

# Über binokulare Prüfverfahren, das binokulare Sehen, seine nicht krankhaften Anomalien und ihren optischen Ausgleich

Mitteilungen aus der Forschungs- und Entwicklungsarbeit der Fachschule für Optik und Fototechnik, Berlin - Direktor Dr. W. Thiels

Von Hans-Joachim Haase

Fortsatzung aus Heft 9/1959

## H. Neue Polarisationsteste für die binokulare Prüfung b) Der Aniseikonietest

### Zweck

Der Aniseikonietest dient, wie der Name sagt, in erster Linie zur Feststellung und gegebenenfalls zur quantitativen Schätzung von Aniseikonien<sup>1)</sup>, also von Größenunterschieden zwischen den beiden monokularen Seheindrücken, die man manchmal auch als Anisopie bezeichnet. In zweiter Linie erlaubt der Test jedoch die Feststellung und Messung und den Ausgleich von vertikalen Stellungsfehlern, deren Entdeckung am Kreuztest durch zentrale Unterdrückungserscheinungen behindert wird (s. Heft 9/1959, S. 8). Für diese zweite Korrekturaufgabe wird der Aniseikonietest in der Normalpraxis sogar häufiger benutzt werden müssen als für die Aniseikoniemessung, weil vertikale Stellungsfehler mit Unterdrückungserscheinungen relativ häufig sind.

### Aufbau

Wir haben unseren Aniseikonietest gegenüber der von Turville benutzten Ausführung nur vergrößert, um die Ablesegenauigkeit mit Hilfe einer größeren Vergleichsbasis zu erhöhen, und haben ihn zusätzlich mit einem zentralen Fixationsobjekt versehen, das im Normalfall die beiden Augen des Prüflings fusional verknüpft, und durchwelches eine allzu leichte Verschmelzung der beiden monokular sichtbaren Testfiguren verhindert wird.

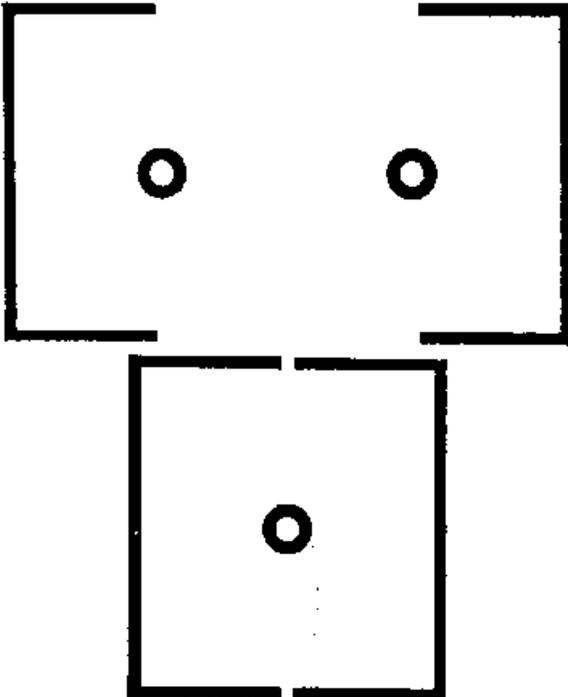


Abb. 24

Aniseikonietest bei Betrachtung durch Analytoren a und b monokularer Seheindrücke des linken und rechten Auges, binokularer Seheindruck bei Bildgrößenähnlichkeit und Orthophorie.

Die Gesamtansicht des Testes zeigten wir in Heft 9/1959 auf Seite 6. Bei Betrachtung durch richtig angeordnete Polarisationsfilter (Analytoren) vermittelt das rechte Auge den Seheindruck der Abb. 24 b, das linke Auge den der Abb. 24 a, und den binokularen Gesamteindruck im Normalfall gibt Abb. 24 c wieder.

### Anwendungsmöglichkeiten

Liegt ein bisher nicht entdeckter Vertikalstellungsfehler vor, so verschieben sich die beiden Testfigurenbilder gegeneinander der Höhe nach etwa wie in Abb. 25, der eine Abweichung des linken Auges nach oben (Hyperphorie) zugrundegelegt ist. Der

Fehler ist in bekannter Weise zu korrigieren, indem Prismen, Basis unten/links oder Basis oben/rechts verabfolgt werden, bis das Normalbild der Abb. 24 c hergestellt ist. Auch diese Vertikalprismen sollten stets in voller Höhe in die endgültige Verordnung übernommen werden.

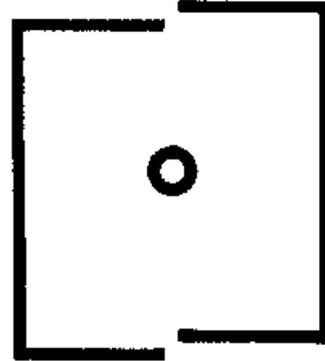


Abb. 25

Binokularer Seheindruck bei Hyperphorie und zentraler Unterdrückung des linken Auges.

Das Bild des binokular wahrnehmbaren Fixierpunktes wird beim Vorliegen derartiger Abweichungen verständlicherweise nicht doppelt gesehen, weil ja gewohnheitsmäßig monokular oder binokular abwechselnd zentral unterdrückt wird. Wir konnten uns darüber hinaus aber immer wieder davon überzeugen, daß auch Prüflinge mit völlig normalem Binokularsehen, die am Kreuztest bei Verabfolgung schwächster Vertikalprismen sofort Verschiebungen in der Testfigur erkannten, am Aniseikonietest die Testfiguren höhenversetzt und den Fixierpunkt unverändert rund und einfach wahrnahmen, wenn wir ihnen schwache Vertikalprismen gaben. Demnach scheint es, als ob einseitige oder alternierende Unterdrückung eine ganz normale Fähigkeit sei, welche in aller Regel zur Vermeidung noch unangenehmerer Folgen geringgradiger Stellungsfehler -- und besonders leicht bei Höhenfehlern -- eingesetzt wird. Offenbar wird durch diesen Vorgang die anstrengende, ganz genaue zentrale Fusionierung der Einzelbilder vermieden, solange nicht von der jeweiligen Seh Aufgabe her genaueste Anforderungen an das zentrale Binokularsehen gestellt werden.

Wir haben es uns deshalb zur Regel gemacht, alle am Kreuztest ermittelten Höhenkorrekturen am Aniseikonietest zu überprüfen -- auch mit Prüflingen, die am Kreuztest völlig normal und ohne Unterdrückung zu reagieren scheinen; dabei entdecken wir häufig noch kleine Rest-Höhenfehler von 0,5 - 1,0 pdpt, deren Vollkorrektur stets subjektiv noch angenehmer ist als das vorherige Glas. Auch das Kreuztestbild ist mit diesem am Aniseikonietest ermittelten Höhen-Vollkorrektionen in der Regel merklich stabiler als vorher, niemals aber verschoben oder unruhiger.

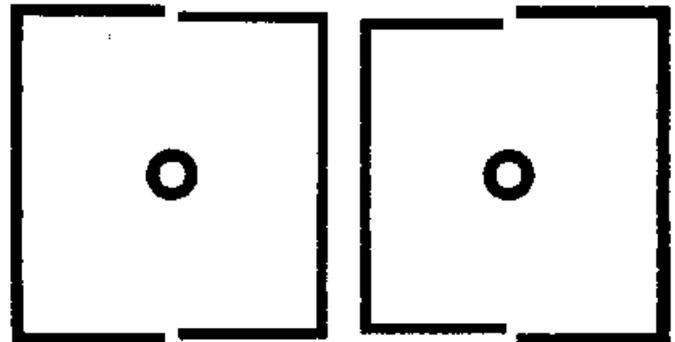


Abb. 26

Binokulare Seheindrücke bei Anisopie.  
a) Seheindruck rechts um 3-4% kleiner als links  
b) Seheindruck links um ca. 7% kleiner als rechts.

Zur Aniseikonie-Feststellung und -Schätzung wird nach der Durchführung eventueller Höhenkorrekturen die scheinbare Größe der beiden monokularen Teilbilder der Testfigur mit-

<sup>1)</sup> Aniseikonie ist aus griechischen Wortstämmen gebildet. An entspricht im Wurzelsammensetzungen der deutschen Vorstufe an. Das griechische Wort anōn, dessen Stamm hier als zweite Silbe sichtbar, entspricht dem deutschen Wort anreich, und das griechische Wort eikon Abbildung bedeutet Bild und ist von der Bezeichnung Ikon für eine bestimmte Art von Heiligenbildern bekannt. Aniseikonie kann also direkt mit Bildungswortlichkeit übersetzt werden, und entsprechend Anisopie mit Ungleichheiten.

einander verglichen. Eine Aniseikonie von 3,5% verursacht in den Seheindrücken eine Größendifferenz um eine Testbalkenstärke. Demzufolge gibt Abb. 26 a das Wahrnehmungsbild bei einer Aniseikonie von 3—4% wieder — und zwar ist der Seheindruck des rechten Auges der kleinere —, und Abb. 26 b das Bild bei einer etwa 7% Aniseikonie entgegengesetzter Richtung.

#### Die Bedeutung von Aniseikonien

Aniseikonien von einer bestimmten, aber individuell etwas unterschiedlichen Größenordnung an, führen zu mehr oder weniger unangenehmen binokularen Sehstörungen, insbesondere zunächst zu Verfälschungen der Raumwahrnehmung, weil die ungleich großen Seheindrücke beider Augen über das sogenannte Panumsehen direkt den optischen Raum sinn ansprechen. Die subjektiven Auswirkungen solcher Aniseikonien sind allerdings meistens doch recht gering, weil die Raumverfälschungen schon bald durch Gewöhnung vollkommen überwunden werden, wenn der Fehlsichtige durch den Brillenbestimmer psychologisch gut unterstützt wird. Kritisch wird es erst, wenn die Seheindrücke so ungleich groß sind, daß sie auch mit Hilfe des Panumsehens nicht mehr miteinander verschmolzen werden können, denn dann werden größenverschiedene Doppelbilder wahrgenommen. Es scheint zwar nicht ausgeschlossen, daß auch hiergegen im Laufe der Zeit Ausgleichsumstellungen durchgesetzt werden können, und zwar entweder durch Teilunterdrückung der Bilder oder durch besonders im jugendlichen Alter in großem Umfang mögliche Umstellungen der Netzhaut-Lokalzeichen. Alle diese Überlegungen finden sich schon in einer Arbeit von H. Weiß (1956). Wir selbst maßen in einem Fall bei einem 30jährigen Mann mit Refraktionen von sph + 0,25 dpt rechts und - 0,25 dpt links, der infolge einer bisher unkorrigierten Exophorie von 10 pdpt linksseitig unterdrückte, eine relative Bildvergrößerung von etwa 3% rechts und korrigierten nur die Anisotropien und die Exophorie; schon nach zweitägigem Tragen der Korrektur war die Aniseikonie, offenbar infolge einer funktionellen Angleichung beider Augen, nicht mehr nachweisbar. Es wäre sicher interessant und wichtig, bei anderen Versuchspersonen jeglichen Alters, die bisher in ähnlicher Weise monokular sahen und deshalb noch keinen Anreiz zur funktionellen oder sensorischen Abstimmung der Wahrnehmungsgrößen aufeinander hatten, die Entwicklung etwa vorhandener Aniseikonien nach der Herstellung binokularen Sehens ohne Aniseikoniekorrektur systematisch zu verfolgen. Schöber (4) berichtet sogar, es seien Personen bekannt geworden, bei denen trotz einseitiger Aphakie noch Reste einer binokularen Tiefenwahrnehmung bestanden, obwohl die Brillenglaskorrektur solcher Brechkraftsdifferenzen eine an sich völlig unverträgliche Aniseikonie von etwa 25% zur Folge hat. Solche radikalen inneren Umstellungen noch im höheren Alter dürften aber sehr seltene Ausnahmen sein, und berufstätigen Fehlsichtigen wird man die auf jeden Fall schwierige und langwierige Umgewöhnung auf eine binokulare Zusammenarbeit unter derartigen Verhältnissen kaum jeweils zumuten können. Ames, Herzau und Ogle geben nach Schöber (4) die im allgemeinen kritische Grenzen für Aniseikonien mit 5% an. Hiermit decken sich unsere eigenen Erfahrungen, und zwar haben wir bisher bei allerdings nur wenigen erwachsenen Prüflingen, die wir mit Aniseikonien bis etwa 5% von monokularem auf binokularem Sehen umstellten, niemals nennenswerte Gewöhnungsschwierigkeiten erlebt, während eine etwa 10prozentige entgegengesetzte Aniseikonie, die vorher bei einer dieser Personen durch eine einseitige Brillenglaskorrektur erzeugt worden war, auch in längeren Gewöhnungsversuchen nicht überwunden werden konnte. H. Weiß allerdings nimmt nach seinen eigenen Erfahrungen die kritische Grenze bereits bei durchschnittlich 1,5—2% an.

Ohne Frage ist es wichtig, vorhandene Aniseikonien bei der Brillenglasbestimmung zu erkennen und mit der erforderlichen — nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht allzu hohen — Genauigkeit quantitativ zu bestimmen. Wird mit den zuvor ermittelten monokularrefraktiven Korrekturen trotz Ausgleiches etwaiger Stellungsfehler binokular doppelt oder mit Anstrengung gesehen, und zeigt sich danach am Aniseikonietest als vermutliche Ursache für diese Erscheinungen eine Größendifferenz von deutlich mehr als einer Testbalkenstärke, so wird, wenn man diesen Fehler nicht durch besondere Korrekturmaßnahmen ausgleichen oder wenigstens entscheidend verringern kann, bei Erwachsenen auf die Herstellung binokularen Sehens fast immer verzichtet werden müssen. In der Regel wird man dann nur eines der beiden Augen refraktiv voll für die Ferne ausgleichen dürfen, wenn nicht der Prüfling auf Grund der Aniseikonie schon die Fähigkeit zu alternierender Unterdrückung entwickelt hat und deshalb auch bei beiderseits voller Korrektur beschwerdefrei ist, über die Ausbildung solcher Fähigkeiten gibt z. B. die Prüfung am Kreuztest Aufschluß, indem dann jeweils nur einer der Kreuzbalken im mehr oder weniger willkürlichen Wechsel wahrgenommen wird. Als günstigster Ausweg empfiehlt sich dann oft — bei nicht allzu unterschiedlicher monokularer Sehschärfe und Lesefähigkeit — die Korrektur des einen Auges

für die Ferne und des anderen Auges für die Nähe. So kann wenigstens dafür gesorgt werden, daß beiden Augen trotz Fehlens einer binokularen Zusammenarbeit ihre Sehtüchtigkeit auf die Dauer erhalten bleibt, und einen gewissen Ausgleich für ihre binokularen Mängel erhalten solche Fehlsichtige dadurch, daß sie im Alter ohne besondere Nahbrille auskommen.

In manchen Fällen kann man aber Aniseikonien durch besondere Korrekturmaßnahmen so ausgleichen, daß ein ungestörter binokularer Sehsinn möglich wird. Diese Lösung wäre natürlich, wenn sie mit tragbaren Mitteln erreicht werden kann, fast immer vorzuziehen, jedenfalls, wenn es sich um jüngere Fehlsichtige handelt, die sich an das alternierende Sehen noch nicht völlig gewöhnt haben, und denen ohne binokular-stereoskopische Sehtüchtigkeit manche Berufe mehr oder weniger verschlossen bleiben, während sie eine Reihe anderer Tätigkeiten, wie z. B. schon das Autofahren, nur mit größerem Risiko für sich und andere ausüben können. Bei Schöber (4) findet sich allerdings noch 1959 die Bemerkung, daß die Feststellung und Korrektur der Aniseikonie nicht leicht sei und nur in besonderen Kliniken gemacht werden könne.

Man darf wohl behaupten, daß bei uns und überhaupt in Europa in der Vergangenheit längst nicht alle Fehlsichtigen, bei denen eine Aniseikoniekorrektur erwünscht und möglich gewesen wäre, entsprechend versorgt worden sind, und das, obwohl durch die uns in deutscher Sprache vorliegenden theoretischen Arbeiten von M. v. Rohr, O. Henker, Grandperret, Wilms und Fick, besonders aber von E. Noteboom, und durch die Vervollkommenung der Kontaktlinsen ein großer Teil der theoretischen und praktischen Voraussetzungen seit längerem geschaffen war. In den USA scheint man darin weiter zu sein. Wir gehen wohl kaum fehl in der Annahme, daß im wesentlichen der Mangel an einfachen Aniseikonie-Meßvorrichtungen, die auch in der Routinepraxis des Augenarztes und Augenoptikers anwendbar gewesen wären, die häufigere praktische Berücksichtigung dieser Dinge verhindert hat, und die sachlich nicht mehr berechtigten, aber auch in Fachkreisen oft noch bestehende Abneigung gegen Kontaktlinsen mag das Ihrige dazu beigetragen haben. Allerdings fanden wir in der für uns greifbaren Literatur Hinweise auf die Eignung von Kontaktlinsen für den Aniseikonieausgleich bisher auch nur in Zusammenhang mit einseitiger Aphakie; sie sind aber viel häufiger vorteilhaft anwendbar, wie noch zu zeigen sein wird.

#### Wesen und Ursachen der Aniseikonie

Wenn wir unter „Aniseikonie“ Bildgrößen-Ungleichheit verstehen, so müssen wir uns darüber klar sein, daß hiermit nicht eine Ungleichheit der Netzhautbildgrößen allein gemeint sein kann. Für den binokularen Sehsinn kommt es letzten Endes nicht auf Gleichheit der Netzhautbildgrößen an, sondern auf Größengleichheit der dem Bewußtsein zugänglichen Seheindrücke oder Wahrnehmungsbilder. Die Größe der Wahrnehmungsbilder aber ist nicht nur von den geometrischen Netzhautbildgrößen abhängig, sondern auch von vielen Einflüssen während der Verarbeitung und Weiterleitung dieser Bilder in den Netzhäuten, den Sehlösungen und im Gehirn. Es braucht z. B. nur die Netzhautstruktur im einen Auge feiner zu sein als im anderen, um trotz genau gleicher Netzhautbildgrößen eine Größendifferenz zwischen den endgültigen Seheindrücken zustandekommen zu lassen. Ebenso gut kann aber eine Aniseikonie auch verursacht werden durch Bau- oder Funktionsunterschiede in den beiden Sehlösungen oder durch Verarbeitungsanomalien im Sehzentrum. Größendifferenzen zwischen den Seheindrücken, die nachweisbar nur auf unterschiedliche Größe der Netzhautbilder zurückgehen, könnte man als optische, dioptrische, geometrische oder, nach Schöber (4), auch als echte Aniseikonien bezeichnen; als funktionelle Aniseikonien dagegen könnte man sie bezeichnen, wenn sie ausschließlich durch funktionelle, anatomische oder psychologische Unregelmäßigkeiten bewirkt werden. In der Regel werden sich aber dioptrische und funktionelle Ursachen mischen, so daß die Gesamt-Aniseikonie entweder kleiner oder größer als die rein geometrische Bildgrößendifferenz sein wird — vermutlich in der Regel eher kleiner als größer, da der Organismus nach Möglichkeit einen funktionellen Ausgleich für eine vorhandene geometrische Ungleichheit zu schaffen versucht wird.

Eine womöglich objektive Messung der Netzhautbildgrößen am lebenden Auge ist kaum denkbar. Was mit den bekannten Anordnungen, auch mit unserem Polatest, ausnahmslos subjektiv geprüft und gemessen werden kann, ist das Größenverhältnis der monokularen Seheindrücke, also die Gesamt-Aniseikonie, außer nach monokularen Kataraktoperationen ist es auch in kaum einem Fall möglich, die optischen und funktionellen Anteile der so ermittelten Differenzen nachträglich sauber isoliert darzustellen. Aber darauf kommt es praktisch — für die Festlegung eventueller Korrektionsmittel — auch gar nicht an. Es ist von vornherein klar, daß man den Gesamtfehler immer nur über die künstliche, d. h. optische, Veränderung der Netzhautbildgrößen beeinflussen kann, und zwar auch, wenn er vielleicht

einander verglichen. Eine Aniseikonie von 3,5% verursacht in den Scheindrücken eine Größendifferenz von einer Testbalkenstärke. Demzufolge gibt Abb. 26 a das Wahrnehmungsbild bei einer Aniseikonie von 3—4% wieder — und zwar ist der Seheindruck des rechten Auges der kleinere —, und Abb. 26 b das Bild bei einer etwa 7% Aniseikonie entgegengesetzter Richtung.

### Die Bedeutung von Aniseikonien

Aniseikonien von einer bestimmten, aber individuell etwas unterschiedlichen Größenordnung an, führen zu mehr oder weniger unangenehmen binokularen Störungen, insbesondere zunächst zu Verfälschungen der Raumwahrnehmung, weil die ungleich großen Seheindrücke beider Augen über das sogenannte Panumsehen direkt den optischen Raumsinn ansprechen. Die subjektiven Auswirkungen solcher Aniseikonien sind allerdings meistens doch recht gering, weil die Raumverfälschungen schon bald durch Gewöhnung vollkommen überwunden werden, wenn der Fehlsichtige durch den Brillenbestimmer psychologisch gut unterstützt wird. Kritisch wird es erst, wenn die Scheindrücke so ungleich groß sind, daß sie auch mit Hilfe des Panumsehens nicht mehr miteinander verschmolzen werden können, denn dann werden größenverschiedene Doppelbilder wahrgenommen. Es scheint zwar nicht ausgeschlossen, daß auch hiergegen im Laufe der Zeit Ausgleichsumstellungen durchgesetzt werden können, und zwar entweder durch Teilunterdrückung der Bilder oder durch besonders im jugendlichen Alter in großem Umfang mögliche Umstellungen der Netzhaut-Lokalzeichen. Alle diese Überlegungen finden sich schon in einer Arbeit von H. Weiß (1956). Wir selbst maßen in einem Fall bei einem 30-jährigen Mann mit Refraktionen von sph. + 0,25 dpt rechts und — 0,25 dpt links, der infolge einer bisher unkorrigierten Exophorie von 10 pdpt linksseitig unterdrückte, eine relative Bildvergrößerung von etwa 3% rechts und korrigierten nur die Anisotropien und die Exophorie; schon nach zweitägigem Tragen der Korrektur war die Aniseikonie offenbar infolge einer funktionellen Angleichung beider Augen, nicht mehr nachweisbar. Es wäre sicher interessant und wichtig, bei anderen Versuchspersonen jeglichen Alters, die bisher in ähnlicher Weise monokular sahen und deshalb noch keinen Anreiz zur funktionellen oder sensorischen Abstimmung der Wahrnehmungsgrößen aufeinander hatten, die Entwicklung etwa vorhandener Aniseikonien nach der Herstellung binokularen Sehens ohne Aniseikoniekorrektur systematisch zu verfolgen. Schöber (4) berichtet sogar, es seien Personen bekannt geworden, bei denen trotz einseitiger Aphakie noch Reste einer binokularen Tiefenwahrnehmung bestanden, obwohl die Brillenglaskorrektur solcher Brechkraftsdifferenzen eine an sich völlig unverträgliche Aniseikonie von etwa 25% zur Folge hat. Solche radikalen inneren Umstellungen noch im höheren Alter dürften aber sehr seltene Ausnahmen sein, und berufstätigen Fehlsichtigen wird man die auf jeden Fall schwierige und langwierige Umgewöhnung auf eine binokulare Zusammenarbeit unter derartigen Verhältnissen kaum je zuzumuten können. Amess, Herzau und Oglet geben nach Schöber (4) die im allgemeinen kritische Grenze für Aniseikonien mit 5% an. Hiermit decken sich unsere eigenen Erfahrungen, und zwar haben wir bisher bei allerdings nur wenigen erwachsenen Prüflingen, die wir mit Aniseikonien bis etwa 5% von monokularem auf binokulares Sehen umstellten, niemals nennenswerte Gewöhnungsschwierigkeiten erlebt, während eine etwa 10prozentige entgegengesetzte Aniseikonie, die vorher bei einer dieser Personen durch eine einseitige Brillenglaskorrektur erzeugt worden war, auch in längeren Gewöhnungsversuchen nicht überwunden werden konnte. H. Weiß allerdings nimmt nach seinen eigenen Erfahrungen die kritische Grenze bereits bei durchschnittlich 1,5—2% an.

Ohne Frage ist es wichtig, vorhandene Aniseikonien bei der Brillenglasbestimmung zu erkennen und mit der erforderlichen Genauigkeit quantitativ zu bestimmen. Wird mit den zuvor ermittelten monokularrefraktiven Korrekturen trotz Ausgleichs etwaiger Stellungsfehler binokular doppelt oder mit Anstrengung gesehen, und zeigt sich danach am Aniseikonietest als vermutliche Ursache für diese Erscheinungen eine Größendifferenz von deutlich mehr als einer Testbalkenstärke, so wird, wenn man diesen Fehler nicht durch besondere Korrekturmaßnahmen ausgleichen oder wenigstens entscheidend verringern kann, bei Erwachsenen auf die Herstellung binokularen Sehens fast immer verzichtet werden müssen. In der Regel wird man dann nur eines der beiden Augen refraktiv voll für die Ferne ausgleichen dürfen, wenn nicht der Prüfling auf Grund der Aniseikonie schon die Fähigkeit zu alternierender Unterdrückung entwickelt hat und deshalb auch bei beidseitiger voller Korrektur beschwerdefrei ist; über die Ausbildung solcher Fähigkeiten gibt z. B. die Prüfung am Kreuztest Aufschluß, indem dann jeweils nur einer der Kreuzbalken im mehr oder weniger willkürlichen Wechsel wahrgenommen wird. Als günstigster Ausweg empfiehlt sich dann oft — bei nicht allzu unterschiedlicher monokularer Sehschärfe und Lesefähigkeit — die Korrektur des einen Auges

für die Ferne und des anderen Auges für die Nähe. So kann wenigstens dafür gesorgt werden, daß beiden Augen trotz Fehlens einer binokularen Zusammenarbeit ihre Sehtüchtigkeit auf die Dauer erhalten bleibt, und einen gewissen Ausgleich für ihre binokularen Mängel erhalten solche Fehlsichtige dadurch, daß sie im Alter ohne besondere Nahbrille auskommen.

In manchen Fällen kann man aber Aniseikonien durch besondere Korrekturmaßnahmen so ausgleichen, daß ein ungestörter binokularer Sehtakt möglich wird. Diese Lösung wäre natürlich, wenn sie mit tragbaren Mitteln erreicht werden kann, fast immer vorzuziehen, jedenfalls, wenn es sich um jüngere Fehlsichtige handelt, die sich an das alternierende Sehen noch nicht völlig gewöhnt haben, und denen ohne binokularstereoskopische Sehtüchtigkeit manche Berufe mehr oder weniger verschlossen bleiben, während sie eine Reihe anderer Tätigkeiten, wie z. B. schon das Autofahren, nur mit größerem Risiko für sich und andere ausüben können. Bei Schöber (4) findet sich allerdings noch 1958 die Bemerkung, daß die Feststellung und Korrektur der Aniseikonie nicht leicht sei und nur in besonderen Kliniken gemacht werden könne.

Man darf wohl behaupten, daß bei uns und überhaupt in Europa in der Vergangenheit längst nicht alle Fehlsichtigen, bei denen eine Aniseikoniekorrektur erwünscht und möglich gewesen wäre, entsprechend versorgt worden sind, und das, obwohl durch die uns in deutscher Sprache vorliegenden theoretischen Arbeiten von M. v. Rohr, O. Henker, Grandperret, Wilms und Fick, besonders aber von E. Noteboom, und durch die Vervollkommnung der Kontaktlinsen ein großer Teil der theoretischen und praktischen Voraussetzungen seit längerem geschaffen war. In den USA scheint man darin weiter zu sein. Wir gehen wohl kaum fehl in der Annahme, daß im wesentlichen der Mangel an einfachen Aniseikonie-Meßvorrichtungen, die auch in der Routinepraxis des Augenarztes und Augenoptikers anwendbar gewesen wären, die häufigere praktische Berücksichtigung dieser Dinge verhindert hat, und die sachlich nicht mehr berechtigten, aber auch in Fachkreisen oft noch bestehende Abneigung gegen Kontaktlinsen mag das Übrige dazu beigetragen haben. Allerdings fanden wir in der für uns greifbaren Literatur Hinweise auf die Eignung von Kontaktlinsen für den Aniseikonieausgleich bisher auch nur in Zusammenhang mit einseitiger Aphakie; sie sind aber viel häufiger vorteilhaft anwendbar, wie noch zu zeigen sein wird.

### Wesen und Ursachen der Aniseikonie

Wenn wir unter „Aniseikonie“ Bildgrößen-Ungleichheit verstehen, so müssen wir uns darüber klar sein, daß hiermit nicht eine Ungleichheit der Netzhautbildgrößen allein gemeint sein kann. Für den binokularen Sehtakt kommt es letzten Endes nicht auf Gleichheit der Netzhautbildgrößen an, sondern auf Größengleichheit der dem Bewußtsein zugänglichen Seheindrücke oder Wahrnehmungsbilder. Die Größe der Wahrnehmungsbilder aber ist nicht nur von den geometrischen Netzhautbildgrößen abhängig, sondern auch von vielen Einflüssen während der Verarbeitung und Weiterleitung dieser Bilder in den Netzhäuten, den Sehlösungen und im Gehirn. Es braucht z. B. nur die Netzhautstruktur im einen Auge feiner zu sein als im anderen, um trotz genau gleicher Netzhautbildgrößen eine Größendifferenz zwischen den endgültigen Seheindrücken zustandekommen zu lassen. Ebenso gut kann aber eine Aniseikonie auch verursacht werden durch Bau- oder Funktionsunterschiede in den beiden Sehlösungen oder durch Verarbeitungsanomalien im Sehzentrum. Größendifferenzen zwischen den Seheindrücken, die nachweisbar nur auf unterschiedliche Größe der Netzhautbilder zurückgehen, könnte man als optische, dioptrische, geometrische oder, nach Schöber (4), auch als echte Aniseikonien bezeichnen; als funktionelle Aniseikonien dagegen könnte man sie bezeichnen, wenn sie ausschließlich durch funktionelle, anatomische oder psychologische Unregelmäßigkeiten bewirkt werden. In der Regel werden sich aber dioptrische und funktionelle Ursachen mischen, so daß die Gesamt-Aniseikonie entweder kleiner oder größer als die rein geometrische Bildgrößendifferenz sein wird — vermutlich in der Regel eher kleiner als größer, da der Organismus nach Möglichkeit einen funktionellen Ausgleich für eine vorhandene geometrische Ungleichheit zu schaffen versuchen wird.

Eine womöglich objektive Messung der Netzhautbildgrößen am lebenden Auge ist kaum denkbar. Was mit den bekannten Anordnungen, auch mit unserem Polatest, ausnahmslos subjektiv geprüft und gemessen werden kann, ist das Größenverhältnis der monokularen Seheindrücke, also die Gesamt-Aniseikonie; außer nach monokularen Charakteroperationen ist es auch in kaum einem Fall möglich, die optischen und funktionellen Anteile der so ermittelten Differenzen nachträglich sauber isoliert darzustellen. Aber darauf kommt es praktisch — für die Festlegung eventueller Korrektionsmittel — auch gar nicht an. Es ist von vornherein klar, daß man den Gesamtfehler immer nur über die künstliche, d. h. optische, Veränderung der Netzhautbildgrößen beeinflussen kann, und zwar auch, wenn er vielleicht

einmal nur funktionell bedingt sein sollte. An rein funktionelle Ursachen könnte im übrigen auch nur gedacht werden, wenn man Aniseikonien findet bei beiderseitiger Emmetropie oder bei beiderseits vollkommen gleichen Fehlsichtigkeiten, obwohl sogar in solchen Augenpaaren ungleiche Netzhautbilder möglich sind; es könnte z. B. eines der Augen länger als das andere und mit einem entsprechend längerbrennweitigem optischen System ausgerüstet sein.

Am häufigsten findet man aber Aniseikonien in Verbindung mit Anisometropien, die bisher refraktiv nicht vollkorrigiert waren. In diesen Fällen ist nach der Vollkorrektion ein Größenunterschied zwischen den Netzhautbildern unvermeidbar, wenn nicht zufällig eine besonders glückliche Kombination von Längen- und Brechkraftanomalien vorliegt. Bei reinen Brechkraft-Anisometropien nimmt, wie wir anschließend näher darstellen werden, die optische Aniseikonie unter der Brillenglas-Vollkorrektion schon bei Scheitelbrechwert-Differenzen von nur 2—3 dpt Beträge an, die oberhalb der kritischen Grenze von 4—5 $\frac{1}{2}$  liegen. Wenn dann die binokulare Vollkorrektion erst im höheren Alter versucht wird, in dem die funktionelle Angleichung so verschiedener Seheindrücke kaum oder gar nicht mehr möglich ist, ist ohne zusätzliche Aniseikonie-Korrektion ein Mißerfolg so gut wie sicher. Andererseits erreicht bei Anisometropien, die nur durch Längenunterschiede der beiden Augen verursacht sind, — bei reinen Achsen-Anisometropien also —, die optische Aniseikonie hinter vollkorrigierenden Brillengläsern im normalen Hornhaut-Scheitelabstand erst bei Scheitelbrechwert-Differenzen um 10 dpt herum die kritische Grenze, und auch das nur bei beiderseitiger Kurzsichtigkeit. So hochgradige Anisometropien kann man aber bekanntlich schon wegen der sehr ungleichen augenseitigen Blickwinkel, zu denen die ungleichen Gläser zwingen würden, kaum jemals refraktiv voll korrigieren.

Aus diesen so unterschiedlichen Aniseikonie-Verhältnissen bei Längen- und bei Brechkraft-Anisometropien sind wahrscheinlich die ebenso unterschiedlichen Verträglichkeitserfahrungen mit refraktiven Anisometropie-Vollkorrekturen zu erklären, über die immer wieder berichtet wird. Bisweilen werden, wie jeder Praktiker weiß, Korrekturen mit Scheitelbrechwert-Differenzen von mehr als 5,0 dpt sofort ohne größere Gewöhnungsschwierigkeiten angenommen, während in anderen Fällen schon Differenzen von 2—3 dpt zu unerträglichen Beschwerden führen.

#### Netzhautbildgröße und refraktive Korrektion

M. v. Rohr zeigte für unendlich dünne Gläser den Weg für die Berechnung der Bildgrößen in korrigierten achsenfehl-sichtigen und aphakischen Augen und deutete die Lösungsmöglichkeit für normal brechungsfehl-sichtige Augen an. O. Henker brachte auf dieser Grundlage Rechenbeispiele. E. Noteboom entwickelte die vollständigen Formeln für die Berechnung sogenannter iseikonischer Gläserpaare, mit denen ein Aniseikonieausgleich in manchen Fällen möglich ist (1,2) und errechnete außerdem (2,3) unter Berücksichtigung der sogenannten Eigenvergrößerung den effektiven Gesamteinfluß normaler Punktgläser der klassischen Schleifart auf die Bildgrößen in brechungsfehl-sichtigen Augen.

Aus diesen theoretischen Arbeiten, besonders aus denen von E. Noteboom, lassen sich unter bewußter Fortlassung der komplizierten mathematischen Ableitungen, zusammenfassend die folgenden praktisch verwertbaren Schlüsse ziehen

#### Achsenfehl-sichtigkeiten

Bei Achsenfehl-sichtigkeiten gleicht die Netzhautbildgröße der des emmetropen, in Länge und Brechkraften normalen Auges, — das wir im folgenden nur kurz „Normalauge“ nennen wollen, — wenn das vollkorrigierende Brillenglas mit seiner augenseitigen Hauptebene im dingseitigen Augenbrennpunkt (15,7 mm vor dem Hornhautscheitel) angeordnet ist.

Beilindet sich das Brillenglas zwischen dem dingseitigen Augenbrennpunkt und dem Hornhautscheitel, so ist das Netzhautbild größer als im Normalauge bei Achsenmyopie und kleiner als im Normalauge bei Achsenhypermetropie.

Bei normalem Hornhautscheitelabstand  $e = 12$  mm der vollkorrigierenden Gläser würde unter der Annahme unendlich kleiner Glasdicken die Vergrößerung bzw. Verkleinerung gegenüber dem Normalaugenbild etwa 0,4% pro Dioptrie der Glasbrechkraft betragen, oder anders ausgedrückt: der Abbildungsmaßstab gegenüber dem Normalaugenbild würde  $f' = 1 - 0,004 \cdot D$  sein. Mit durchgehobenen Gläsern normaler Mittendicke wird jedoch diese theoretische Änderung des Abbildungsmaßstabes durch die sogenannte Eigenvergrößerung der Gläser beeinflusst, welche durch die Verlagerung der Glas-Hauptebenen nach vorn verursacht wird. Da somit die Eigenvergrößerung von der Mittendicke und der Durchbiegung der verwendeten Gläser abhängt, ist es nicht mögl., sie für alle vorkommenden Gläserarten einschließlich der Refraktions-Gläsersätze quantitativ genau darzustellen. Wegen der Bildgrößenprobleme, aber auch aus anderen Gründen, wäre es zu begrüßen, wenn wenigstens die Hersteller von Refraktionsgläsersätzen sich entschlossen, außer den Scheitelbrechwerten auch die Eigen-

vergrößerungen ihrer sphärischen Gläser anzugeben, und auch die Hersteller von punktuell abbildenden bzw. refraktionsrichtigen Marken-Korrektionsgläsern sollten überlegen, ob sie nicht entsprechende Zusammenstellungen, etwa in Tabellenform, veröffentlichten könnten. Die Schwierigkeiten sind, solange die Mittendicken fertigungsmäßig einigermaßen konstant gehalten werden, nicht allzugroß, und es würde dadurch für den Praktiker die Sicherheit in der Beurteilung von Aniseikonien und in ihrer Korrektion um einiges erhöht werden können.

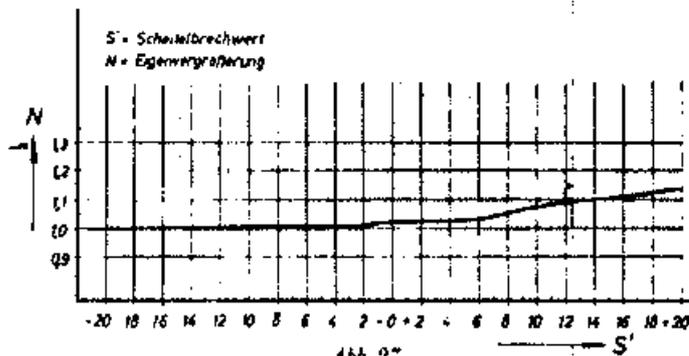


Abb. 27  
Eigenvergrößerung der achsensymmetrischen Zeiss-Punktgläser klassischer Schleifart (n. E. Noteboom).

Für Zeiss-Punktgläser klassischer Schleifart sind die Eigenvergrößerungen nach den Angaben von E. Noteboom in dem Diagramm in Abb. 27 zusammengestellt. Um die Gesamtvergrößerung für ein bestimmtes Glas zu erhalten, muß man den für das unendlich dünne Glas in  $e = 12$  mm gültigen Abbildungsmaßstab ( $f' = 1 - 0,004 \cdot D$ ) mit der Eigenvergrößerung des realen Glases multiplizieren. Dann erhält man bei allen Achsenmyopien, weil bei den negativen Gläsern die Eigenvergrößerung praktisch gleich Null ist, unveränderte Gesamtvergrößerungen um den prozentualen Betrag  $V$  (%) =  $-0,4 \cdot S'$ , bei Achsenhypermetropien jedoch ebenfalls geringe Vergrößerungen des Netzhautbildes gegenüber dem Normalauge, weil die Eigenvergrößerung der realen Gläser der Verkleinerung entgegenwirkt, die durch dünne Gläser erzeugt werden würde, und sie im Betrag sogar etwas übersteigt. Die resultierenden Gesamtvergrößerungen bei Hypermetropien — gegenüber dem Normalauge — liegen zwischen 0,5 und 2,5% bei den Scheitelbrechwerten von +1,0 bis +10,0 dpt, zwischen 3 und 4% bei den Scheitelbrechwerten von +11,0 bis +20,0 dpt. Die heutigen, weniger stark durchgehobenen punktuell abbildenden bzw. refraktionsrichtigen Markengläser und ebenfalls die verschiedenen Refraktionsgläsersätze haben etwas geringere Eigenvergrößerungen, so daß, wenn sie in  $e = 12$  mm angeordnet sind, die Netzhautbildgröße bei allen Graden der Achsen-Hypermetropie annähernd der im Normalauge gleich sein wird.

Wir können infolgedessen in der Aniseikonieprüfung bei Anisometropien, die nur durch Längenunterschiede zwischen beiden Augen verursacht sind, bei „Achsen-Anisometropien“ also, noch bei hohen Scheitelbrechwert-Differenzen mit fast gleichen Bildgrößen rechnen, wenn beiderseits Hypermetropie vorliegt. Bei Achsen-Hypermetropie auf der einen und Achsen-Myopie auf der anderen Seite ist von den Netzhautbildgrößen her eine Aniseikonie zu erwarten, die — in Prozent — dem Scheitelbrechwert, des auf der myopen Seite verwendeten Minusglases, multipliziert mit dem Faktor 0,4, nahekommt. Bei beiderseitiger, aber in der Größe unterschiedlicher Achsen-Myopie wiederum ist mit einer Aniseikonie zu rechnen, die dem Produkt aus der Scheitelbrechwert-Differenz zwischen beiden Gläsern und dem Faktor 0,4 entspricht. In jedem Fall wird das kleinere Bild in dem übersichtigeren bzw. im weniger kurzsichtigen Auge entstehen. Geringgradige Aniseikonien in entgegengesetzter Richtung sind bei beiderseitiger Achsen-Hypermetropie umgekehrt Größe zu erwarten, wenn Korrektionsgläser mit besonders hoher Eigenvergrößerung — nach Art der Punktgläser klassischer Schleifart — verwendet werden.

Anderes herum und auch mehr für die Bedürfnisse des Praktikers ausgedrückt:

stellen wir bei beiderseits hypermetropen Anisometropie mit Brillengläsern in  $e = 12$  mm überhaupt keine oder eine nur angedeutete Aniseikonie fest,

bei einseitiger Myopie und Hypermetropie auf der anderen Seite eine geringe relative Bildvergrößerung im myopen Auge, deren Prozentwert ungefähr dem mit 0,4 multiplizierten Scheitelbrechwert des eingesetzten Minusglases entspricht,

bei beiderseits myopen Anisometropie eine Aniseikonie gleich der mit 0,4 multiplizierten Scheitelbrechwertdifferenz zwischen beiden Gläsern,

so handelt es sich zweifellos um Achsen-Anisometropien.

(Wird fortgesetzt)