

Interferometrische Funduspulsationsmessung am Auge

André Malz, I. Eix, W. Stork, K.D. Müller-Glaser

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV), Universität Karlsruhe

<mailto:malz@itiv.uka.de>

Die Funduspulsation des Auges ist ein vielversprechender Parameter für medizinische Untersuchungen. Der Blutpuls im Auge könnte Rückschlüsse auf die Durchblutung des Gehirns ermöglichen. Die retinale Durchblutung wäre ein möglicher Marker bei der Glaukomfrüherkennung. Am ITIV wird ein System zur interferometrischen Messung der Funduspulsation entwickelt.

1 Einführung

Die Überwachung der Gehirndurchblutung während chirurgischer Eingriffe ist mit gegenwärtigen Mitteln nur schwer erreichbar. Um auf mögliche Komplikationen während einer OP schnell reagieren zu können, wäre dieser Parameter jedoch sehr nützlich.

Ein möglicher Ansatz, die Gehirndurchblutung zu verfolgen, wäre die Messung von Blutfluss und -puls an Gefäßen, welche anatomisch nah zu den Gehirngefäßen liegen, z.B. am Auge. Zusammen mit weiteren peripheren Messungen, wie z. B. am Ohr und einem detaillierten mathematischen Modell des Gefäßsystems am Kopf ließen sich Rückschlüsse auf Durchblutungsvorgänge im Gehirn ziehen.

Blutpulsmessungen am Ohr können aus dem Plethysignal gewonnen werden. Am Auge lässt sich zum einen die corneale Pulsamplitude messen, zum anderen die Funduspulsation.

Die Funduspulsation als Maß für die retinale Gesamtdurchblutung ist weiterhin ein möglicher Parameter für die Glaukomfrüherkennung.

Die corneale Pulsamplitude kann mit einem am ITIV entwickelten Mess-System, welches auf Laserinterferometrie beruht, gemessen werden [1, 2]. Ein interferometrisches System zur Messung der Funduspulsation befindet sich in Entwicklung. Die momentane Forschung richtet sich auf die Erzielung eines besseren Rauschabstandes und effiziente Algorithmen zur Signalauswertung.

2 Konzept

Der Blutpuls führt zu charakteristischen Pulswellen, welche sich in den Gefäßen ausbreiten. Das zugrunde liegende Modell geht davon aus, dass Veränderungen an den Gefäßparametern (wie z.B. Verengungen oder Verschlüsse) zu Veränderungen in der Form der Pulswelle führen. Um die Blutversorgung in einem weniger gut zugänglichen Gefäßgebiet, wie dem Kopf, abzuschätzen, wird

der Blutpuls und dessen Form an diesem Gebiet nahe liegenden Stellen gemessen. Aus Veränderungen in den Messergebnissen lassen sich dann vermutlich Änderungen im eigentlichen Zielgebiet abschätzen.

Für die Abschätzung der Gehirndurchblutung ist die Durchblutung des Auges deshalb ein möglichst nahe liegender Parameter (s. Abb. 1). Das Ohr ist ein weiterer möglicher Zugangspunkt, liegt jedoch noch etwas weiter entfernt von der Arteria carotis.

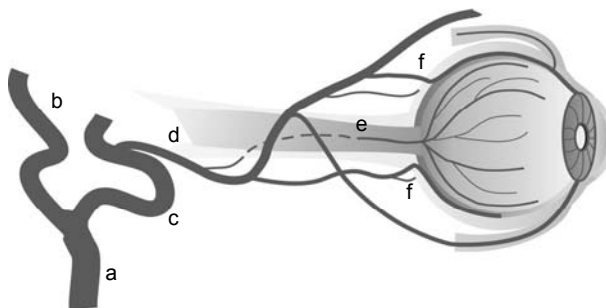


Abb. 1 Blutversorgung des Kopfes. (a) Arteria carotis (b) A. carotis externa (c) A. carotis interna (d) A. ophthalmica (e) A. centralis retinae (f) A. ciliaris

Mögliche Messparameter am Auge sind der corneale Puls (CPA) und die Funduspulsation (FPA) (s. Abb. 2). Für die CPA gibt es bereits ein Mess-System, das Mess-System für die FPA ist in Entwicklung.

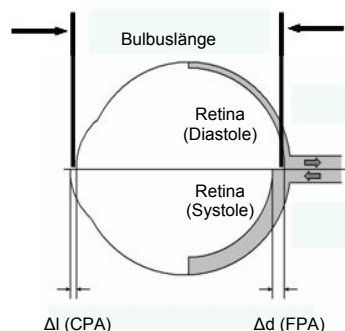


Abb. 2 corneale Pulsamplitude (CPA) und Funduspulsation (engl. fundus pulsation amplitude, FPA) am Auge

3 Messaufbau zur Bestimmung der Funduspulsation

Für die Messung der Funduspulsation wird Laserstrahlung (785nm) parallel in das Auge eingekoppelt (s. Abb. 3). Ein Teil wird dabei von der Cornea reflektiert und bildet eine sphärische Welle. Diese interferiert mit der Teilreflexion an der Retina, welche beim Austritt aus dem Auge eine ebene Welle bildet, auf dem CMOS-Sensor. Dabei ergeben sich so genannte Fringes (s. a. Abb. 5).

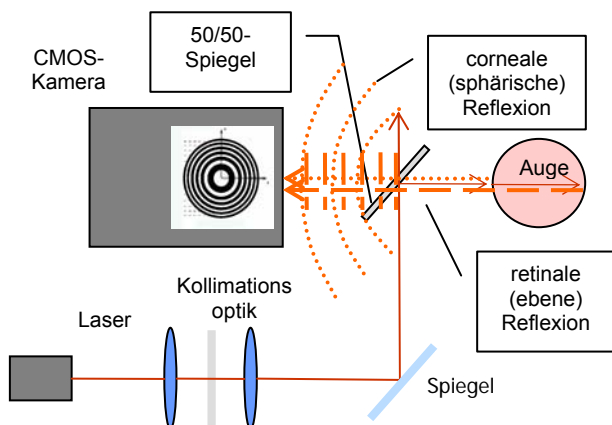


Abb. 3 Messaufbau zur Bestimmung der Funduspulsation

Dieser Messaufbau wurde bereits in ähnlicher Form von Schmetterer et. al. verwendet [3]. Für ein Realtime-Tracking der FPA wird jedoch eine automatische Auswertung der Daten benötigt, welche bisher nicht vorhanden ist und im Rahmen der Arbeit entwickelt werden soll.

4 Ergebnisse

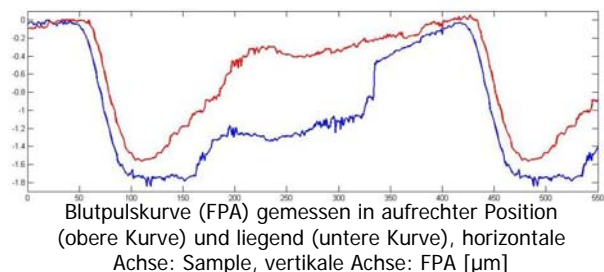
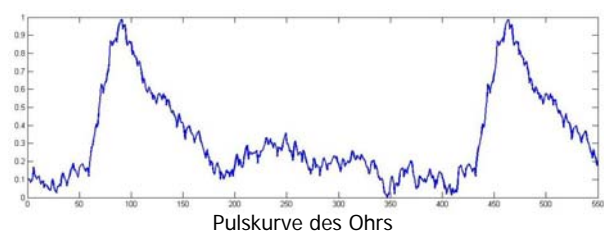


Abb. 4 Manuelle Auswertung der Messdaten

Die bisherigen Ergebnisse der Messung lassen eine manuelle Auswertung der Rohdaten zu, womit das Messprinzip erfolgreich evaluiert werden konnte. Die Amplitude (Spitze-Spitze) der Funduspulsation beträgt ca. $2\mu\text{m}$. Wird die zu messende Per-

son in verschiedenen Positionen gemessen, ergeben sich Unterschiede in der Pulsform.

5 Diskussion

Ein wesentlicher und momentan noch fehlender Schritt für die Fertigstellung des Gesamtsystems in die erfolgreiche Online-Auswertung. Diese wird zum einen dadurch erschwert, dass nur sehr wenig Licht in das Auge eingekoppelt werden kann und dadurch das Signalrauschverhältnis sehr gering ist. Zum anderen ist die Retina keine spiegelnd reflektierende Fläche, was zu Speckle am Detektor führt. Speckle ist momentan das Haupthindernis für eine algorithmischen Auswertung der Fringes (s. Abb. 5). Sobald die automatische Auswertung funktioniert, können die Ergebnisse für eine Simulation verwendet werden, welche in [4] entwickelt wurde.



Abb. 5 Rauschen und Speckle in Kamera-Signal, problematische Zonen sind markiert

Literatur

- [1] J. Drescher, „Bestimmung des Intraokular drucks aus dem Schwingungsverhalten des Humanauges“, Promotion, Universität Karlsruhe, 2000
- [2] A. Gundlach: „Interferometrische Schwingungsanalyse des menschlichen Auges zur Bestimmung des Intraokular drucks“, Promotion, Universität Karlsruhe, 2002
- [3] L. F. Schmetterer et. al., „Topical measurement of fundus pulsations“, Optical Engineering, Vol. 34, No. 3, pp. 711, 1995
- [4] P. Boll, „Mobile Überwachung der Funktionalität des kardiovaskulären Systems – Konzepte und Simulationen“, Promotion, Universität Karlsruhe, Publikation in Vorbereitung