

Projektwoche 23.09. - 27.09.2019

Portfolio - Aufbau eines mobilen Photometers

Einleitung

Ziel der Projektwoche vom 23.09.2019 bis zum 27.09.2019 war es, ein Konzept für ein Photometer zu erarbeiten und dieses in der Praxis umzusetzen.

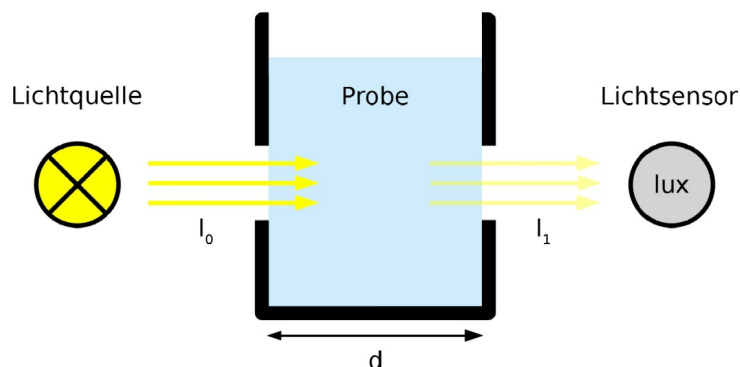
An der Arbeit beteiligt waren Sören Seidel, Jacob Merl, Tom Schimansky, Finn Augustin, Frederik Mrozek und Niklas Riepen.

Ein Photometer wird in der Regel dazu verwendet, die Konzentration eines Stoffes in einem Gemisch zu bestimmen. Praktisch überprüft man zum Beispiel mit einem Photometer den Calcium-Gehalt in einem Aquarium, um eine optimale Wasserqualität zu gewährleisten. Unser finales Ziel war es, die Funktion des Photometers mit der Untersuchung des Krückau-Wassers zu überprüfen.

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

Funktionsweise

Ein Photometer arbeitet, wie der Name bereits vermuten lässt, mit der Hilfe von Licht. Grundlage der Funktionsweise ist dabei das Bouguer-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.

Aufbau

Der Aufbau besteht im Grunde genommen aus drei wichtigen Funktionseinheiten: Erstens aus der Messvorrichtung selbst, zweitens aus dem Microcontroller zur Verarbeitung und Aufnahme der Messdaten und drittens dem Touch-Display, das als User-Interface, also zur Steuerung des Messgeräts durch den Benutzer, sowie zur Darstellung der Messdaten dienen sollte.

Als Steuereinheit für das Messgerät haben wir einen Raspberry Pi Zero bekommen, an welchen wir zur einfachen grafischen Bedienung ein Touch-Display angeschlossen haben. Da das Ziel die Bestimmung der Konzentration von Chemikalien in Wasser ist, brauchten wir ein Gefäß zum Einfüllen der Probe. Glücklicherweise befindet sich in der Chemiesammlung bereits ein professionelleres Messinstrument, das eine Menge an Küvetten im Umfang hat, die wir einfach mitbenutzen konnten.

Des Weiteren benötigten wir drei LEDs, mit den Farben rot, grün und blau, sowie den Photosensor, der die Intensität des Lichts messen sollte. Um diese zur Verfügung zu stellen bot sich eine sogenannte RGB-Diode an, welche man auf jeder dieser Farben einstellen kann. Um die Bauteile zu verkabeln und über den Raspberry Pi ansteuern zu können, wurden uns Platinen, Kabel und die notwendigen Werkzeuge größtenteils zur Verfügung gestellt.

Raspberry Pi

Der Raspberry Pi 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 Gesamt Ablauf steuert und sowohl ein Benutzerinterface auf dem LCD-Display als auch eine Netzwerkschnittstelle für die Bedienung des Photometers über eine App 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.

Software - Benutzerinterface

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.

Arbeit in der Gruppe und Probleme

Da wir ursprünglich nur eine Woche für die Fertigstellung des Photometers Zeit hatten und wir des Weiteren verschiedene Kompetenzen in den Bereichen Hardware und Software hatten, erwies es sich als sinnvoll, die Arbeiten aufzuteilen.

Tom und Frederik waren vor allem in dem Hardware-Teil schon erfahren und übernahmen daher vorerst den Aufbau des Gerätes.

Für die Planung der Anordnung der Bauteile waren Finn und Frederik verantwortlich, wobei die Lötarbeiten von Frederik übernommen wurden.

Tom und Frederik übernahmen den Teil der Software, in dem es um die Treiber, die Bibliotheken und die Ansteuerung der Hardware ging.

Für die Software welche für den Gesamtablauf der Messung zuständig ist und sowohl die grafische Benutzeroberfläche auf dem Touch-Display als auch die Netzwerkschnittstelle bereitstellt waren Sören und Niklas zuständig. Einen nicht unwesentlichen Teil der Zeit mussten wir hierbei für den Aufbau des eigenen Wifi-Netzes durch den Raspberry Pi aufwenden, da trotz mehr oder weniger ausführlichen Anleitungen im Internet nicht alles reibungslos ablief. In diesem Punkt hat sich die parallele Arbeit ausgezahlt, da wir trotz der Probleme Fortschritte in den Bereichen Hardware und App-Entwicklung gemacht haben.

Zum Ende der Projektwoche hin entwickelten Finn und Frederik ein 3D-Modell eines Gehäuses, das auch zur Abdunkelung der Messung notwendig war. Mit dem von Herrn Schell zur Verfügung gestellten 3d-Drucker versuchten sie dieses zu drucken, allerdings stellte sich hier leider der Drucker quer, der nicht mehr richtig funktionierte. Nach einiger Suche konnten Finn, Frederik und Tom allerdings keinen Grund finden und das Gehäuse wurde bis heute nicht gedruckt.

Während des Aufbaus kam es zu größeren Problemen, da der Photosensor sowie die Diode nicht von Anfang an vorhanden waren. So konnten wir noch nicht richtig die Software schreiben, weil sich die angegebene Modellnummer des Photosensors als falsch herausstellte. Außerdem konnten wir in der Hardware nicht in vollem Tempo arbeiten, weil die Bauteile fehlten.

Das Arbeiten wurde außerdem durch den banalen Grund verlangsamt, dass wir keinen, mit dem Raspberry Pi Zero funktionierenden, USB-Hub hatten, sodass wir für jedes Wechseln der Maus oder Tastatur die Kabel umstecken mussten. Dieses Problem konnte im Laufe der Woche gelöst werden, ebenso wie typische Fehler, die in der Softwareentwicklung auftreten.

Bis auf das Gehäuse konnten wir das Photometer als Gesamteinheit am Ende dennoch fertigstellen. Obwohl alles soweit funktionierte erhielten wir keine nutzbaren Messergebnisse. Dies geschah am Ende der Projektwoche, sodass wir vorerst nicht das Problem finden, bzw. beheben konnten.

Freundlicherweise wurde uns allerdings die Gelegenheit gegeben, dass wir während der Informatikstunden an dem Gerät weiterforschen durften.

In dieser Zeit stellte sich heraus, dass die schlechten Messwerte durch die Unempfindlichkeit des Photosensors verursacht wurden und die Intensität der LEDs nicht im messbaren Bereich des Sensors waren.

Als Lösungsidee bot sich an, entweder die LEDs durch deutlich hellere zu ersetzen oder den Sensor durch einen empfindlicheren zu ersetzen.

Fazit

Im Gesamten hat sich die Projektwoche gelohnt, da wir viel neues dazu lernen und somit unseren Wissensstand erweitern konnten. Für die unter uns, die sich noch vorher noch nicht so viel mit diesem Thema auseinander gesetzt hatten war die Woche besonders hilfreich.

Der Aufbau des eigenen WLAN-Netzwerkes mit dem Raspberry Pi war für alle unbekannt und konnte somit von jedem das Wissen bereichern.

Trotz unserer Bemühungen konnten wir aufgrund vieler kleiner Probleme und Hürden, die es zu überwinden galt das hoch gesteckte Ziel, das Krückauwasser mit dem Photometer zu analysieren, nicht erreichen.

Im Grunde haben wir ein prinzipiell funktionierendes, jedoch nicht einsetzbares Gerät geschaffen, welches sich jedoch nicht im praktischen Fall einsetzen lässt.

Um die korrekte Funktion des Photometers zu gewährleisten ist es nötig, die Diode bzw. den Sensor zu tauschen. Dies viel uns leider erst durch den abschließenden Test auf und konnte somit nicht mehr erreicht werden.

Aus diesen Gründen würden wir das Projekt nicht als gescheitert, jedoch auch nicht als vollen Erfolg ansehen.

Wir hoffen dennoch, es während der Informatikstunden im nächsten Jahr, fertigstellen zu können.