

# 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. Thiele

Von Hans-Joachim Haase

Fortsetzung aus Heft 9 1958

## F. Vorversuche mit neuen Polarisationsnetzen

### 1. Nullstellungsprobleme

Unsere ersten Bemühungen richteten sich auf die Schaffung eines geeigneten Hauptnetzes für die Phorie- und Schleichgewichtsprüfung. Da ein geometrischer Trenner bei Anwendung der Polarisations-Bildtrennung grundsätzlich nicht im Wege ist, bot sich die gerade für diesen Test besonders erwünschte Möglichkeit, die monokular darzubietenden Zeichenteile so anzuordnen, daß sie in der Test-Nullstellung in der Mitte oder an beliebiger anderer Stelle des Testfeldes zusammenstoßen oder wenigstens annähernd zusammenstoßen, und dadurch für ein eindeutiges Nullstellungsmerkmal zu sorgen.

Wir versuchten zunächst, den von Turville nur für die Prüfung des vertikalen Muskelgleichgewichtes vorgesehenen und durchaus bewährten Strichtest (s. Abb. 2b in Heft 11/1957) für diesen Zweck einzusetzen, indem wir ihn je zur Hälfte aus Polarisfiltern mit rechtwinklig zueinander gekreuzten Polarisationsrichtungen nachbildeten. In der vom TIB-Strichtest her gewohnten horizontalen Lage wollten wir dieses Prüfzeichen für die Überprüfung des Schleichgewichtes und des vertikalen Muskelgleichgewichtes einsetzen, in vertikaler Lage dagegen, deren Anwendung bei geometrischer Bildtrennung nicht möglich, unter Polarisationsstrennung dagegen durchaus möglich ist, für die Überprüfung des Schleichgewichtes und des horizontalen Muskelgleichgewichtes (Haase).

Es zeigte sich aber nicht ganz unerwartet, daß dieser Test völlig versagte: besonders bei horizontaler, aber auch bei vertikaler Ausrichtung des Prüfzeichens war bei fast allen Prüflingen die Tendenz zur totalen und hartnäckigen Fusionierung der beiden monokular dargebotenen Strichhälften feststellbar, so daß irgendwelche Phorie-Maßwerte überhaupt nicht zu erhalten waren. Das war kein Wunder, denn die beiden monokular dargebotenen Zeichenelemente waren untereinander völlig deckungsgleich, und deshalb mußten sie einen fast totalen exopetalen oder -- bei vertikaler Strichstellung -- Höhenfusionszwang auslösen, denn nur die von der Umfeldbegrenzung und ihrer näheren Umgebung ausgelösten orthopetalen Reize in beschränktem Maß entgegenwirken konnten. Diese orthopetalen Reize aber hatten wir bewußt dadurch reduziert, daß wir die strukturlose weiße Umfeldfläche möglichst groß (30x30 cm) hielten, um die Maßwerte vom Umfeld her fusional zunächst nur möglichst wenig zu beeinflussen.

Immerhin war diese Beobachtung des Fusionszwanges zwischen den deckungsgleichen Strichhälften unter Polarisierung insofern wertvoll, als sie die Stärke und Bedeutung des esopetalen Trenner-Fusionsreizes in Prüfanordnungen mit sichtbarem geometrischen Trenner erneut unterstrich. Die Strichhälften des TIB-Testes nach Abb. 2b werden nämlich bei Anwendung des sichtbaren TIB-Trenners in der Regel nur fusioniert, wenn eine entsprechende Exophorie vorliegt, nicht aber bei Orthophorie und unkorrigierter Esophotie; dieses eigenartige Verhalten kann aber nur dadurch voranlaßt sein, daß hier der vom sichtbaren Trenner ausgelöste esopetale Reiz sich stärker auswirkt als der bei unsichtbarem Trennmittel absolut dominierende exopetale Reiz zur Verschmelzung der beiden Strichhälften.

Wir untersuchten danach die Eignung eines aus zwei rechtwinkligen Einzelelementen gebildeten kreuzförmigen Testes (nach Thiele), wie er in den Abbildungen 11a-d dargestellt ist, Abb. 11a zeigt die Anordnung der monokular darzubietenden Testzeichenteile mit ihren schraffierten Polarisationsrichtungen im -- nicht dargestellten -- Umfeld, Abb. 11b und c geben die monokularen Scheindrücke bei Betrachtung des Testes durch entsprechende Analysatoren wieder, und Abb. 11d schließlich zeigt den erhaltenen binokularen Scheindruck bei Orthophorie oder muskulärer Vollkorrektur. Dieses binokulare Bild ist eine einfache, sinnvolle Figur, die an sich einfach zu deuten wäre, und außerdem müßten sich auch alle durch Heterophorien hervorgerufenen Abweichungen aus dieser Nullstellung leicht erkennen lassen. Bei einer geringgradigen Esophorie z. B. ergibt sich ein binokularer Scheindruck etwa nach Abb. 12a, bei einer Hypophorie des rechten Auges etwa wie in Abb. 12b.

Die Versuche mit diesem Test zeigten, daß er fusional recht einwandfrei war, obwohl man auch bei ihm nach exopetale Reize zwischen den monokularen horizontalen Figurenteilen und orthogonale Höhenfusionsreize zwischen den vertikalen Teilen für möglich halten könnte. Der exopetale Reiz wird aber offenbar fast restlos kompensiert durch die orthopetale Tendenz, die beiden vertikalen Kreuzbalken in einer senkrechten Linie zu

halten und der orthogonale Höhenfusionsreiz durch die vertikalthopetale Tendenz, die beiden horizontalen Kreuzbalken in gleicher Höhe zu halten; beide Tendenzen könnten noch psychisch noch dadurch unterstützt werden, daß die Testfigur in ihrer Nullstellung das sinnvollste Bild ergibt.

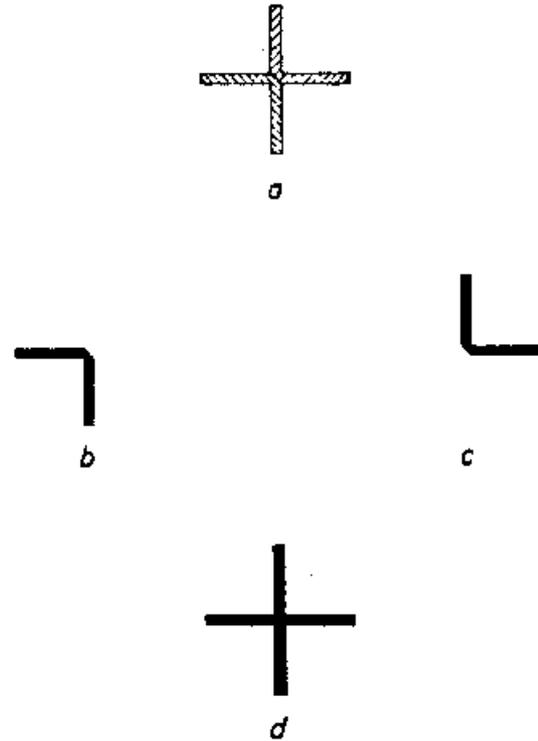


Abb. 11

Winkelkreuz-Versuchstest n. Thiele

- Aufbau der Testfigur, Polarisationsrichtungen schraffiert
- Monokularer Scheindruck links
- Monokularer Scheindruck rechts
- binokularer Scheindruck bei Orthophorie, geometrisch

Als etwas unvorteilhaft erwiesen sich die Zeichenstellungen, die sich bei höhergradigen Exophorien (Abb. 12c) ergeben und bei Kombinationen von Exophorien mit Hyperphorie des rechten oder Hypophorie des linken Auges (Abb. 12d); manchen Prüflingen wird es schwerfallen, diese Figuren richtig zu beschreiben, ihre Teile als Elemente des Nullstellungskreuzes zu erfassen und die für die Prüfungsdurchführung erforderlichen klaren Auskünfte zu geben.

### 2. Suppressionserscheinungen

Besonders störend war aber eine Erscheinung, die speziell in der Zeichen-Nullstellung zu beobachten war. Sie bestand in einer unscharf begrenzten starken Aufhellung der monokularen Figurenteile um ihre Begegnungsstelle in der Mitte des Kreuzes herum, von der Abb. 13 einen ungefähren Eindruck vermitteln soll. Ganz offensichtlich handelt es sich hierbei um eine binokulare Unterdrückungserscheinung, die, wie sich in weiteren Versuchen zeigte, bei der unmittelbaren Begegnung zweier monokularer schwarzer Bilder im binokularen Scheindruck mit großer Regelmäßigkeit eintritt. Wir beobachteten sie u. a. auch an allen vier Nahtstellen in einer Testfigur gemäß Abb. 14 (nach Thiele-Haase), die wir ebenfalls für die Heterophorie- und Schleichgewichtsprüfung konstruiert hatten, und die rein formalmäßig gegenüber dem Winkel-Kreuztest einige Vorteile bietet.

Welche -- vermutlich zentral-nervösen -- Vorgänge für diese eigenartigen, binokular gleichzeitigen Suppressionserscheinungen verantwortlich sind, läßt sich auf Grund nur dieser Beobachtungen nicht entscheiden. Sie scheinen uns aber möglicherweise, wenn man die Versuchsanordnungen in geeigneter Weise variiert, neue Ansatzpunkte bieten zu können für die weitere grundsätzliche Klärung der nervösen Abläufe im Sehvorgang

Überhaupt. Vorläufig läßt sich aus den Beobachtungen nur die allgemeine, aber für die Praxis der Heterophoriekorrektur doch recht bedeutsame Vermutung ableiten, daß es zu binokularen Suppressionserscheinungen sehr leicht, wenn nicht sogar zwangsläufig kommt, wenn die monokularen Bilder identischer oder sich sehr ähnlicher Objekte in der binokularen Kombination weder genau aufeinander noch weit auseinander, sondern sehr nahe aneinander liegen. Solche Bildlagen aber ergeben sich im

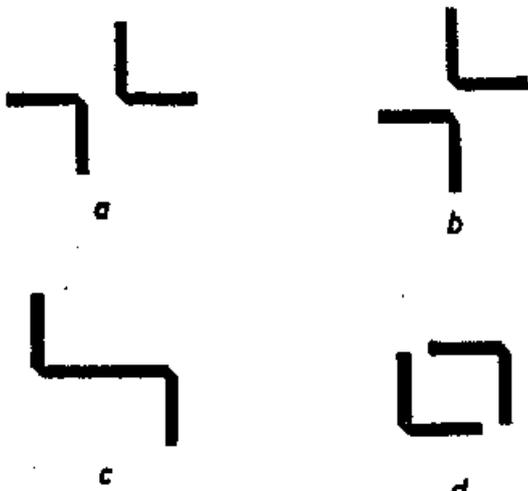


Abb. 12

Winkelkreuz-Versuchstest n. Thiels, Scheindrücke bei Heterophorie

a. Esophorie

b. Hypophorie rechts

c. höhergradige Exophorie

d. Hyperphorie rechts oder Hypophorie links und Exophorie

natürlichen binokularen Sehtakt bei vorliegenden geringgradigen Heterophorien als Ausgangssituation vor Einsetzen der Fusion, bei höhergradigen Heterophorien als Zwischensituation im Ablauf der fusionalen Ausgleichsbewegung kurz vor dem Erreichen der vollen Bilderdeckung. Da nun eine teilweise Unterdrückung — oder besser Aufhellung — der Seheindrücke in diesen Situationen offenbar so außerordentlich leicht eintritt, zu ihrer Beseitigung aber eine mehr oder weniger anstrengende fusionale Innervation bis zur totalen Bildverschmelzung nötig wäre, scheint

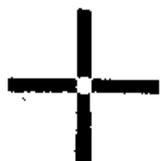


Abb. 13

Winkelkreuz-Versuchstest n. Thiels, binokularer Scheindruck bei Orthophoria, physiologisch.

es denkbar, daß in manchen Heterophoriefällen überhaupt oder zeitweilig nur bis zur Erreichung dieses Zustandes fusioniert wird, in dem einseitige Doppelbilder oder wenigstens Doppelkonturen infolge der einsetzenden Suppression nicht mehr auftreten, andererseits sich aber auch keine einwandfreie binokulare Wahrnehmung ergibt. Wenn, wie sich aus den geschilderten Versuchen zu ergeben scheint, sogar binokular gleichzeitige Suppression die Folge eines solchen Zustandes sein kann, und wenn diese sich in einer binokularen Aufhellung dunkler Bildelemente äußert, müßte es bei Personen mit unkorrigierten geringgradigen oder unterkorrigierten höhergradigen Heterophorien zu abgeblästen, kontrastarmen Wahrnehmungsbildern kommen können, die sich subjektiv ähnlich auswirken könnten wie die Herabsetzung der Kontrastempfindung durch Blendung. Wir werden hierauf später — bei der Darstellung der subjektiven Auswirkungen durchgeführter Heterophorie-Vollkorrekturen — zurückkommen.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch das Ergebnis von Versuchen mit zwei anderen Testzeichen-Kombinationen angeführt, das diese Beobachtungen und Überlegungen ergänzt. Die Tests sind in den Abbildungen 15 und 16 mit den durch Schraffierung angedeuteten Polarisationsrichtungen ihrer monokular dazubietenden Teile dargestellt, und aus diesen Abbildungen ergeben sich auch unschwer die rein geometrischen binokularen Nullstellungskombinationen der Tests. Der Gittertest nach Thiels (Abb. 15) läßt bei Orthophorie einen binokularen Seheindruck erwarten, in dem entweder die vier in 135° Tabo polarisierten Gitterstäbe funktional mit vier der insgesamt fünf in 45° Tabo polarisierten nach rechts oder nach links hin verschmolzen sind, so daß ein aus fünf Stäben bestehendes

Gitter wahrgenommen werden müßte, von dem vier Stäbe binokular und einer monokular gesehen werden; man könnte aber vielleicht auch damit rechnen, daß sich die Fusionstendenzen zwischen den monokularen Balken nach beiden Seiten hin die Waage halten und ihre Bilder so nebeneinander stehen bleiben, wie sie selbst in der Testebene angeordnet sind, so daß sich binokular ein schwarzes Rechteck ergäbe, mit senkrechten unscharfen Unterdrückungslinien an den Nahtstellen zwischen den Figurenteilen. Im Fall des Ringtestes nach Haase (Abb. 16), bei dem eine Fusionierung der monokularen Bilder wegen ihrer unterschiedlichen Größe unmöglich ist, müßte eigentlich binokular ein aus den beiden monokularen Ringen zusammengesetzter dicker Ring mit einer konzentrischen Suppressions-Mittelnahrt wahrgenommen werden.

In Wirklichkeit jedoch erschien der Gittertest stets als Gitter, bei dem — offenbar infolge alternierender Suppression — niemals sicher zu entscheiden war, ob vier oder fünf Stäbe wahrgenommen wurden, und der Ringtest als Ring von der Stärke eindeutig nur eines der monokularen Objekte; hierbei konnte wieder nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob der Durchmesser des Wahrnehmungsbildes dem des kleineren oder des größeren monokularen Objektes entsprach. Bisweilen schien es, als habe dieser Ring an verschiedenen Stellen seines Umfanges verschiedene Radien, sei also abschnittsweise aus Teilen der beiden verschiedenen Ringe zusammengesetzt, die absatzlos ineinander übergingen; dieser Eindruck war aber nicht stabil. Beim Versuch, am Ringtest durch abduzierende oder adduzierende Prismen einen Seheindruck mit sich gegenseitig überschneidenden Ringen zu erzeugen, zeigte sich, daß dies völlig unmöglich war. Beim Einschleichen der Prismen blieb zunächst — unter einem sich ständig steigenden fusionalen Spannungsgefühl — die einfache Ringfigur unverändert bestehen, und beim Überschreiten einer bestimmten prismatischen Wirkung standen dann plötzlich die beiden verschieden großen Ringe mit Abstand nebeneinander. Man konnte beim Auftreten dieser Doppelbilder zwar andeutungsweise eine schnelle Bewegung wahrnehmen, die erkennen ließ, daß der kleinere Ring aus dem größeren herausgewandert kam, aber die Stadien der Bewegung, in denen sich beide Bilder mit Teilen noch gegenseitig überschneiden, blieben unsichtbar.

Es dürfte sich empfehlen, diesen Erscheinungen gelegentlich näher nachzugehen. Besonders der Ringtestversuch dürfte sich — mit variierten Ringdurchmessern und -stärken — eignen zur Klärung der binokular-sensorischen Verarbeitung ungleich großer Netzhautbilder, und es ließen sich daraus vielleicht auch für die optometrische Praxis wichtige Aufschlüsse erwarten.



Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16

Abb. 14, 15, 16

Versuchstest-Figuren (Beschreibung im Text)

Für die Heterophorieprüfung aber kommen Tests wie die in den Abbildungen 11—16 dargestellten nach diesen Erfahrungen nicht recht in Frage.

### 3. Der Kreuztest

Als vom offensichtlichen Fehlern frei erwies sich in unseren Versuchen ein kreuzförmiger Test (n. Haase), dessen Wirkungsweise in Abb. 17 dargestellt ist. Abb. 17a gibt den Aufbau des Testes mit den durch Schraffierung angedeuteten Polarisationsrichtungen seiner Figurenteile wieder. Gleichzeitig entspricht diese Abbildung dem Seheindruck von diesem Test bei monokularer oder binokularer Betrachtung ohne Analysatorin; selbstverständlich erscheinen aber die Figurenteile bei dieser

Betrachtungswiese nicht schraffiert, sondern grau. Der graue Rahmen in Abb. 17a stellt, maßstäblich zur Testfigur, die an sich weiße Umfeldbegrenzung dar, die im Scheindruck grau erscheint, weil sie stets weniger hell beleuchtet ist als das Umfeld selbst; sie wurde in allen folgenden Abbildungen aus Gründen der einfacheren Darstellung fortgelassen.

Die monokularen Scheindrücke bei Betrachtung des Testes durch die zugehörigen Analysatoren gehen Abb. 17b für das linke Auge und Abb. 17c für das rechte Auge wieder, den binokularen Scheindruck bei Orthophorie die Abb. 17d. Die weiße quadratische Öffnung in der Mitte der Gesamtfigur verhindert das Auftreten der im vorigen Abschnitt beschriebenen Suppressionserscheinungen und bildet gleichzeitig die Nullpunktmarkierung für die Horizontale und für die Vertikale.

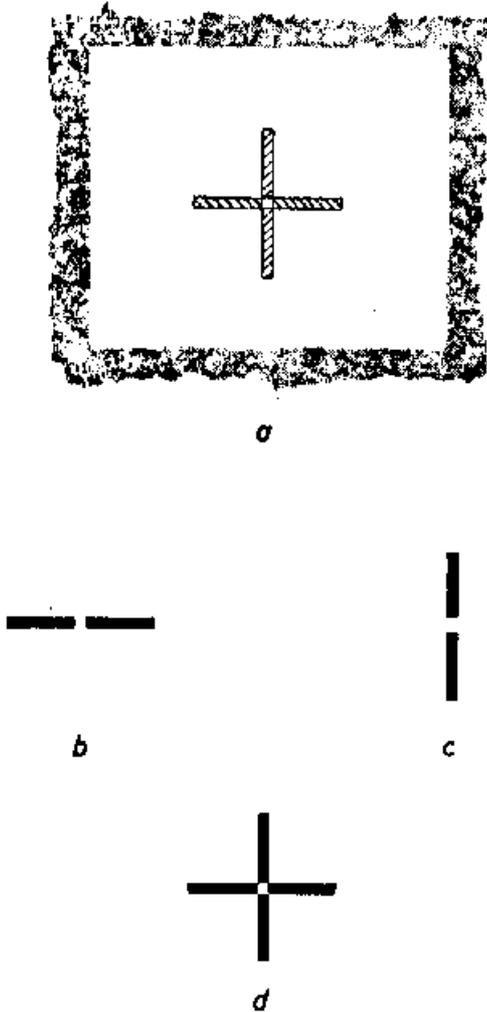


Abb. 17

Kreuztest n. Haase

- a. Aufbau der Testfigur, Polarisationsrichtungen schraffiert
- b. Monokularer Scheindruck links
- c. Monokularer Scheindruck rechts
- d. Binokularer Scheindruck bei Orthophorie, geometrisch und physiologisch

Durch die Form und Anordnung der monokular darzubietenden Figurenteile ergeben sich bei Heterophorien jeder Richtung, Kombination und Größe eindeutige und leicht beschreibbare Gesamt-Scheindrücke, deren Abweichungen von der symmetrischen Kreuzform schon bei sehr kleinen Beträgen gut erkennbar sind. Abb. 18 zeigt als Beispiele einige mögliche Gesamt-Scheindrücke, und zwar Abb. 18a für eine Exophorie, Abb. 18b für eine Esophorie, Abb. 18c für eine Hyperphorie des rechten oder Hypophorie des linken Auges und Abb. 18d für eine Exophorie in Verbindung mit einer Hypophorie des rechten oder Hyperphorie des linken Auges. Bei höhergradigen Muskelabweichungen können natürlich die beiden monokularen Figurenteile völlig auseinandergeraten, aber auch dann ist die Beschreibung der Richtung ihrer Abweichung von der Kreuzform noch leicht möglich.

Fusional liegen rein überlegungsmäßig von vornherein nur orthopetale Reize vor, und zwar als wesentlichster der Rahmenfusions-

reiz. Orthofugale Reize können von der Testfigur ebenso wenig ausgelöst werden wie vom Rahmen, da die monokularen Teile der Figur keine fusionierbaren Elemente außerhalb ihrer Mitten enthalten. Nicht einmal psychisch könnte durch die Testfigur ein orthofugaler Fusionsimpuls induziert werden, denn sie ergibt in ihrer Nullstellung das sinnvollste Bild, das zudem noch durch Darbietung des grauen, ohne Analysatoren wahrnehmbaren Bildes gemäß Abb. 17a dem Prüfling vor Beginn der Prüfung eingepreßt werden kann. Die Möglichkeit, durch eine entsprechende orthofugale Fusionsbewegung statt des Kreuzes aus den Figurenteilen ein immerhin auch noch sinnvoll wirkendes stehendes oder liegendes T wie in den Abbildungen 18c oder a oder auch ein L zu bilden und aufrechtzuerhalten, darf man gering einschätzen, da solchen beträchtlichen Fehlstellungen der Rahmenfusionsreiz recht kräftig entgegenwirken wird. Wohl aber könnte überlegungsmäßig die Testfigur in den weißen Öffnungen in der Mitte jedes Einzelbalkens ein orthopetales Element enthalten, das zu einer Bevorzugung der Nullstellung und zum Einrasten der Sehachsen auf sie führen könnte, wenn die Nullstellung während des Prüfungsablaufes zufällig einmal eingetreten ist und der Mittelpunkt der Figur fixiert wird. Sehr wahrscheinlich ist aber auch das nicht, denn die beiden weißen Öffnungen haben Begrenzungen, die um 90° verschieden liegen und deshalb nicht fusioniert werden können. Die experimentelle Überprüfung des Testes ließ erkennen, daß die fusionalen Verhältnisse den Erwartungen entsprechen, und daß die weißen Mittelöffnungen sich fusional überhaupt nicht auswirkten. Es bereitete bei großflächigem Umfeld und folglich geringem Rahmenfusionsreiz in keinem Fall Schwierigkeiten, die Testfigur durch Hinzufügen einer Wirkung von nur 0,5 pdpt beliebiger Basislage zur Nullstellungskorrektur merklich zum Auswandern zu bringen, und das wäre bei fusionaler Einrastung der Mittelöffnungen sicher nicht möglich.

Schon bei den ersten vergleichenden Experimenten stellte sich außerdem heraus, daß die Meßergebnisse mit diesem Kreuztest im allgemeinen gut mit Messungen am TIB-Test mit unsichtbarem Trenner übereinstimmen, daß sie aber, wie auf Grund des besseren Nullstellungsmerkmals erwartet werden konnte, merklich eindeutiger und besser reproduzierbar waren. Außerordentlich befriedigend war auch die Empfindlichkeit des Testes bei der Bestimmung des Akkommodations- und Sehgleichgewichtes. Schon bei Abgleichfehlern von  $\pm 0,12$  dpt wurde in der Regel eine ungleiche Schwärzung der Balken eindeutig erkennbar, und recht häufig geschah es sogar, daß bei nicht vorhandenem Sehgleichgewicht durch das einseitige Hinzufügen von sph + oder - 0,12 dpt bereits ein Umschlagen der ungleichen Scheindrücke in eine entgegengesetzte Ungleichheit erzielt wurde. Diese offenbare Wahrnehmung binokular-retraktiver Korrektionsdifferenzen von nur 0,06 dpt steht zwar im Widerspruch zu der Lehrmeinung, daß die Schärfentiefe des menschlichen Auges ungefähr 0,15 dpt betrage, aber sie ist eindeutig und mehrfach belegt.

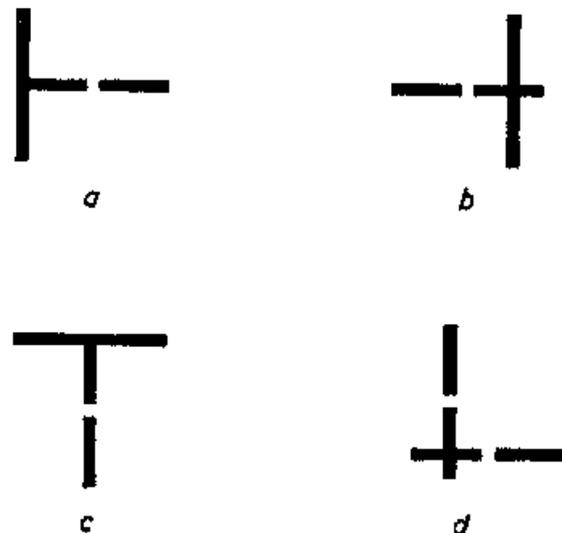


Abb. 18

Kreuztest, Scheindrücke bei Heterophorie

- a. Exophorie
- b. Esophorie
- c. Hyperphorie rechts (oder Hypophorie links)
- d. Hypophorie rechts (oder Hyperphorie links) und Exophorie

Da in dem Kreuztest mit seinen genauen Anzeigemöglichkeiten allem Anschein nach der Rahmenreiz als einziger Fusionsreiz wirksam geblieben war, glaubten wir, mit ihm nun endlich die Auswirkungen peripherer Teilfusionsreize auf Phorummessungen isoliert untersuchen zu können. Wir hielten, wie bereits ausge-

führt (s. Abschnitt B 6d in Heft 2/1958), die peripheren Fusionsreize auf Grund der allgemein anerkannten Ansichten über Heterophorien und ihre Korrektur für den Hauptfaktor, der die Messungen nach dem TIB-Prinzip im Vergleich etwa zu Messungen nach dem Maddox-Prinzip beeinflussen und dafür sorgen sollte, daß in der TIB-Messung — abgesehen von verfahrensbedingten orthofugalen Verschiebungen — nur die Störanteile der Heterophorien in Erscheinung treten und nicht ihre Gesamtbeträge wie in der Maddoxmessung. Die Heterophoriekorrektur direkt nach TIB-Meßwerten sollte also ein binokulares Sehen in der „Zone des komfortablen Sehens“ ermöglichen, die nach Sheard (s. Roos) etwa ein Drittel des individuell verschieden großen Bereiches der relativen Konvergenz und Divergenz umfassen soll.

Folglich mußten wir nun bei Vergleichsmessungen nach dem Maddox-Verfahren und mit unserem neuen Test stets im Maddox-Verfahren höhere, mit dem Kreuztest niedrigere Heterophorie-Meßwerte erwarten. Im einzelnen war bei ein und derselben Versuchsperson bei stufenweiser Verkleinerung des binokular sichtbaren Umfeldrahmens am Kreuztest mit einer ebenfalls stufenweisen Verkleinerung des Kreuztest-Meßwertes zu rechnen; von zwei Versuchspersonen mit gleichgroßen Maddox-Heterophorien, aber unterschiedlichen Fusionsbreiten, hätte der Prüfling mit der größeren Fusionsbreite den kleineren Kreuztest-Meßwert bei Messung beider unter gleichen Umfeldgrößen aufweisen müssen. Danach wäre es dann nur noch notwendig gewesen, für möglichst viele Einzelfälle empirisch die günstigste Korrektur zu ermitteln und festzustellen, mit welcher Umfeldgröße der Kreuztest jeweils zum entsprechenden Meßwert führte; es war zu hoffen, daß sich aus solchen Versuchen eine günstigste durchschnittliche Rahmen- bzw. Testgröße ergeben würde, die jeden Prüfling bei der Messung zum Einsatz gerade seines dauernd beschwerdefrei verfügbaren Fusionsanteiles veranlaßte.

#### 4. Versuche zur Dosierung des Rahmenreizes

Daß diese Versuche nicht zum Ziel führen würden, wurde schnell klar, als wir — an nur wenigen Prüflingen und teilweise im Selbstversuch — die Auswirkungen stufenweise verkleinerter Umfeldrahmen überprüften. Wider Erwarten änderten sich dabei nämlich die Meßwerte, d. h. also diejenigen Korrekturen, mit denen die genaue und stabile Test-Nullstellung hergestellt werden konnte, so gut wie überhaupt nicht, sondern es änderte sich nur die Größe der Testauswanderung für jede Einheit an Über- oder Unterkorrektur. Bei Rahmengrößen unterhalb  $15 \times 15$  cm

wurden durchschnittlich die Auswanderungen so gering, daß ihre Beobachtung innerhalb einer Korrekturspanne von ungefähr 10 pdpt schwierig wurde, während bei Überschreitung dieser Korrekturspanne sofort über- oder nebeneinanderliegende Doppelbilder des Rahmens und ein Testfigurenbild mit entsprechend weit auseinandergerissenen Teilen entstanden. Erstaunlich war das an sich nicht, denn selbstverständlich kann ein binokular-peripher abgebildetes Objekt wie der Umfeldrahmen die funktionale Ausrichtung der Sehasen nur mit einer gewissen Ungenauigkeit bewirken, die durch das Auflösungsvermögen der für seine Abbildung benutzten Netzhautpartien gegeben ist. Periphere binokulare Netzhautbilder eines Objektes, die wegen einer kleinen Fehlstellung der Sehasen auf geometrisch etwas disparaten Netzhautstellen liegen, wegen ihrer peripheren Lage in Gebieten mit großflächigen Empfindungselementen und entsprechend geringem Auflösungsvermögen aber noch nicht als Doppelbilder im Sehzentrum ankommen und dort wenigstens unbewußt als solche registriert werden, können fusionale Impulse wohl kaum auslösen. Demnach erlaubt auch der Rahmen des Kreuztestes die fusional völlig unbehinderte und deshalb schon bei kleinsten Stellungsfehlern mögliche Auswanderung der Sehasen und der Testfigur aus der Nullstellung bis zu einem Betrag, der von der Umfeldrahmengröße abhängt, und den man (n. Thiele) als „Schlupf“ bezeichnen kann; die individuelle Fusionsbreite dürfte auf die Größe des Schlupfes keinen Einfluß haben, sondern eben nur das individuell sicher auch etwas verschiedene Auflösungsvermögen in den mitwirkenden Netzhautpartien.

Erst bei Stellungsfehlern, deren Größe diesen Schlupf überschreitet, so daß Doppelbilder der Umfeldbegrenzung im Sehzentrum anfallen, kann der periphere Fusionsreiz zu wirken beginnen, indem er die Gesamtauswanderung gegenüber dem vollen Stellungsfehler reduziert. Es ist einleuchtend — und läßt sich experimentell beweisen —, daß die Größe des Schlupfes und die Reduktionskraft von der Rahmengröße abhängen, die Reduktionskraft allein aber außerdem noch vom individuellen Fusionsvermögen. Bei einer Rahmengröße von  $26 \times 26$  cm stellen wir fest, daß bei Prüflingen mit sehr geringem Fusionsvermögen die Testauswanderung dem vollen Stellungsfehler fast oder ganz adäquat ist, also ungefähr 6 cm/pdpt bei einer Prüferentfernung von 6 m beträgt, daß sie aber bei Prüflingen mit sehr großem Fusionsvermögen u. U. noch bei Heterophorien oder Fehlerkorrekturen in der Größenanordnung von 4 bis 6 pdpt den Schlupf in Größe etwa einer Testbalkendicke kaum überschreitet, während trotzdem 4 bis 6 pdpt benötigt werden, um die genaue Test-Nullstellung herbeizuführen. In Durchschnittsfällen ist mit einer Auswanderung von etwa 1 cm/pdpt zu rechnen. So können also aus der Größe der Gesamt-Testauswanderungen bei einer bestimmten prismatischen Unter- oder Überkorrektur verhältnismäßig einfach Rückschlüsse auf das individuelle Fusionsvermögen gezogen werden.

Da die Dinge so liegen, wird aber die Benutzung des Umfeldrahmens als Mittel zur dosierten Reduzierung der Nullstellungs-Meßwerte unmöglich, und gleichzeitig erscheint die bisherige Erklärung für die bessere Verträglichkeit von TIB-Korrekturen gegenüber Maddox-Korrekturen in Frage gestellt.

#### 5. Erste Maddox- und Kreuztest-Vergleichsmessungen

Auf der Suche nach einer neuen Erklärung für die Unterschiede bei Messungen nach dem Maddox- und dem TIB-Prinzip geriet der Verfasser an eine Versuchsperson, die trotz refraktiver Vollkorrektur einer Hypermetropie von  $\text{bds. sph} + 0,75$  dpt über recht eindeutig muskulär-asthenopsche Sehbeschwerden klagte; das Sehen strengte im allgemeinen stark an, es traten von der Augengegend her ausstrahlende Kopfschmerzen auf, und bei Ermüdung kam es zu Schwindelanfällen und bisweilen zu Doppelbildern. Außerdem war eine auffallende Licht- und Blendungsempfindlichkeit vorhanden.

Eine vor längerer Zeit vorgenommene Maddox-Messung hatte eine etwas schwankende Exophorie von 3 bis 4 pdpt offenbart; dieser Fehler durfte nach den alten, allgemeinen Verfahrensregeln zwar für unerheblich gehalten werden, aber es war trotzdem versucht worden, ihn mit insgesamt 2,0 pdpt, Basis nasal, zu korrigieren. Als eine spürbare Besserung der Sehbeschwerden nicht eintrat, war die Korrektur wieder fortgelassen worden in der Annahme, es handle sich gar nicht um Auswirkungen der Exophorie, sondern um Beschwerden allgemein-nervöser Art. Diese Annahme war um so mehr berechtigt, als sich die Versuchsperson — eine etwa dreißigjährige Dame — wegen chronischer Schilddrüsen-Überfunktion in ärztlicher Behandlung befand.

Wir überprüften nun diesen Fall nochmals im Maddox-Verfahren, mit der TIB-Anordnung mit unsichtbarem Trenner und am Kreuztest und erhielten einen Maddoxwert von wiederum 3 bis 4 pdpt B. i., TIB- und Kreuztestwerte dagegen von reichlich 6,0 pdpt B. i. Daß der TIB-Meßwert höher lag als der Maddoxwert, war zur Not noch zu erklären aus dem exoptalen Zeichenfusionsreiz in der TIB-Anordnung mit unsichtbarem Trenner, der in manchen Fällen vielleicht höhere Exophorie-Meßwerte als den

Ruhelagenwert verursachen kann. Daß aber auch die Kreuztest-Messung im Wert höher lag als die Maddox-Messung, war aus den bisherigen theoretischen Vorstellungen heraus nicht zu begründen: exopetale Fusionstreize konnten in der Kreuztest-Messung nicht mitgespielt haben, und die orthopetal-fusionale Belastung dieser Messung durch den Umfeldrahmen hatte nur eine Verkleinerung des Meßwertes gegenüber der Maddox-Messung bewirken dürfen. Wir mußten demnach annehmen, daß die Kreuztest-Messung durch vorläufig noch unbekannte Störfaktoren beeinflußt war, die es aufzufinden galt.

Ohne diese Frage zunächst klären zu können, verabsfolgten wir unserem Prüfling versuchsweise entgegen den Erfahrungsregeln (s. Abschnitt B 7d in Heft 2/1958) den vollen Maddoxwert von insgesamt 4,0 pdpt B. i. als Korrektion und erreichten hiermit außer einer Steigerung des binokularen Visus von 100 auf 120% für etwa ein halbes Jahr die völlige Abstellung aller Sehbeschwerden außer der Blendempfindlichkeit. Danach begannen aber die bekannten Uebelstände, wenn auch in abgemildeter Form, von neuem.

Wir vermuteten, die Heterophorie habe sich inzwischen infolge der Korrektion vergrößert und führten mehrere Nachprüfungen durch. Hierbei zeigten sich aber sämtliche Meßwerte so gut wie unverändert: der Maddoxwert betrug durchschnittlich 3 bis 4 pdpt B. i., bei einer Nachprüfung sogar nur 0 bis 1 pdpt B. i., das TIB-Verfahren und der Kreuztest wiesen manchmal 6,0 und manchmal 7,0 pdpt B. i. nach. Daraufhin verabsfolgten wir zusätzlich zur bisherigen Brille, die bds. sph + 0,75 dpt, kombiniert mit je 2,0 pdpt B. i. enthielt, zwei neue Brillen, und zwar die eine mit insgesamt 6,0, die andere mit insgesamt 7,0 pdpt B. i. außer den sphärischen Korrektionen von überall + 0,75 dpt. Während einer vergleichenden Erprobung von, nämlich vier Wochen Dauer teilte uns die sehr aufmerksam mitarbeitende Versuchsperson ihre Beobachtungen mit. Es ergab sich, daß die Korrektion mit 4 pdpt als komfortabel nur empfunden wurde, wenn die Versuchsperson gut ausgeruht war, also meistens etwa bis zum Mittag. Die Korrektion mit 6,0 pdpt wurde immer als angenehm empfunden, diejenigen mit 7,0 pdpt dagegen beim Sehen in die Ferne nur manchmal, während beim Nahsehen die beiden letzteren Korrektionen stets gleichwertig schienen.

Hiermit war zweifelsfrei nachgewiesen, daß in diesem einen Fall das Maddox-Verfahren einen zu niedrigen, als Korrektion nicht ganz ausreichenden Heterophoriewert geliefert hatte, das TIB-Verfahren und der Kreuztest jedoch nicht nur einen relativ

richtigeren, sondern sogar den absolut günstigsten Wert von 6,0 pdpt B. i. 7,0 pdpt wurden, wie sich bei Kontrollmessungen herausstellte, als günstigste Korrektion für die Ferne offenbar nur dann empfunden, wenn kurzzeitig auch der Kreuztest-Meßwert im Lauf anscheinend konstitutionell bedingter Phorischwankungen auf diesen Wert angestiegen war. Mit anderen Worten: die Kreuztestmessung (und in diesem Fall auch die TIB-Messung) hatten die wirkliche, für die Korrektion richtige Phorie-Ruhelage nachgewiesen, die Maddox-Messung dagegen nicht. Die Versuchsperson trägt inzwischen die Korrektion mit 6,0 pdpt B. i. seit rund drei Jahren ständig, und es sind — bei einem binokularen Visus von nun 140% — noch keine Sehbeschwerden wieder aufgetreten. Zusätzlich zu dem Anfangserfolg, der mit 4,0 pdpt erzielt werden konnte, ist durch die neue Korrektion auch die Lichtempfindlichkeit sehr auffällig zurückgegangen.

Da wegen der Richtung der Differenz zwischen den Messungen nach dem Maddox-Verfahren und nach den beiden anderen Verfahren fusionale Faktoren als Ursache für die Meßdifferenz nicht in Frage kamen, mußten andere verfahrensbedingte Faktoren vorhanden — und letzten Endes auch auffindbar — sein, die diese Ruhelagenverschiebung veranlassen. Wenn sie sich in diesem einen Fall so kräftig auswirkten, konnten oder mußten sie in anderen Fällen zum mindesten mitwirken. Es galt also, die Meßbedingungen im Maddox-Verfahren und in den TIB-ähnlichen Verfahren unter noch anderen Gesichtspunkten als bisher zu analysieren. (wird fortgesetzt)