

Optische Kalibrierhilfe für Pulsoxymeter



Benjamin Weber • benjamin.weber@fh-luebeck.de

Medizinische Sensor- und Gerätetechnik • www.msgt.fh-luebeck.de

Einführung

Pulsoxymetrie

- ... bestimmt optisch die arterielle O₂-Sättigung (Oxygenierung, SaO₂),
- ... arbeitet nicht-invasiv und kontinuierlich,
- ... gehört zum Standardmonitoring im klinischen Alltag,
- ... lässt sich nur empirisch durch Probandenstudien kalibrieren.

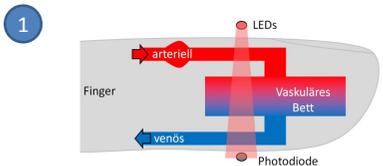


Pulsoxymeter im Einsatz

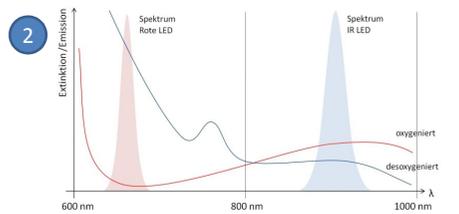


Verschiedene Pulsoxymeter-Sensoren

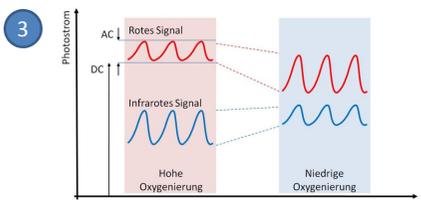
Grundlagen der Pulsoxymetrie



Gewebedurchleuchtung mit rotem und infrarotem Licht



Unterschiedliche Absorptionsspektren von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin (nach Covidien OxiMax TechNote)



Herzschlagbedingte Blutvolumenänderungen rufen Änderungen im detektierten Photostrom hervor (nach Covidien OxiMax TechNote)

4

$$\frac{\left(\frac{I_{AC}}{I_{DC}}\right)_{rot}}{\left(\frac{I_{AC}}{I_{DC}}\right)_{i-rot}} = \text{Ratio-of-Ratios} = f(SaO_2)$$

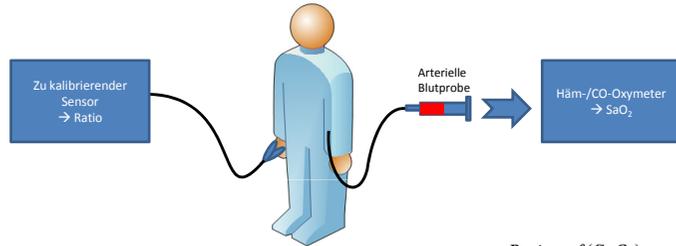
Verhältnissbildung der Wechsel- und Gleichanteile der roten und infraroten Signale liefert Informationen über arterielle Oxygenierung

Problemstellung und Motivation

- (1) Entsättigungsstudien zur Kalibration von Pulsoxymetern sind extrem aufwändig und teuer und erfordern speziell ausgebildetes Personal sowie entsprechende Referenzmessgeräte.
- (2) Es existiert keine standardisierte Möglichkeit für messtechnische Kontrollen (MTK) von Pulsoxymetern (wie z. B. für Blutdruckmanschetten oder Thermometer laut MPBetreibV).

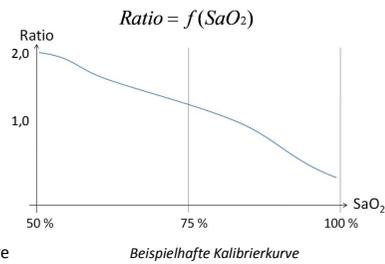
→ Die zu entwickelnde Kalibrierhilfe soll Daten von Entsättigungsstudien wiederverwendbar machen sowie die Möglichkeit für standardisierte MTK von Pulsoxymetern bieten.

Aktuelle Kalibrationsmethodik (entspr. ISO 80601-2-61)

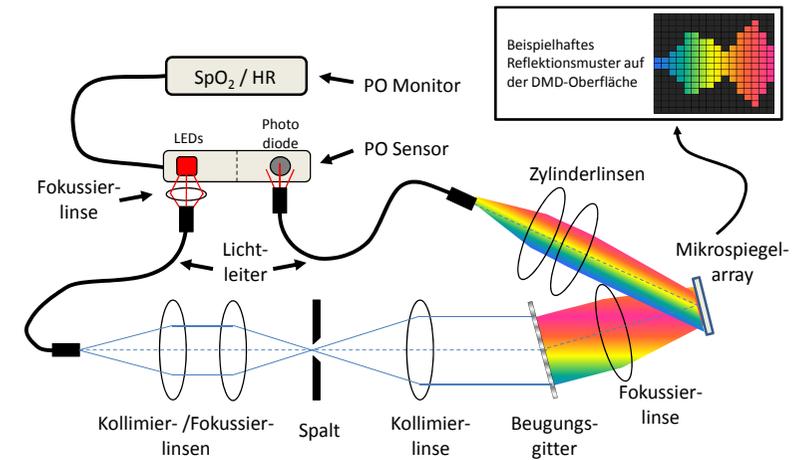


Zweck:
Empirische Probandenstudie (kontrollierte Hypoxämie), um Sensorsignal (Ratio) und arterielle Oxygenierung (SaO₂) miteinander zu korrelieren.

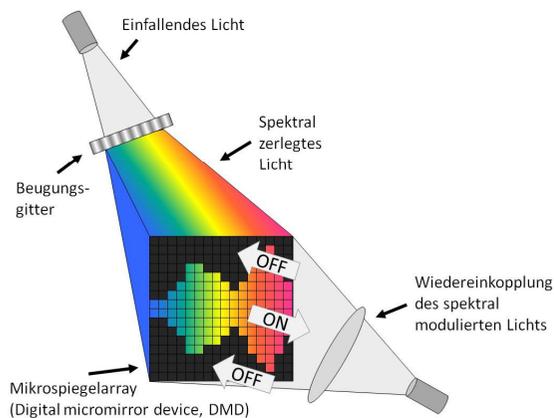
- Ablauf:**
1. Kontinuierliche Überwachung der Oxygenierung anhand Referenzsensorik
 2. Entsättigung auf Plateaus zwischen 100 % - 75 % SaO₂
 3. Entnahme arterieller Blutproben (5 pro Plateau) und Analyse mittels Häm-/CO-Oxymetrie
 4. Gegenüberstellung von Sensorsignal und SaO₂ → Kalibrierkurve



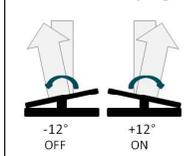
Spektralmodulation mittels Mikrospiegelarray (1)



Spektralmodulation mittels Mikrospiegelarray (2)



Mögliche Positionen der einzelnen Spiegel



1. Lichteinstrahlung und Spektralzerlegung mit Gitter
2. Spektrum wird auf DMD abgebildet
3. Überlagerung des Transmissionspektrums
4. Intensitätsvariation durch Anzahl der ON-Zustände pro Spalte
5. Wiedereinkopplung des spektralmodulierten Lichts

Ergebnisse

- Optisches Setup umfasst einen Spektralbereich von derzeit 600 nm – 950 nm
- Eingangsspektrum kann spektral und zeitlich moduliert werden
- Optischer Durchsatz ist ausreichend zur direkten Modulation von Pulsoxymeterlichtsignalen

Fazit

- Konventionelle Red-over-Infrared-Systeme fallen in den möglichen Spektralbereich
- Photoplethysmographische Signalformen können generiert werden
- Direkte Modulation macht das System extrem flexibel, im Gegensatz zu aktuellen Simulatoren/Testern mit aktiven Lichtquellen konstanter Wellenlänge