

## 3-D-Systemlösung „StereoTop.fundus“

# Diagnostik des Augenhintergrundes

Die weit verbreitete digitale Fundusfotografie bietet ein viel versprechendes Potenzial zur Berechnung von Tiefenmodellen des Augenhintergrundes, wenn zwei Ansichten eines Stereo-Bildpaares zur Verfügung gestellt werden.

**D**ie diabetische Retinopathie und das Glaukom zählen zu den häufigsten Augenerkrankungen in den Industrieländern. Da sich beide Erkrankungen in der Topologie des Augenhintergrundes abbilden, sind morphologische Untersuchungen am Fundus wichtiger Bestandteil der Diagnostik. Der Augenarzt bevorzugt hier stereoskopische Ansichten mithilfe der Spaltleuchte oder einer Stereo-Funduskamera, da sie einen unmittelbaren räumlichen Eindruck von der Topologie des Augenhintergrundes vermitteln.

Die visuelle Befundung der Fundusaufnahmen ist außerordentlich aufschlussreich – der objektive Vergleich von Untersuchungsergebnissen mit dem Ziel einer Dokumentation von Krankheitsverläufen ist allerdings schwierig. Diesbezüglich günstiger, wenn auch gerätetechnisch aufwendiger, sind Verfahren wie die Laser Scanning Tomografie – bekanntestes System ist der Heidelberg Retina Tomograph (1) –, die konfokale Mikroskopie (2) oder die Schichttiefe-Vermessung, beispielsweise mit dem Glaukomoskop (3).

Das vorgestellte Verfahren nimmt Erfahrungen der Fundusdiagnostik auf und stellt eine prototypische 3-D-Systemlösung für Ophthalmologen zur Verfügung, mit der aus digitalisierten Stereo- oder Quasi-Stereo-Fotografien der Funduskamera räumliche Tiefen-



Abbildung 1: Quasi-Stereofotografie mithilfe der monokularen Funduskamera Zeiss FF 450 IR

modelle berechnet werden können. Darüber hinaus wird die räumliche Darstellung der Stereofotografien und der Tiefenmodelle durch ein autostereoskopisches Display unterstützt.

### Bildaufnahme und 3-D-Darstellung

Die gerätetechnische Basis, mit der die Ausgangsdaten gewonnen werden, ist eine Funduskamera, die vorzugsweise

mit einer Digitalisierungsmöglichkeit für die Aufnahmen versehen sein sollte. Eine Stereo-Funduskamera ermöglicht die simultane Aufnahme der linken und rechten Ansicht des Stereo-Bildpaares.

Darüber hinaus ist aber auch die sequentielle Aufnahme von Quasi-Stereo-Bildpaaren mithilfe einer monokularen Funduskamera möglich. Hierzu ist zwischen den Aufnahmen die Instrumentenbasis senkrecht zur optischen Achse parallel zu verschieben (siehe Abbildung 1 und 2).

Die Fundusfotografien werden auf einem autostereoskopischen Display angezeigt. Das Ergebnis ist eine reproduzierbare Darstellung von Befunden, die einen räumlichen Eindruck hervorrufen, wie ihn der Ophthalmologe von der Untersuchung mit der Spaltleuchte her kennt. Damit ist eine vergleichende visuelle Befundung von Aufnahmen möglich, die während eines Krankheitsverlaufes entstanden sind.

### Bildanalyse

Aus den in den Ansichten des Stereo-Bildpaares enthaltenen Querdissparationen lassen sich mithilfe von Methoden der Stereorekonstruktion Informationen zur räumlichen Tiefe ableiten. Man geht dabei von der Annahme aus, dass das reflektierte Licht aus dem Augenhintergrund einer relativ ein-

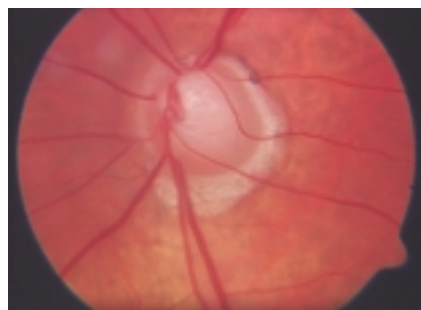


Abbildung 2: Quasi-Stereobildpaar eines Sehnervkopfes



Abbildung 3: Aus dem Quasi-Stereobildpaar (Abbildung 2) abgeleitetes Topogramm

heitlichen Gewebeschicht zuzuordnen ist.

Bei der Stereorekonstruktion wird für jeden Bildpunkt der einen Ansicht des Stereo-Bildpaares ein korrespondierender Bildpunkt in der anderen Ansicht gesucht. Die ermittelten horizontalen Verschiebungen der Bildpunkte bilden eine Disparitätenkarte (Abbildung 3), die – als Tiefenmodell dargestellt – eine unmittelbare Aussage zur Topologie der abgebildeten Netzhautregion zulässt.

Auf dieses Tiefenmodell wird der entsprechende Bildausschnitt der Fundusfotografie als Textur projiziert; die freie Bewegung des Modelles im Raum zur visuellen Befundung wird möglich. (Abbildung 4).

## Ergebnisse und Ausblick

Die ersten Ergebnisse der Evaluierung anhand von klinischen Daten liegen vor. Die Aufnahmen wurden mit einer

Funduskamera Zeiss FF 450 IR gewonnen, die mit einer Digitalkamera gekoppelt ist. Die Kamera wurde mit einer Arretierung für die Instrumentenbasis nachgerüstet, die nach erfolgter Fokussierung nur noch eine seitliche Verschiebung der Kamera senkrecht zur optischen Achse zulässt.

Bedingungen konnte eine gute kurzzeitige Reproduzierbarkeit von < 10 Prozent relativer Abweichung der Disparitäten zwischen mehreren Aufnahmen während einer Untersuchung festgestellt werden.

Die ermittelten Topogramme bilden die Grundlage für die Vermessung (Morphometrie) der Strukturen des Augenhintergrundes. Im Fall des Sehnervkopfes handelt es sich dabei um die Größe des neuroretinalen Randsaumes sowie um Parameter, die die Form der Exkavation beschreiben, wie zum Beispiel deren Tiefe und ihre Anstiege. Modellansätze zur Parametrisierung der Papille (4) finden im System Berücksichtigung.

Die Berechnung der Parameter basiert auf einer interaktiven Segmentierung der Papillenkantur und der interaktiven Festlegung einer Referenzebene zwischen dem tiefsten Punkt der Exkavation und der Papillenkantur. Ein Vergleich von Topogrammen ist bei reproduzierten Aufnahmebedingungen möglich.

Ansätze zur Ermittlung der Parameter, die das Abbildungsverhalten des optischen Systems „Funduskamera – Auge“ beschreiben und deren Einbeziehung die morphometrische Analyse der Topogramme ermöglicht, werden gegenwärtig untersucht.

Darüber hinaus wird an einem Lösungsansatz für die gesonderte Behandlung von verdeckenden Strukturen, wie beispielsweise größeren Gefäßen, gearbeitet.

Thomas Schmitt,\*

Frank Baldeweg,\*

Peter Richter\*\*

\*Dr. Baldeweg AG – Bildanalytische Diagnosesysteme, Dresden; \*\*Städtisches Klinikum Dresden Friedrichstadt, Augenklinik

**Anschrift für die Verfasser:** Dr.-Ing. Thomas Schmitt, Dr. Baldeweg AG – Bildanalytische Diagnosesysteme, Hans-Gründig-Straße 28, 01307 Dresden, Telefon: 03 51/4 59 20 32, Fax 03 51/4 59 20 34, E-Mail: thomas.schmitt@dr-baldeweg.de

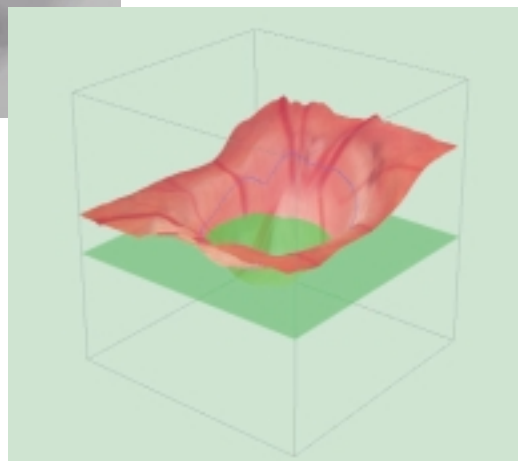


Abbildung 4: Räumliche Darstellung des Topogrammes (Abbildung 3) mit eingezeichneter Papillenkantur und Referenzebene

Bei den Untersuchungen an Glaukompatienten und einer Vergleichsgruppe wurden in kurzem Zeitabstand (< 1 s) jeweils zwei Fundusfotografien aufgenommen.

Um ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis in den berechneten Disparitäten zu gewährleisten, sollte die Ortsauflösung der Aufnahmen mindestens 50 Lp/mm betragen. Dieser Wert wird bei einem Gesichtsfeld < 30° zentrumsnah erreicht. Unter diesen

## Literatur

1. Burk ROW, u.a.: Laser Scanning Tomographie der Papille, in: Gramer E (Ed.): Glaukom – Diagnostik und Therapie. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag 1990.
2. Stave J: Rechnergestützte Stereopapillometrie in der Glaukomdiagnostik (private Mitteilung).
3. Goldberg MF: RTA Aids in Diagnosis, Monitoring of Retinal Disease, Ophthalmology Times, April 15, 2000, in TALIA List of Publications.
4. Lachkar Y, Cohn H: Sensitivity and specificity of optic disc variables and analysis of a new variable (MP/D) for glaucoma diagnosis with Glaukoscope, British Journal of Ophthalmology 1997; 81: 846–851.