



Stefan Göggel



Tobias Schmid

Diplomanden	Stefan Göggel, Tobias Schmid
Examinator	Prof. Guido Keel
Experte	Arthur Schwilch, Bruker BioSpin AG, Fällanden, ZH
Themengebiet	Sensorik
Projektpartner	Eco Medics AG, Dürnten, ZH

## CO<sub>2</sub>-Messung via Wellenlängen-Modulationsspektroskopie



Prototyp optischer CO<sub>2</sub>-Sensor  
Eigene Darstellung

**Ausgangslage:** In der Diagnose von Lungenkrankheiten spielen genaue Messgeräte mit kurzer Messdauer eine entscheidende Rolle. Für den Industriepartner Eco Medics AG soll die Zeit für die Detektion der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf einen Atemzug reduziert werden. Basierend auf einer Konzeptstudie soll ein optischer Sensor entwickelt werden, welcher mittels optischer Wellenlängen-Modulationsspektroskopie den CO<sub>2</sub>-Gehalt numerisch wiedergibt.

Die technische Umsetzung soll auf einfache Art und Weise mit dem Entwicklungsboard "ZedBoard" realisiert werden. Das Entwicklungsboard beinhaltet einen programmierbaren FPGA SoC (Xilinx Zynq-7000) womit die Kommunikation zum Computer realisiert werden soll.

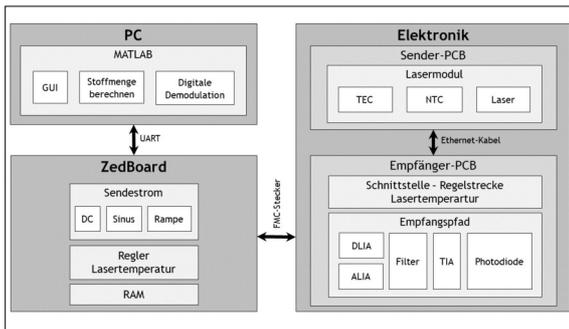
**Vorgehen:** Die spezifische Absorption von Licht ist für jedes Gas charakteristisch und schmalbandig. Somit muss die Wellenlänge der Lichtquelle sehr genau eingestellt werden, damit ein CO<sub>2</sub>-Molekül den Lichtstrahl abschwächt.

Bei der verwendeten Laserdiode lässt sich die Wellenlänge durch den Laserstrom und die Lasertemperatur regulieren. Aufgrund des stärkeren Einflusses des Laserstroms wird die Temperatur des Lasers auf einen konstanten Wert geregelt. Über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) lässt sich der Laserstrom einstellen. Der abgeschwächte Lichtstrahl wird in eine elektrische Spannung gewandelt und aufbereitet. Für die Auswertung wird die benötigte Information aus der elektrischen Spannung herausgefiltert. Dies geschieht über eine analoge Demodulation in der Elektronik. Neben dem analogen Verarbeitungspfad wird das Empfangssignal zusätzlich digital in MATLAB demoduliert.

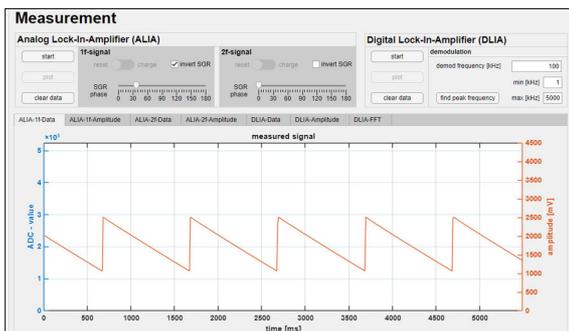
Die daraus resultierenden Werte bilden die Grundlage für die numerische Berechnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. Dem Benutzer werden die Messresultate grafisch dargestellt.

**Fazit:** Bei der Entwicklung der einzelnen Schaltungsteile wurden Simulationen der Signalpegel durchgeführt. Die Elektronik ist auf zwei Leiterplatten implementiert. Über die grafische Benutzeroberfläche kann der Prototyp von einem Computer aus gesteuert und die Messwerte ausgelesen werden. Um zwischen dem Computer und der Elektronik kommunizieren zu können, wurden mittels der Hardwarebeschreibungssprache VHDL die spezifischen Funktionen programmiert. Die rauscharme Elektronik verarbeitet die empfangenen Signale wie erwartet. Mit einer Genauigkeit von unter 0.1 °C funktioniert die Temperaturregelung des Lasers sehr genau. Zudem zeigte sich, dass der digitale Verarbeitungspfad das erfolgversprechendere Verfahren ist.

Mit dieser Bachelorarbeit wurde das Grundprinzip für die optische Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atemluft erarbeitet.



Systemübersicht  
Eigene Darstellung



Grafische Benutzeroberfläche  
Eigene Darstellung