

## Optisches Sauerstoff-Messgerät mit FPGA

Die Messung von Sauerstoff ist in vielen Branchen wie zum Beispiel in der Wasseraufbereitung, der Abwasserreinigung, der Pharmaindustrie, der Lebensmittelverarbeitung usw. nicht mehr weg zu denken. Sauerstoffmessgeräte müssen deshalb universell, klein, schnell und präzise sein.

In dieser Arbeit wird ein Prototyp eines Sauerstoffmessgerätes entwickelt, welches mit Lumineszenzlöschung arbeitet. Die Lumineszenzprobe, welche den zu detektierenden Sauerstoff berührt, wird mit einem Lichtsignal von einer LED angeregt. Je mehr Sauerstoff die Probe berührt, umso weniger luminesziert die Probe und desto kürzer wird die Lumineszenz Lebensdauer. Das geschieht, weil der Sauerstoff eine Lumineszenzlöschung verursacht. Lumineszenz-löschung bezeichnet die Abnahme der Intensität der Lumineszenz eines Luminophores durch ein Löscher-Molekül. Bei einer Anregung mit einem Sinus-Signal wird Lumineszenz-Licht von der Probe mit sinusoidaler Lumineszenzintensität und einer Phasenverschiebung zum anregenden Signal, abhängig von der Lumineszenzlebensdauer, emittiert. Dieses Licht wird mit einer Photodiode in einen elektrischen Strom umgewandelt und analog verstärkt. Um nun den Sauerstoff-gehalt des Mediums zu berechnen, muss die Phasenverschiebung gemessen und algorithmisch umgerechnet werden.

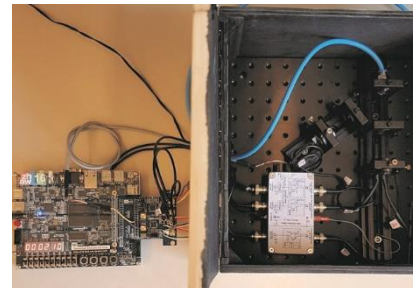
Die Messung der Phasenverschiebung und die Umrechnung in einen Sauerstoffwert wird direkt mit einem Field-Programmable Gate-Array (FPGA) ausgeführt. Das empfangene Licht-Signal wird mittels eines Lock-in-Verstärkers, welcher einem schmalbandigen Bandpassfilter entspricht, gefiltert. Danach wird die Phasenverschiebung durch weitere digitale Filtermethoden wie IIR-Filter und Mittelwertfilter genau ermittelt. Durch die Verwendung eines FPGA's konnte die komplette Signal-generierung, Filterung und Auswertung in VHDL, einer Hardware-beschreibungssprache, realisiert werden. Die Signalverstärkung und -umwandlung wird analog gelöst. Dieser Ansatz erlaubt eine flexible Software- und Hardwarearchitektur, die eine 0.1% genaue Sauerstoffmessung erlaubt.

Speziell an diesem Prototyp ist neben dem sehr schlanken analogen Design auch die periodische Referenzphasenmessung, welche die nicht lineare Phasenverschiebung vom Analogteil eruiert und kompensiert. Gerade für Sensoren im Hochfrequenzbereich oder Anwendungen mit flexibler Frequenzanregung wurden mit dem FPGA neue Ansatzpunkte für weiter Entwicklungen angestossen.

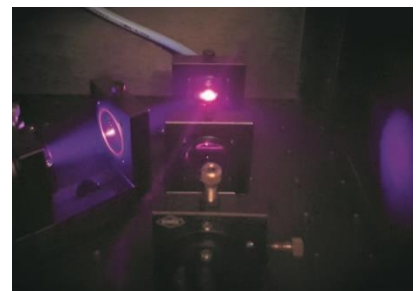


Diplomierende  
Sabina Barbara Hafner  
Simon Wittwer

Dozierende  
Matthias Rosenthal  
Francesca Venturini



Labora Aufbau vom optischen Sauerstoffsensoren mit FPGA-Board (links) und optischem Aufbau in der Black-Box (rechts).



Durch die erste Linse (links) wird das blaue Licht auf die Lumineszenz-Probe gebündelt, teilweise absorbiert und als rotes Licht wieder emittiert. Das rote Licht wird mit der zweiten Linse auf die Photodiode gebündelt und erzeugt einen Stromfluss.