

Puls- und Sauerstoffsättigungssensor in Vorlesung und praktischen Übungen

Prof. Dr. Ulrich T. Schwarz, Professur Experimentelle Sensorik, Inst. für Physik, TU Chemnitz

Im interdisziplinären Bachelor- und Master-Studiengang „Sensorik und kognitive Psychologie“ (Seko) an der TU Chemnitz lernen Studierende an der Schnittstelle Mensch-Technik. Sensorik steht dabei für technische Sensoren und für die menschlichen Sinne, Kognition steht für die Weiterverarbeitung der erfassten Daten in Mensch oder Maschine. Beispiele für Forschungsthemen sind Wahrnehmung vielschichtiger Sensor-Daten, die Interaktion von Mensch und Auto (insbesondere mit Blick auf autonomes Fahren) oder die Nutzung moderner Technik in einer alternden Gesellschaft. Der Studiengang ist an einer Naturwissenschaftlichen Fakultät angesiedelt und wird von verwandten Fachbereichen – insbesondere von Psychologie, Mathematik und Informatik – mitgetragen.

Im Vortrag stelle ich das Konzept des Moduls „Fortgeschrittene Themen der Physik und Sensorik“ (Vorlesung, Seminar und Blockveranstaltung) vor. In diesem Modul wird im Lauf eines Semesters eine konkrete Produktidee realisiert, die sich thematisch an Puls- und Sauerstoffsättigungs-Sensoren, wie sie aktuell z.B. Fitness-Uhren (und anderen "Gadgets") eingesetzt werden, orientiert. Die Methode (Photoplethysmographie) beruht darauf, dass Licht bei zwei oder drei Wellenlängen (Infrarot, Rot, Grün) ins Gewebe eingestrahlt und das reflektierte Licht gemessen wird. Aus dem zeitlichen Verlauf des reflektierten Lichts wird der Puls (Herzfrequenz) bestimmt, über den relativen Anteil von rotem und infrarotem Licht die Sauerstoffsättigung im Blut. In medizinischen Geräten sind derartige Sensoren schon länger Standard.

Dieser Themenkomplex bildet den roten Faden, um den Lehrinhalt von den bio-physikalischen Grundlagen (Wechselwirkung von Licht und Gewebe), Sensoren (Halbleiter-Bauelemente LED und Photodiode), elektronische Verstärkung und Filterung der Signale (Operationsverstärker, Hoch-, Tief- und Bandpass; Signalverarbeitung im Frequenzraum, Fourier-Transformation), "Smart Sensor" (integrierter Halbleiter-Sensor Chip mit I2C Schnittstelle für die Photoplethysmographie) und die Einbindung eines Sensors ins Internet der Dinge (IoT, MQTT, Node-Red) zu vermitteln. Um diese Bandbreite des Lehrstoffs zu vertiefen und zu verstetigen, haben die Studierenden im Seminar die behandelten Inhalte vorlesungsbegleitend in praktischen Übungen umgesetzt. In Zweiergruppen haben sie die elektronischen Schaltungen (LED, Photodiode, Transimpedanzverstärker, Operationsverstärker, RC-Filter, Smart Sensor) auf Steckbrettern (Breadboards) aufgebaut und die Daten über einen Mikrocontroller (ESP32) ausgewertet. Auch die Programmierung des Mikrocontrollers (u.a. Fast Fourier Transformation, Ansteuerung des Sensors über I2C Bus) war Bestandteil dieser praktischen Übungen. Die Einbindung eines Sensors in das IoT wurde während der Vorlesung realisiert: die Studierenden konnten über eine MQTT Client App von Handy zu Sensor (und auch untereinander) kommunizieren. Auch hier war das Lehrkonzept die Vertiefung und Verstetigung eines abstrakten Lehrinhalts durch direkte praktische Umsetzung und Demonstration.

Der gesamte Stoff wurde in der Blockveranstaltung ein weiteres Mal vertieft. Hier wurde die Aufgabe gestellt, in Gruppen ("Projektteams") von zwei bis vier Studierenden ein jeweils selbst ausgedachtes Produkt soweit zu entwickeln, dass damit Firmen-intern Projektgelder oder eine Start-Up Finanzierung eingeworben werden kann. Gefordert waren die Vorstellung eines Prototyps (der Entwicklungsstand war sekundär, geübt und gezeigt werden sollte die Fähigkeit des Teams eine Hard- und Software-Lösung umzusetzen), die Darstellung der Produktidee, die verständliche Ausarbeitung der naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen und die Hinterfragung der Marktfähigkeit des gedachten Produktes.