einfach zu überwachen. Der Ausdruck oder die Bedingung `not keyboard.is_pressed('esc')` prüft, ob die ESC-Taste gedrückt ist. Wegen des `not` wird die Schleife fortgesetzt, solange die ESC-Taste *nicht* gedrückt ist. Das Schlüsselwort verneint das Ergebnis einer Bedingung. Aus `True` wird `False`, und umgekehrt.

Die [Bibliothek `keyboard`](#) ist eine so genannte externe Bibliothek und muss vor der Verwendung installiert werden. Das könnt ihr über den Paketmanager `pip` bewerkstelligen, der mit jeder Python-Installation mitgeliefert wird. Gebt auf der Kommandozeile dazu den folgenden Befehl ein:

```
pip install keyboard
```

Anschließend ist die Bibliothek in eurer Python-Umgebung vorhanden und sollte mit dem `import`-Befehl erfolgreich geladen werden können.

Wenn wir jetzt unseren für einen Pulsierzyklus von Oben in die neue bedingte Schleife einfügen, sind wir schon am Ziel. Der Pulsierzyklus wird wiederholt, solange der Benutzer nicht die Taste Escape drückt.

```

import keyboard

while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # Increase red step by step
    for r in range(256):
        led.set_rgb_value(r, 0, 0)
        time.sleep(0.001)

    # Stay at full brightness for a bit
    time.sleep(0.25)

    # Decrease red step by step
    for r in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(r, 0, 0)
        time.sleep(0.001)

    # Stay at full dark for a bit
    time.sleep(0.25)

```

Für die Vollständigkeit das Ganze inklusive des [Boilerplate-Codes](#) für die Verbindung zu den Tinkerforge-Geräten:

1.7 Farbkreise

Das RGB-Farbschema ist für Computer optimal, weil sich damit mit nur drei Zahlen jede beliebige Farbe kodieren lässt. Zahlen sind schließlich die Sprache, mit der Computer am besten umgehen können. Für uns Menschen ist dieses Schema jedoch weniger intuitiv. Oder könntet ihr auf Anhieb sagen, welche Farbe hinter der Kombination (67, 201, 182) steckt?

Um Farben für uns leichter wählbar zu machen, wurde der sogenannte Hue-Farbkreis entwickelt. Er ordnet die Farben auf einer Skala von 0 bis 360 Grad an – ähnlich wie die Winkel auf einem Kreis. Neben dem Farbton (Hue) lassen sich zusätzlich die Sättigung und die Helligkeit einstellen: Der Farbton bestimmt die eigentliche Farbe, die Sättigung, wie kräftig oder blass sie wirkt, und die Helligkeit, wie hell oder dunkel sie erscheint.

In Abbildung 1.8 seht ihr, wie die Farbauswahl in Google Slides funktioniert. Mit dem Slider in der Mitte bestimmt ihr den Farbton. Habt ihr einen passenden Ton gefunden, könnt ihr im Rechteck darüber durch Verschieben des kleinen Kreises die Sättigung und Helligkeit anpassen.

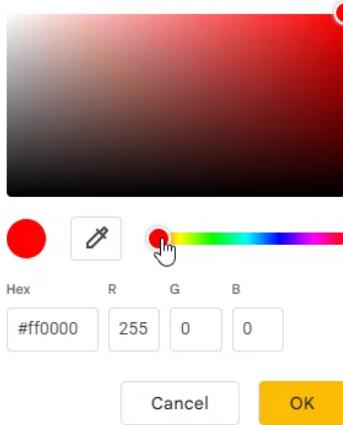


Abbildung 1.8: Die Farbauswahl in Google Slides funktioniert über den Hue-Farbkreis.

Beobachtet ihr dabei die RGB-Werte, erkennt ihr die Systematik der Farbton-Skala: Ausgehend von reinem Rot wird Schritt für Schritt Grün hinzugefügt – so entstehen Orange und Gelb. Danach nimmt der Rotanteil ab, während Blau hinzukommt. Über Cyan gelangen wir zu reinem Blau. Schließlich wird wieder Rot beigemischt, wodurch Violett bis Pink entstehen. Auf diese Weise bildet der Kreis den gesamten Regenbogen ab.

Da die Skala am Ende wieder bei Rot ankommt, lässt sich der Farbverlauf nahtlos wiederholen – ohne harte Übergänge. Genau deshalb wird der Hue-Verlauf meist als Kreis dargestellt.

Abbildung 1.9 zeigt den Hue-Farbkreis im HSV-Modell. HSV steht für Hue, Saturation, Value (Farbton, Sättigung, Helligkeit). Der Wert Value gibt die Helligkeit auf einer Skala von 0 bis 100 % an. Im Bild ist die Helligkeit konstant bei 100 %, während die Sättigung von innen nach außen zunimmt. In der Mitte sehen wir deshalb Weiß, während am äußeren Rand die Farben ihre volle Intensität haben.

Wenn wir ein Programm schreiben, das die gesamte Hue-Farbskala durchläuft und die LED jeweils in der passenden Farbe aufleuchten lässt, erhalten wir unser Regenbogenprogramm. Da die LED RGB-Werte benötigt, müssen wir den Verlauf des Hue-Farbkreises in RGB umsetzen. Ein Blick auf die Animation in Abbildung 1.8 hilft: Der Farbverlauf lässt sich in sechs Phasen unterteilen, wie Abbildung 1.10 zeigt:

1. Rot = 255, Blau = 0, Grün steigt linear
2. Rot sinkt linear, Grün = 255, Blau = 0
3. Rot = 0, Grün = 255, Blau steigt linear
4. Rot = 0, Grün sinkt linear, Blau = 255
5. Rot steigt linear, Grün = 0, Blau = 255
6. Rot = 255, Grün = 0, Blau sinkt linear

Dann beginnt der Zyklus von vorn.

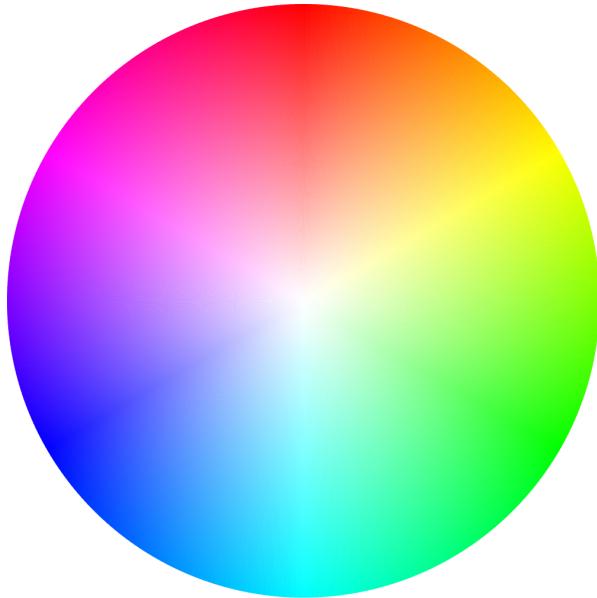


Abbildung 1.9: Der Hue-Farbkreis mit HSV-Werten.

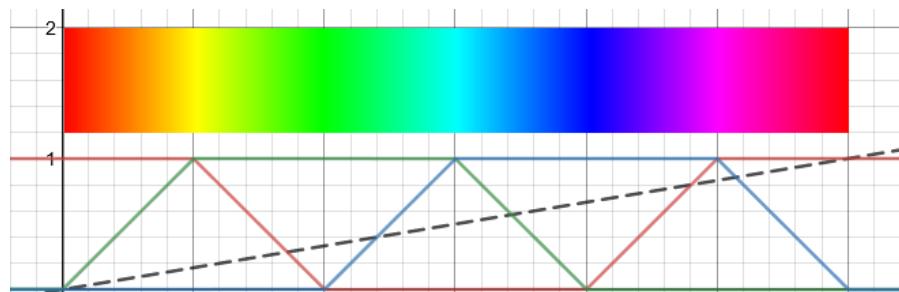


Abbildung 1.10: Der Hue-Farbverlauf mit den Veränderungen der RGB-Werte (Quelle: [Ronja's Tutorials](#)).

1.7.1 Farbkreis als Programm

Beginnen wir mit der ersten Phase und schreiben dafür ein Python-Programm:

```
for green in range(256):
    led.set_rgb_value(255, green, 0)
    time.sleep(0.01)
```

Weil wir genau wissen, wie oft wir die Schleife durchlaufen wollen, verwenden wir eine `for`-Schleife. Innerhalb der Schleife erhöhen wir die Variable `green` jeweils um 1, was effektiv den Grünanteil unseres RGB-Wertes erhöht. Mit jedem Durchlauf fügen wir somit mehr Grün hinzu, während Rot und Blau konstant bleiben. Phase 1 ist damit abgeschlossen - machen wir weiter mit Phase 2:

```
for red in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(red, 255, 0)
    time.sleep(0.01)
```

Wie wir mit einer `for`-Schleife rückwärts zählen, haben wir schon weiter oben kennengelernt. In Phase zwei verringern wir schrittweise den Rotanteil, während die anderen beiden Farben konstant bleiben. Damit kommen wir zu Phase 3:

```
for blue in range(256):
    led.set_rgb_value(0, 255, blue)
    time.sleep(0.01)
```

Ich glaube, ihr habt das Prinzip verstanden. Indem wir die sechs Phasen jeweils in einer eigenen Schleife abarbeiten, erhalten wir das vollständige Regenbogenprogramm:

```
# phase 1
for green in range(256):
    led.set_rgb_value(255, green, 0)
    time.sleep(0.01)

# phase 2
for red in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(red, 255, 0)
    time.sleep(0.01)

# phase 3
for blue in range(256):
```

```

led.set_rgb_value(0, 255, blue)
time.sleep(0.01)

# phase 4
for green in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(0, green, 255)
    time.sleep(0.01)

# phase 5
for red in range(256):
    led.set_rgb_value(red, 0, 255)
    time.sleep(0.01)

# phase 6
for blue in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(255, 0, blue)
    time.sleep(0.01)

```

Wie schön Eine Sache fehlt aber noch.

1.7.2 Der Zyklus wiederholt sich

Der Regenbogen soll am Ende wieder von Vorne beginnen. Wie schon beim Pulsieren der Farben können wir auch hier eine `while`-Schleife verwenden und die Phasen kontinuierlich abspielen. Solange bis der Benutzer die Escape-Taste drückt:

```

while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # phase 1
    for green in range(256):
        led.set_rgb_value(255, green, 0)
        time.sleep(0.01)

    # phase 2
    for red in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(red, 255, 0)
        time.sleep(0.01)

    # phase 3
    for blue in range(256):
        led.set_rgb_value(0, 255, blue)

```

```

time.sleep(0.01)

# phase 4
for green in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(0, green, 255)
    time.sleep(0.01)

# phase 5
for red in range(256):
    led.set_rgb_value(red, 0, 255)
    time.sleep(0.01)

# phase 6
for blue in range(255, -1, -1):
    led.set_rgb_value(255, 0, blue)
    time.sleep(0.01)

```

Wir haben es fast geschafft! Eine Kleinigkeit wollen wir an unserem Programm noch verbessern.

1.7.3 Zeitsteuerung

Vielleicht habt ihr gemerkt, dass die Geschwindigkeit, mit der unsere LED den gesamten Regenbogen einmal durchläuft, nicht sehr hoch ist. Ich würde das gerne beschleunigen. Die Zeit steuern wir über die `time.sleep()`-Funktion, sodass wir einfach den Wert in jedem Funktionsaufruf verringern könnten. Das wäre aber nicht sehr effizient, weil wir ihn an sechs Stellen anpassen müssen. Wenn wir danach merken, dass es zu schnell ist, müsstem wir den Wert erneut überall editieren. Das geht einfacher!

Der Trick liegt darin, den Wert für die Wartedauer als Variable zu definieren und nur einer an einer Stelle zu ändern.

```

pause_duration = 0.01
while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # phase 1
    for green in range(256):
        led.set_rgb_value(255, green, 0)
        time.sleep(pause_duration)

    # etc.

```

Schon besser! Wir gehen aber noch einen Schritt weiter. Statt dieses kleinteiligen Wertes einer Pause zwischen einer kleinen Farbveränderung, möchte ich gerne die Gesamtdauer für den Durchlauf eines Regenbogens angeben. Der Wert `pause_duration` soll dann auf dieser Basis errechnet werden. Dazu müssen wir nur die Anzahl der Pausen insgesamt kennen, was in jeder der sechs Phasen 256 sind. Macht also:

$$6 \times 256 = 1536$$

In unserem Programm teilen wir also die Gesamtdauer in Sekunden geteilt durch 1536:

```
rainbow_duration = 5
pause_duration = rainbow_duration / 1536

while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # phase 1
    for green in range(256):
        led.set_rgb_value(255, green, 0)
        time.sleep(pause_duration)

    # etc.
```

Und schon können wir unseren Regenbogen beliebig zeitlich steuern. Damit sind wir am Ende des Kapitels angekommen. Wir schließen wir es mit dem vollständigen Code für unseren Regenbogenverlauf ab. Vergesst nicht den Wert für die UID eurer LED anzupassen, damit es auch bei euch funktioniert:

```
import keyboard
import time
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_rgb_led_v2 import BrickletRGBLEDV2

ipcon = IPConnection()
ipcon.connect('localhost', 4223)
led = BrickletRGBLEDV2('ZEP', ipcon)

# Turn LED off initially
led.set_rgb_value(0, 0, 0)

rainbow_duration = 5
pause_duration = rainbow_duration / 1536
```

```

# Loop until user presses escape key
while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # phase 1
    for green in range(256):
        led.set_rgb_value(255, green, 0)
        time.sleep(pause_duration)

    # phase 2
    for red in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(red, 255, 0)
        time.sleep(pause_duration)

    # phase 3
    for blue in range(256):
        led.set_rgb_value(0, 255, blue)
        time.sleep(pause_duration)

    # phase 4
    for green in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(0, green, 255)
        time.sleep(pause_duration)

    # phase 5
    for red in range(256):
        led.set_rgb_value(red, 0, 255)
        time.sleep(pause_duration)

    # phase 6
    for blue in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(255, 0, blue)
        time.sleep(pause_duration)

# Turn LED off
led.set_rgb_value(0, 0, 0)

```

Seid ihr bereit für das nächste Experiment?

Listing 1.2 Das fertige Programm, das die LED rot pulsieren lässt.

```
import time
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_rgb_led_v2 import BrickletRGBLEDV2

ipcon = IPConnection()
ipcon.connect('localhost', 4223)
led = BrickletRGBLEDV2('ZEP', ipcon)

# Turn LED off initially
led.set_rgb_value(0, 0, 0)

while not keyboard.is_pressed('esc'):

    # Increase red step by step
    for r in range(256):
        led.set_rgb_value(r, 0, 0)
        time.sleep(0.001)

    # Stay at full brightness for a bit
    time.sleep(0.25)

    # Decrease red step by step
    for r in range(255, -1, -1):
        led.set_rgb_value(r, 0, 0)
        time.sleep(0.001)

    # Stay at full dark for a bit
    time.sleep(0.25)
```

2 Zahlen

Unser Regenbogen aus dem ersten Kapitel war nur der Anfang. Doch wie speichert der Computer eigentlich die RGB-Werte für all diese Farben? Das führt uns zum Binärsystem: Mit nur Einsen und Nullen und in kleinen Päckchen, den Bytes – kann er jeden Farbton unseres Regenbogens abbilden. Und noch viel mehr.

Lernziele

Unsere wichtigsten Lernziele in diesem Kapitel sind:

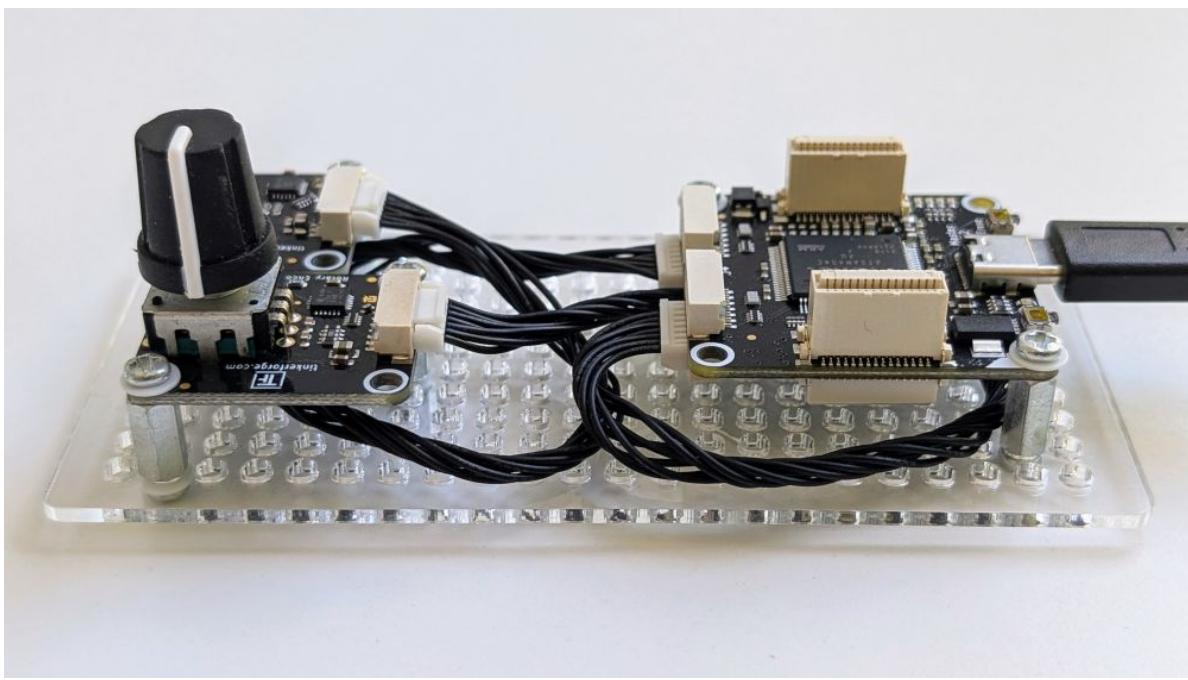
- Wir lernen Kontrollstrukturen kennen, mit denen wir unsere Programm steuern können.
- Wir verstehen das Binärsystem und wissen, wie der Computer Zahlen speichert.
- Wir führen das Byte als zentrale Einheit für Informationen in Computern ein.

Experimentaufbau

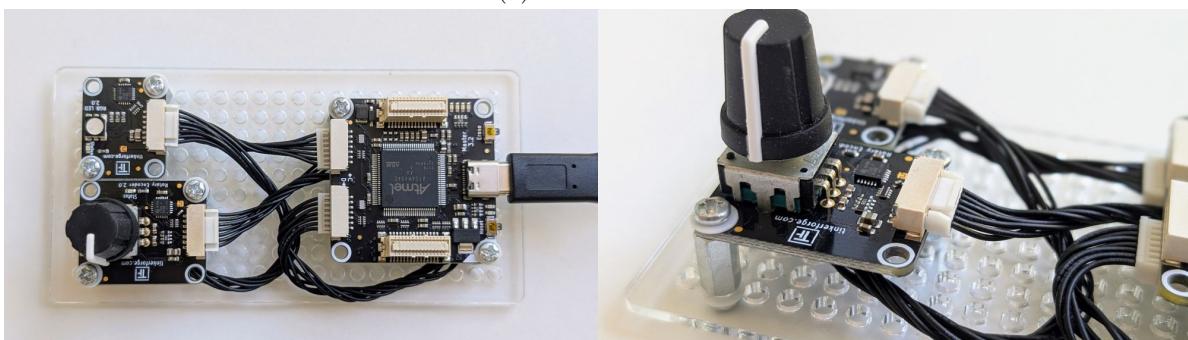
Das erste Experiment in Kapitel 1 war schon ein ordentlicher Einstieg! In diesem Kapitel legen wir noch eine Schippe drauf: Unsere Hardware bekommt ein neues Teil – einen Drehknopf ([Rotary Encoder Bricklet 2.0](#)). Den schraubt ihr einfach neben die LED, wie in Abbildung 2.1 gezeigt.

2.1 Erste Schritte mit dem Drehknopf

Wie bei der LED werfen wir zuerst einen Blick auf den neuen Drehknopf im Brick Viewer. Schließt dazu euren Master Brick per USB an, startet den Brick Viewer und klickt auf *Connect*. Im Setup-Tab sollte nun neben der LED auch der Rotary Encoder auftauchen. Denkt daran: Dort findet ihr auch die UID eurer Geräte – die braucht ihr gleich für euer Programm.

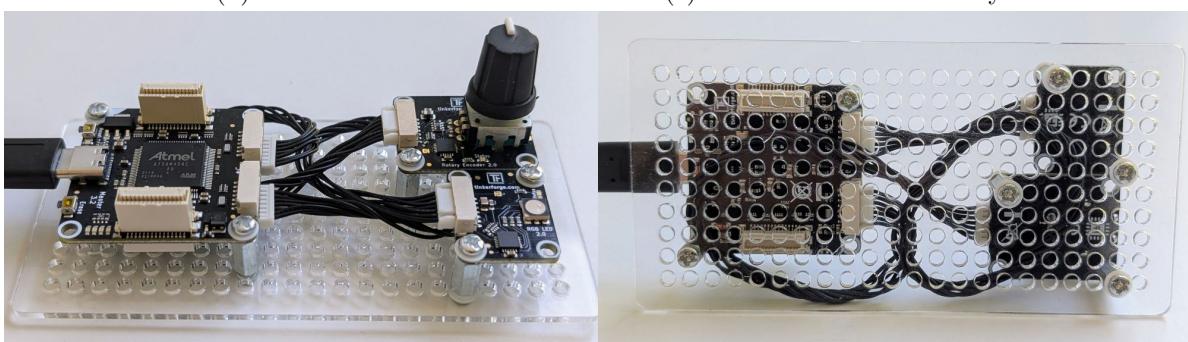


(a) Seitenansicht.



(b) Draufsicht.

(c) Nahaufnahme des Rotary Encoders.



(d) Seitenansicht.

(e) Untenansicht.

Abbildung 2.1: Einfaches Setup mit einem Mikrocontroller, der LED und einem Drehknopf.

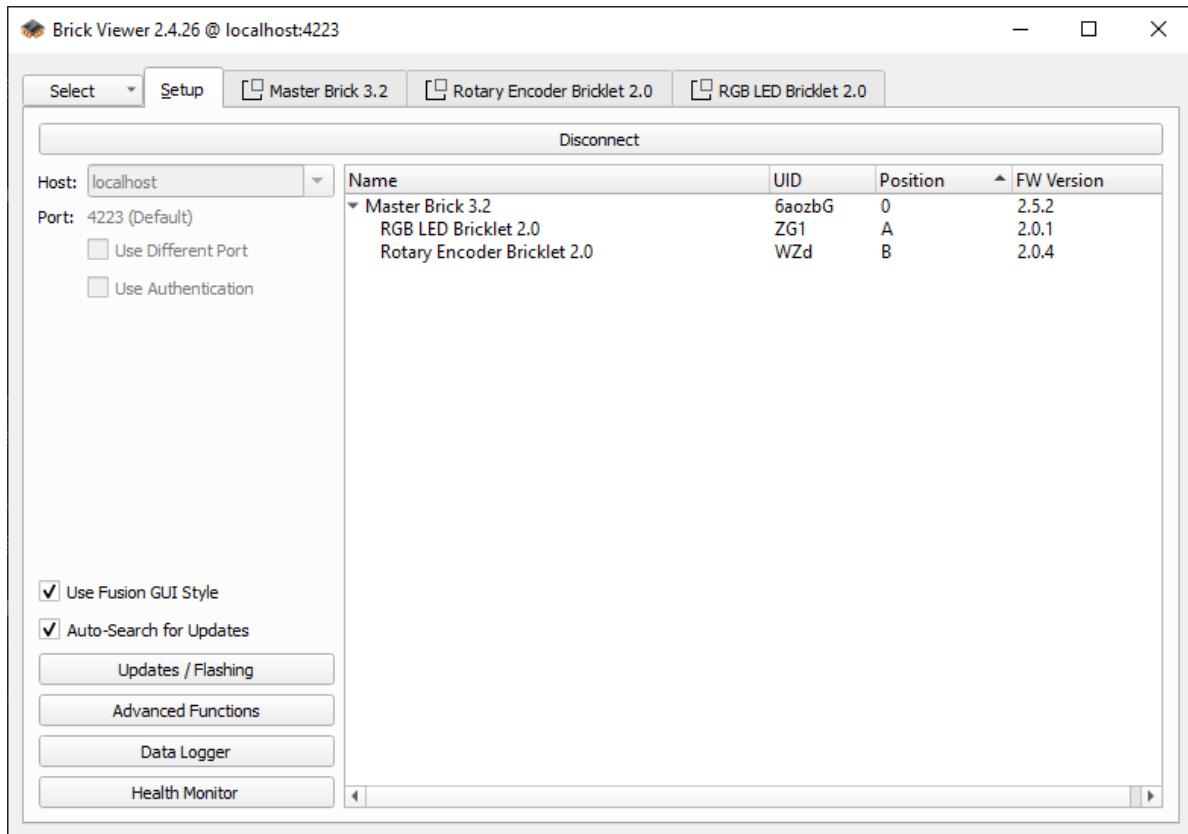
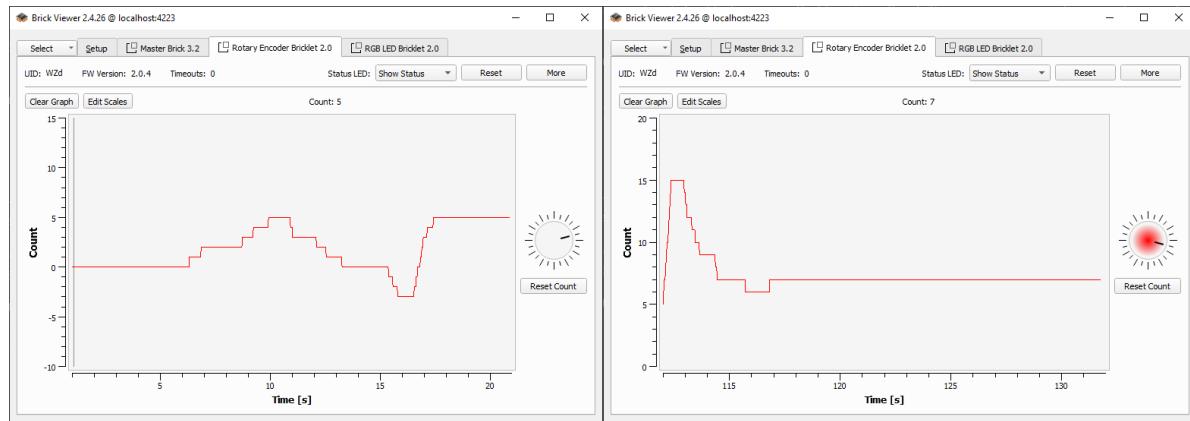


Abbildung 2.2: Der Brick Viewer nach dem Connect.

Wechselt nun in den Tab für den Drehknopf, wo ihr ihn direkt testen könnt: Ihr seht den aktuellen Zählerwert, der kann positiv oder negativ sein, je nachdem, wie oft und in welche Richtung ihr gedreht habt. Daneben zeigt ein Diagramm die zeitliche Entwicklung.

Doch der Knopf kann mehr als nur zählen: Ihr könnt ihn auch drücken. Achtet mal auf den kleinen Kreis im Brick Viewer. Wird er gedrückt, leuchtet er rot. Noch löst das Drücken keine Aktion aus, aber wir überlegen später, welche Funktion wir damit verbinden wollen.

Und zuletzt: Der Button Reset Count. Damit setzt ihr den Zähler zurück, eine praktische Funktion, die wir später ebenfalls ins Programm einbauen können.



(a) Das Diagramm zeigt den aktuellen Wert an.

(b) Der Button wirkt rot, wenn er gedrückt ist.

Abbildung 2.3: Die Funktionen des Rotary Encoders im Brick Viewer.

Fassen wir zusammen, was unser Drehknopf (Rotary Encoder) draufhat:

1. Er zählt – vorwärts und rückwärts
2. Er merkt, wenn ihr ihn drückt
3. Er kann seinen Zähler zurücksetzen

Zeit also, das Ganze in Python auszuprobieren und zu sehen, welche coolen Anwendungen wir damit bauen können.

2.2 Hoch- und Runterzählen

Der Drehknopf funktioniert ähnlich wie der Lautstärkeregler einer Stereoanlage (siehe Abbildung 2.4): Dreht ihr nach rechts, wird es lauter – nach links, leiser.

Im Hintergrund verändert sich bei jeder Drehung der Wert, den der Knopf sendet – mal höher, mal niedriger, je nach Ausgangszustand. Im Brick Viewer habt ihr das schon gesehen. Probieren wir es jetzt in einem Programm aus: Der folgende Code verbindet sich mit dem



Abbildung 2.4: Die gute alte Stereoanlage mit Drehknopf! Wer kennt sie nicht mehr? (Quelle: [Wikimedia](#))

Drehknopf, liest den aktuellen Wert und gibt ihn in der Konsole aus. Denkt daran, eure eigene UID einzutragen:

```
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_rotary_encoder_v2 import BrickletRotaryEncoderV2

ipcon = IPConnection()
ipcon.connect('localhost', 4223)
knob = BrickletRotaryEncoderV2('WZd', ipcon) ①
count = knob.get_count(reset=False) ②
print(count)
```

- ① Wir erstellen eine virtuelle Repräsentation des Drehknopfs in unserem Programm, um seine Funktionen verwenden zu können.
- ② Über die virtuelle Repräsentation des Drehknopfs können wir mittels `get_count()` den aktuellen Wert abfragen. Der Parameter `reset` bestimmt, ob der Zähler nach dem Auslesen zurückgesetzt werden soll oder nicht.

Die Ausgabe sollte mit dem Wert übereinstimmen, den ihr auch im Brick Viewer seht – kein Wunder, beide nutzen dieselbe Programmierschnittstelle. Damit habt ihr die erste Funktion des Drehknopfs erfolgreich aus Python getestet.

Dreht ihr den Knopf und startet das Programm erneut, erscheint natürlich ein anderer Wert. Klar! Aber jedes Mal neu starten? Das geht besser. Die Lösung kennt ihr schon aus Kapitel 1: eine Schleife, die das Programm so lange wiederholt, bis wir es beenden:

```
while True:
    count = knob.get_count(reset=False)
    print(count)
```

Zur Erinnerung: `while True` erzeugt eine Endlosschleife. Normalerweise wollen wir so etwas vermeiden – außer, wir brauchen es genau dafür. Endlosschleifen sind praktisch, wenn wir kontinuierlich Daten lesen oder auf Ereignisse warten. Und keine Sorge: Mit Strg+C könnt ihr das Programm jederzeit beenden.

Wenn ihr das Programm ausführt, werdet ihr direkt ein Problem erkennen. Die Schleife rennt förmlich und gibt nacheinander immer wieder den selben Wert aus. Nur wenn wir am Knopf drehen ändert sich der Wert, wird aber von der Schleife X-Male auf die Konsole geschrieben. Wie könnten wir das verbessern?

2.3 Kontrollstrukturen

Wie wäre es hiermit?

```

last_count = None
while True:
    new_count = knob.get_count(reset=False)

    if new_count != last_count:
        last_count = new_count
        print(last_count)

```

Gehen wir durch, was hier passiert: Zuerst setzen weisen wir der Variable `last_count` den Wert `None` zu, und zwar vor dem ersten Schleifendurchlauf. Anschließend wird in der Schleife in jedem Durchlauf der aktuelle Zählerwert ausgelesen und auf der zweiten Variable `new_count` gespeichert. Danach prüfen wir, ob sich der neue Wert im Vergleich zum alten Wert verändert hat. Da auf dem alten Wert `last_count` im ersten Durchlauf `None` ist, wird die Bedingung in Zeile 5 im ersten Durchlauf immer `True` sein. Somit geben wir den Wert zu Beginn auf jeden Fall aus, was im Sinne der Anwendung ist.

Anschließend wird in den darauffolgenden Schleifendurchläufen aber nur etwas ausgegeben, wenn der Wert sich verändert hat, also der Benutzer tatsächlich am Drehknopf gedreht hat. Ansonsten bleibt die Ausgabe unverändert.

Die Prüfung, ob der aktuelle Wert, den wir auf der zweiten Variable `new_count` speichern, sich vom alten Wert unterscheidet, erfolgt in Zeile 5. Hier lernen wir auch neues Konzept der Programmierung kennen, die Kontrollstruktur mit `if`, gefolgt von einer Bedingung.

Neu ist hier die Kontrollstruktur `if`. Sie prüft eine Bedingung, die, wie ihr schon aus Kapitel 1 kennt, nur `True` oder `False` sein kann. Ist sie wahr (`True`), läuft der eingerückte Code darunter. Ist sie falsch (`False`), passiert nichts.

Übertragen auf unser Programm heißt das: `print(count)` läuft nur dann, wenn sich der Wert tatsächlich verändert hat. In diesem Fall merken wir uns den neuen Wert und aktualisieren `count`. Beim nächsten Schleifendurchlauf prüfen wir wieder, ob sich etwas getan hat. Meistens ist das nicht so – und genau deshalb sehen wir nur dann eine Ausgabe, wenn wir wirklich am Knopf drehen. Ziemlich effizient, oder?

2.4 Ein LED-Dimmer

Wenden wir das Gelernte an und bauen einen praktischen LED-Dimmer. Dafür holen wir unsere LED aus Kapitel 1 mit dazu und kombinieren sie mit dem Drehknopf.

Die Idee ist simpel: Der Zähler des Knopfs steuert die Helligkeit der LED. Dreht ihr nach rechts, wird sie heller, nach links, dunkler. Wie bei der Stereoanlage in Abbildung 2.4.

Bevor wir uns an die eigentliche Anwendungslogik machen, brauchen wir Zugriff auf beide Geräte – LED und Drehknopf. Dazu erweitern wir den bekannten Boilerplate-Code und speichern die Geräte in eigenen Variablen:

```
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_rotary_encoder_v2 import BrickletRotaryEncoderV2
from tinkerforge.bricklet_rgb_led_v2 import BrickletRGBLEDV2

ipcon = IPConnection()
ipcon.connect('localhost', 4223)
knob = BrickletRotaryEncoderV2('WZd', ipcon)
led = BrickletRGBLEDV2('ZG1', ipcon)
```

Dieser Teil muss immer am Anfang unseres Programms stehen, damit alles funktioniert. In den kommenden Beispielen setzen wir ihn als gegeben voraus und wiederholen ihn nicht jedes Mal.

Als Startpunkt nehmen wir den Code von oben, der den Zählerwert auf der Konsole ausgibt. Schließlich brauchen wir genau diese Information – wann sich der Wert ändert und wie er aktuell steht – auch, um die LED zu steuern.

Damit wir die LED von aus bis volle Helligkeit dimmen können, legen wir uns zuerst auf eine Farbe fest. Ich bin zwar kein Fan von weißem LED-Licht, aber für dieses Kapitel ist es am einfachsten: voll aufgedreht leuchtet die LED weiß, ausgedreht ist sie schwarz – klar! Später kümmern wir uns darum, wie wir das Licht wärmer machen können.

Erinnern wir uns also: Was bedeuten die Zustände An und Aus im RGB-Farbraum?

```
# White
led.set_rgb_value(255, 255, 255)

# Black (off)
led.set_rgb_value(0, 0, 0)
```

Damit haben wir die beiden Extremzustände festgelegt. Doch was passiert dazwischen, wenn die LED gedimmt ist? Ganz einfach: Wir lassen die drei RGB-Werte gemeinsam von 1 bis 254 hoch- oder runterlaufen. Höhere Werte ergeben ein helleres Weiß, niedrigere ein dunkleres.

Setzen wir diese Erkenntnisse in Programmcode um und weisen den Zählerwert den RGB-Werten der LED zu. Spoiler-Alert: Das ist etwas naiv, aber lässt uns mal schauen, was passiert und wo möglicherweise Probleme auftreten:

```

last_count = None
while True:
    new_count = knob.get_count(reset=False)

    if new_count != last_count:
        last_count = new_count
        print(last_count)

    # Set RGB values zu counter value
    led.set_rgb_value(last_count, last_count, last_count)

```

Lasst mal laufen und dreht voll auf oder runter! Beobachtet dabei den Wert für `last_count`. Was passiert, wenn er kleiner als Null wird? Oder wenn er größer als 255 wird? Bumm! Das Programm stürzt ab!

Warum? Auf der Kommandozeile bekommen wir eine lange Fehlermeldung mit der folgenden Aussage ganz am Ende:

```
#| code-line-numbers: false
struct.error: ubyte format requires 0 <= number <= 255
```

Wenn man die Fehlermeldung googelt oder ChatGPT befragt bekommt man Hilfe. Offensichtlich wird für einen RGB-Wert, den wir der Funktion `set_rgb_value()` übergeben ein bestimmter Datentyp erwartet, der `ubyte` heißt. Das steht für “unsigned byte” und bedeutet, dass der Wert zwischen 0 und 255 liegen muss.

Moment - was hat jetzt Byte mit 0 bis 255 zu tun? Bisher dachten wir doch, das wäre wegen des RGB-Codes? Stimmt auch, aber der RGB-Code liegt nicht zufällig im Wertebereich von 0 bis 255.

Um das zu verstehen, müssten wir das Binärsystem kennen. Also los!

2.5 Das Binärsystem

Eigentlich ist es schnell erklärt. Das Binärsystem ist wie das Dezimalsystem, mit dem wir alltäglich unterwegs sind, nur statt der Basis 10, nutzt es die Basis 2. Einfach oder? Wenn nicht, lest weiter, das hier soll schließlich ein Einführungsbuch sein.

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 10^2 & 10^1 & 10^0 \end{array}$$

Abbildung 2.5: Unser bekanntes Dezimalsystem ist ein Stellenwertsystem.

$$\begin{array}{ccc} 10^2 & 10^1 & 10^0 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 100 & 10 & 1 \end{array}$$

Abbildung 2.6: Jede Stelle im Dezimalsystem ist 10 Mal mehr Wert als die vorherige.

4	1	2	3
10^3	10^2	10^1	10^0

Abbildung 2.7: Die nächste Stelle ist 10 Mal mehr wert.

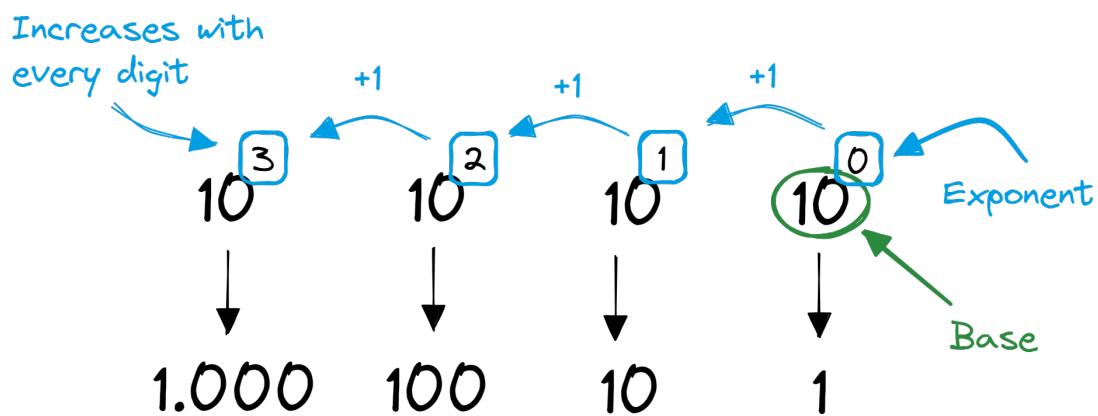


Abbildung 2.8: Jede Stelle im Dezimalsystem ist 10 Mal mehr wert als die vorherige, weil die Basis 10 ist.

$$\begin{array}{cccc}
 & 10^3 & 10^2 & 10^1 & 10^0 \\
 \hline
 & 2 & 0 & 2 & 5 \\
 \\
 = & 2 \times 1000 + 0 \times 100 + 2 \times 10 & + & 5 \times 1 \\
 = & 2000 & + & 0 & + & 20 & + & 5 \\
 = & 2025
 \end{array}$$

Abbildung 2.9: Durch einfaches Ausmultiplizieren gelangen wir zum Wert der Zahl.

2.5.1 Unser Dezimalsystem?

2.5.2 Andere Zahlensysteme

2.5.3 Das Oktalsystem

2.5.4 Das Dualsystem

Dual oder binär, beides bedeutet das gleiche. Ich persönlich verwende lieber den Begriff Binärsystem, aber Dualsystem ist genauso richtig,

...

2.6 Das fertige Programm

```

from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_rotary_encoder_v2 import BrickletRotaryEncoderV2
from tinkerforge.bricklet_rgb_led_v2 import BrickletRGBLEDV2
import math

```

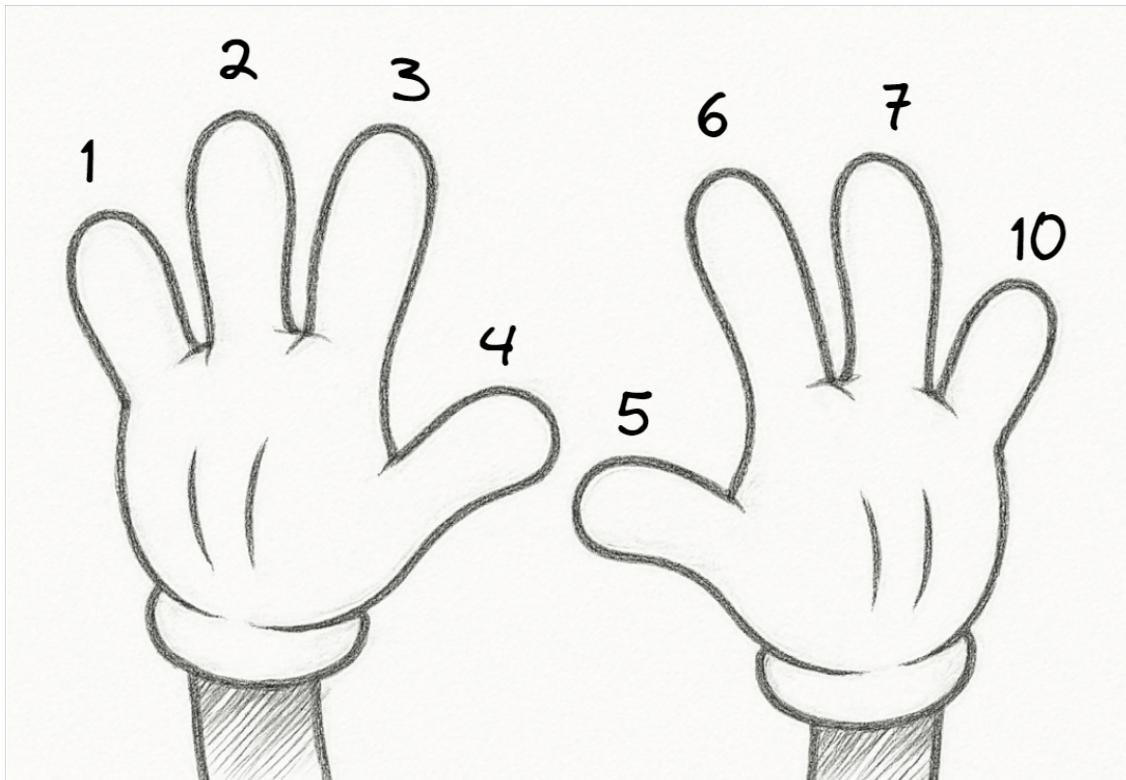


Abbildung 2.10: Cartoon-Charaktere haben nur acht Finger. (Quelle: Erstellt mit ChatGPT)

```

ipcon = IPConnection()
ipcon.connect('localhost', 4223)
knob = BrickletRotaryEncoderV2('WZd', ipcon)
led = BrickletRGBLEDV2('ZG1', ipcon)
led.set_rgb_value(0, 0, 0) # Set initial color to off

count = math.inf
STEP = 10

last_count = knob.get_count(reset=True)
brightness = 0

while True:
    new_count = knob.get_count(reset=False)

    # Only do something if the counter changed
    if new_count != last_count:
        diff = new_count - last_count
        last_count = new_count

        # Adjust brightness
        brightness += diff * STEP
        brightness = max(0, min(255, brightness))

        # Print brightness for debugging purposes
        print(brightness)
        led.set_rgb_value(brightness, brightness, brightness)

```

3 Texte

Wir nutzen Computer ständig für Texte – sei es für eine WhatsApp-Nachricht, eine E-Mail, die Einladung zur Hochzeitsfeier oder vielleicht sogar für deine Bachelorarbeit. Ständig tippen wir etwas in unser Smartphone, Tablet oder den Computer ein. Aber hast du dich schon einmal gefragt, wie das eigentlich genau funktioniert? Um das zu verstehen, wollen wir einen kleinen Umweg gehen.

Setup

Für dieses Kapitel benötigen wir die LED ([RGB LED Bricklet 2.0](#)) und den Infrarot-Entfernungsmeßer [Distance IR 4-30cm Bricklet 2.0](#). Beide Geräte schließen wir an den Mikrocontroller ([Master Brick 3.2](#)) an und fixieren alle drei auf einer Montageplatte. Wie in der Abbildung gezeigt, soll der Entfernungsmeßer dabei nach oben zeigen.

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

3.1 Texte – ganz ohne Tastatur?

Ja, ich gebe zu: Eine Tastatur ist schon richtig praktisch. Schnell tippen wir damit Buchstaben, Zahlen, Satz- und Sonderzeichen (wie neue Zeilen und Leerzeichen) ein. Aber stell dir mal vor: Wie könnte ich eigentlich dieses Buch schreiben, wenn ich keine Tastatur hätte?

Tatsächlich gibt es spannende Alternativen! Hast du schon mal versucht, Texte zu diktieren? Google Docs oder Microsoft Word bieten mittlerweile ziemlich gute Möglichkeiten dafür. Anfangs fühlt sich das ungewohnt an, aber ich kenne Menschen, die darauf schwören und damit sogar produktiver sind.

Heute wollen wir aber bewusst einmal einen Schritt zurückgehen und das Tippen absichtlich erschweren. Klingt komisch? Macht aber Sinn! Denn wenn wir das Eingeben von Texten

schwieriger gestalten, lernen wir einerseits, unsere Tastaturen wieder richtig zu schätzen. Andererseits verstehen wir dann besser, wie Texte im Hintergrund verarbeitet und gespeichert werden.

Wie wäre es also mit einer Tastatur, die auf Handgesten basiert? Klingt verrückt? Perfekt – genau das machen wir!

3.2 Klein anfangen: Ein einfacher Button mit Handgesten

Starten wir ganz simpel. Wir bauen zuerst eine Art “Knopf” oder Button, der auf Handgesten reagiert. Dafür verwenden wir einen der Infrarot-Abstandssensoren – oder wie er bei Tinkerforge heißt: *Distance IR 4-30cm Bricklet 2.0*. Wie der Name schon sagt, misst der Sensor Entferungen von 4 bis maximal 30 cm.

Um den Sensor in unserem Programm zu nutzen, können wir ganz entspannt den Grundcode (Boilerplate-Code) aus den vorherigen Kapiteln übernehmen. Nur zwei kleine Anpassungen brauchen wir noch speziell für unseren Sensor:

```
from tinkerforge.ip_connection import IPConnection  
from tinkerforge.bricklet_distance_ir_v2 import BrickletDistanceIRV2      ①  
  
ip_con = IPConnection()  
ip_con.connect("localhost", 4223)  
  
ir_sensor = BrickletDistanceIRV2("", ip_con)                                ②
```

- ① Hier importieren wir die Klasse für den IR-Sensor.
- ② Hier erzeugen wir eine konkrete Instanz und verbinden uns mit dem angeschlossenen Sensor.
Vergiss nicht, deine UID hier einzutragen!

Was kann der Sensor? Eigentlich hat er nur eine Funktion:

```
distance = ir_sensor.get_distance()                                         ①  
print(f"Objekt ist {distance/100} cm entfernt")                           ②
```

- ① Die Funktion `get_distance()` fragt den aktuell gemessenen Wert ab.
- ② Der Sensor liefert den Wert in Zentimeter * 100 zurück.

Aber wie lässt sich mit den Entfernungswert ein Button umsetzen? Dazu vergegenwärtigen wir uns, was ein herkömmlicher Button eigentlich ist und wie er funktioniert. Ein Button, wie wir ihn auf einer **Tastatur** finden, kennt zwei Zustände: Gedrückt und nicht gedrückt. An oder aus. Wenn wir eine Taste drücken, so schließen wir darüber einen Stromkreis, der in einem winzigen Mikroprozessor mündet. Dieser Prozessor erkennt durch laufendes Scannen

sämtlicher Verbindungen zu den Tasten (die als Matrix angeordnet sind), durch welche Kreise Strom fließt und kann so auf die gedrückte Taste schließen. Der Mikroprozessor ermittelt dann anhand der Koordinate in der Matrix einen so genannten **Scan Code**, der für jede Taste anders lautet. Dieser Code wird als binäre Folge von Nullen und Einsen über das USB-Kabel an den Computer geschickt und dort von dem aktiven Programm - etwa einer Textverarbeitungssoftware - in ein Codesystem umgewandelt, das Zeichen abbilden kann. So wie etwa das ASCII-Codesystem, das wir weiter unten kennenlernen.

4 Bilder

 Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

 Experiment

- Einführung in die Idee einer Pixelmatrix aus Farbwerten als Bild
- Verwendung des LCD-Displays zur Veranschaulichung, auch wenn nur schwarz/weiß
- Verwendung von Zeichen auf dem LCD, um Pixel-Bitmaps für Schriftarten hervorzuheben
- Studierende nutzen Bitmap-Sheet, um ein eigenes Logo zu entwerfen und auf dem LCD anzuzeigen

5 Codes

💡 Experiment

Morse-Code über Piezo Speaker

- Einführung des Piezo Speaker
- Codesysteme

6 Umwandlung

Setup

💡 Experiment

Mit 4 Kippschaltern und 4 Widerständen bauen wir einen Digital-To-Analog-Converter (DAC). Dazu kommt ein Breadboard und dieses Überbrückungskabel zum Einsatz. Außerdem brauchen wir den Analog In 3.0 von Tinkerforge.

6.1 Der Weg in den Computer hinein

6.2 Der Weg aus dem Computer heraus

7 Information

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

8 Sensoren

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

- Analog vs. digital
- Baue einen Wasserstandssensor mit einem Widerstand und dem Analog-In-Bricklet.
- Oder: Feuchtigkeitssensor in eine Pflanze stecken
- Oder: Berührungssensor
- Oder: Pulssensor (Farbsensor)
- Integriere die RGB-LED irgendwie
- Farbsensor

Aufgaben

- Programmiere einen Batteriedoktor mithilfe des Analog In Sensors

9 Signale

Setup

 Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

 Experiment

Mithilfe des Farbsensors bauen wir einen Pulsmesser.

Hast du dich schon einmal gefragt, wie dein Fitness-Tracker deinen Puls messen kann, obwohl du nur einen Finger auflegst? Diese Frage führt uns direkt zu einem spannenden Konzept: **Signalen**. Alles, was wir mit Sensoren messen, sind zunächst einmal beliebige Größen. Doch nicht alles, was wir messen, ist für uns relevant. Wir suchen nach Mustern in diesen Daten — eben genau diesen Mustern, die wir als Signale bezeichnen. Alles andere, was uns von diesen Signalen ablenkt, nennen wir Rauschen. Unser Ziel: Wir möchten herausfinden, wie wir Signale effektiv vom Rauschen unterscheiden können.

9.1 Pulsmesser: Dein Finger als Signalquelle

Erinnerst du dich noch an den Farbsensor aus Kapitel 8? Er misst nicht nur die Intensität des RGB-Spektrums, sondern auch die allgemeine Lichtintensität, auch *Illuminance* genannt. Hier kommt die spannende Tatsache ins Spiel: Genau dieses Prinzip steckt hinter den Pulsmessern in Fitnesstrackern. Ja, genau der Sensor, der Licht misst, verrät dir, wie schnell dein Herz schlägt!

Aber wie genau funktioniert das? Stell dir vor, du legst deinen Zeigefinger direkt auf den Sensor und schaltest die integrierte weiße LED an. Das Licht der LED trifft auf deinen Finger und wird reflektiert. Dein Finger sieht für dich immer gleich aus, aber tatsächlich sorgt dein Herzschlag dafür, dass dein Finger mal minimal heller und mal dunkler erscheint. Das liegt daran, dass Blut in rhythmischen Schüben durch die Gefäße gepumpt wird. Diese winzigen Veränderungen, die du mit bloßem Auge nicht sehen kannst, werden vom sensiblen Farbsensor deutlich wahrgenommen.

Schauen wir uns das einmal genauer an: Wenn du dir die gemessene Lichtintensität über den Zeitverlauf im Brick Viewer ansiehst, kannst du deinen Pulsschlag tatsächlich erkennen—er wird sichtbar als kleine, regelmäßige Ausschläge oder *Peaks*. Faszinierend, oder? So kannst du beobachten, wie aus etwas so scheinbar Einfachem wie Licht ein Signal entsteht, das dir Informationen über deinen Körper liefert.

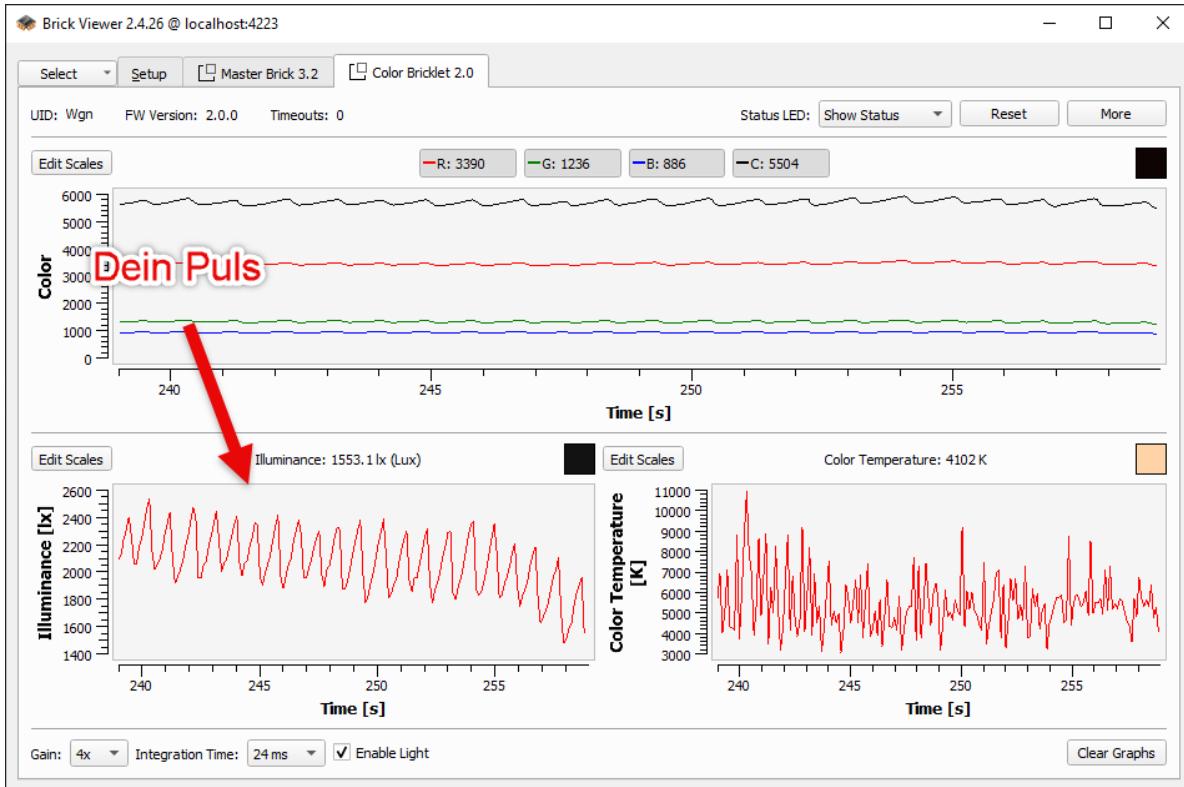


Abbildung 9.1: Dein Puls im Brick Viewer

9.2 Vom Diagramm zur Zahl

Auch wenn du das Signal im Liniendiagramm in Abbildung 9.1 bereits deutlich sehen kannst, bleibt eine spannende Herausforderung bestehen: Wie schreibst du ein Programm, das aus diesen Daten deinen Puls als konkrete Zahl, zum Beispiel “60 Schläge pro Minute”, berechnet? Genau dafür sind wir ja hier – um herauszufinden, wie man solche kniffligen Aufgaben löst. Lass uns gemeinsam starten!

Zunächst müssen wir den Farbsensor in unserem Python-Programm auslesen. Den notwendigen Code dafür haben wir im vorherigen Kapitel 8 bereits kennengelernt.

```

from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_color_v2 import BrickletColorV2

ip_con = IPConnection()
ip_con.connect("localhost", 4223)

color_sensor = BrickletColorV2("Wgn", ip_con)

```

①

- ① Achtung: Vergiss nicht, hier deine eigene UID einzusetzen. Diese findest du im Brick Viewer.

Jetzt haben wir Zugriff auf die Funktionen des Sensors und können etwa die Lichtintensität messen:

```

color_sensor.set_light(True)                                ①
color_sensor.set_configuration(1, 1)                      ②
illuminance = color_sensor.get_illuminance()

```

①

②

- ① Schaltet die integrierte LED des Sensors an.
 ② Stellt die Werte für *Gain* und *Integration Time* auf 4x und 24ms. Diese Einstellung scheinen gut zu funktionieren, um den Puls zu messen.

Der zurückgegebene Wert hängt von zwei Einstellungen ab: *Gain* (Verstärkung) und *Integration Time* (Messzeit). Je länger die Messzeit, desto genauer die Werte – allerdings können dann weniger Messungen pro Sekunde durchgeführt werden. Laut Dokumentation können wir aus dem gemessenen Wert die Lichtintensität in Lux wie folgt berechnen:

```
illuminance_lux = illuminance * 700 / 4 / 24
```

①

- ① Der Wert 4 beschreibt ein 4-fache Verstärkung (*Gain*) und die 24 steht für 24ms *Integration Time*

Um deinen Puls zu berechnen, müssen wir jetzt mehrere Werte in kurzen Abständen messen. Warum? Weil wir die regelmäßigen Tief- und Hochpunkte erkennen wollen. Ein Tiefpunkt entsteht, wenn dein Finger am dunkelsten ist – hier ist also gerade besonders viel Blut im Finger. Die Hochpunkte markieren dagegen den Moment, in dem das Blut größtenteils wieder zurückgeflossen ist. Jeder Herzschlag erzeugt genau einen Tief- und einen Hochpunkt. Finden wir diese Punkte, können wir einfach die Zeitabstände messen und daraus die Pulsfrequenz berechnen.

Beginnen wir damit, unsere Messungen in einer Schleife durchzuführen. Das ist eine praktische Methode, kontinuierlich Daten zu erfassen:

```

while True:
    illuminance = color_sensor.get_illuminance()
    illuminance_lux = illuminance * 700 / 4 / 24
    print(f"Lichtintensität in Lux: {illuminance_lux}")

```

Lass uns das Programm einmal ausprobieren. Es sieht aktuell so aus:

```

from tinkerforge.ip_connection import IPConnection
from tinkerforge.bricklet_color_v2 import BrickletColorV2

ip_con = IPConnection()
ip_con.connect("localhost", 4223)

color_sensor = BrickletColorV2("Wgn", ip_con)           ①
color_sensor.set_light(True)
color_sensor.set_configuration(1, 1)

while True:
    illuminance = color_sensor.get_illuminance()
    illuminance_lux = illuminance * 700 / 4 / 24
    print(f"Lichtintensität in Lux: {illuminance_lux:.2f} ", end="\r")  ②

```

- ① Denke daran, die UID durch die deines Sensors zu ersetzen.
- ② Der Parameter `end="\r"` sorgt dafür, dass nicht jede Ausgabe in eine neue Zeile geschrieben wird. Stattdessen wird immer an den Anfang der selben Zeile gesprungen. Das `\r` ist das Symbol für *Carriage Return*.

10 Protokolle

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

11 Verschlüsselung

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

12 Algorithmen

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

13 Kompression

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

14 Computer

 Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

Setup

14.1 Logik und Arithmetik

- Logikgatter
- 8-Bit-Additionsmaschine
- Subtraktion, Division, Multiplikation

14.2 Die von-Neumann-Architektur

14.3 Der Arbeitsspeicher oder das Kurzzeitgedächtnis des Computers

```
x = 10
print(f"Adresse im Speicher der Variable 'x': {hex(id(x))}")
x= 20
print(f"Neue Adresse im Speicher der Variable 'x': {hex(id(x))}")
```

Adresse im Speicher der Variable 'x': 0x7ff9d9957448
Neue Adresse im Speicher der Variable 'x': 0x7ff9d9957588

```
names = ["Max", "Kim", "Hildegard"]
print(f"Adresse im Speicher der Variable 'names': {hex(id(names))}")
names.append("Heinrich")
print(f"Die Adresse im Speicher der Variable 'names' bleibt identisch: {hex(id(names))}")
```

Adresse im Speicher der Variable 'names': 0x1ec5cd00ac0
Die Adresse im Speicher der Variable 'names' bleibt identisch: 0x1ec5cd00ac0

Leseempfehlung

Um tiefer in die Themen dieses Kapitels einzusteigen, empfehle ich euch Petzold (2022) zu lesen . Es lohnt sich, das Buch von Vorne nach Hinten zu verschlingen.

15 Probleme

Setup

i Kommt bald

Dieses Kapitel ist in Arbeit und wird in Kürze fertiggestellt.

Literaturverzeichnis

- Adami, Christoph. 2016. „What is Information?“ *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 374 (2063): 20150230. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0230>.
- Brookshear, J. Glenn, und Dennis Brylow. 2020. *Computer science: an overview*. 13th edition, global edition. NY, NY: Pearson.
- Petzold, Charles. 2022. *Code: the hidden language of computer hardware and software*. 2. Aufl. Hoboken: Microsoft Press.
- Pólya, George, und John Horton Conway. 2004. *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Expanded Princeton Science Library ed. Princeton science library. Princeton [N.J.]: Princeton University Press.
- Scott, John C. 2009. *But how do it know?: the basic principles of computers for everyone*. Oldsmar, FL: John C. Scott.

Index

‘BrickletRGBLEDV2‘, [20](#)
‘IPConnection‘, [20](#)

Bibliothek, [20](#)
Byte, [25](#)

elektromagnetische Strahlung, [23](#)

HSV-Modell, [35](#)

Klasse, [20](#)

Methode, [22](#)

Objekt, [20](#), [21](#)
Objektinstanz, [21](#)

Programm, [19](#)

RGB-Farbkodeierung, [23](#)

Scan Code, [59](#)
Schleife, [28](#)
Schlüsselwort, [21](#)
Signal, [65](#)

Tastatur, [58](#)