TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Experimente zur kontinuierlichen Beobachtung des Wachstums einer Phytoplanktonpopulation

Thomas Petzoldt

TU Dresden, Institut für Hydrobiologie, 01062 Dresden, thomas.petzoldt@tu-dresden.de

mit Unterstützung eines Schülers des Martin-Andersen-Nexö-Gymnasiums Dresden

Zielstellung

Wachstums- und Verlustprozesse spielen in den ökologischen Wissenschaften eine entscheidende Rolle. Ziel ist ein möglichst einfacher und kostengünstiger Versuchsaufbau für Schule und Studium, um Wachstumsprozesse zeitlich dicht zu beobachten.

Grundidee

Messung der optischen Dichte direkt im Versuchsgefäß mittels Laserdiode und Lichtsensor

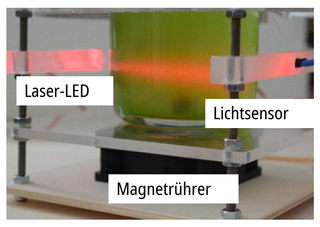
- Mikrocontroller steuert Messung, Beleuchtung und Rührer
- Speicherung der Messungen direkt in eine Datenbank
- Kostengünstig und leicht nachbaubar
- Stufenweiser Aufbau von simpel bis vollautomatisch

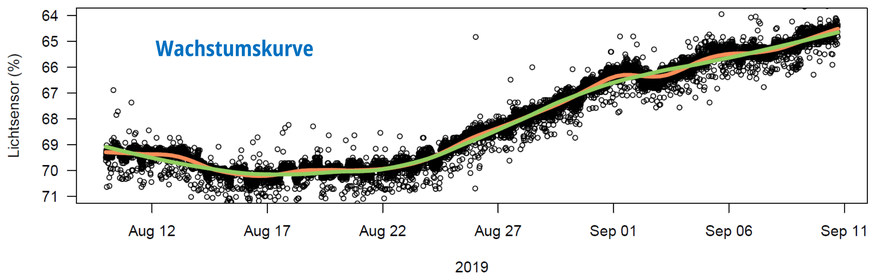
Ergebnis

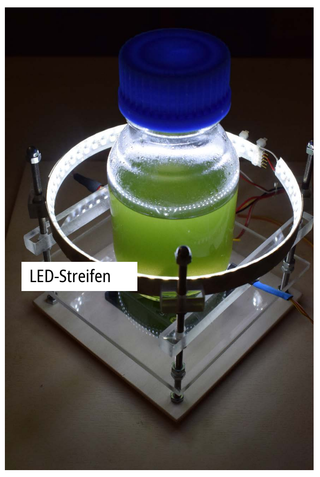
Der Versuchsaufbau wurde im Rahmen eines Schülerpraktikums (Gymnasium 11. Klasse) erfolgreich getestet. Die gewonnen Daten werden in Kursen zur Ökologischen Modellierung und Statistik verwendet.

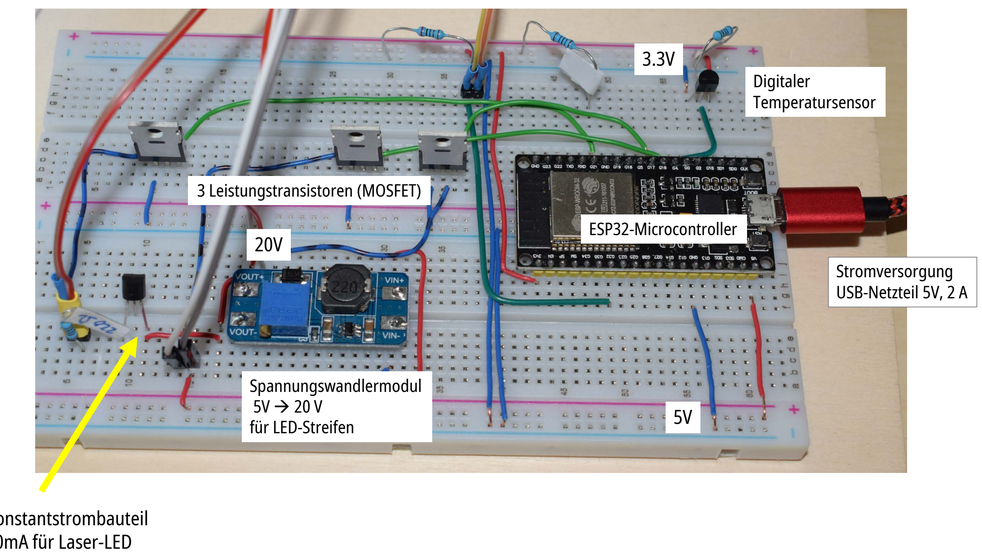
Didaktischer Wert

- Kennenlernen, wie Umweltfaktoren das Wachstum steuern
- Einfacher Einstieg ohne Programmierung oder Lötkolben
- Voll ausgebaut ein fächer-integrierendes „Maker-Projekt“ für Teams: mechanischer Aufbau, Elektronik, Programmierung, Kulturmedien, Analytik, Datenbanken, Statistik, Modellierung und organismische Biologie.



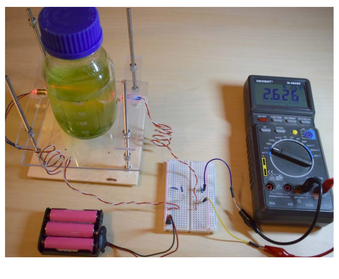




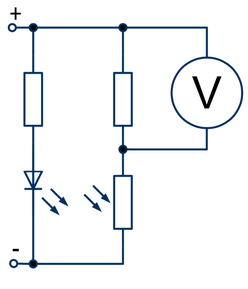


Experiment 1: Analoge Messung

Im einfachsten Fall besteht die Messanordnung lediglich aus einer Laserdiode, einem Photowiderstand und einem Voltmeter in einer Spannungsteilerschaltung.

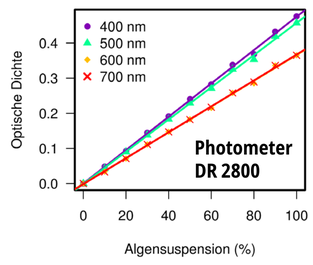


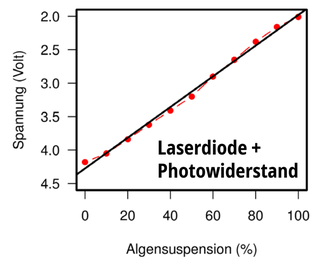
Analoge Messanordnung ohne Mikro-controller und ohne Programmierung



LED und Photowiderstand in Spannungsteilerschaltung

Kalibrierung mit Verdünnungsreihe: Optische Dichte in Profi- und Selbstbauphotometer





Die Wellenlänge der Laserdiode (670nm) entspricht gut dem mit einem Laborphotometer (Hach-Lange DR 2800) abgeschätzten Absorptionsmaximum von 600 bis 700 nm (gelbe und rote Linien).

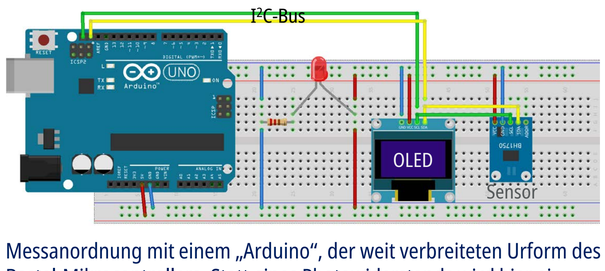
Die Kalibriergerade der Messanordnung zeigt einen annähernd linearen Verlauf.

Weitere Vergleiche ermöglichen mikroskopische Zählung, POC- oder Chlorophyll-Bestimmung.

Experiment 2: Digitalisierung

Anstelle des Voltmeters wird ein Mikrocontroller eingesetzt. Dieser fungiert als Bindeglied zwischen der realen und der virtuellen Welt:

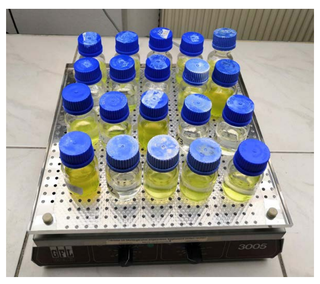
- Digitalisierung von Messsignalen
- Steuerung, z.B. von LEDs oder Motoren
- Ausgabe von Messsignalen über USB oder Display



Messanordnung mit einem „Arduino“, der weit verbreiteten Urform des Bastel-Mikrocontrollers. Statt eines Photowiderstands wird hier ein digitaler Lichtsensor verwendet. Dieser ist genauer und temperatur-kompensiert. Zur Anzeige dient ein digitales OLED-Display.

Anwendungsbeispiel: Wachstumsversuch mit unterschiedlichen Nährmedien

- Nährmedien mit unterschiedlicher C-Quelle
- Randomisierter Versuchsansatz in einer Klimakammer
- Optische Dichte der Algensuspension während des Versuchsablaufs mehrmals gemessen.
- Die Flaschen bleiben verschlossen, um Luft-CO_2-Eintrag zu vermeiden.
- Datenanalyse und Statistik mit R: Visualisierung, Datenglättung, ANOVA



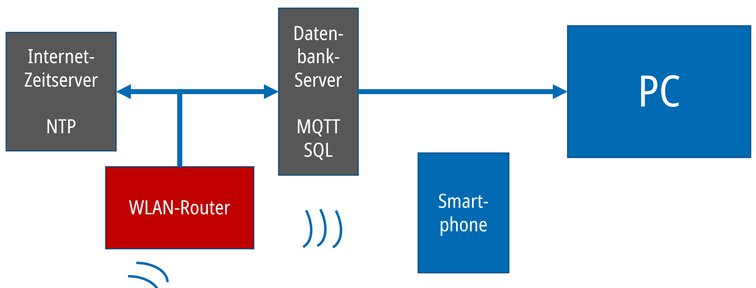
Experiment 3: Internet of Things (IoT)

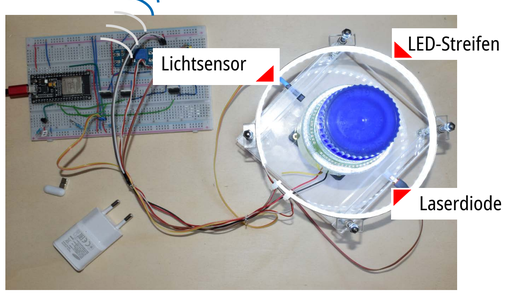
In der vollen Ausbaustufe (Abb. oben) wird ein ESP32-Microcontroller verwendet. Dieser steuert die Messung und überträgt die Messungen von optischer Dichte und Temperatur per WLAN an einen Datenbankserver.

Der Microcontroller steuert auch die Beleuchtung, die Laserdiode und den periodischen Rührer, so dass die Messung nicht durch Beleuchtung oder Rührer gestört wird. Da Laserdioden stark temperaturabhängig sind, wird ein Konstantstrom-Bauelement 20mA vorgeschaltet.

Die Zeit wird von einem Internet-Zeitserver bezogen. So lässt sich die Messung mit anderen Mess- und Steuergeräten, z.B. WLAN-Steckdosen für weitere Lichtquellen, Belüftung, Thermostat oder Pumpen sekundengenau synchronisieren.

Der Datenbankserver empfängt die Daten mit dem IoT-Standard-protokoll MQTT und speichert die Ergebnisse in eine MySQL-Datenbank. Ein stromsparender Raspberry Pi-Kleinstcomputer kann mehrere Versuche parallel verwalten.





Kosten

Die verwendete Elektronik (ESP32, LED-Streifen, Sensoren, Rührer) ist kostengünstig und energieeffizient.

Für das links gezeigte Beispiel genügt ein Handy-Netzteil.

Mitglied im Netzwerk von: DRESDEN concept

Schaltung, Programme, Anleitungen, Downloads, Daten, Modellierung

https://tpetzoldt.github.io

Institut für Hydrobiologie

https://tu-dresden.de/hydrobiologie