



Priv.-Doz.
Dr. Wolfgang
Wesemann,
Köln

Erfahrungen mit dem handgehaltenen Autorefraktometer „Retinomax K-plus“

In einer vergleichenden Untersuchung wurden die Meßgenauigkeit und die Anwendbarkeit des handgehaltenen Autorefraktometers Retinomax K-plus geprüft. Dazu wurden Autorefraktometerergebnisse von augengesunden jungen Erwachsenen (100 Augen) mit dem Ergebnis der subjektiven Refraktion verglichen. Außerdem wurde der Einfluß der geräteinternen Akkommodationsentspannung untersucht. Bei den untersuchten Erwachsenen lagen die Abweichungen vom sphärischen Äquivalent der subjektiven Refraktion in 88 Prozent aller Fälle im Intervall $(-0,25 \text{ dpt}, +0,75 \text{ dpt})$. Im Mittel war das Autorefraktometerergebnis um $0,28 \text{ dpt}$ nach „Plus“ verschoben. Die Abweichungen der Zylinderstärke ΔC und der gewichteten Achsendifferenz ΔA waren in 95 bzw. 87 Prozent aller Fälle $\leq \pm 0,5 \text{ dpt}$.

Einleitung

Die automatischen Augenrefraktometer sind in den vergangenen Jahren vielfach verbessert worden. Heute haben sie, dank der einfachen Bedienung und ihrer recht hohen Meßgenauigkeit, die traditionellen manuellen Refraktometer fast vollständig vom Markt verdrängt.

Derzeit werden in Deutschland 19 verschiedene Autorefraktometer angeboten. Einige von diesen bieten neben der objektiven Refraktionsbestimmung weitere Zusatzfunktionen wie die Visusbestimmung, die Messung des Visus bei Blendung, die Messung der zentralen und peripheren Hornhautradien sowie die Möglichkeit zum subjektiven Refraktionsabgleich am Gerät. Sogar ein Kombigerät mit integriertem Scheitelbrechwertmesser wurde eine Zeitlang angeboten.

Ein Nachteil der bisherigen Autorefraktometer ist ihre relativ große Bauweise, die eine Aufstellung auf einem eigenen Geräteträger erforderlich macht. Dies kann in einem knapp bemessenen Refraktionsraum zu Problemen führen. Auch zur Refraktionsbestimmung außerhalb des Betriebes – zum Beispiel bei Hausbesuchen bei älteren Kunden – sind die konventionellen Autorefraktometer nicht sonderlich geeignet.

Seit einiger Zeit bietet Nikon jedoch ein kompaktes handgehaltenes Autorefraktometer an, das transportabel ist und lageunabhängig arbeitet. Nach den vom Autor in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen [1, 2, 3] war dies ein Anlaß, dieses erste kompakte Autorefraktometer genauer zu untersuchen.

Das Handrefraktometer Nikon Retinomax

Das Handrefraktometer Retinomax (Abb. 1) arbeitet ebenso wie die Tischgeräte der Fa. Nikon nach dem Prinzip der dynamischen Skiaskopie [1, 2, 4]. Insofern ist es ein Nachfolger des ersten Autorefraktometers „Safir Ophthalmetron“ [1], das bereits 1971 vorgestellt wurde.

Bei den Tischgeräten, die nach dem Skiaskopieprinzip arbeiten (zum Beispiel Nikon NR-5500), befindet sich eine IR-Photodiode mit Kondensorlinse im Inneren einer rotierenden Schlitztrommel, die Lichtspalte sehr schnell (ca. 720 Hz) über die Pupille des Auges bewegt (Abb. 2a). Das vom Fundus reflektierte Licht wird von zwei Photodetektoren beobachtet, die zur Pupillenebene optisch konjugiert sind. Diese Photodetektoren „sehen“ die für die Skiaskopie typischen Mit-, Gegen- oder Scherbewegungen des Lichtreflexes in der Pupille. Zur Bestimmung der Ametropie wird die Geschwindigkeit des Lichtreflexes gemessen und mit Kalibrierungswerten verglichen. Um die Baugröße zu verringern, wurde im Handrefraktometer als erstes die Schlitztrommel durch eine sich drehende Lichtteilerscheibe ersetzt (Abb. 2b).



Abb. 1 Das handgehaltene Autorefraktometer „Retinomax“

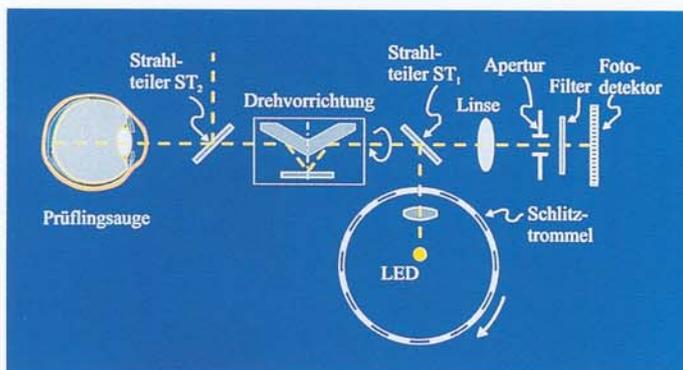


Abb. 2a Schematischer Strahlengang der Nikon-Tischgeräte: Die IR-Lichtquelle sitzt im Inneren einer Schlitztrommel. Der Lichtspalt wird über ein motorisch angetriebenes Spiegelsystem durch alle Meridiane gedreht, um die Achsenlage und die Brechwerte des Astigmatismus zu finden

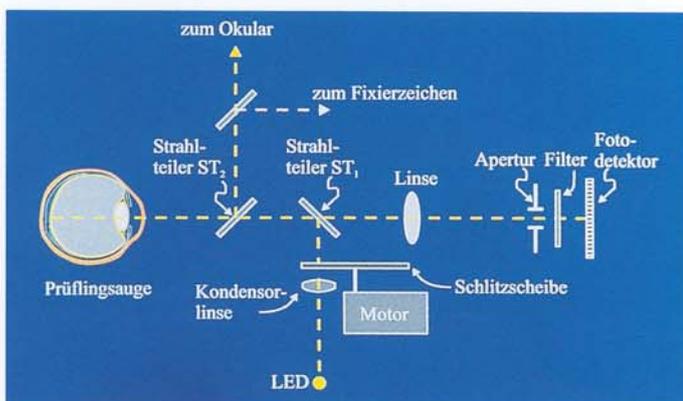


Abb. 2b Schematischer Strahlengang des Nikon Retinomax: Die sich bewegenden Lichtspalte werden durch eine Schlitzscheibe erzeugt. Der Lichtspalt wird nicht mehr wie in Abb. 2a während der Messung gedreht. Bei einem Astigmatismus treten deshalb Scherbewegungen des Lichtreflexes in der Pupille auf, die von einem Mehrfachlichtsensor betrachtet und ausgewertet werden

Wenn die Richtung des Lichtspalts nicht mit der Achse des Augenastigmatismus übereinstimmt, treten bei der dynamischen Skioskopie mathematisch schwer auszuwertende Scherbewegungen des Lichtreflexes in der Pupille auf. Diese Scherbewegung ist auch bei der Photorefraktion astigmatischer Augen ein Problem [5, 6]. Hier macht sich die Scherbewegung als Verkippung des Lichtreflexes in der Pupille bemerkbar.

Zur Vermeidung dieser Probleme wird bei den Tischgeräten von Nikon der Lichtspalt während der Messung um 180° gedreht. Durch die Drehung des Lichtspalts können die Achsenlagen der beiden Hauptschnitte aufgesucht und abgeglichen werden. Die mechanische Drehung des Lichtspalts wird mit einem Spiegelsystem, das von einem Motor angetrieben wird, verwirklicht (Abb. 2a). Im Handrefraktometer wird erstmals eine neuartige Technik angewendet, bei der die aufwendige mechanische Rotation des Prismas durch eine elektronische Analyse der Scherbewegungen mit einem Lichtsensor mit acht Elementen ersetzt wird (Duplexdisk technology, Abb. 3). Durch diese zweite Maßnahme konnte die Gerätegröße noch weiter verkleinert und unanfälliger gegen Erschütterungen konstruiert werden.

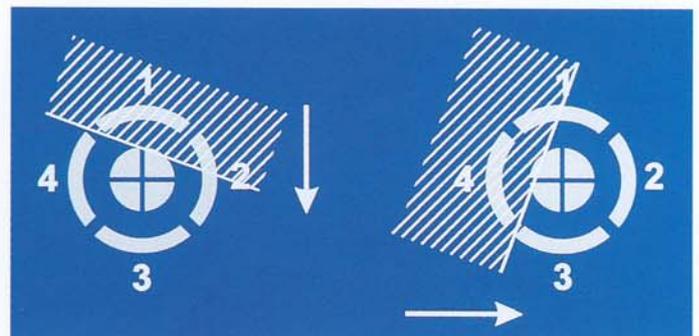


Abb. 3 Schematische Darstellung des Mehrfachlichtsensors im Nikon Retinomax: Mit den äußeren vier Detektoren kann die Verkippung und die Bewegungsrichtung der Licht-Schattengrenze festgestellt werden, indem man die Zeiten vergleicht, zu denen das Licht die verschiedenen Detektorelemente erreicht

Als Fixationsobjekt dient ein Diapositiv, das zentral einen leuchtenden Christbaum zeigt, der am Ende einer in die Ferne laufenden Straße steht. Zur Akkommodationsentspannung kann das Fixationsobjekt vor und während jeder Messung genebelt werden. Der Untersucher hat aber auch die Möglichkeit, die Akkommodationsentspannung abzuschalten („Quick-Mode“ ein). Dadurch wird die Messung beträchtlich beschleunigt.

Die meisten Autorefraktometer-Tischgeräte erkennen das rechte und linke Auge an der Positionierung des Geräts gegenüber der Mitte der Stirnstütze. Diese Vorgehensweise ist beim Handrefraktometer nicht möglich. Statt dessen enthält das Retinomax zwei Ultraschall-Entfernungsmesser, die am rechten und linken Rand des Geräts angebracht sind. Bei der Messung des rechten Auges registriert der rechte Entfernungsmesser eine kurze Distanz zum Gesicht, während der linke Entfernungsmesser eine große Distanz in den freien Raum feststellt. Dadurch ist – bei richtiger Handhabung – auch beim Handrefraktometer eine sichere automatische Erkennung des rechten und linken Auges möglich.

Für die Anwendung bei bettlägerigen Personen, bei denen man die Messungen einfacher von der Seite her durchführt, ist ein Schalter vorgesehen, mit dem man das Gerät auf die jeweilige

Verdrehung gegenüber der Normalposition einstellen kann, so daß auch bei verdrehtem Meßkopf die Zylinderachsen nach dem TABO-Schema richtig angezeigt werden.

Neben dem Autorefraktometer Retinomax gibt es ein im Funktionsumfang erweitertes Gerät, das als Retinomax K-plus bezeichnet wird. Dieses Kombinationsgerät wurde für die meisten der hier beschriebenen Messungen verwendet. Mit diesem Gerät können zusätzlich die zentralen und peripheren Hornhautradialen vermessen werden. Darüber hinaus existiert ein „Retro“-Modus, mit dem die Transparenz der Augenmedien subjektiv beurteilt werden kann. Die Meßzeit für eine Refraktionsbestimmung beträgt 0,05 s. Die Ophthalmoskopie dauert 0,033 s.

Methodik der Untersuchungen

Die vergleichenden Messungen wurden an 50 Erwachsenen (100 Augen) im Alter von 24 bis 29 Jahren durchgeführt. Alle Versuchspersonen hatten einen $Visus_{cc}$ von mindestens 1,0. Die nach der subjektiven Refraktion errechneten sphärischen Äquivalente variierten von $-10,13$ dpt bis $+3,13$ dpt. Die Zylinderstärken betragen 0 bis $-2,25$ dpt. Weitere Angaben finden sich in [7].

Bei der subjektiven Refraktionsbestimmung wurde monokular mit dem Kreuzzylinderverfahren refraktiert und anschließend das binokulare Refraktionsgleichgewicht hergestellt. Besonders sorgfältig wurde beim sphärischen Refraktionsabgleich darauf geachtet, daß der nach der Refraktionsregel anzustrebende stärkste Pluswert bzw. schwächste Minuswert gefunden wurde.

Im unmittelbaren Anschluß an die subjektive Refraktionsbestimmung wurde die Autorefraktometermessung mit dem Retinomax K-plus vorgenommen. Durch den engen zeitlichen Zusammenhang der beiden Messungen sollte vermieden werden, daß tageszeitliche Schwankungen der Refraktion [8, 9] die Ergebnisse verfälschen. Bei den Messungen war das Retinomax K-plus auf automatische Akkommodationsentspannung eingestellt („Quick-Mode“ aus). Während der Messung nahm das Refraktometer fortlaufend Einzelmessungen auf, von denen die letzten acht Messungen gespeichert und automatisch gemittelt wurden. Der Mittelwert dieser Messungen wurde mit dem Ergebnis der subjektiven Refraktion verglichen.

Die automatische Messung wurde so lange durchgeführt, bis mindestens acht Werte mit optimaler Gerätejustierung erhoben worden waren. Der vom Gerät angezeigte „Konsistenz-Wert“, der ein Maß für die Varianz der Meßwerte ist und Werte von 0 bis 10 annehmen kann, betrug bei allen Messungen mindestens 9. Der gesamte Zeitbedarf für Justierung und Messung belief sich auf ca. 5 s pro Auge.

Beurteilungskriterien

Zur Beurteilung der Meßgenauigkeit des Retinomax verwenden wir folgende Vergleichsgrößen:

1. Die Differenz der sphärischen Äquivalente

$$\Delta S\ddot{A} = (S_t + 0,5 \cdot C_v) - (S_v + 0,5 \cdot C_t)$$

Die Indizes t und v kennzeichnen die mit dem Testgerät (Retinomax, Retinomax K-plus) und mit dem Vergleichsverfahren (subjektive Refraktion) gefundenen sphärischen und zylindrischen Brechwerte. Ein positives $\Delta S\ddot{A}$ zeigt an, daß mit dem Test-

gerät mehr „plus“ gegeben wurde als mit dem Vergleichsverfahren.

2. Die Differenz der zylindrischen Brechwerte

$$\Delta C = C_t - C_v$$

3. Die gewichtete Achsendifferenz

$$\Delta A = 2 C_v \cdot \sin(\Delta\phi)$$

Das Kriterium ΔA gewichtet die Achsendifferenz in Grad $\Delta\phi$ mit der mit dem Vergleichsgerät ermittelten Zylinderstärke C_v . Dadurch ergibt sich die Achsendifferenz nicht in Grad, sondern in der unanschaulichen Einheit <dpt>. Durch diese Vorgehensweise ist es aber möglich, die Achsendifferenzen trotz unterschiedlicher Zylinderstärken direkt zu vergleichen (siehe auch Rassow und Wesemann, [1]). Zur Veranschaulichung sei hier angemerkt, daß eine gewichtete Achsendifferenz von 0,5 dpt bei einer Zylinderstärke von 1 dpt einer Achsenabweichung von 14,5 Grad entspricht.

4. Die Differenz der zylindrischen Korrekturen

$$\Delta CK = \left| \sqrt{C_t^2 + C_v^2} - 2C_t C_v \cos(2\Delta\phi) \right|$$

ΔCK ist eine Zusammenfassung der Abweichungen von Zylinderstärke und Zylinderachse. Mathematisch errechnet sich ΔCK als Betrag der Vektordifferenz zwischen beiden zylindrischen Korrekturen [1, S. 35]. Infolgedessen ergeben sich nur positive Werte.

Die oben genannten Vergleichskriterien wurden bereits in den früheren Untersuchungen von Grimm und Roloff [10] und Rassow und Wesemann [1, 2, 3] verwendet. Die Benennung der Kriterien wurde allerdings aus den in der Anmerkung [11] genannten Gründen abgeändert.

Ergebnisse

Handhabung

Die Handhabung des Handrefraktometers ist nach kurzer Einarbeitungszeit problemlos. Die Aufgabe des Untersuchers besteht praktisch ausschließlich in der richtigen lateralen und sagittalen Positionierung gegenüber dem Auge.

Die Positionierung zum Auge gelingt in der Praxis leichter, wenn sich der Untersucher mit einer Hand an der Stirn des Prüflings abstützt, um ein besseres Gefühl für die Position des zu messenden Auges zu bekommen. Um die automatische Augenerkennung nicht zu irritieren, muß dann allerdings darauf geachtet werden, daß der Arm nicht in den Strahlengang der Ultraschall-Entfernungsmessung gerät, da das Gerät sonst Messungen am rechten Auge irrtümlich dem linken zuordnet.

Meßgenauigkeit

Differenz der sphärischen Äquivalente: Der Vergleich der bei 100 Augen automatisch und subjektiv erhaltenen sphärischen Äquivalente ergibt die in Abb. 4a dargestellte Verteilung. 50 Prozent aller Meßwerte stimmen auf $\pm 0,25$ dpt mit dem subjektiv gefundenen sphärischen Äquivalent überein. Die Abwei-

chungen von den subjektiven Werten ist nicht symmetrisch um den Nullpunkt verteilt, sondern weist eine deutliche Tendenz zu positiven Werten auf. Die maximalen Differenzen betragen $-1,38$ bzw. $1,13$ dpt. Im Mittel ergab sich mit dem Retinomax K-plus ein um $0,28$ dpt höheres sphärisches Äquivalent als bei der subjektiven Refraktion. Korrigiert man die automatisch gemessene Sphäre um $0,25$ dpt in Richtung „Minus“, so ergibt sich die in Abb. 4b dargestellte, praktisch symmetrische Verteilung.

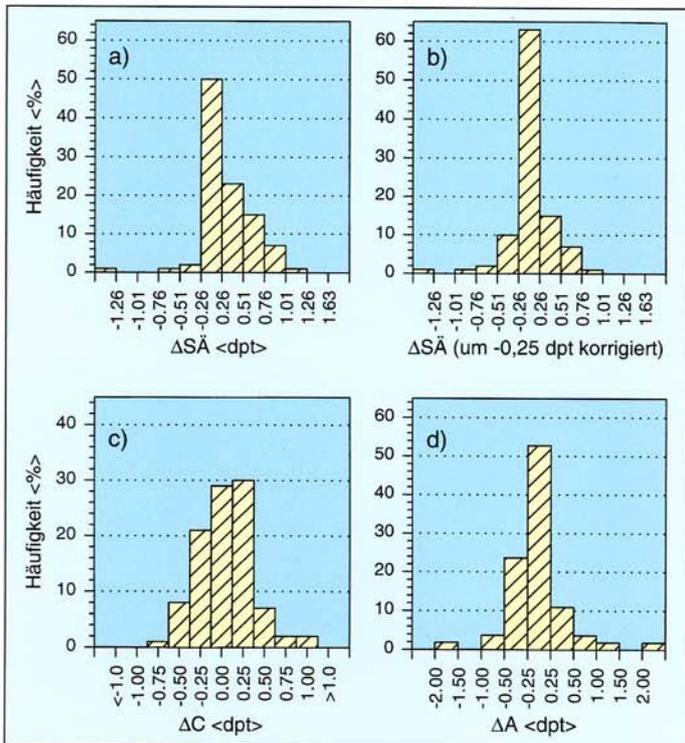


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung der Differenzen zwischen Retinomax K-plus und subjektiver Refraktion bei 100 Augen von Erwachsenen. a) Differenz der sphärischen Äquivalente (Originaldaten), b) $\Delta S\ddot{A}$ nach Korrektur der vom Retinomax K-plus angezeigten Sphäre um $-0,25$ dpt, c) Differenz der zylindrischen Brechwerte, d) Achsendifferenz (55 Augen)

Differenz der zylindrischen Brechwerte: Bei der Zylinderstärke stimmen die subjektiv und automatisch gefundenen Brechwerte im Mittel sehr gut überein ($\Delta C = +0,05 \pm 0,32$ dpt). Die in Abb. 4c dargestellte Verteilung ist fast symmetrisch zum Nullpunkt und zeigt nur wenige Ausreißer mit Abweichungen größer als $\pm 0,5$ dpt (insgesamt 5 Augen).

Achsendifferenz: Zur Bestimmung der Genauigkeit der Zylinderachse können nur die Fälle herangezogen werden, bei denen sich sowohl subjektiv als auch automatisch ein Astigmatismus ergeben hatte ($N = 55$). Auch hier stimmen die automatisch gefundenen Werte mit den subjektiven im Mittel sehr gut überein ($\Delta A = +0,02 \pm 0,51$ dpt). Die Verteilung ist recht symmetrisch zum Nullpunkt (Abb. 4d). In wenigen Fällen traten große Abweichungen auf (max. Achsendifferenzen: $-1,5$ bzw. $2,19$ dpt), die sich auch bei versuchsweisen Wiederholungsmessungen an den folgenden Tagen nicht wesentlich änderten. Dies deutet auf prinzipielle Schwierigkeiten des Geräts hin, die Achsenlage dieser „Problemaugen“ genau zu messen.

Zusammenfassung der Meßergebnisse bei augengesunden Erwachsenen: Für die Praxis hat es sich bewährt, die in den

Histogrammen dargestellte Verteilung der Differenzen so zusammenzufassen, daß erkennbar wird, wieviel Prozent aller Messungen Abweichungen aufweisen, die nicht größer als vorgegebene Grenzwerte ($\pm 0,5$ bzw. $\pm 0,62$ dpt) sind. Diese summarischen Werte sind in Tab. 1 dargestellt.

Kriterium	$ \Delta S\ddot{A} \leq 0,5$ dpt (Originaldaten)	$ \Delta S\ddot{A} \leq 0,5$ dpt (um $-0,25$ dpt korrigierte Daten)	$ \Delta C \leq 0,5$ dpt	$ \Delta A \leq 0,5$ dpt	$ \Delta CKI \leq 0,62$ dpt
Vergleich zwischen:					
Retinomax K-plus und subj. Refraktion (Erwachsene)	75%	88%	95%	87,3%	91%
Vergleichswerte aus Rassow & Wesemann, 1987 (Erwachsene)	84–95%	84–95%	95–97%	84–93%	86–92%

Tab. 1 Zusammenfassende Darstellung der nahezu übereinstimmenden Ergebnisse bei Erwachsenen ($N = 100$) beim Vergleich Retinomax K-plus mit subjektiver Refraktionsbestimmung. Die Prozentzahlen geben die Häufigkeit an, mit der das Retinomax K-plus um nicht mehr als $\pm 0,5$ bzw. $0,62$ dpt vom Ergebnis der subjektiven Refraktion abwich. Zusätzlich sind die von Rassow und Wesemann [2] beim Vergleich von fünf Autorefraktometern mit der subjektiven Refraktion gefundenen Spannweiten zitiert

Die Differenz der sphärischen Äquivalente ist in Tab. 1 auf zwei Weisen dargestellt: a) Originaldaten und b) um $0,25$ dpt in Richtung „Minus“ korrigierte Autorefraktometerwerte. Mit der Korrektur wird die oben beschriebene systematische Verschiebung der sphärischen Retinomax-Meßwerte in Richtung „Plus“ kompensiert. Der Prozentwert der nahezu übereinstimmenden sphärischen Äquivalente steigt durch die Korrektur von 75 auf 88 Prozent an. Die Differenz der zylindrischen Brechwerte und die gewichtete Achsendifferenz war in 95 Prozent bzw. 87 Prozent nicht größer als $\pm 0,5$ dpt.

Die mit dem Retinomax K-plus gefundenen Prozentwerte liegen im Bereich der von Rassow und Wesemann [2] für fünf Autorefraktometer ermittelten Spannweiten. Die Meßgenauigkeit unterscheidet sich bei dieser zusammenfassenden Beurteilung also nicht wesentlich von den damals getesteten Geräten.

Vergleich der Ergebnisse mit und ohne Akkommodationsentspannung: An 52 Augen wurde zusätzlich ein Vergleich zwischen den Ergebnissen mit und ohne Akkommodationsentspannung durchgeführt. Auch für diesen Vergleich wurden in beiden Betriebsarten jeweils mindestens acht Messungen aufgenommen. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die sphärischen Äquivalente wichen in beiden Betriebsarten im Mittel nur um $0,07$ dpt voneinander ab. Dies ist insofern überraschend, weil ohne Akkommodationsentspannung eigentlich mit einer deutlichen Minusüberkorrektur infolge der bekannten Apparatomyopie gerechnet werden muß. Eine nähere Analyse dieses Phänomens ergab, daß beim Handrefraktometer das Fixationsobjekt auch ohne eingeschaltete Akkommodationsentspannung genebelt wird. Zwar erfolgt die Nebelung nicht wie sonst üblich vor der Messung, doch stellt sich das Fixationsobjekt nach jeder Einzelmessung gemäß der bis dahin erhaltenen Ergebnisse

auf einen leicht genebelten Zustand ein, so daß, nach der Aufnahme mehrerer sukzessiver Meßwerte, auch bei eingeschaltetem „Quick-Mode“ offenbar hinreichend genaue sphärische Meßergebnisse angezeigt werden.

Vergleich Retinomax mit Retinomax K-plus: An 50 Erwachsenenäugen wurden zusätzlich vergleichende Messungen zwischen dem einfachen Handrefraktometer Retinomax und dem Kombinationsgerät Retinomax K-plus durchgeführt. Im Mittel ergaben sich dabei mit dem Retinomax noch etwas weiter nach „Plus“ verschobene Werte. Das mit dem Retinomax ermittelte sphärische Äquivalent war im Mittel um 0,15 dpt positiver als der entsprechende, mit dem Retinomax K-plus ermittelte Wert. Der systematische Unterschied zwischen beiden Geräten erwies sich als statistisch signifikant. Gegenüber dem sphärischen Äquivalent der subjektiven Refraktion ergab sich mit dem Retinomax insgesamt eine mittlere Abweichung von +0,43 dpt.

Zusammenfassung und Diskussion

Der Vergleich der Ergebnisse des Retinomax K-plus mit der subjektiven Refraktion ergibt – wenn man die systematische Verschiebung der Sphäre in Richtung „Plus“ berücksichtigt – in der Regel eine recht gute Übereinstimmung. Die Häufigkeit der nahezu übereinstimmenden Ergebnisse liegt im Bereich der von Rassow und Wesemann [2] für fünf Autorefraktometer ermittelten Werte. In 87 bis 95 Prozent aller Fälle differieren die in Tab. 1 dargestellten Beurteilungskriterien um nicht mehr als 0,5 bzw. 0,62 dpt.

Sowohl mit dem Retinomax als auch mit dem Retinomax K-plus fanden wir im Mittel einen etwas positiveren sphärischen Wert als mit der subjektiven Refraktion. Eine entsprechende Rückfrage beim Hersteller ergab, daß diese Verschiebung nach Plus beabsichtigt ist. Eine ähnliche Auskunft hatten wir vor einigen Jahren auch bei dem Nidek Autorefraktometer NR-1600 erhalten [2, 3]. Auch damals war uns vom Hersteller mitgeteilt worden, daß die etwas zu positiven sphärischen Ergebnisse beabsichtigt seien, da es günstiger sei, bei der anschließenden subjektiven Refraktion von einem leicht genebelten Zustand ausgehend zu beginnen. Die Gefahr der Minusüberkorrektur sei so im Mittel geringer.

Insgesamt gesehen hat sich das Nikon Retinomax K-plus bei den vergleichenden Messungen gut behauptet. Trotz der kompakten Bauweise ist die Meßgenauigkeit praktisch genauso gut wie die der „großen“ Autorefraktometer-Tischgeräte. Im Unterschied zu den Tischgeräten ist das Handrefraktometer aber vielseitiger einsetzbar.

Man muß aber darauf gefaßt sein, daß die Achsenangaben – ähnlich wie bei den Tischgeräten – besonders bei kleinen Zylindern

derstärken beträchtliche Abweichungen aufweisen können, die beim anschließenden subjektiven Abgleich korrigiert werden sollten.

Weil in 5 bis 12 Prozent aller Fälle Abweichungen von $>0,5$ dpt in Sphäre, Zylinder und Achse auftreten, dürfen die Werte nicht ungeprüft in die Brille eingeschliften werden. Da sich bei jeder Autorefraktometermessung außerdem monokulare Meßfehler binokular ungünstig aufsummieren können, muß beim abschließenden subjektiven Feinabgleich unbedingt auch das binokulare Refraktionsgleichgewicht überprüft werden, um eine verträgliche Brillenkorrektur zu gewährleisten.

Literaturhinweise

- [1] Rassow B., Wesemann, W.: „Moderne Augenrefraktometer“. Büch Augenarzt, Bd. 102, Stuttgart, Enke, 1984
- [2] Rassow B., Wesemann, W.: „Automatische Augenrefraktometer“. In: Rassow B., Hrsg. Ophthalmologisch-optische Instrumente. Stuttgart, Enke, Büch Augenarzt, Bd. 111, 1987:42–65
- [3] Wesemann, W., Rassow, B.: „Automatic infrared refractors – A comparative study“. Am J Optom & Physiol Opt 1987; 64:627–638
- [4] Dick, B., Pavlovic, S., Jacobi, F.K., Eisenmann, D., Jacobi, K.W.: „Objektive Bestimmung der Refraktionsänderungen bei silikongefüllten Augen – Einfluß der Kopfposition auf die Refraktion“. Klin Monatsbl. Augenheilkd 1996; 208:459–466
- [5] Wesemann, W., Norcia A.M., Allen, D.: „Theory of eccentric photorefraction (photoretinoscopy): astigmatic eyes.“ J. Opt. Soc. Am. A 1991; 8:2038–2047
- [6] Wesemann, W., Wesemann, I.H.: „Photorefraction – Ein objektives Screening-Verfahren zur Refraktionsbestimmung“. DOZ 11/1992, 50–54
- [7] Wesemann, W., Dick, B.: „Erfahrungen mit dem handgehaltenen Autorefraktometer Retinomax bei Erwachsenen und Kindern“. Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 1997; 211:387–394
- [8] Diepes, H.: „Zur möglichen und notwendigen Genauigkeit bei der Refraktionsbestimmung“. 48. Sonderdruck der WVAO, Mainz, 1996:114–122
- [9] Rosenfeld, M., Chiu, N.N.: „Repeatability of Subjective and Objective Refraction“. Optometry and Vision Science 1995; 72:577–579
- [10] Grimm, W., Roloff, C.H.: „Reflektorische und apperzeptive Refraktionsbestimmung“. Klin Monatsbl. Augenheilkd 1979; 174:45–53
- [11] Die Beurteilungskriterien vergleichen die Ergebnisse des Testgeräts (hier Autorefraktometer) mit dem Vergleichsverfahren (hier subjektive Refraktion). Die Ergebnisse der subjektiven Refraktion werden bei dieser Vorgehensweise als sogenannter „Goldstandard“ gewertet, eine Betrachtungsweise, die zweckmäßig und sinnvoll ist. Trotzdem ist diese Betrachtungsweise nicht unproblematisch, da auch die Ergebnisse der subjektiven Refraktionsbestimmung nicht vollkommen fehlerfrei sind (siehe auch Diepes [8] und Rosenfeld und Chiu [9]). Aus diesem Grunde wurden in der vorliegenden Arbeit die ursprünglichen Benennungen für die oben genannten Vergleichsgrößen, die von Grimm und Roloff [10] eingeführt worden waren und auch in den früheren Arbeiten von Rassow und Wesemann [1, 2, 3] verwendet wurden (ΔS_A = Fehler des sphärischen Äquivalents, ΔC = Fehler der Zylinderstärke und ΔA = Achsenfehler), in neutralere Benennungen umgeändert.

Anschrift des Autors:

Priv.-Doz. Dr. Wolfgang Wesemann, Höhere Fachschule für Augenoptik, Bayenthalgürtel 6–8, 50968 Köln



HARTWIEG
vermittelt
Augenoptik-
Fachgeschäfte

83209
Prien am Chiemsee
Rübezahlgweg 9
0 80 51 - 6 14 65
<http://home.t-online.de/home/hartwieg>

Sachverständiger für Verkehrswert-Gutachten
Über 35 Jahre Erfahrung in der Augenoptik