

Boymann, Simon; Maschotta, Ralph; Steuer, Dunja; Riemer, Thomas:

**Methode zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens von  
Netzhautgefäßen**

---

<i>Zuerst erschienen in:</i>	Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 48 (2003), S1, S. 354-355. Jahrestagung der Deutschen, der Österreichischen und der Schweizerischen Gesellschaften für Biomedizinische Technik ; (Salzburg) : 2003.09.25-27
<i>Erstveröffentlichung:</i>	2003
<i>Datum Digitalisierung:</i>	2009-10-23
<i>ISSN (online):</i>	1862-278X
<i>ISSN(print)</i>	0013-5585
<i>DOI:</i>	<a href="https://doi.org/10.1515/bmte.2003.48.s1.354">10.1515/bmte.2003.48.s1.354</a>
<i>[Zuletzt gesehen:</i>	2019-12-12]

*„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“*

*“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”*

*„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“*

*„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“*



# METHODE ZUR UNTERSUCHUNG DES DYNAMISCHEN VERHALTENS VON NETZHAUTGEFÄSSEN

S. Boymann<sup>1</sup>, R. Maschotta<sup>1</sup>, D. Steuer<sup>1</sup>, T. Riemer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Ilmenau  
 Institut für biomedizinische Technik und Informatik, Ilmenau, Deutschland  
<sup>2</sup>IMEDOS GmbH, Weimar, Deutschland  
 simon.boymann@tu-ilmenau.de

**SUMMARY** This paper offers various approaches to describe the changing of the diameter of human retinal vessel. The focus is rather on the approaches than on the physiological discussion of the results. The source signal has particular properties thus a costly signal preprocessing is necessary. This approaches will be explained and discussed. The final transformation in the frequency domain is based on a common DFT algorithm. The calculated results will be compared.

## EINLEITUNG

Um die für den Sehvorgang unerläßlichen Zellen der Retina von Stoffwechselstörungen unabhängig zu machen, greifen an dieser Stelle hochkomplexe, stark verzahnte Regelmechanismen. Die Vorgänge in diesem Bereich werden als Autoregulationsmechanismen[1] bezeichnet. Der Durchmesser der Gefäße der Aderhaut hat als ein Stellglied der lokalen Regulation eine besondere funktionelle Bedeutung. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß Gaukpatienten eine verminderte regulative Reserve gegen Provokation wie z.B. Druckveränderungen besitzen[2]. Mit dem von der Firma IMEDOS entwickelten *Retinal Vessel Analyzer* (RVA) können diese dynamischen Vorgänge erfaßt werden[3]. Dabei wird in dem ersten Fundusbild eine Gefäß durch eine Rechteck markiert. Der Auswertalgorithmus des RVA liefert 25 mal pro Sekunde einen Durchmesserwert an einem zufälligen Ort innerhalb des Meßfensters [Abb. 1]. Der durch die Augenbewegung verursachte Fehler der Ortsbestimmung wird nicht korrigiert. - Motivation der nachfolgend beschriebenen Untersuchung war die Frage, ob neben der Reaktion der Gefäße auf Provokation, aus den mit dieser Meßapparatur gewonnenen Daten auch Aussagen über das Zeitfrequenzspektrum[4] und Ortsfrequenzspektrum der betrachteten Gefäße gemacht werden können.

## MATERIALIEN UND METHODEN

Für die Untersuchung standen Datensätze aus der Augenklinik der FSU Jena zu Verfügung. Dabei

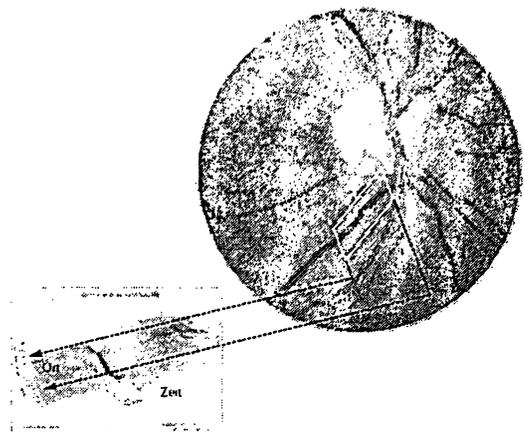


Abbildung 1: Fundusbild mit Meßfenster / Ort-Zeit-Durchmesserverlauf mit Provokation (Quelle: Imedos)

wurde bei 20 Probanden eine Arterie im rechten Auge über jeweils 10 bis 20 Minuten ohne Provokation vermessen. Die Meßwerte wurden aus der Analysesoftware des RVA im Excel-Format exportiert und mit MatLab weiter verarbeitet.

Das RVA liefert als Ergebnis der Auswertung der Fundusbilder eine Tabelle in der die Meßzeit fortlaufend, der Meßort relativ zum linken oberen Rand des Meßfensters und der Durchmesser einander zugeordnet sind. Durch Störungen wie Augenbewegungen, Lidschlag oder wechselnde Belichtungsbedingungen kann nicht zu jedem Zeitpunkt ein Durchmesserwert ermittelt werden. Die nachfolgenden Operationen haben den Zweck die Durchmesserwerte in einen zeitlich und örtlich korrekten Zusammenhang zu bringen und äquidistante Stützstellen für die weitere Analyse im Spektralbereich zu liefern.

Hierfür wird in einem ersten Schritt eine Ortsklasse (OK) mit einer definierten Ortsklassenbreite (OKB) eingeführt. Alle Zeit-Durchmesserwerte werden entsprechend ihrer Ortsangaben in die Ortsklassen einsortiert. Die Anzahl von Ele-

menten der OKs ist unterschiedlich. Auf diese Weise werden örtlich äquidistante Stützstellen erzeugt. Im nächsten Schritt werden aus den Werte einer OK zeitlich äquidistante Werte erzeugt. Dafür wurden zwei Ansätze untersucht. Das Interpolationsverfahren (IPV), bei dem bei vorgegebener Abtastfrequenz, innerhalb einer OK das Signal neu abgetastet wird, wobei die benötigten Durchmesser durch lineare Interpolation zeitlich benachbarter Werte gewonnen werden. Der zweite Ansatz wird als Zeitklassenverfahren (ZKV) bezeichnet. Genau wie beim Ort wird die Meßzeit in Zeitklassen (ZK) einer definierten Breite (ZKB) unterteilt. Die Elemente einer OK werden in die entsprechenden ZK einsortiert. Entfällt mehr als ein Durchmesserwert auf eine ZK wird deren Mittel als Durchmesserwert für diese ZK verwendet. Als Ergebnis liefern beide Verfahren eine zeitlich und örtlich äquidistante Durchmessermatrix. Aus dieser werden mittels DFT entsprechend der Anzahl der OK bzw. ZK mehrere Realisierungen des Ortsfrequenzspektrums und Zeitfrequenzspektrums gewonnen. Um dem stochastischen Charakter des Signals Rechnung zu tragen, wird der Einfluß des Zufalls durch Mittelung über die Realisierungen reduziert. Das Ergebnis ist ein Zeitfrequenzspektrum [Abb. 2] und ein Ortsfrequenzspektrum.

## ERGEBNISSE

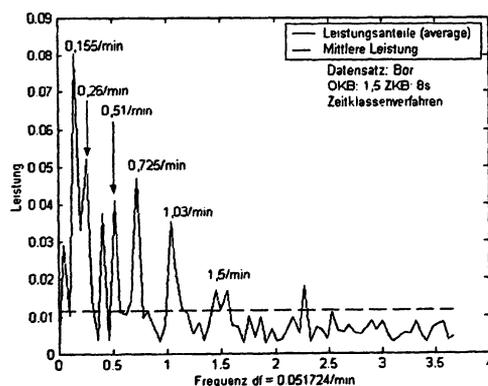


Abbildung 2: Beispiel: Zeitfrequenzverlauf

Die Ergebnisse bei der Untersuchung der Probandendatensätze lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Bei 65% der Spektren [Abb. 2] sind wiederkehrend Peaks bei 0,15/min, 0,3/min, 0,5/min, 0,7/min, 1/min und 2,3/min zu sehen. Die andere Gruppe von Spektren zeigt einen flachen Verlauf mit nur einem extrem hohen Peak bei 0,06/min. Die Auswertung des Ortsfrequenzspektrums blieb ohne Ergebnis. Der direkte Vergleich der beiden Verfahren konnte nur für die erste Gruppe von Spektren durchgeführt werden. Dabei zeigte sich bei 50% der Ergebnisse eine Übereinstimmung. Bei den restlichen Ergebnissen reichen die Schwankungen zwischen den Verfahren

von geringfügiger Verschiebung einzelner Peaks untereinander, bis zu völligem fehlen spektraler Anteile im Spektrum eines Verfahrens.

DISKUSSION Intuitiv ist das ZKV dem IPV vorzuziehen, weil dessen Ergebnisse nur auf real gemessenen Daten beruhen. Allerdings kann bei hinreichend großer Wahl der ZK oder unglücklicher Verteilung der Meßwerte innerhalb der ZK und der damit verbundenen Mittelung, das Signal ebenso stark verändert werden. Eine weitere Voraussetzung für das ZKV ist, daß genügend OK mit vollständig besetzten ZK existieren. Das Verfahren wurde darauf hin optimiert, das bei vorgegebener OKB wenigstens drei vollbesetzte OK existieren müssen. Daraus ergibt sich ein recht schmales Spektrum ( $< 4/\text{min}$ ) und das nur ca. 10% der Rohdaten in das Ergebnis einfließen. Bei dem IPV kann die Abtastfrequenz innerhalb der OK in vernünftigen Grenzen frei gewählt werden, sodaß breitere Spektren entstehen wobei ca. 50% der Daten verwendet werden. Das Fehlen eines Ortsfrequenzspektrums ist darauf zurückzuführen, dass die vom Meßgerät gelieferte Ortinformation zu ungenau ist.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die im Zeitfrequenzspektrum gefundenen wiederkehrenden Peaks bedürfen einer biologischen Interpretation. Ebenso das Auftreten von reproduzierbar gleichen, nicht auswertbaren Spektren. Durch weitere Verbesserung an der Meßeinrichtung werden in Zukunft mehr Daten bewegungskorrigiert vorliegen. Dadurch ist eine weitere Steigerung der Qualität der Zeitfrequenzspektren zu erwarten und bei hinreichender Güte der Ortsbestimmung ein auswertbares Ortsfrequenzspektrum.

Gefördert durch das TMWFK: B699-01028, B609-00011

## LITERATUR

- [1] W. VILSER, C. VON DER ELTZ: *Mikrozirkulationsstörungen und deren Analyse am Augenhintergrund*. Der Augenspiegel, 7-8:52 - 54, 2000.
- [2] W. VILSER, E. NAGEL: *Die Dynamik der Gefäßreaktion ist beim Glaukom-Patient verändert*. Supplement zu Glaukom-aktuell, 2000. ISSN 1435-5353.
- [3] NAGEL, E.: *Die Retinale Gefäßanalyse*. Der Augenspiegel, 5:34 - 37, 2000.
- [4] VILSER, G.M. LANG W.: *Gefäßanalyse mit dem Retinal Vessel Analyser (RVA)*. Online Journal of Ophthalmologie, 1998. [http://www.onjoph.com/deutsch/akok/ak\\_tva-body.html](http://www.onjoph.com/deutsch/akok/ak_tva-body.html).