

Analyse der Auswirkungen unterschiedlicher Kopfbewegungen als Fehlerquelle bei perimetrischen Untersuchungen

Doytchinov S., Henning G., Müller W.*

TU - Ilmenau, Institut Biomedizinische Technik und Informatik, PF 327, D-98684 Ilmenau,
* Medizinische Hochschule Erfurt, Augenklinik, Nordhäuser Str.-74, D-99089 Erfurt

EINLEITUNG: Eine Voraussetzung der Perimetrie ist die eindeutige Zuordnung der Koordinatensysteme des Perimeters und der Netzhaut. Entscheidende Fehlerquelle bei der Durchführung von Untersuchungen mit lokaler Netzhautreizung ist die Bewegung des Kopfes. Darin eingeschlossen sind Bewegungskomponenten, die das Auge allein nicht oder nur in geringem Maße ausführen kann (Translationen, Torsion). Um eine lokalisierte Reizung der Netzhaut mit hinreichender Genauigkeit zu erreichen, ist daher eine Fixationskontrolle des zu untersuchenden Auges notwendig. Gegenwärtig werden maximale Toleranzgrößen für Kopfbewegungen, die bei der Netzhautreizung zu minimieren sind, anhand der Randbedingungen "Zumutbarkeit für den Patienten" und "erreichbare meßtechnische Auflösung" eingeschätzt. Im folgenden wird eine mathematische Analyse der Kopfbewegungen bei perimetrischen Untersuchungen durchgeführt und ein Algorithmus zur Berechnung der daraus resultierenden Reizortabweichung vorgeschlagen.

METHODE: Die Aufgabenstellung der Analyse wird von der Aufgabe der Fixationskontrolle bestimmt - es wird keine Reizortbestimmung verfolgt, sondern eine reine Reizortüberwachung. Mit dem Ziel einer komplexen Betrachtung der Gewichtsanteile sowohl der einzelnen Fehler als auch der vom Untersuchenden angegebenen Eingangswerte (z.B. Perimeterradius, zulässige Reizortabweichung u.s.w.), wird die komplizierte Kopfbewegung auf verschiedene, einfachere Bewegungskomponenten zurückgeführt:

1. Neigung des Kopfes seitwärts in der X/Y-Ebene ohne Translationen auf den Z-, X-, Y-Achsen. Die X-Achse verläuft parallel zum Perimeterhorizont und die Y-Achse parallel zum Lotmeridian des Perimeters. Diese Bewegung, die auf Grund einer Reihe bekannter anatomischer Gegebenheiten existiert, führt zur kompensatorischen Rollung beider Augen um die Blicklinie und in entgegengesetzter Richtung. Der Maximalwert einer solchen Augen-Torsion ist individuell sehr unterschiedlich, beträgt jedoch mind. 5°. Auf Grund dieser kompensatorischen Augenbewegung kann i.a. eine Kopfneigung bis 5° zugelassen werden.

2. Translation auf der Z-Achse, wobei die Z-Achse mit der Blicklinie in Primärlage des Auges (während der Fixation des Fixationspunktes) übereinstimmt. Diese Bewegung führt zu dem sogenannten Fehler vom "Fixierabstand" (1) und wird für folgende zwei Fälle untersucht:

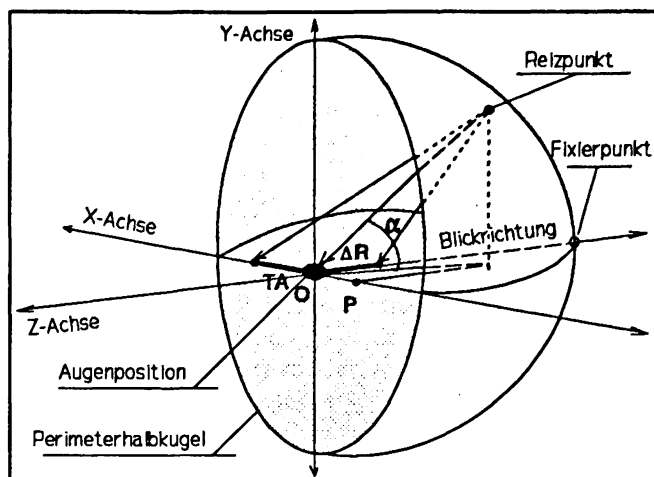


Abb.1 Schematische Darstellung des Koordinatensystems des Perimeters. ΔR - Translation des Auges auf der Z-Achse; TA - Größe der X- bzw. Y-Translation des Auges.

2.1. Verlagerung auf der Z-Achse. In diesem Fall verändert sich der Reizwinkel (α), unter dem die Reizmarke auf dem Reizschirm vom Patienten gesehen wird. Der neue Winkel (α_1) ist größer als α , wenn es sich um eine Bewegung nach vorn (auf die Fixiermarke zu) handelt und wird kleiner (α_2) bei Entfernung vom Fixationspunkt. Bei der Untersuchung wird vorausgesetzt, daß eine vorgegebene Toleranz $\Delta\alpha$ als maximale Abweichung von α nicht überschritten werden darf. Für die nachfolgenden Betrachtungen wird für $\Delta\alpha_{\max}$ der Wert von 1° angenommen, was etwa der Amplitude der Mikrosakkaden (unwillkürliche Augenbewegungen) entspricht. Es ist zu ermitteln, welche Translation (ΔR_{α_1}) des Kopfes auf der Z-Achse zur Überschreitung der vorgegebenen Größe für $\Delta\alpha$ führt unter der Annahme, daß der Blick auf den Fixationspunkt gerichtet ist. Diese Z-Translation kann nach der Formel

$$\Delta R_{\alpha_1} = R_p \cdot \left(1 - \frac{\alpha_0}{\alpha_1} \right)$$

berechnet werden, wobei ΔR_{α_1} und α_1 jeweils für positive und negative ΔR_{α_1} zu verwenden sind. α_0 bezeichnet den Winkel in Primärlage des Kopfes, R_p ist der Perimeterradius
2.2. Drehung um den Mittelpunkt des Kopfes in der X/Z- bzw. Y/Z-Ebene. Die vorher berechnete Z-Translation wird zur Ermittlung des zulässigen Drehwinkels Θ des Kopfes verwendet. Θ kann nach der Gleichung