

WIFI-Photometer

Q2d Physikprofil 2020

Frederik Mrozek · Niklas Riepen · Tom Schimansky · Sören Seidel



Inhaltsverzeichnis:

- 1 Einleitung
- 1.1 Konzeption
- 1.2 Funktionsweise
- 1.3 Durchführung einer Messung
 - 1.3.1 Anschluß der Stromversorgung
 - 1.3.2 Starten
 - 1.3.3 Eine Messung durchführen
 - a) Leermessung durchführen
 - b) Referenzmessung durchführen
 - c) Bestimmung der Konzentration

Anhang

- A1. RGB Leuchtdiode
- A2. Photometermodul
- A3. Schaltbilder
- A4. Quellcode
- A5. Dokumentation des Originalprojekts des HAW Hamburg

Das Projekt wurde im Q2d Physikprofil 2019/2020 von
Frederik Mrozek, Niklas Riepen, Tom Schimansky und Sören Seidel
unter der Leitung von Herrn Rolf Schell an der Elsa-Brändström-Schule,
Elmshorn durchgeführt.

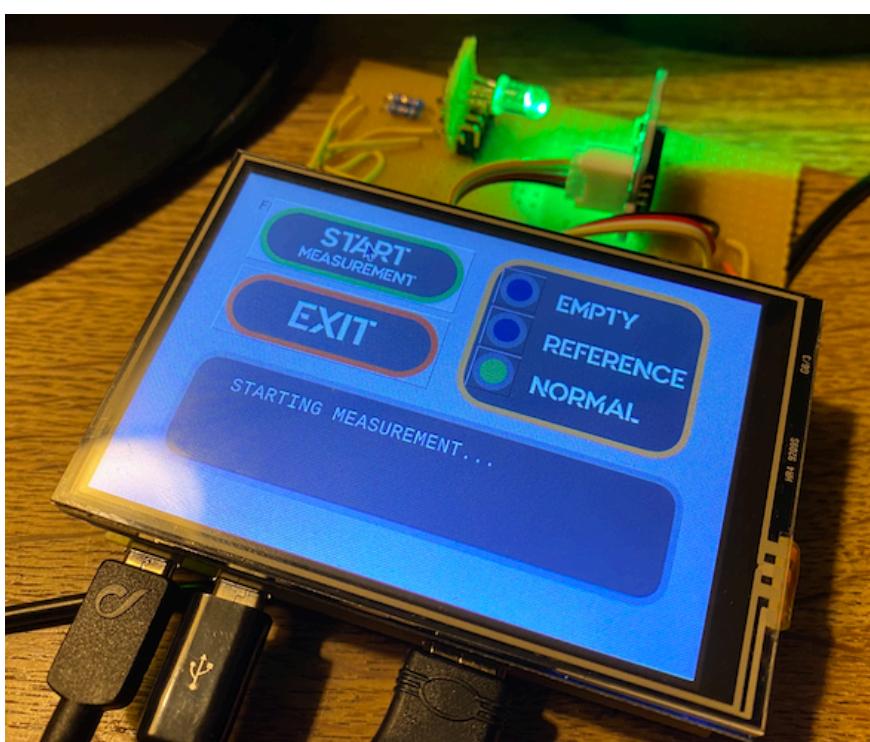
1.1 Konzeption

Ein Photometer wird in der Regel dazu verwendet, die Konzentration eines Stoffes in mol/l in einem Gemisch zu bestimmen.

Das Projekt ist angelehnt an das Projekt „Mobiles Photometer mit WLAN/WIFI-Schnittstelle“ der HAW Hamburg, Labor für Bioprozessautomatisierung von Dipl.-Ing. Ulrich Scheffler, 2017 (<https://www.haw-hamburg.de/fakultaeten-und-departments/ls/ls-forschung/projekte/projekte-aus-der-chemie/schuman/smартphone-photometer.html>).

Das Photometer besteht aus den Komponenten:

- Computer (Raspberry Pi Zero) mit Touchscreen/WLAN
- RGB-Lichtquelle
- Messküvette
- Lichtsensor

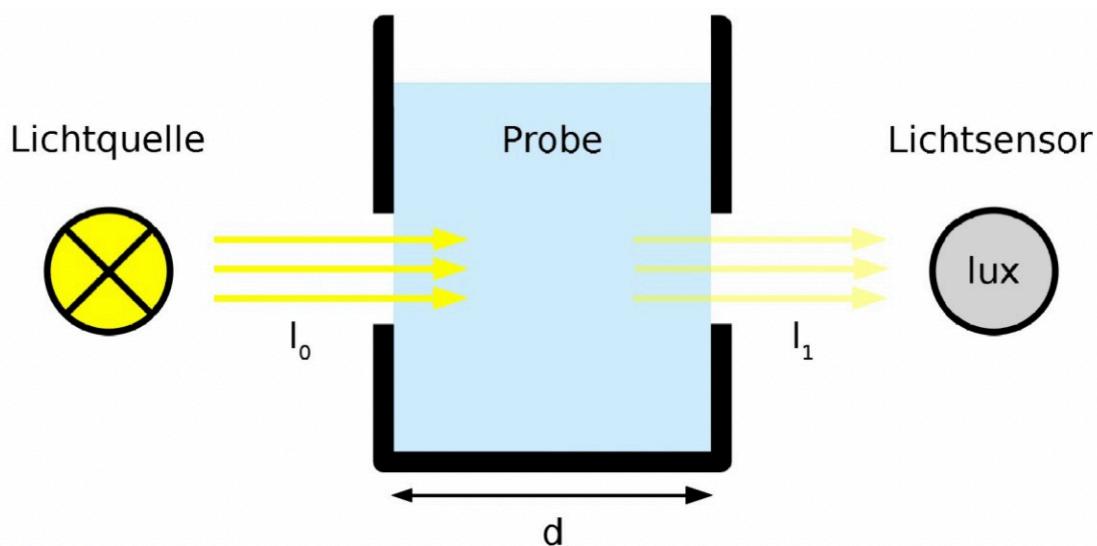


Neben einer unterstützenden Anleitung zum Bau des Photometers wurden uns ebenfalls die benötigten Bauteile zur Verfügung gestellt.

1.2 Funktionsweise



Ein Photometer arbeitet, wie der Name bereits vermuten lässt, mit der Hilfe von Licht. Grundlage der Funktionsweise ist dabei das Bouger-Lambert-Beer'sche Gesetz, welches die Abschwächung bzw. Extinktion von Licht einer bestimmten Wellenlänge beim Durchgang durch ein Licht absorbierendes Medium beschreibt.



Die Abbildung zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Messvorrichtung eines Photometers. Die Probe wird mit Licht der Intensität I_0 durch eine Lichtquelle beleuchtet. Auf der gegenüberliegenden Seite misst ein Lichtsensor die Intensität I_1 des Lichtes nach Durchgang durch die Probe. Um Messfehler durch das Umgebungslicht zu verhindern, wird die Vorrichtung in ein lichtundurchlässiges Gehäuse eingebaut und die Intensität I_0 der Lichtquelle ohne eine Probe gemessen (Leermessung).

Nach Lambert gibt es zwei Möglichkeiten, die Extinktion zu bestimmen:

$$E_\lambda = \lg\left(\frac{I_0}{I_1}\right) = \varepsilon_\lambda * c * d$$

Der Faktor c beschreibt die Konzentration der absorbierenden Substanz während der Faktor d die „Breite“ der Probe beschreibt (s. Abbildung). ε_λ ist ein Extinktionskoeffizient, der für eine Wellenlänge und die absorbierende Substanz konstant ist. Dieser Extinktionskoeffizient kann durch Umstellen der Formel und einer Messung mit bekannter Konzentration (Referenzmessung) c bestimmt werden.

Nachdem sowohl die Leermessung als auch die Referenzmessung durchgeführt wurden, können mit dem Photometer weitere Messungen von Proben mit unbekannter Konzentration der absorbierenden Substanz gemacht werden. Die Konzentration kann dann durch Umstellen der Formel berechnet werden.

Der Raspberry Pi Zero ist der Computer des Messinstruments und dient dazu, die gemessenen Daten in digitaler Form zu verarbeiten, bzw. zu verrechnen. Des Weiteren ist der Computer per SPI-Schnittstelle mit dem LCD-Display verbunden und überträgt somit die Bilder für das UI. Auf dem Raspberry Pi ist ein Raspbian-Linux installiert, auf dem mehrere, für den Betrieb notwendige Programme, beim Booten automatisch gestartet werden:

Zum einen der Treiber für die LED-Steuerung, zum Anderen die Bibliothek, die zum Auslesen der I2C-Verbindung zu dem Photosensor benötigt wird, sowie das Hauptprogramm, das den Gesamtablauf steuert und sowohl ein Benutzerinterface auf dem LCD-Display als auch eine Netzwerkschnittstelle für die Bedienung des Photometers über einen Web-Browser bereitstellt.

Alle Programme sind in der Sprache Python geschrieben.

Bei der Durchführung einer Messung werden die LEDs nacheinander angesteuert und leuchten jeweils so lange, bis der Photosensor ein Messdatenpaket für die bestimmte LED gemessen hat.

1.3 Durchführung einer Messung

Um das Photometer anzusteuern und Messungen durchzuführen, stellen wir auf dem angeschlossenen Display ein Benutzerinterface zur Verfügung. Dieses bietet die Möglichkeit, Leer- und Referenzmessungen zu starten und mit deren Messergebnissen die Konzentration der absorbierenden Substanz weiterer Messungen zu berechnen und anzuzeigen.

Darüber hinaus bietet das Steuerprogramm eine Netzwerkschnittstelle in Form eines Server-Programms, welches wir ebenfalls in der Sprache Python geschrieben haben. Zu diesem Server kann man sich mit Hilfe einer Android-App verbinden, sofern man sich im selben Wifi-Netz wie der Raspberry Pi befindet. Damit das Photometer nicht an ein existierendes Wifi-Netz gebunden ist, baut der Raspberry Pi beim Starten ein eigenes Netz auf, mit welchem man sein Android-Mobilgerät verbinden kann. Die App bietet neben der Basis-Funktionalität weitere Funktionen, welche die Bedienung des Photometers (auch mit mehreren Personen) komfortabler machen.

1.3.1 Anschluß der Stromversorgung



Über ein Micro-USB Kabel wird das Gerät mit 5V Spannung aus einem Handy-Ladegerät versorgt.

Kurzanleitung - WIFI-Photometer

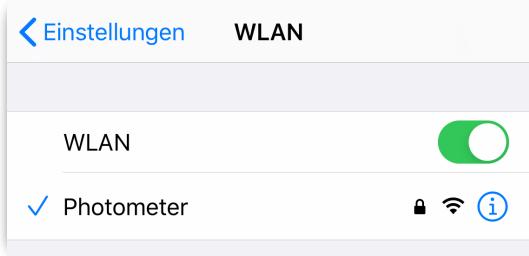
1.3.2 Starten

1. Photometer an den Strom anschließen
(Achten Sie darauf, die Stromversorgungsbuchse zu verwenden)



2. Warten Sie ca. 2 Minuten, bis das Photometer fertig gebootet hat (Nicht wundern, wenn es so aussieht, als würde nichts passieren)

3. Sobald das Interface geladen hat, auf dem Handy oder Computer mit dem Photometer-Hotspot verbinden (Passwort: ThePhotometerPassword)

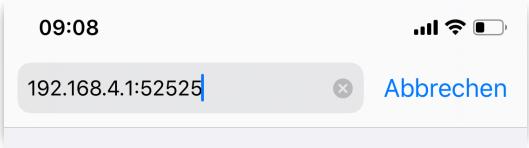


4. Wenn ein PopUp-Menü auftaucht und davor warnt, dass keine Internetverbindung besteht: Ignorieren!

5. Wenn die Verbindung hergestellt ist, den Webbrowser (Safari, Chrome, Firefox, etc.) ihrer Wahl auf dem Computer oder Handy starten



6. Im Suchfeld die IP-Adresse der Photometer-Software eingeben:
192.168.4.1:52525



7. Auf der geladenen Website auf Verbinden drücken

1.3.3 Eine Messung durchführen

a) Leermessung durchführen

1. Küvette mit Flüssigkeit füllen, die nichts von dem zu messenden Stoff enthält
2. Küvette in das Photometer schieben und beachten, dass die milchige Seite der Küvette nicht den Lichtweg behindert

3. Auf dem Photometer den ersten Punkt „EMPTY“ auswählen



4. Das Photometer von störenden Lichtquellen abschirmen

5. Auf dem Photometer „START MEASUREMENT“ drücken

START
MEASUREMENT

6. Warten, bis die Messung fertig ist

b) Referenzmessung durchführen

7. Küvette mit Flüssigkeit mit bekannter Konzentration des zu messenden Stoffes befüllen (Referenzkonzentration darf nicht 0 sein)

8. Auf dem Photometer auf „ENTER REFERENCE VALUE“ klicken



9. Die bekannte Konzentration eingeben und mit Enter bestätigen (Einheit ist irrelevant, sie gilt allerdings dann für alle folgenden Werte)

10. Auf dem Photometer den zweiten Punkt „REFERENCE“ auswählen



11. Das Photometer von störenden Lichtquellen abschirmen

12. Auf dem Photometer „START MEASUREMENT“ drücken



13. Warten, bis die Messung fertig ist

c) Bestimmung der Konzentration

14. Flüssigkeit der unbekannten Konzentration des zu messenden Stoffes in die Küvette füllen

15. Auf dem Photometer den dritten Punkt „NORMAL“ auswählen



11. Das Photometer von störenden Lichtquellen abschirmen

12. Auf dem Photometer „START MEASUREMENT“ drücken

START
MEASUREMENT

13. Warten, bis die Messung fertig ist

Die Ergebnisse

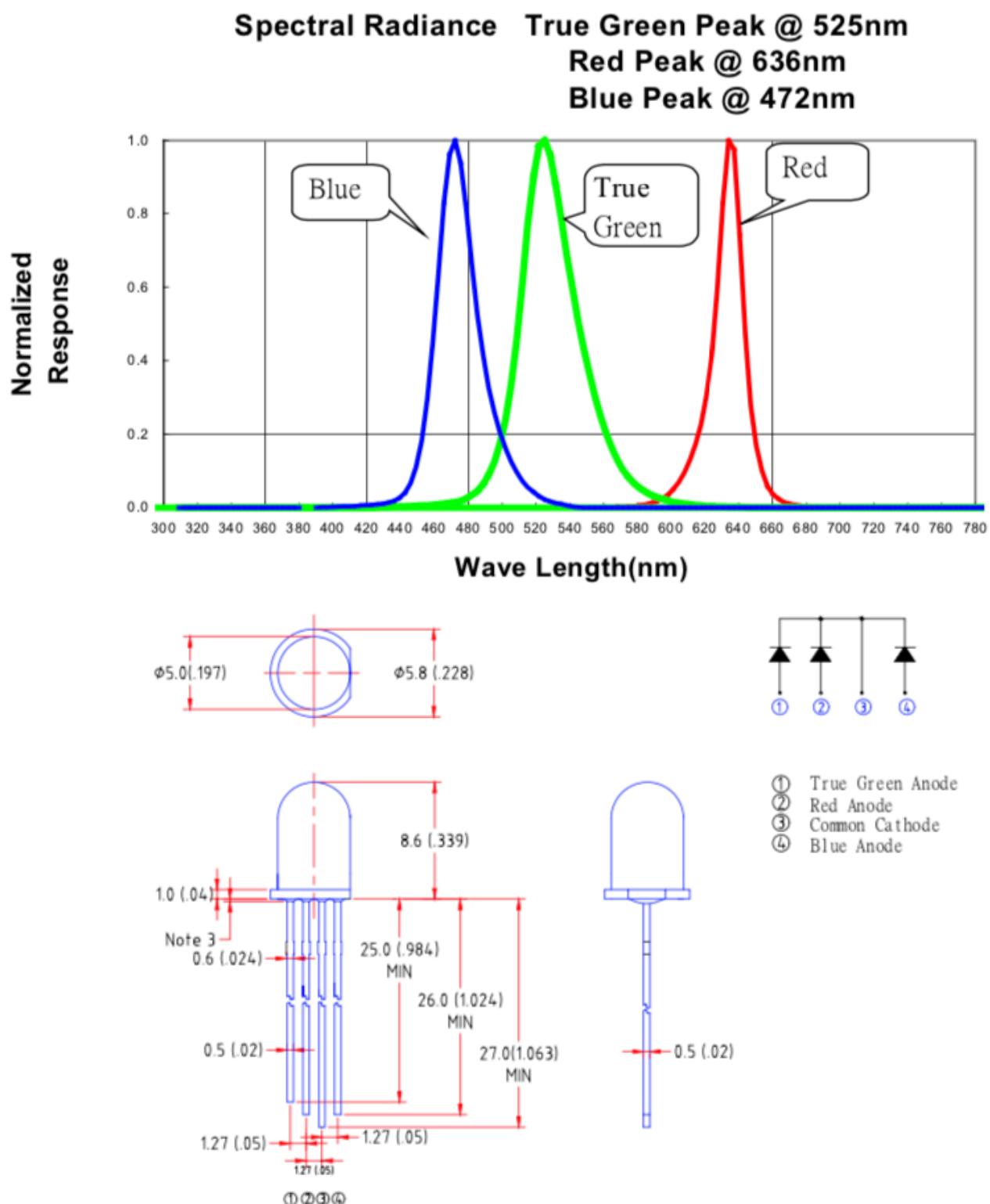
Bei jeder Messung wird für jede Farbe ein Konzentrationswert berechnet. Der Konzentrationswert derjenigen Farbe, die von dem Stoff am meisten absorbiert wird (d.h. größter Extinktionskoeffizient), ist der genaueste.

Die Einheit hinter den errechneten Konzentrationswerten ist dieselbe, wie die der Referenzkonzentration. Es wird zwar Mol/L vorgeschlagen, dies gilt allerdings nur für den Fall, dass die Referenzkonzentration auch in Mol/L eingegeben wurde.

Anhang

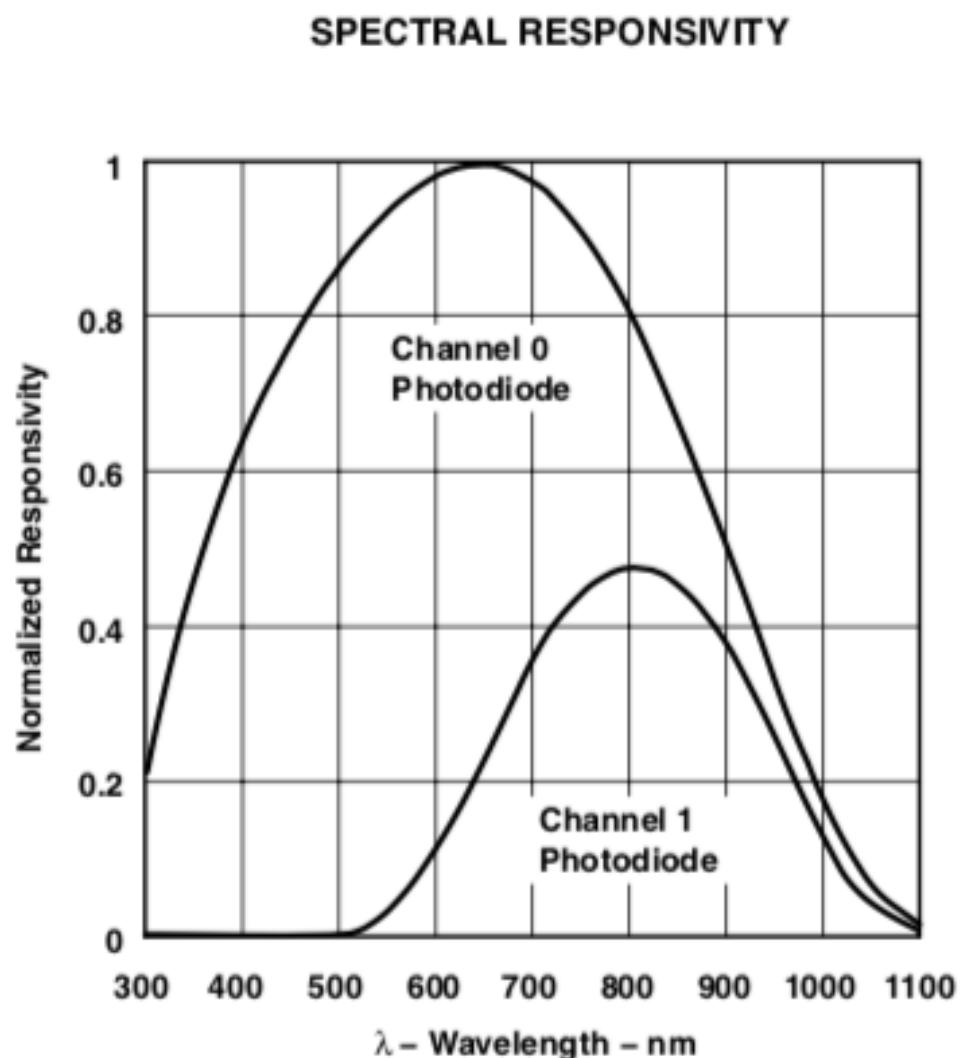
A1. RGB Leuchtdiode

RGB Leuchtdiode: Lucky Light LL-509RGBC2E-006

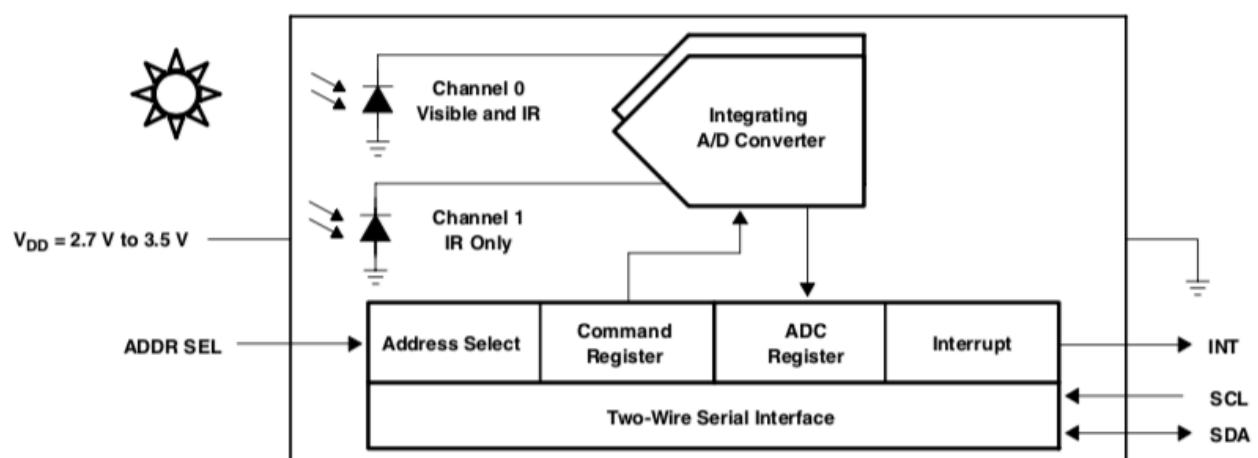


A2. Photometermodul

I2C-Bus Photometermodul von Adafruit mit TSL 2561



Functional Block Diagram

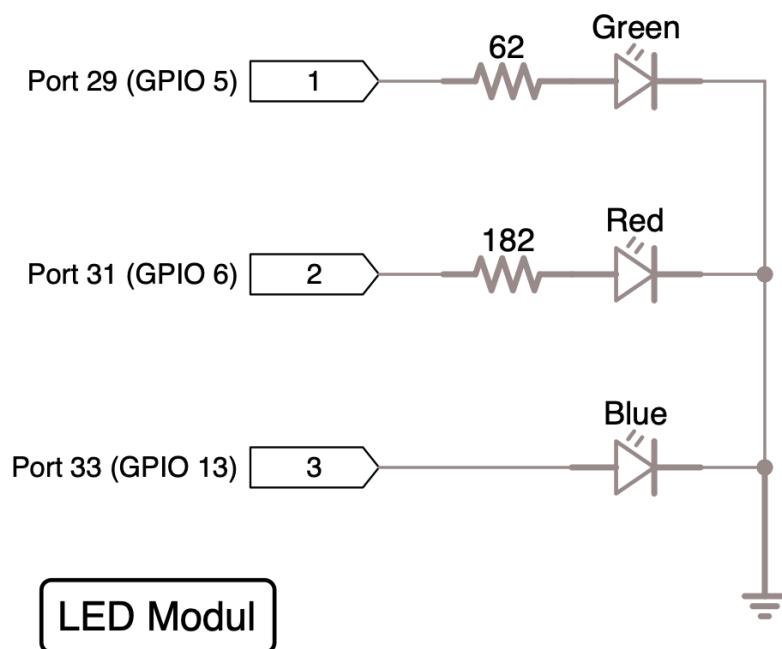


A3. Schaltbilder

Die Schaltbilder sind u.a. auf der GitHub Seite zu finden:

<https://github.com/DL2SDR/Photometer>

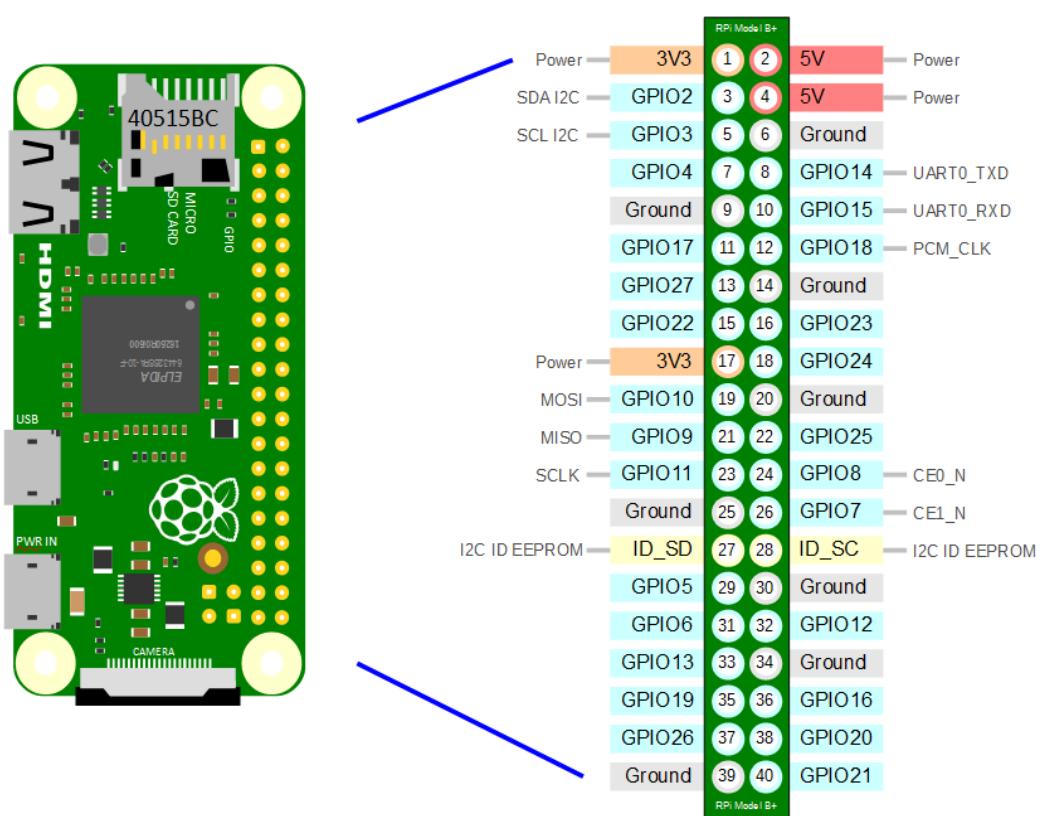
LED Schaltung:



Photosensor-Anschluss:

Der Photosensor ist per I²C-Bus (GPIO 2 / SDA / Pin 3 und GPIO 3 / SCL / Pin 5) an den Raspberry Pi angeschlossen.

Raspberry Pi Zero W Pinbelegung:



A4. Quellcode

Der Quellcode ist auf der GitHub Seite zu finden:

<https://github.com/DL2SDR/Photometer>