

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

3 Untersuchung des Binokularsehens

3.1 Untersuchung der Motorik

W. Rüßmann, J. Fricke, A. Neugebauer

Bei Begleit- und Lähmungsschielen finden sich neben motorischen Symptomen auch sensorische Störungen des Binokularsehens, die für die Untersuchung der Motorik benutzt werden können. Eine strenge Trennung der Beschreibung von Motorik und Sensorik ist deshalb nicht möglich, sodass einige sensorische Symptome bereits in diesem Unterkapitel behandelt werden. Die spezielle Diagnostik bei Lähmungsschielen und Nystagmus wird im Kap. 4. beschrieben.

Was bei der orientierenden Untersuchung auffällt, sollte mit messenden Verfahren verifiziert werden.

Trotzdem sollte man nicht auf eine orientierende Untersuchung verzichten, weil sie den Ablauf der weiteren Untersuchungen sinnvoll planen hilft. Bei der Planung dieser Untersuchungen muss man auch die aktuelle Leistungsfähigkeit des Patienten berücksichtigen. Von einem überforderten oder ermüdeten Patienten kann man nicht unbedingt verlässliche Angaben bei allen Untersuchungen erwarten.

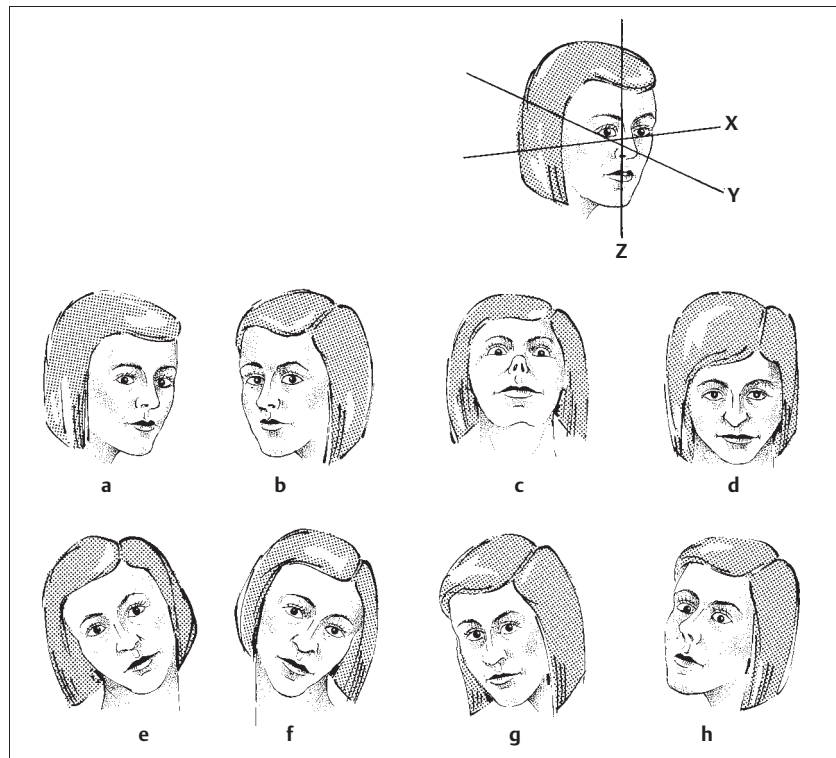
3.1.1 Orientierende Untersuchung

Oft liefert schon die erste Betrachtung des Patienten während der Aufnahme der Vorgeschichte Hinweise auf Störungen der Okulomotorik (Kopfzwangshaltung, Lid- und Augenstellung). In anderen Fällen werden diese erst im weiteren Untersuchungsgang deutlich.

Kopfhaltung

Ähnlich wie die Augenbewegungen kann man die Abweichungen von der normalen Kopfhaltung auf drei Hauptachsen beziehen: Der Kopf kann nach rechts oder links

Abb. 3.1a–h Kopfzwangshaltungen lassen sich auf Drehungen um 3 Hauptachsen zurückführen: eine vertikale z-Achse (Yaw-Ebene) für Links- (a) oder Rechtsdrehung (b), eine horizontal von rechts nach links laufende x-Achse (Pitch-Ebene) für Kinnhebung (c) oder -senkung (d), eine horizontal von vorn nach hinten laufende y-Achse (Roll-Ebene) für Rechts- (e) oder Linksneigung (f). Kombinationen von Dreh-, Hebungs- bzw. Senkungs- und Neigungskomponenten (g,h) sind nicht ungewöhnlich. Kopfzwangshaltungen finden sich bei Lähmungsschielen und Nystagmus, wobei die Nasenspitze des Patienten in der Regel in Zugrichtung des gelähmten Muskels oder in Richtung größter Nystagmusintensität weist.



aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

gedreht (Kopfdrehung, z-Achse), gehoben oder gesenkt (Kinnhebung, -senkung, x-Achse), zur rechten oder linken Schulter geneigt sein (Kopfneigung, y-Achse). Oft sind alle drei Komponenten gleichzeitig nachzuweisen (**Abb. 3.1**). In jüngerer Zeit spricht man bei der z-Achse von „**Yaw-Ebene**“, bei der x-Achse von „**Pitch-Ebene**“ und bei der y-Achse von „**Roll-Ebene**“.¹ Diese englischen Begriffe sind der Seefahrt und der Fliegerei entlehnt.

Kopffehlhaltungen können beständig, nur in bestimmten Untersuchungssituationen (z. B. bei Prüfung der Sehschärfe) oder wechselhaft auftreten.

Bei konstanter Fehllhaltung spricht man auch von Kopfzwangshaltung, bei Vorherrschen einer Neigungskomponente auch von Schiefhals (Tortikollis).

Wechselhafte Kopffehlhaltungen finden sich bei **angeborenem oder frühkindlichem Schielen** (frühkindliches Innenschielen, S. 201 ff) und bei **Nystagmus mit periodisch wechselnder Schlagrichtung** (Nystagmus, S. 476 ff). Konstanten Zwangshaltungen begegnet man bei **Blickstörungen** (Ocular Tilt Reaction, S. 471), bei **Lähmungsschielen** (S. 444 ff) und **Nystagmus**, bei angeborenem und frühkindlichem Schielen und bei **orthopädischen Erkrankungen**.

Zusammenfassung

Vor jeder **orthopädischen Behandlung** einer Kopffehlhaltung muss eine **okuläre Ursache sicher ausgeschlossen** werden. Andernfalls droht immer der Verlust des beidäugigen Sehens oder der Sehschärfe.

Eine Kopfzwangshaltung kann eingenommen werden, weil in der resultierenden Blickrichtung

- ▶ besseres binokulares Einfachsehen besteht,
- ▶ das Schielen fehlt oder gering ist,
- ▶ die Fixation aufgenommen werden kann,
- ▶ die Sehschärfe besser ist,
- ▶ die Nystagmusintensität minimal ist,
- ▶ die Ptosis weniger stört.

Deshalb sollen in Kopfzwangshaltung, in der der Kopfzwangshaltung entgegengesetzten Kopfhaltung und in Hauptblickrichtung untersucht werden: Binokularfunktion (Lichtschweiftest nach Bagolini), Einstell- und Fusionsbewegungen (Ab- und Aufdecktest), Sehschärfe sowie Nystagmusmanifestation und -schlagform.

Die Nase weist in Zwangshaltung fast immer in die Richtung größter Nystagmusintensität bzw. in die Zugrichtung des gelähmten Augenmuskels.

Nach Bielschowsky (13) wird bei geringgradigen Paresen, „in der Regel die bequemste, von der gewöhnlichen am wenigsten abweichende Kopfhaltung gewählt“.

Die Vermessung der Kopfhaltung wird später (S. 371) ausführlicher beschrieben.

Lidstellung, Lidmotilität und Lidspalte

Ein Herabhängen des Oberlids (**Ptosis**) kann durch angeborene Anomalien des quergestreiften Lidhebers (M. levator palpebrae) oder seiner Innervation bzw. durch erworbene Muskel- oder Nervenerkrankungen (**Okulomotoriusparese**) verursacht werden. Auch Lähmungen des glatten Lidhebers (Müller-Muskel, M. tarsalis) führen zur Ptosis (**Horner-Syndrom/Sympathikus-Lähmung**). In diesem Fall sind in der Regel auch eine Verengung der Pupille (Miosis) und ein Hochstand des Unterlides zu beobachten.

Bei angeborener Ptosis findet sich gelegentlich (4–6%, 11) eine meist linksseitige, gemeinsame Innervation von Lidheber- und Kaumuskulatur (**Marcus-Gunn-Syndrom**). Dadurch wird das Lid gehoben, wenn der Patient seinen Mund öffnet und/oder den Unterkiefer zur Gegenseite bewegt. Das Marcus-Gunn-Syndrom ist häufig mit einer gleichseitigen Schwäche der Augenhebemuskeln (M. rectus superior, M. obliquus superior) verbunden.

Manchmal wird eine einseitige Ptosis auch durch ein Hörschielen vorgetäuscht, wobei das schielende Auge nach unten abweicht (**Pseudoptosis** bei Hypotropie). Im Unterschied zu echten Ptosen verschwindet die Pseudoptosis, wenn man das schielende Auge in Hauptblickrichtung bringt (z. B. durch Abdecken des nichtschielenden Auges, **Abb. 3.2**).



Abb. 3.2 Pseudoptosis rechts bei rechtsseitiger Hypotropie (–VD). Bei Linksfixation (oben) besteht eine scheinbare Ptosis, die bei Rechtsfixation (unten) verschwindet.

1 Die deutschen Begriffe heißen „gieren“, „stampfen“ und „rollen, schlingern“. Sie sind für Schiffsbewegungen, teils auch für Flugzeugbewegungen gebräuchlich.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Auch die Zeichen einer erhöhten Orbikularisinnervation (**Blepharospasmus**, Abb. 3.3) sollten nicht mit einer Ptosis verwechselt werden. Beim Blepharospasmus ist gleichzeitig das Unterlid etwas angehoben. Blepharospasmus kann durch oberflächliche oder tiefe Entzündungen des Auges (Reiztrias des Auges: Rötung, Tränen, Lidkrampf), durch Innervationsanomalien, durch Diplopie und durch Refraktionsanomalien ausgelöst werden oder auch als „essentieller Blepharospasmus“ ohne erkennbaren Anlass auftreten.

Die Weite der Lidspalte kann schließlich auch dadurch vermindert sein, dass das Auge zu klein ist (**Mikrophthalmus**) oder zu tief in der Augenhöhle liegt (**Enophthalmus**, z.B. nach Blow-out-Fraktur, S. 419 f). Verengung der Lidspalte und Pseudoptosis nur in Adduktion findet man beim **Retraktionssyndrom** (Stilling-Türk-Duane-Syndrom, Kap.4.2.5), das auf gemeinsame Innervation von M. rectus medialis und lateralis zurückzuführen ist (**paradox-synergistische Innervation**).

Überdeckt das Oberlid bei Blick geradeaus weniger als 1–2 mm von der oberen Hornhaut bei 12 Uhr oder steht es gar über dem oberen Hornhautrand, spricht man von einer **Oberlidretraktion** (z.B. bei endokriner Orbitopathie S. 428 f). Die Lidspalte kann auch größer sein, wenn das Unterlid herabhängt (z.B. paralytisches Ektropium bei Fazialisparese), das Auge zu groß ist (**hochgradige Myopie**, **Hydrophthalmus**) oder vorsteht (**Exophthalmus**).

Die **Oberlidbeweglichkeit** prüft man, indem man den Patienten nach oben und unten blicken lässt. Patienten mit Ptosis versuchen, bei Blickhebung ebenso wie in Hauptblickrichtung, das Oberlid mit der Stirnmuskulatur anzuheben. Man lässt deshalb den Patienten zunächst nach unten sehen und fixiert die Stirnmuskulatur durch leichten Druck auf die Brauen, bevor man ihn auffordert, nach oben zu blicken (Abb. 3.4; 11, 14). Typische normale Oberlidexkursionen liegen bei 12–15 mm.

Bleibt das Oberlid bei Blicksenkung zurück (**Graefe-Zeichen**), liegt meist ein Elastizitätsverlust des Lidhebers vor z.B. bei endokriner Orbitopathie oder auch bei einer Geschwulst in der Augenhöhle. Hebt sich das Oberlid bei Adduktion und/oder Blicksenkung, besteht eine Okulomotoriusparese mit Fehlregeneration (Kap.4.2.4).

Man sollte auch auf Anomalien der **Lidspaltenlänge** achten. Durch Epikanthus kann die Lidspalte nasal verkürzt scheinen (Abb. 3.5). Oft wird dadurch ein Einwärtsschielen vorgetäuscht (Pseudostrabismus). Der Epikanthus verschwindet in der Regel während der ersten Lebensjahre mit der Ausformung des Nasenrückens.



Abb. 3.3 Lidspaltenverengung bei beidseitigem Blepharospasmus: Die Verengung der Lidspalte wird durch eine Absenkung des Oberlides und eine (geringere) Anhebung des Unterlides verursacht. Die Anspannung der lidrandnahen Orbikularisfasern ist am Unterlid deutlich zu erkennen (Wulstbildung unter der Wimpernreihe).



Abb. 3.4 Prüfung der Lidbeweglichkeit bei Ptosis. In Blicksenkung werden zunächst beide Brauen fixiert und die Lidspaltenweite in dieser Position, in Hauptblickrichtung und bei Blickhebung beurteilt und gemessen.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag



Abb. 3.5 Pseudostrabismus convergens. Durch eine kleine Hautfalte vor dem medialen Lidwinkel (Epikanthus) scheint die rechte Lidspalte verkürzt. Dadurch wird eine rechtsseitige Esotropie vorgetäuscht.

Augenstellung und Motilität

Augenstellung und Hornhautreflexbild | Die erste Betrachtung lässt nur größere Schielwinkel erkennen, wobei Epikanthus, kleine oder große Interpupillardistanz zu falschen Ergebnissen führen können (*Pseudostrabismus*). Aufschlussreicher sind die *Hornhautreflexbilder* (1. Purkinje-Bild).

Die Grenzflächen von Hornhaut und Linse erzeugen virtuelle oder reelle Spiegelbilder geeigneter Lichtquellen (Fixierlicht, Optotypenfeld des Sehzeichenprojektors). Man unterscheidet (**Abb. 3.6**):

- ▶ das virtuelle Spiegelbild an der *Hornhautvorderfläche* (1. Purkinje-Bild),
- ▶ das virtuelle Spiegelbild an der *Hornhaurückfläche* (2. Purkinje-Bild),
- ▶ das virtuelle Spiegelbild an der *Linsenvorderfläche* (3. Purkinje-Bild),
- ▶ das reelle Spiegelbild an der *Linsenrückfläche* (4. Purkinje-Bild).

Diagnostische Bedeutung haben nur das 1. Purkinje-Bild (Hornhautreflexbild) und das 4. Purkinjesche Bild (6, 7, 8, 16, 23, 28, 37, 47).

Die Hornhautreflexbilder werden zunächst bei Blick in die Ferne beurteilt. Der Patient sitzt oder steht aufrecht, ohne sich anzulehnen, und fixiert geeignete Sehzeichen in 5–6 m Entfernung auf Augenhöhe. Das *Sehzeichenumfeld* (d. h. der projizierte Kreis) sollte so hell sein, dass es bei leicht abgedunkelter Raumbeleuchtung gut erkennbare Hornhautreflexbilder liefert. Der Untersucher beobachtet die Hornhautreflexbilder von unten, sodass die Blickrichtung des Patienten, Lichteinfallrichtung und seine Beobachtungsrichtung annähernd fluchten (s. **Abb. 3.22**). Befinden sich die Augen des Patienten in Orthostellung, so liegen die Reflexbilder in der Regel in beiden Augen symmetrisch zueinander und gegenüber der Hornhautmitte gering nach nasal verlagert (Winkel Kappa s. u.). Bei manifestem Schielen zeigt das schielende Auge eine Reflexbildverschiebung. Diese Reflexbildverschiebung nimmt mit der Größe des Schielwinkels zu.

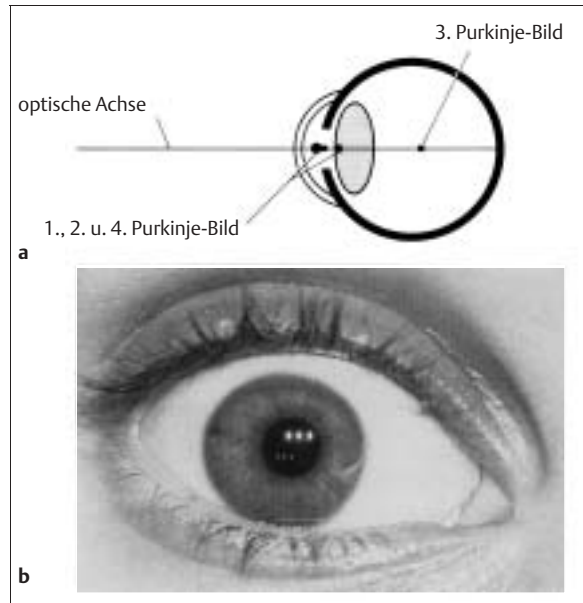


Abb. 3.6 Lage der Purkinje-Spiegelbilder (oben). Fotografie des 1. und 4. Spiegelbildes nach (25). Drei Blitze führen zu jeweils drei Reflexbildern, die mit einem Computer vermessen und in den Schielwinkel umgerechnet werden (unten, Bilder von R. Effert, aus 65).

Sind die Hornhautreflexbilder so nicht zu erkennen, kann man – bei sonst gleichen Bedingungen – beide Augen des Patienten aus 50–60 cm Entfernung mit einer kleinen, nicht zu hellen Lichtquelle (Stablampe, Bonnoskop, Ophthalmoskop) von unten beleuchten und die Reflexbildlage aus dieser Richtung über die Lichtquelle hinweg beobachten. Die Lichtquelle muss dabei auf die Nasenwurzel des Patienten zielen und doch beide Augen zugleich beleuchten, weil sonst durch Parallaxe irreführende Reflexbildasymmetrien auftreten. Darüber hinaus müssen *Patientennahe, Lichtquelle, Beobachteraue und Fixierobjekt* von oben gesehen auf einer Linie liegen (s. **Abb. 3.22**). Da der Abstand des Patienten zum Fixierobjekt (5 m) größer ist als der zum Untersucher (50–60 cm), sind unter diesen Bedingungen größere Reflexbilddezentrierungen selbst dann nicht auszuschließen, wenn sich die Augen des Patienten in Orthostellung befinden. Ableitung und Deutung der Befunde sind deshalb schwieriger als dann, wenn sich – wie oben beschrieben – das Fixierobjekt in der Lichtquelle befindet, die das Reflexbild erzeugt.

▶ **Verbreiteter – weil noch müheloser auszuwerten – ist die Untersuchung der Hornhautreflexbilder bei Nahblick (**Abb. 3.7**). Auch hier muss die Lichtquelle möglichst nah unter das Beobachteraue gehalten werden.**

Dabei werden beide Augen aus einer Entfernung von 30–60 cm beleuchtet und beobachtet. Der Patient wird angehalten, die Lichtquelle oder besser ein ihr aufgesetztes oder darunter gehaltenes Objekt – ein Gummibärchen ist bei der Untersuchung von Kindern besonders geeignet – zu fixieren. Ein Fixierlicht ohne zusätzliches Objekt ist

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag



Abb. 3.7 Beurteilung des Hornhautreflexbildes mit der Stablampe: Der Untersucher beleuchtet beide Augen und betrachtet die Hornhautreflexbilder aus der Beleuchtungsrichtung.

deshalb wenig brauchbar, weil es die Akkommodation zu wenig anregt und damit zu diagnostischen Irrtümern Anlass geben kann. So kann ein Konvergenzexzess übersehen oder eine dekompensierende Nahexophorie als Exotropie vom Konvergenzschwächetyp missdeutet werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Hornhautreflexbilder bei Blick in die Nähe kann die Untersuchung bei Blick in die Ferne nicht ersetzen. Erst durch die Untersuchung in beiden Untersuchungsdistanzen können Unterschiede – sog. **Fern-Nah-Inkomitanz** – erkannt werden.

Hornhautreflexbild und Winkel Kappa | Normalerweise liegen die Hornhautreflexbilder beiderseits symmetrisch, wenn auch meist nicht exakt in Pupillenmitte. Diese physiologische Dezentrierung des Reflexbildes rührt daher, dass die optische Achse des Auges nur selten auf die Fovea trifft. Die Fovea liegt vielmehr am Augenhintergrund meist etwas nach temporal, seltener einmal nach nasal versetzt gegenüber dem hinteren Augenpol. Dadurch bilden Sehachse (Verbindungsline Foveola-Fixierobjekt) und Blicklinie (Verbindungsline Augendrehpunkt-Fixierobjekt) jeweils mit der optischen Achse Winkel (**Winkel Alpha bzw. Gamma**), denen der Winkel Kappa zwischen Sehachse und Pupillenachse (Verbindungsline Hornhautscheitel-Pupillenmitte) entspricht (**Abb. 3.8**). Praktische Bedeutung hat eigentlich nur der Winkel Kappa.

Liegt die Foveola mehr temporal, ist das Hornhautreflexbild nach nasal dezentriert (= **positiver Winkel Kappa**), im umgekehrten Fall nach temporal (= **negativer Winkel Kappa**). Selten sind bei Makulaektomie auch vertikale Dezentrierungen zu beobachten.

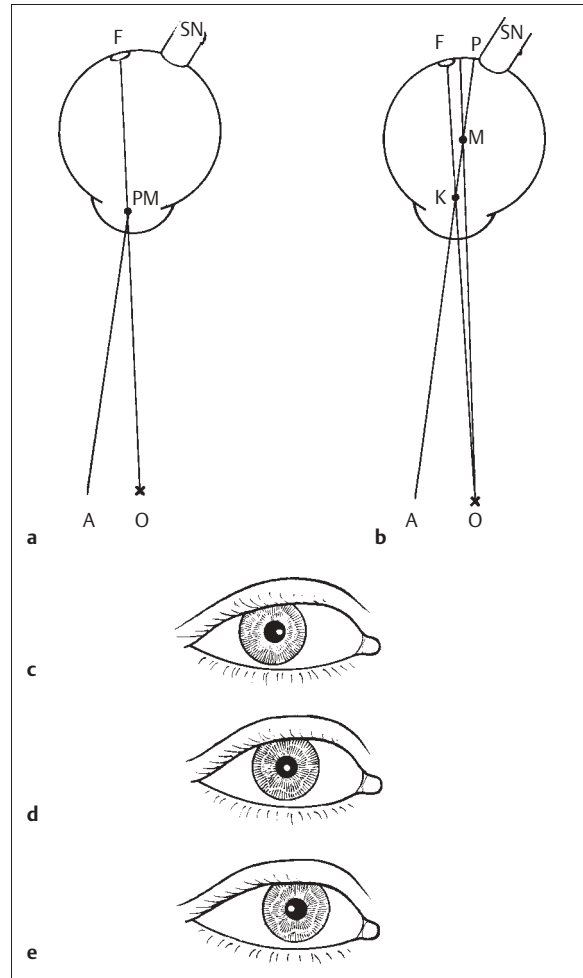


Abb. 3.8a–e Winkel Alpha, Gamma, Kappa. Die Fovea centralis (F) liegt in der Regel nicht genau am hinteren Augenpol (P), ist vielmehr meist nach temporal (seltener auch nach nasal zum Sehnerv (SN)) verschoben. Infolgedessen bilden Gesichtslinie (F-O) und Pupillennormale (A-PM) einen Winkel (O-PM-A = Winkel Kappa, **a**). Vergleichbare Winkel bestehen zwischen Gesichtslinie bzw. Blicklinie (M-O) einerseits und optischer Achse (P-A) andererseits (O-K-A = Winkel Alpha, OM-A = Winkel Gamma, **b**). Es bedeuten: O = Fixierobjekt, M = Drehpunkt, K = Knotenpunkt, PM = Pupillenmitte. Der Winkel Kappa äußert sich in einer Dezentrierung des Hornhautreflexbildes (**c–e**, rechtes Auge): **c** Reflexdezentrierung nach nasal (positiver Winkel Kappa), **d** zentriertes Reflexbildes (kein Winkel Kappa), **e** temporale Dezentrierung (negativer Winkel Kappa).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag



Abb. 3.9 Messung des Winkels Kappa am Maddox-Kreuz. Der Untersucher führt das fixierende Auge so, dass ihm das Hornhautreflexbild auf dem fixierenden Auge zentriert erscheint. Der Untersuchte sitzt in 1 m Abstand vom Fixierlicht. Der Winkel Kappa wird an der kleinziffrigen Kreuzskala abgelesen.

Bei emmetropen Augen werden in der Regel positive Winkel Kappa von 3–4° beobachtet. Größere Winkel Kappa können ein manifestes Schielen vortäuschen (*Pseudostrabismus* convergens bei negativem Winkel Kappa, Pseudostrabismus divergens bei positivem Winkel Kappa) oder eine vorhandene Heterotropie überdecken (z. B. *Pseudoorthotropie* bei Esotropie mit positivem Winkel Kappa infolge Makulaektomie bei retrolentaler Fibroplasie; zu weiteren Einflussgrößen s. 9).

■ **Bestimmung des Winkels Kappa.** Beleuchtet und betrachtet man in der oben beschriebenen Weise ein fixierendes Auge allein, während man das andere abdeckt, dann kann man den Winkel Kappa aus der Lage des Hornhautreflexbildes schätzen.

Genauere Werte erhält man an *Tangententafeln*: Aus 1 m Abstand betrachtet der Patient monokular (anderes Auge abdecken) das Fixierlicht in der Mitte eines Maddox-Kreuzes oder einer Harms-Tafel. Der Untersucher beobachtet das Hornhautreflexbild aus einer Position genau unterhalb des Fixierlichtes. Er fordert nun den Patienten auf, ein zweites Fixierobjekt (z. B. Fingerspitze) anzusehen, das so über die Tangententafel bewegt wird, dass sich das Reflexbild des Fixierlichtes auf der Hornhaut zentriert. Die dabei erreichte Position des zweiten Fixierobjektes auf der Tafel entspricht dem Winkel Kappa (**Abb. 3.9**).

In ähnlicher Weise kann mit dem *Synoptophor* gemessen werden: Der Patient betrachtet monokular (anderes Auge abgedeckt) in Hauptblickrichtung ein Bild mit einer geeigneten Skala (**Abb. 3.10**). Er wird aufgefordert zunächst den Nullpunkt der Skala zu fixieren, während der Untersucher das Hornhautreflexbild beobachtet. Je nach Lage des Reflexbildes lässt der Untersucher nun nacheinander die Zahlen bzw. Bilder rechts oder links des Nullpunkts ansehen, bis das Reflexbild zentriert ist.

Der Winkel Kappa kann mit diesen Verfahren *nicht* bestimmt werden, wenn eine exzentrische Fixation vorliegt. Man kann sich in diesem Fall damit helfen, den Winkel

Kappa des nichtschielenden Auges zu bestimmen, vorausgesetzt, dass der Winkel Kappa beider Augen annähernd gleich ist. Das ist durchaus nicht immer der Fall.

Hornhautreflexbild und Schielen | Haben beide Augen denselben Winkel Kappa, dann weist eine einseitige Verschiebung des Hornhautreflexbildes – bei Beleuchtung



Abb. 3.10 Synoptophordia zur Bestimmung des Winkels Kappa.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

und Beobachtung beider Augen – auf ein manifestes Schielen (*Heterotropie*) hin.

Bei Esotropie ist das Reflexbild nach temporal verschoben, bei Exotropie nach nasal, bei Hypertropie nach unten, bei Hypotropie nach oben.

Benutzt man als Fixierobjekt und Lichtquelle ein Ophthalmoskop, kann man gleichzeitig die Farbe des Pupillenleuchtens (vom Augenhintergrund reflektiertes Licht, *Brückner-Test* [16], *Abb. 3.12*) beurteilen. Liegt kein Schielen vor, ist die Farbe des Pupillenleuchtens seitengleich, bei Kindern in der Regel mehr graurot. Bei manifestem Schielen hat das Pupillenleuchten des schielenden Auges einen mehr hellroten (extrafoveale Netz- und Aderhaut) oder gelblichen (Papille) Farbton.

Beim Brückner-Test muss der Beobachter durch den Augenspiegel blicken, damit der Winkel zwischen Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang möglichst klein ist.

Man sollte bei dieser Untersuchung auch darauf achten, ob der Schielwinkel konstant ist oder stark wechselt und ob stets dasselbe Auge schielt.

Der Test ist mit entsprechender Übung leicht durchzuführen. Er kann photographisch dokumentiert und für Vorsorgeuntersuchungen eingesetzt werden (3, 10, 25, 28, 29).

Orientierende Motilitätsprüfung | Man führt bei festgehaltenem Kopf die Lichtquelle, mit der man die Hornhautreflexbilder in Hauptblickrichtungen geprüft hat, in die übrigen acht diagnostischen Blickrichtungen (*Abb. 3.13*), wobei man sich so mitbewegen muss, dass man die Augen weiterhin aus Beleuchtungsrichtung beobachten kann. Bei kooperativen Patienten ist es für den Untersucher meist bequemer, Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung beizubehalten und den Kopf des Patienten so zu drehen, dass dessen Augen entsprechende Blickrichtungen einnehmen! Man achtet in beiden Fällen darauf, ob sich die Reflexbilder dabei relativ zueinander verschieben (Inkomitanz, Lähmungsschielen), ob die ausgelösten *Folgebewegungen* glatt oder ruckartig (sakkadiert, latenter Nystagmus) verlaufen, ob in den peripheren Blickrichtungen ein Nystagmus auftritt oder ob sich die Intensität eines schon in Hauptblickrichtung vorhandenen Nystagmus ändert.

Bei wenig kooperativen Patienten, die der Lichtquelle und dem mitbewegten Gesicht des Untersuchers nicht folgen, versucht man andere Fixierobjekte (*Abb. 3.14*). Wenn auch dies nicht hilft, dreht man den Kopf des Patienten mit Vorsicht aber zügig hin und her sowie auf

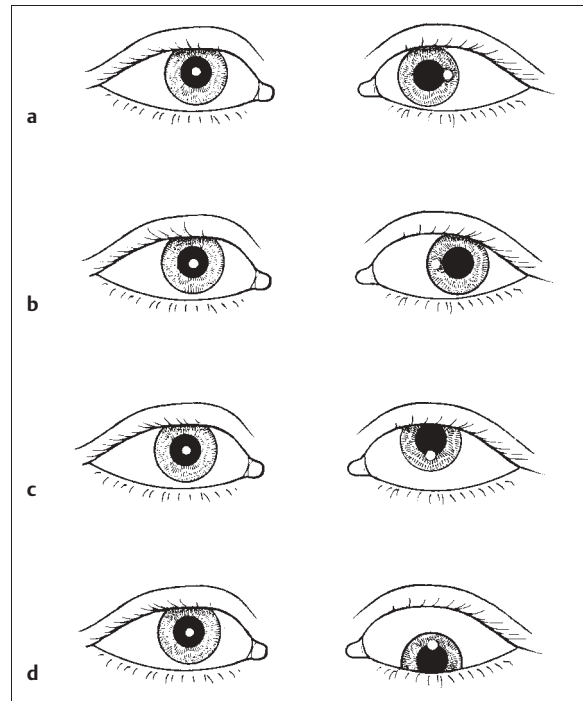


Abb. 3.11a–d Dezentrierung des Hornhautreflexbildes bei verschiedenen Heterotropien. a temporale Dezentrierung bei linksseitigem Innenschielen (Esotropie), b nasale Dezentrierung bei linksseitigem Außenschielen (Exotropie), c Dezentrierung nach unten bei linksseitigem Hörschielen (–VD), d Dezentrierung nach oben bei linksseitigem Tiefschielen (+VD).



Abb. 3.12 Durchleuchtungstest nach Brückner bei linksseitiger Esotropie. Das unterschiedliche Pupillenleuchten und die Dezentrierung des linken Hornhautreflexbildes sind deutlich zu erkennen. Die Asymmetrie ist bei nicht erweiterten Pupillen leichter zu beurteilen, aber schlecht photographisch zu dokumentieren.

und ab und löst dadurch kompensatorische Blickbewegungen aus (*Puppenkopffphänomen*, *Abb. 3.15*).

Wenn man bei dieser Untersuchung eine Reflexbild- oder Bewegungsasymmetrie beobachtet, sollte man nach *monokularen Bewegungsdefiziten* suchen. Man prüft dazu in der zuvor beschriebenen Weise das Exkursionsvermögen jedes Auges, während man das andere abdeckt. Monokulare Bewegungsdefizite zeigen sich in einer Auswan-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

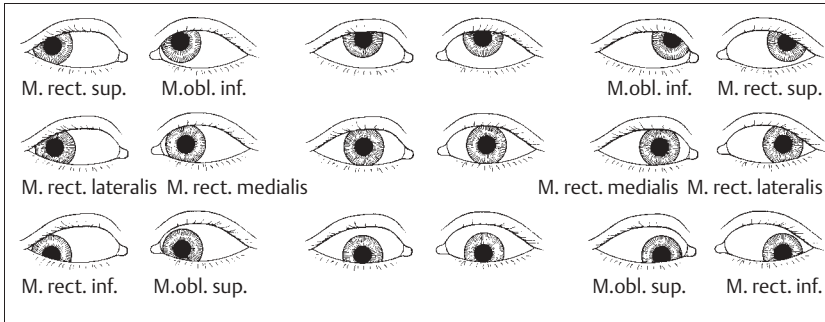


Abb. 3.13 Zusammenspiel der äußeren Augenmuskeln in den diagnostischen Blickrichtungen.

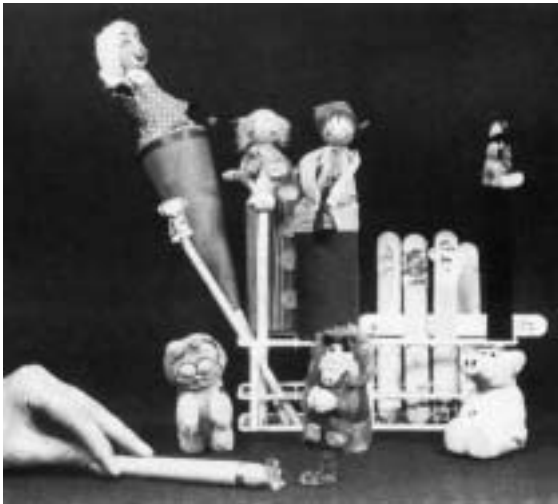


Abb. 3.14 Fixierobjekte. Bei der Auswahl der Fixierobjekte sind der Phantasie des Untersuchers keine Grenzen gesetzt (oben). Gummibärchen auf eine Stablampe gesetzt sind bei Kindern besonders beliebt (aus 65)



Abb. 3.15 Prüfung kompensatorischer Blickbewegungen („Puppenkopffänomen“). Der Untersucher bewegt den Kopf des Patienten mit beiden Händen vorsichtig, aber zügig nach rechts und links, nach oben und unten und beobachtet dabei die gegenläufigen Blickbewegungen.

derung des Hornhautreflexbildes aus der normalen Lage (= Endpunkt der Exkursionsstrecke).

Monokulare Bewegungsdefizite können mit dem **Limbus test nach Kestenbaum** (41) in einfacher Weise gemessen werden: Zur Messung des Abduktionsvermögens wird vor und unter den Hornhautrand eine Millimeterskala in horizontaler Richtung gehalten. Die Position des medialen Limbus wird in Primärposition und bei maximaler Abduktion abgelesen (Abb. 3.16). Die Differenz entspricht der monokularen Abduktionsstrecke. Entsprechend wird das Adduktionsvermögen über die Verschiebung des lateralen Limbus gemessen, Hebungs- und Senkungsvermögen mit vertikal ausgerichteter Skala unter Beobachtung des unteren bzw. oberen Limbus. Als **Normwerte** gelten für Senkung, Ab- und Adduktion 9–10 mm, für Hebung 5–7 mm. Haase (32) hat eine Messbrille beschrieben, die diesen Test wesentlich erleichtert und die rasche Vermessung des ganzen monokularen Blickfelds gestattet (weitere Methoden s. 49).

Schließlich sollte man noch die Geschwindigkeit und Zielgenauigkeit der **Blicksprungbewegungen** (Sakkaden) beurteilen. Dazu lässt man den Patienten mit kurzen Intervallen abwechselnd Blickziele (Fixierstäbchen, Fingerpuppen, Gummibären) fixieren, die man in 50–60 cm Patientenabstand jeweils 20–30 cm rechts und links bzw. ober- und unterhalb der Hauptblickrichtung positioniert. Auch die beiden Enden eines nach der gewünschten Größe der Blicksprungbewegung ausgezogenen Teleskop-Zeigestabes sind geeignet. Der Kopf darf dabei nicht mitbewegt werden. Man achtet darauf, ob sich beide Augen gleich schnell bewegen, ob die Blicksprünge zielgerecht enden oder ob sie kurz (hypometrische Sakkaden) oder zu weit (hypermetrische Sakkaden) sind und ob die erreichte Blickposition beibehalten werden kann.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

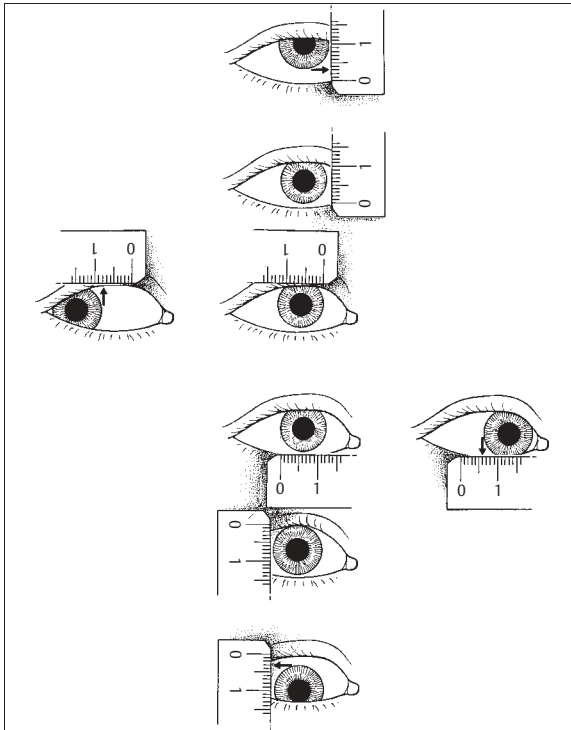


Abb. 3.16 Limbustest nach Kestenbaum. Mit einem Lineal wird die Verschiebung des der Blickbewegung entgegengesetzten Limbus aus Hauptblickrichtung gemessen. Dabei entspricht 1 mm Limbusverschiebung etwa 5°.

3.1.2 Nachweis der Fehlstellung mit dem Ab- und Aufdecktest

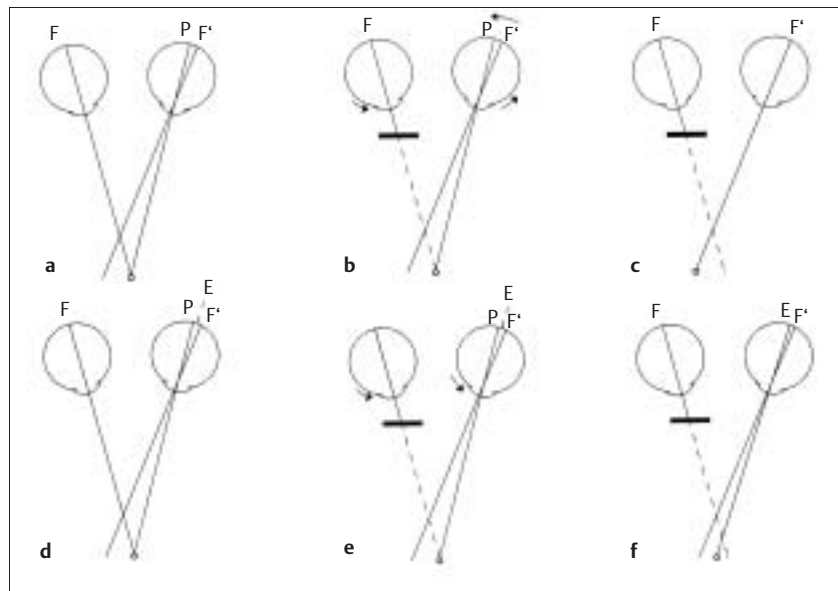
Der Ab- und Aufdecktest (Cover-uncover-Test) ist das wichtigste Mittel zum Nachweis manifester und latenter Stellungsfehler.

Auf der Basis des Abdecktests wurden in der letzten Zeit auch elektronische Messverfahren beschrieben (18, 24, 26, 31), deren praktische Bedeutung noch nicht abzuschätzen ist. Im Folgenden werden die konventionellen Verfahren dargestellt.

Einseitiger Abdecktest

Bei **manifestem Schielen** fixieren beide Augen nicht gemeinsam dasselbe Sehobjekt. Es liegt keine Orthostellung vor. Wenn man das nichtschielende Auge abdeckt und den Patienten gleichzeitig auffordert, weiterhin dasselbe Objekt anzusehen, muss er das schielende Auge mit einer Sakkade (**Einstellbewegung**) ausrichten, deren Größe – foveale Fixation vorausgesetzt – dem objektiven Schielwinkel entspricht. Bei exzentrischer Fixation ist die Einstellbewegung um den Unterschied zwischen exzentrischer Sehrichtung und Hauptsehrichtung kleiner oder größer als der objektive Winkel (**Abb. 3.17**). Hochgradige Amblyopie mit zentraler oder auch exzentrischer Fixation äußert sich in fehlenden oder unsicheren Einstellbewegungen oder in **Suchbewegungen**.

Abb. 3.17a–f Abdecktest bei linksseitiger Esotropie. Das rechte Auge fixiert ein Objekt, während das linke entsprechend dem Schielwinkel daran vorbeisieht (**a**). Im fixierenden Auge wird das Fixierobjekt auf der Fovea (F) abgebildet, im schielenden auf einem nasal der Fovea (F') liegenden Punkt (P). Wird das rechte Auge verdeckt und der Patient zugleich dazu angehalten, dasselbe Objekt anzusehen, muss das linke Auge eine Bewegung machen, die die Fovea (F') in die Position P bringt; dabei bewegt sich der hintere Augenpol nach innen, der vordere nach außen (**b,c**). Die Größe dieser Einstellbewegung entspricht dem objektiven Schielwinkel. Bei exzentrischer Fixation hat die Fovea die Hauptsehrichtung an die exzentrisch fixierende Netzhautstelle (E) abgegeben (**d**). Wird das rechte Auge verdeckt, wird die exzentrisch fixierende Netzhautstelle nach P bewegt (**e,f**). Die Einstellbewegung ist damit kleiner als der objektive Schielwinkel.



aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Zur **Durchführung des Abdecktests** lässt man den Patienten ein die Aufmerksamkeit ansprechendes Objekt (Optotypen eines Sehzeichenprojektors, Lauflicht, Fixierlicht) zunächst in 5–6 m Entfernung ansehen. Nun wird das nichtschielende – in diesem Fall rechte – Auge mit einer geeigneten Abdeckscheibe (s. Abb. 3.17) verdeckt, wobei man auf eine Einstellbewegung des freien – in diesem Fall – linken Auges achtet. Ist eine Einstellbewegung zu erkennen, handelt es sich um ein manifestes Schielen des freien Auges, in diesem Fall um linksseitige Heterotropie.

Bei Esotropie kommt das freie Auge von innen, bei Exotropie von außen, bei Hypertropie von oben, bei Hypotropie von unten.

Ist man bei der Beurteilung unsicher, wird das mutmaßlich schielende Auge zunächst wieder aufgedeckt und der Test nach kurzer Pause wiederholt. Fehlt eine Einstellbewegung, muss man nach einer Heterotropie des abgedeckten – in diesem Fall rechten – Auges fahnden: Das bisher abgedeckte – hier rechte – Auge wird dazu wieder freigegeben, das bisher freie – hier linke – Auge nach kurzer Pause abgedeckt, während man nun das freie – rechte – Auge beobachtet (Abb. 3.18).

Wenn der Schielwinkel klein ist (5° oder weniger, Mikrostrabismus), ist das schielende Auge bisweilen nicht ohne weiteres zu erkennen. Für solche Fälle sollte man sich eine Routine angewöhnen, bei der man z. B. das Abdecken systematisch mit dem besseren Auge oder – wenn die Sehschärfe unbekannt ist – mit dem rechten Auge beginnt.

Ein geübter Untersucher kann mit dem Abdecktest noch ein manifestes Schielen von 1–2 cm/m erkennen. Beobachtet man die Augen unter Lupenvergrößerung (Lupenbrille), können noch kleinere Abweichungen erfasst werden.

Zusammenfassung

Einstellbewegungen beim einseitigen Abdecktest fehlen bei

- ▶ Orthophorie, Orthotropie und Heterophorie,
- ▶ hochgradiger Amblyopie,
- ▶ exzentrischer Fixation mit Identität von monokular fixierender und binokular korrespondierender Netzhautstelle.

Hornhautreflexbilder, Visus, Fixation und Binokularsehen müssen deshalb zusätzlich berücksichtigt werden. Ein hochgradig amblyopes Auge gibt sich oft durch suchende Bewegungen zu erkennen, wenn es – nach Abdecken des nichtamblyopen Auges – die Fixation aufnehmen soll.

Bei Säuglingen gibt das Abwehrverhalten Aufschluss darüber, ob das schlechtere (meist keine Abwehr) oder das bessere Auge (meist heftigere Abwehr) abgedeckt ist.

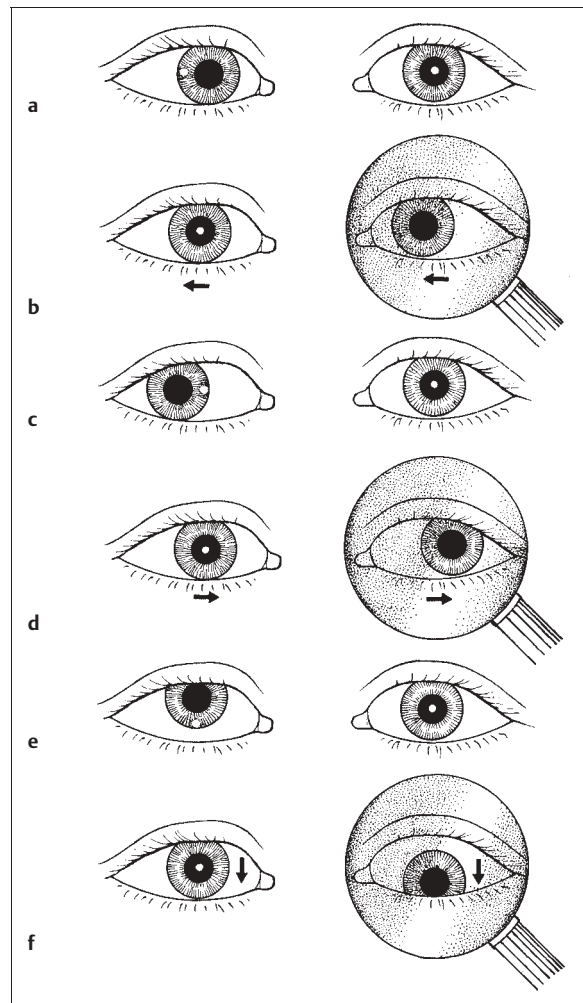


Abb. 3.18a–f Einseitiger Abdecktest bei verschiedenen Heterotropien. Das führende linke Auge wird abgedeckt. Bei Esotropie (a,b) kommt das schielende rechte Auge von innen, bei Exotropie (c,d) von außen, bei Hypertropie rechts (+VD, e,f) von oben. Hinter der Abdeckscheibe bewegt sich das linke Auge entsprechend mit. Man muss sich bei der Untersuchung natürlich ganz auf die Beobachtung des nicht abgedeckten Auges konzentrieren. Anfänger achten bisweilen zu sehr auf die bewegte Abdeckscheibe.

Der Abdecktest wird auch in 0,3 oder 0,4 m Entfernung durchgeführt. In dieser Distanz sind Lichtquellen als Fixierobjekte noch weniger geeignet als bei Blick in die Ferne, weil sie nicht zu genauer **Akkommodation** anregen. Der Patient sollte deshalb kleine Optotypen oder Bilder auf geeigneten Fixierstäbchen (Holzspatel, s. Abb. 3.14) betrachten.

Bei Kontrollen sollte der Abdecktest stets in denselben Entfernungsbereichen mit vergleichbaren Fixierobjekten ausgeführt werden.

Wertvolle zusätzliche Informationen liefert der Abdecktest auch bei der orientierenden Motilitätsprüfung, bei der wir mit seiner Hilfe unsere Bewertung der Hornhautreflexbilder objektivieren können.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag



Abb. 3.19 Abdecktest bei einem Kleinkind.

Zyklotropien können mit dem Abdecktest nur dann nachgewiesen werden, wenn größere Abweichungen bestehen. Man beobachtet dann eine Drehung der Iristrabekel und der limbusnahen Bindehautgefäße.

Kinder in den ersten Lebensjahren reagieren manchmal mit ängstlicher Abwehr, wenn die Abdeckscheibe im üblichen Abstand (3–5 cm) vor das Auge gehalten wird. Bei ihnen sollte man mit Abdeckscheibe oder Hand aus größerem Abstand abdecken (56; Abb. 3.19).

Aufdecktest

Beim Wegziehen der Abdeckscheibe (Aufdecktest) beobachtet man vorwiegend das frei gegebene Auge. Es kann unbewegt bleiben, alleine eine langsame Bewegung (Fusionsbewegung) machen oder eine schnelle Einstellbewegung (Fixationsaufnahmesakkade) zusammen mit dem anderen Auge ausführen (Abb. 3.20). Was man sieht, kann man nur unter Berücksichtigung des einseitigen Abdecktests und der Fixation bewerten.

Fand sich beim einseitigen Abdecktest bei einem Patienten ohne hochgradige Amblyopie oder exzentrische Fixation beiderseits keine Einstellbewegung (**Orthotropie**), dann kann man aus dem Fehlen einer Bewegung beim Aufdecktest auf **Orthophorie** schließen. Sieht man bei sonst identischem Befund eine langsame Bewegung des freigegebenen Auges allein, handelt es sich um ein latentes Schielen (**Heterophorie**).

Zusammenfassung

- Wenn beim einseitigen Abdecktest bei einem Patienten ohne hochgradige Amblyopie beiderseits keine Einstellbewegung erfolgt, handelt es sich um **Orthotropie**.

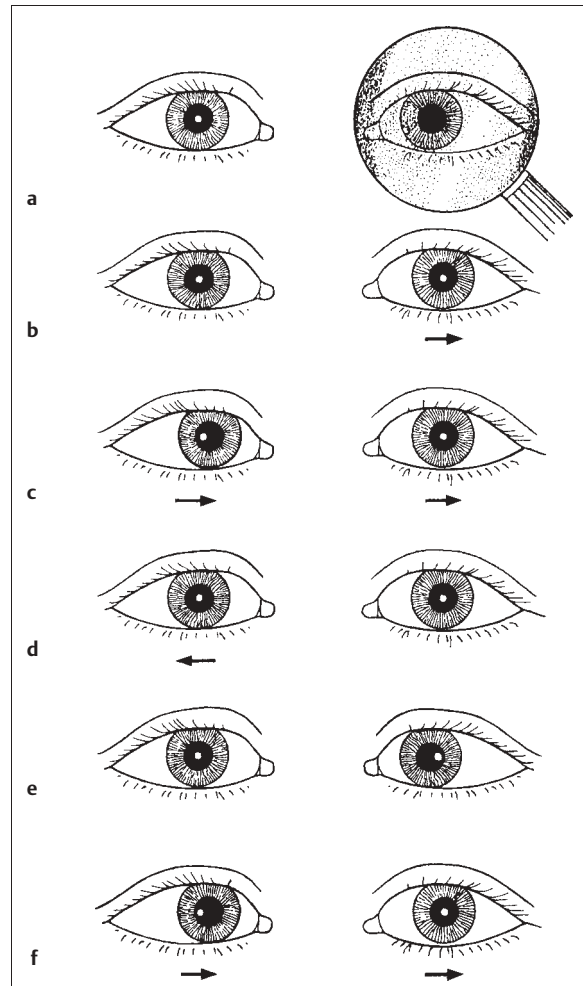


Abb. 3.20a–f Aufdecktest bei Esodeviation. Steht das linke Auge nach Abdecken in Innenschiellstellung (**a**), kann man beim Aufdecken sehen: **b** eine langsame Fusionsbewegung des linken Auges nach links (Esophorie oder linksseitiger Mikrostrabismus mit latenter Komponente); **c, d** eine rasche Einstellbewegung beider Augen nach links, gefolgt von einer langsamen Fusionsbewegung des rechten Auges nach rechts (Esophorie mit Dominanz des linken Auges oder rechtsseitiger Mikrostrabismus mit latenter Komponente); **e** keine Bewegung (linksseitige oder alternierende Esotropie); **f** eine rasche Einstellbewegung beider Augen nach links (rechtsseitige, selten auch alternierende Esotropie; aus 65).

- Beim Aufdecktest bedeuten fehlende Einstellbewegungen **Orthophorie** und eine langsame Bewegung des jeweils freigegebenen Auges **Heterophorie**.
- Bei **Esophorie** ist diese Bewegung von innen nach außen gerichtet, bei **Exophorie** von außen nach innen, bei **Hyperphorie** von oben nach unten und bei **Hypophorie** von unten nach oben.
- **Zyklophorien** können in der Regel so **nicht** nachgewiesen werden.

Dominiert bei einem Heterophoren das freigegebene Auge, kann man auch eine schnelle Einstellbewegung bei-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

der Augen beobachten, auf die eine Fusionsbewegung des nichtdominierenden freigebliebenen Auges folgt.

Eine schnelle Bewegung beider Augen beim Aufdecktest ist immer ein Zeichen für eine monolaterale Heterotropie, wobei das führende Auge verdeckt war.

Auch dann können bei kleinem Schielwinkel zusätzlich Fusionsbewegungen am schielenden Auge beobachtet werden (*Mikrostrabismus mit latenter Komponente*, 72). Mikrostrabismus mit latenter Komponente ausgenommen, sind beim Aufdecken eines manifest schielenden Auges keine Bewegungen zu beobachten. Sie fehlen auch bei alternierender Heterotropie.

Alternierender Abdecktest

Bei wechselseitigem Abdecken der Augen ohne binokular nutzbares Intervall manifestiert sich – ausreichende Sehschärfe vorausgesetzt – jede latente oder manifeste horizontale oder vertikale Abweichung von der Orthostellung mit entsprechenden Einstellbewegungen.

Beim alternierenden Abdecktest sind bei jeder Abweichung von der Orthotropie Einstellbewegungen sichtbar. Der alternierende Abdecktest erlaubt alleine aber keine Unterscheidung zwischen manifester und latenter Störung.

Ausgenommen von dieser Regel ist die manifeste Komponente des *Mikrostrabismus mit exzentrischer Fixation* und *Identität* von monokular fixierender und binokular korrespondierender Sehrichtung (48).

Bei manchen Patienten mit intermittierenden Heterotropien oder Heterophorien muss man länger alternierend abdecken, bis Einstellbewegungen sichtbar werden, weil die kompensatorische Fusionsinnervation nicht sofort abklingt.

3.1.3 Messung der Fehlstellung

Alle Befunde, die man bei der orientierenden Untersuchung und beim Ab- und Aufdecktest erheben kann, sollten mit geeigneten Messungen überprüft und gesichert werden. Die Ergebnisse dieser Messungen sind für Verlaufskontrollen unentbehrlich.

Welche der hier behandelten Messverfahren angewandt werden, wird weitgehend vom vorliegenden Befund, von der Mitarbeit des Patienten und – in den

damit vorgegebenen Grenzen – auch von Ausstattung, Erfahrung und Neigung des Untersuchers abhängen.

Im Folgenden sollen zunächst die drei Grundmethoden der Schielwinkelmessung (Hornhautreflexbilder, Einstellbewegungen, subjektive Lokalisation) besprochen werden, danach die einzelnen auf ihnen beruhenden Verfahren.

Grundlagen der Winkelmessung

Hornhautreflexbild | Optisch betrachtet ist das Hornhautreflexbild ein virtuelles Bild der Lichtquelle, das durch die Wölbspiegelwirkung der Hornhautoberfläche entsteht (*1. Purkinje-Bild*). Von seiner qualitativen Beurteilung war schon die Rede (S. 337). Eine *quantitative Auswertung* ist möglich:

Hirschberg (37) glaubte, dass eine Verschiebung des Hornhautreflexbildes um 1 mm auf dem schielenden Auge einem objektiven Schielwinkel von 7 Grad entspricht (*Abb. 3.21*). Nach neueren Untersuchungen (6, 7, 21, 60) liegt dieser Wert bei 11–12°.

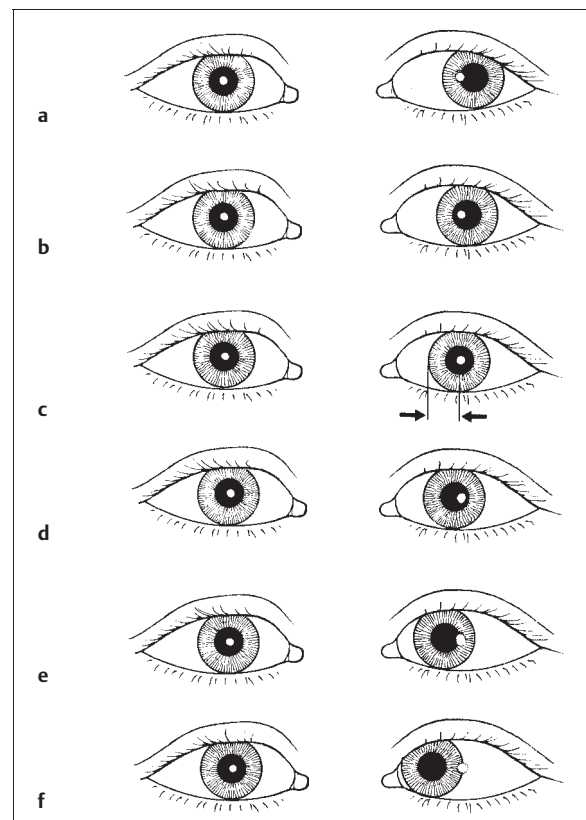


Abb. 3.21a–f Schielwinkelbestimmung nach Hornhautreflexbildes. Die Dezentrierung des Hornhautreflexbildes wird geschätzt: Nasale Dezentrierung (**a**) entsprechend etwa 25 Grad Exotropie, **b** entsprechend 10 Grad Exotropie; **c** keine Dezentrierung = Orthotropie; temporale Dezentrierung (**d**) entsprechend etwa 15 Grad Esotropie, **e** entsprechend etwa 25 Grad Esotropie, **f** entsprechend etwa 50 Grad Esotropie. Weiteres im Text.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Zusammenfassung

Bei Beurteilung der Hornhautreflexbilder ist je **1 mm Reflexverlagerung** mit einem Schielwinkel von **11–12°** zu rechnen.

Auch mit adäquaten Umrechnungsfaktoren bleibt die Schätzung der Hornhautreflexbilddezentrierung mit Ungenauigkeiten behaftet. Die Auswertung der Limbusverlagerung liefert bei einem Umrechnungsfaktor von 5 Grad je mm genauere Ergebnisse (6, 7; lineare Strabometrie, s. u.).

Die Reflexbildverlagerung kann geschätzt oder auch photographisch bzw. auf Videoaufnahmen ausgewertet werden (19). Bei quantitativer Auswertung der Hornhautreflexbilder muss stets der Winkel Kappa berücksichtigt werden.

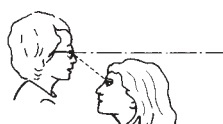
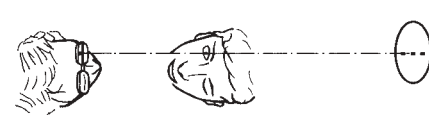
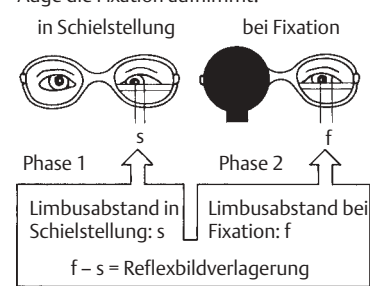
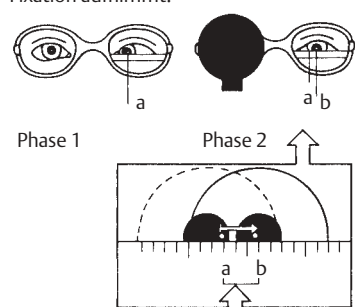
Die Empfindlichkeit lässt sich dadurch steigern, dass man unter Lupenvergrößerung auf Photographien den Abstand zwischen dem Hornhautreflexbild und dem vierten Purkinje-Spiegelbild der Linsen hinterfläche auswertet (23, 25, 47).

Man kann Schielwinkel nach Hornhautreflexbildern auch messen, indem man das Reflexbild des schielenden Auges symmetrisch zum Reflexbild des nichtschielenden Auges einstellt (mit Prismen, vor Tangententafeln, an Ha-ploskopen).

Verschiedene Autoren haben Verfahren beschrieben, wie man mit photographischen Methoden oder Videoverfahren Refraktion und Hornhautreflexbild – auch in Relation zu anderen Purkinje-Bildern – dokumentieren und für Vorsorgeuntersuchungen (**Screening**) einsetzen kann (1, 15, 18, 19, 21, 23, 25, 29, 40). An breiter Anwendung mangelt es bisher, wenn auch die Methoden für Screening-Zwecke durchaus vielversprechend erscheinen (10, 68). Dabei müssen allerdings diagnostische Reichweite und Fehlerquellen der Reflexbildmethoden bewusst bleiben.

Der Vorteil der „Hirschberg-Methode“, der Photo- und Videoverfahren liegt darin, dass sie auch bei hochgradiger Amblyopie mit/ohne exzentrische Fixation eingesetzt werden können, auch dann, wenn die Mitarbeit des Patienten für andere Methoden nicht ausreicht.

Abb. 3.22 Zwei Verfahren der linearen Strabometrie an Hornhautreflexbildern. Links – Reflexbildverlagerung relativ zum Limbus (60, 69), rechts – Reflexbildverschiebung (62). Zur Untersuchung wird dem Brillenglas ein Streifen Millimeterband aufgeklebt (s. Abb. 3.23). Der Patient fixiert eine Lichtquelle. Der Untersucher beobachtet monokular das schielende linke Auge (Phase 1) aus einer Position etwas unterhalb der Fluchtlinie und registriert den Abstand zwischen dem Hornhautreflexbild und dem Limbus (links) oder die Lage des Hornhautreflexbildes auf der Millimeterskala (rechts). Dann wird das fixierende rechte Auge abgedeckt (Phase 2) und die Reflexbildverlagerung relativ zum Limbus oder die Reflexbildverschiebung auf der Millimeterskala entsprechend abgelesen (aus 65).

Hornhautreflexbild – Lage zum Limbus	Hornhautreflexbild – Verschiebung																					
Benötigt werden – ein Streifen selbstklebendes Millimeterband für die Brille, – eine Lichtquelle, die ein gut sichtbares Hornhautreflexbild liefert.																						
																						
Beobachte monokular!	Patientenaugen, Untersucherauge und Lichtquelle sollen fluchten!																					
Beobachte, wie sich der Reflexbildabstand vom Limbus ändert, wenn das schielende Auge die Fixation aufnimmt! in Schielstellung bei Fixation 	Beobachte, wie sich das Reflexbild verschiebt, wenn das schielende Auge die Fixation aufnimmt! 																					
Phase 1 Phase 2 Limbusabstand in Schielstellung: s Limbusabstand bei Fixation: f $f - s = \text{Reflexbildverlagerung}$	Phase 1 Phase 2 a b																					
Umrechnung in Grad <table><tr><th>temporal</th><th>Reflexbildverlagerung</th><th>nasal</th></tr><tr><th>Grad</th><th>mm</th><th>Grad</th></tr><tr><td>+ 8</td><td>1</td><td>- 7,5</td></tr><tr><td>+ 18</td><td>2</td><td>- 16,5</td></tr><tr><td>+ 25,5</td><td>3</td><td>- 23,5</td></tr><tr><td>+ 32</td><td>4</td><td>- 29</td></tr><tr><td>+ 37,5</td><td>5</td><td>- 34</td></tr></table>	temporal	Reflexbildverlagerung	nasal	Grad	mm	Grad	+ 8	1	- 7,5	+ 18	2	- 16,5	+ 25,5	3	- 23,5	+ 32	4	- 29	+ 37,5	5	- 34	Umrechnung in Grad Reflexbildverschiebung 1 mm = 10 Grad
temporal	Reflexbildverlagerung	nasal																				
Grad	mm	Grad																				
+ 8	1	- 7,5																				
+ 18	2	- 16,5																				
+ 25,5	3	- 23,5																				
+ 32	4	- 29																				
+ 37,5	5	- 34																				

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

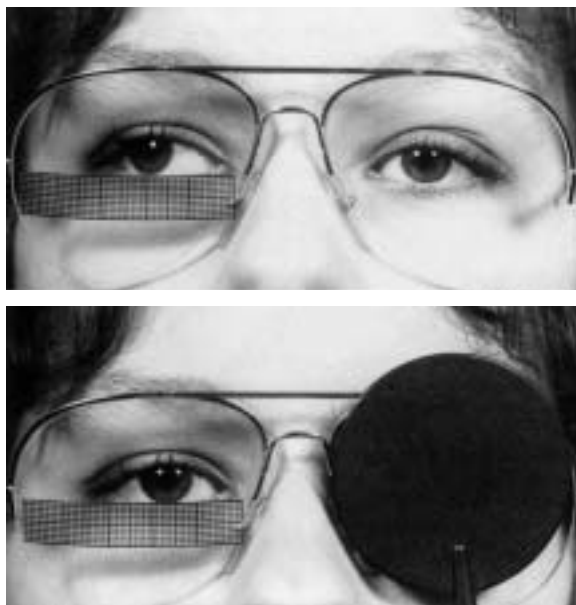


Abb. 3.23 Millimeterabdecktest bei rechtsseitiger Exotropie (58, 61). Während das linke Auge fixiert, wird für das rechte Auge die Position des temporalen Limbus an der Millimeterskala abgelesen. Anschließend wird das linke Auge abgedeckt und die Position des temporalen Limbus erneut registriert.

Lineare Strabometrie | Bei der linearen Strabometrie werden die Verlagerung bzw. Verschiebung des Hornhautreflexbildes oder des Limbus ausgewertet, die zu beobachten sind, wenn das schielende Auge die Fixation aufnimmt.

Drei verschiedene Varianten wurden angegeben (58, 59, 60, 62):

- ▶ die Beobachtung der Reflexbildverlagerung relativ zum Limbus (Abb. 3.22, linke Hälfte),
- ▶ die Beobachtung der Reflexbildverschiebung (Abb. 3.22, rechte Hälfte),
- ▶ die Beobachtung der Limbusverschiebung (Millimeterabdecktest, Abb. 3.23 und 3.24).

Wie bei den im Folgenden beschriebenen Methoden mit Einstellbewegungen ist auch bei der linearen Strabometrie zu berücksichtigen, ob das schielende Auge foveal fixieren kann oder nicht. Der Winkel Kappa hat dagegen keinen Einfluss auf das Ergebnis. Die lineare Strabometrie wird auch wenig durch Einstellschwankungen gestört (s.u.). Ihre Genauigkeit steht dem Prismenabdecktest nicht nach (1–1,5°).

Die Durchführung der Strabometrie und die Umrechnung der Messwerte in Winkelgrad ist den Abb. 3.22 bis 3.24 bzw. der Tab. 3.1 zu entnehmen. Auch eine fotografische Dokumentation und Auswertung sind möglich (43).

Zyklodeviationen werden mit der Strabometrie nicht erfasst.

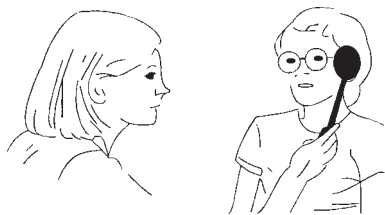
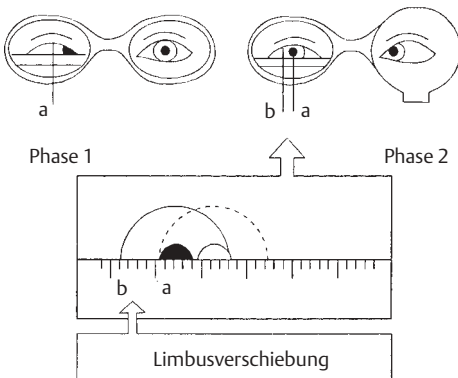
Millimeter-Abdecktest
Benötigt wird ein Steifen selbstklebendes Millimeterband
 Beobachte monokular!
Beobachte, wie sich der Limbus verschiebt, wenn das schielende Auge die Fixation aufnimmt!
 Phase 1 Phase 2 Limbusverschiebung
Umrechnung in Grad Temporalverschiebung 1 mm = 4,6 Grad Nasalverschiebung 1 mm = 4,8 Grad

Abb. 3.24 Durchführung des Millimeterabdecktests.

Der Untersucher beobachtet monokular die Verschiebung des der Schielstellung entgegengesetzten Limbus (Esotropie → temporaler Limbus), wenn das schielende Auge nach Abdecken des Führungs- auges die Fixation aufnimmt (58, 61).

Neutralisation von Einstellbewegungen | Die Grundlagen wurden schon beim Ab- und Aufdecktest behandelt (3.1.2). Zur Messung des Schielwinkels bestimmt man die Größe der Einstellbewegungen bei Fixationswechsel.

Gebräuchliche Methoden, bei denen die Einstellbewegungen neutralisiert werden, sind der einseitige oder alternierende Prismenabdecktest, Einstellbewegungen an Tangentenskalen mit zwei Fixierobjekten und Haploskope. Geübte Untersucher erreichen dabei eine Genauigkeit von 0,5–1° zumindest bei Schielwinkeln bis 10° und ge-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Tabelle 3.1 Schielwinkelmessung: Gleichwertige (in mm) Reflexbilddezentrierungen, Limbusverschiebungen und Reflexbild-Limbus-Abstände entsprechen unterschiedlichen Schielwinkeln, wobei sich teilweise noch Unterschiede für Adduktion (ADD) und Abduktion (ABD) ergeben.

mm Verschiebung =	Grad objektiver Schielwinkel bei Auswertung von Reflexdezentrierung (6)	Limbusverschiebung (61)		Reflex-Limbus-Abstand (60)	
		ADD	ABD	ADD	ABD
1	11–12	4,6	4,8	8	7,5
2	22–24	9,2	9,6	18	16,5
3	33–36	13,8	14,4	25,5	23,5
4	44–48	18,4	19,2	32	29
5	55–60	23	24	37,5	34

ringer Ametropie (sonst geringere Genauigkeit, s. 7, 26, 64).

Die *Winkelmessung nach Einstellbewegungen* ist nicht möglich

- bei exzentrischer Fixation und hochgradiger Amblyopie,
- bei ungenügender Mitarbeit des Patienten,
- bei großen Einstellschwankungen.

Sie ist schwierig, wenn die Einstellbewegungen beim Fixationswechsel stets zunächst über das Ziel hinaus gehen, das erst mit einer weiteren gegenläufigen Bewegung erreicht wird. Diese *Einstellschwankungen* zeigen, dass die Einstellbewegungen Schielender nicht immer ausschließlich auf die Verschiebung des Netzhautbildes im schielenden Auge programmiert werden, sondern auch nach zentralen (extraretinalen) Vorgaben (53).

Bei einigen Patienten verschwinden die Einstellschwankungen, wenn man den Fixationswechsel mehrfach wiederholt und dabei die Phasen monokularer Fixation verlängert.

Schielwinkel und subjektive Lokalisation | Patienten mit normaler Sehrichtungsgemeinschaft bemerken bei Auftreten einer Fehlstellung *Diplopie*. Sie beruht darauf, dass identische Sehdinge auf Netzhautstellen verschiedener Sehrichtung abgebildet werden.

Die Lokalisation des Trugbildes im Sehraum ist dabei der Fehlstellung entgegengerichtet: Bei Horizontalabweichung stehen die beiden Bilder nebeneinander, wobei das Doppelbild bei *Einwärtsschielen* zur Seite des abgewichenen Auges lokalisiert wird, also bei rechtsseitigem Einwärtsschielen Trugbild rechts (*ungekreuzte/gleichnamige/homonyme Lokalisation/Diplopie*); bei *Auswärtsschielen* erscheint das Doppelbild auf der Seite des nichtschielenden Auges, also bei rechtsseitigem Auswärtsschielen Trugbild links (*gekreuzte/ungleichnamige/heteronyme Lokalisation/Diplopie*). *Vertikalabweichungen* führen in ähnlicher Weise zu einem höher oder tiefer stehenden Doppelbild; *Zyklo-deviationen* äußern sich in einer *Bildkipfung*.

Doppelbildabstand und -lokalisierung kann man für die qualitative Untersuchung des Lähmungsschiels verwenden. Eine quantitative Auswertung ist bei normaler Sehrichtungsgemeinschaft möglich, weil der Abstand zwischen Bild und Trugbild dann dem objektiven Winkel entspricht (*Abb. 3.25*).

Andere Verfahren zur Messung des Stellungsfehlers nach subjektiver Lokalisation beruhen auf *Konfusion*. Die Konfusion entsteht, wenn verschiedene Sehdinge auf sehrichtungsgleichen Netzhautstellen abgebildet werden und dadurch im Sehraum um identische Lokalisationen miteinander streiten (*Abb. 3.26*).

Unter alltäglichen Sehbedingungen wird Konfusion dem Patienten allenfalls vorübergehend bei Auftreten des Schielens bewusst, weil das neurovisuelle System den konkurrierenden Seheindruck des schielenden Auges durch Hemmung (Suppression) rasch ausschaltet. Die Konfusion der fovealen Sehrichtung kann aber mit geeigneten Verfahren (Farbfilter und Tangententafel, Koordinimetrie, Haploskop) immer wieder ausgelöst und zur Messung des objektiven Schielwinkels benutzt werden.

Das Prinzip dieser *Konfusionstests* sei hier am Beispiel der Dunkelrotglasmethode erläutert: Der Patient sitzt in geeignetem Abstand vor einer Tangentenskala (Maddox-Kreuz, Tangententafel nach Harms). Nun wird vor ein Auge ein Dunkelrotglas gehalten, das zwar die Wahrnehmung eines Fixierlichts gestattet, alle Einzelheiten des Umfelds aber ausschaltet. Der Patient wird aufgefordert, mit einem grünen Lichtzeiger auf den roten Lichtpunkt zu weisen. Was geschieht? Um diesen Auftrag ausführen zu können, muss der Patient zunächst den roten Lichtpunkt ansehen. Zentrale Fixation vorausgesetzt, liegt damit dessen Bild in der Foveola. Da durch das Dunkelrotglas Umfeld und Lichtzeiger nicht wahrgenommen werden, kann der rote Lichtpunkt nur über das freie, nichtfixierende Auge im Raum lokalisiert werden. Dies ist dadurch möglich, dass im Gehirn das rote foveale Bild der Lichtquelle im fixierenden Auge und das Bildelement auf der sehrichtungsgleichen Netzhautstelle im schielenden Auge nach dem Prinzip der Konfusion einander überlagert werden.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

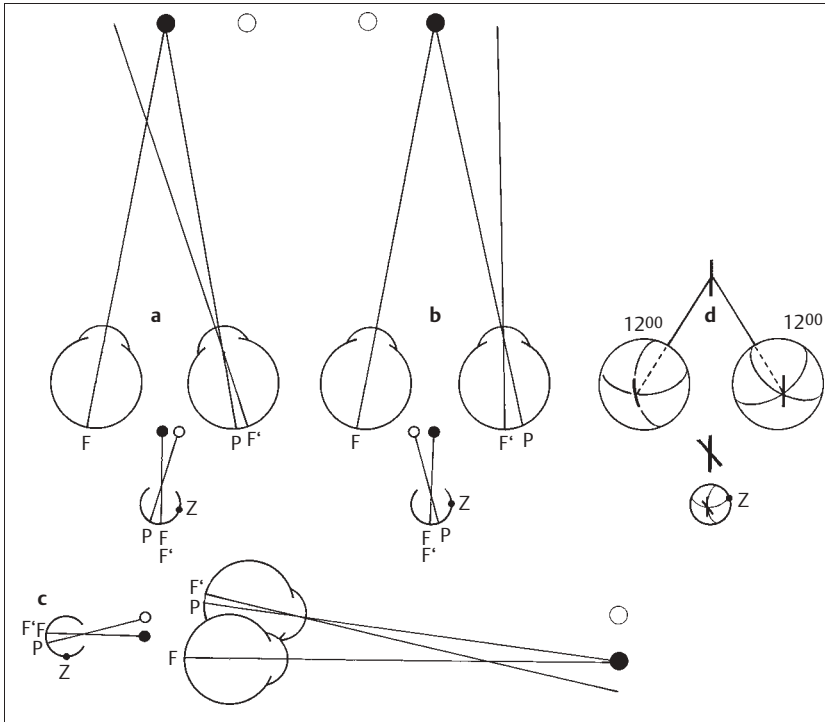
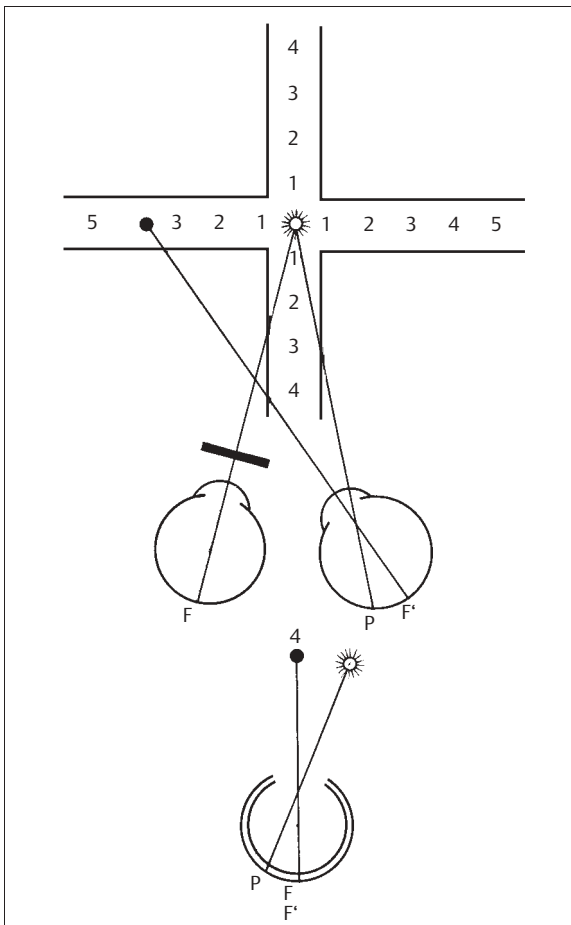


Abb. 3.25a-d Doppelbildlokalisation bei Horizontal- (a,b), Vertikal- (c) und Zyklodeviation (d).

Horizontal- und Vertikaldeviation: Das punktförmige Fixierobjekt wird im schielenden Auge auf der extrafovealen Netzhautstelle (P) abgebildet, die bei normaler Sehrichtungsgemeinschaft eine andere Sehrichtung als die Fovea vermittelt. Bei der Verrechnung der beiden Netzhautbilder – symbolisiert im Zyklopenauge (Z) – werden gleiche Sehrichtungen überlagert (z. B. beide Foveae F, F') und die ungleiche Abbildung als Diplopie gedeutet. Die Doppelbildlokalisation erklärt sich aus der Bildumkehrung im Auge (s. Strahlengang). Bei rechtsseitiger Esotropie (a) wird das Trugbild zum schielenden rechten Auge lokalisiert, bei rechtsseitiger Exotropie (b) zum nichtschielenden linken. Linksseitiger Tiefenstand (-VD) führt zu einem höher stehenden Trugbild (c). Zyklodeviation: Bei rechtsseitiger Exzyklotropie (d) erscheint das Doppelbild oben nach innen verkippt.



Der Lokalisationswert, den das rote Bild der Lichtquelle für das fixierende Auge hat (geradeaus), geht durch das Fehlen der Umfeldwahrnehmung mit diesem Auge verloren.

Bei **normaler Sehrichtungsgemeinschaft** überlagern sich in dieser Weise die fovealen Bildelemente, z. B. bei Einwärtsschielen von 4°, Dunkelrotglas links der rote Lichtpunkt (= foveales Bild des fixierenden linken Auges) und die Ziffer 4 der linken horizontalen Halbskala des Maddox-Kreuzes (= foveales Bild des schielenden rechten Auges; s. Abb. 3.26). Der Patient zeigt also mit dem grünen Lichtzeiger auf die Ziffer 4.

Abb. 3.26 Schielwinkelmessung nach dem Konfusionsprinzip mit Dunkelrotglas und Maddox-Kreuz bei Esotropie.

Das linke Auge fixiert das Licht in der Mitte des Maddox-Kreuzes durch ein Dunkelrotglas. Damit wird auf der Fovea (F) dieses Auges ein roter Lichtpunkt abgebildet, der nach dem Prinzip der Konfusion über die sehrichtungsgleiche Netzhautstelle des schielenden rechten Auges (Fovea F') in den Raum lokalisiert wird. Dort wird der rote Lichtpunkt der Ziffer 4 auf der linken Halbskala überlagert, weil diese Ziffer zugleich auf F' abgebildet ist. Die Position des roten Lichtpunkts entspricht dem objektiven Schielwinkel (4°). Gleichzeitig vermittelt das schielende Auge über P ein zweites (weißes) Bild des Fixierlichtes, das bei der zentralen Bildverrechnung (symbolisiert im Zyklopenauge unten) als gleichnamiges Doppelbild erscheint.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Zusammenfassung

Nur bei **normaler Sehrichtungsgemeinschaft** und **zentraler Fixation** stimmt der vom Patienten im Konfusionstest angegebene subjektive Schielwinkel mit dem objektiven überein. Sind die genannten Voraussetzungen nicht erfüllt, muss man den objektiven Schielwinkel mit anderen Methoden messen (Hornhautreflexbild, Einstellbewegungen).

Werden bandförmige Fixierlichter statt punktförmiger benutzt oder Maddox-Zylinder statt des Dunkelrotglases, kann auf ähnliche Weise die **Zyklodeviation** gemessen werden.

Messung der Horizontal- und Vertikaldeviation mit Prismen

Die beschriebenen Winkelindikatoren (Hornhautreflexbilder, Einstellbewegungen, subjektive Lokalisation) können mit Prismen, Tangententafeln und Haploskopen ausgewertet werden. Es war schon davon die Rede, dass die verschiedenen Messprinzipien sich nicht beliebig gegenseitig vertreten können:

Der objektive Winkel kann nach subjektiver Lokalisation nur dann gemessen werden, wenn normale Sehrichtungsgemeinschaft und zentrale Fixation vorliegen. Ähnlich ist Winkelmessung nach Einstellbewegungen nur bei zentraler Fixation möglich. Diese Grundsätze gelten nicht nur für die Hauptblickrichtung!

Bei allen Verfahren der Winkelmessung muss man berücksichtigen, dass Schielwinkel keine völlig stabilen Größen sind, sondern sich unter dem Einfluss sensorischer und motorischer Faktoren erheblich ändern können. Normales und pathologisches Binokularessehen gehen mit einer fusionalen **Ausgleichsinnervation** einher, die einen Stellungsfehler ganz oder teilweise kompensieren kann. Diese Ausgleichsinnervation klingt bei Dissoziation nicht sofort ab, führt vielmehr dazu, dass bei den ersten Messungen oft zu kleine Winkel gefunden werden. Es ist deshalb zweckmäßig, in diesen Fällen die Winkelmessung nach einer ein- bis mehrtägigen **diagnostischen Okklusion** (Marlow-Verband; 51) oder nach einem **Prismenragetest** (67) zu wiederholen (S. 173, 364).

Prismen | Prismen (einzeln, als Leiste, Abb. 3.27 oder auch als **Variprisma**, Abb. 3.28) sind ein einfaches Mittel zur Winkelmessung unter den Bedingungen des freien Raumes.

Leider ist eine genaue Umrechnung der Prismenablenkung in Bogengrad nicht ganz einfach. Formeln wie

$\text{Winkel (}^\circ\text{)} = \text{Korrektionsprisma (cm/m)} \times 0,5729$ berücksichtigen nicht, dass die Wirkung eines Prismas bei dem schrägen Durchblick des schielenden Auges von der Grundablenkung erheblich abweicht und dass die Brillengläser je nach Scheitelbrechwert und Schielwinkel die Messwerte durch prismatische Wirkung verfälschen (2, 30, 52). Wer Prismen zur Winkelmessung verwendet, seine Operationsindikationen aber nach Winkelgrad berechnet, sollte eine korrekte Umrechnung anstreben (Abb. 3.29).

Abb. 3.27 Einzelprismen und Prismenleisten.



Abb. 3.28 Variprisma nach Simonsz (70)



aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

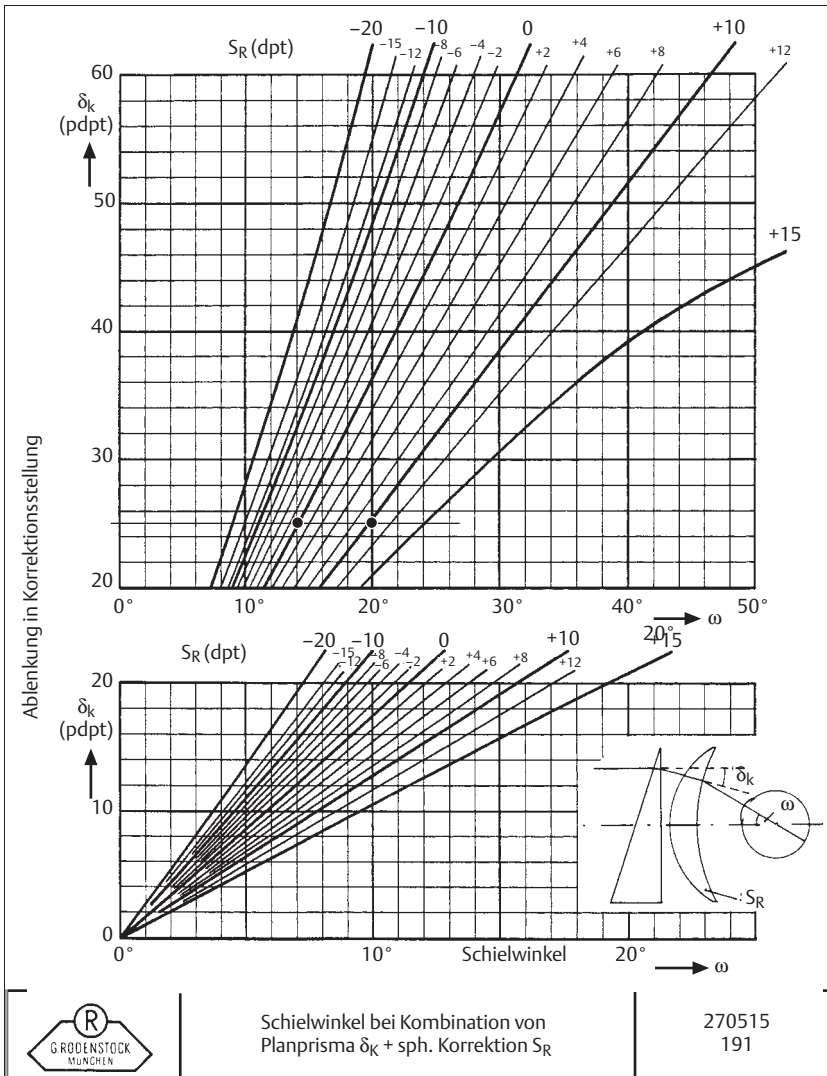


Abb. 3.29 Rodenstock-Nomogramm zur Umrechnung der Prismenablenkung (Ordinate) in den objektiven Schielwinkel in Bogengrad (Abszisse). Die Kurvenschar berücksichtigt die getragene Brillenkorrektur im Bereich von +15 bis -20 dpt. Für eine Prismenablenkung von 25 cm/m ergibt sich bei einer Refraktion von +10 dpt (Hyperopie) ein Schielwinkel von 20°, bei einer Refraktion von 0 dpt (Emmetropie) von 14°.

Zusammenfassung

Korrekte *Messung des Schielwinkels in Grad* wird ermöglicht durch

- Einzelprismen oder Prismenleisten, die in Grad kalibriert sind,
- Variprisma nach Simonsz, das in Bogengrad kalibriert ist,
- Benutzung einer Formel, eines Nomogramms oder einer Tabelle.

Auch ein korrektes Halten des Prismas ist notwendig: Unabhängig von der Blickrichtung sollte die augenseitige Prismenfläche immer senkrecht zum einfallenden Licht stehen. Bei allen Prismenmessungen weist die brechende Kante in Richtung der Fehlstellung, die Basis entgegengesetzt.

■ **Prismen und Hornhautreflexbild (Krimsky-Test).** Dabei werden Prismen zunehmender Ablenkung mit entsprechender Basislage vor das führende Auge gehalten, bis das Hornhautreflexbild des schielenden Auges symmetrisch zum fixierenden Auge liegt (46; Abb. 3.30). Der Test kann mit geeigneten Fixierlichtern bei Fern- und Nahfixation durchgeführt werden. Für Fernfixation ist als Lichtquelle ein Sehzeichenprojektor (Akkommodationskontrolle) zu empfehlen; eventuell muss der Raum zusätzlich abgedunkelt werden.

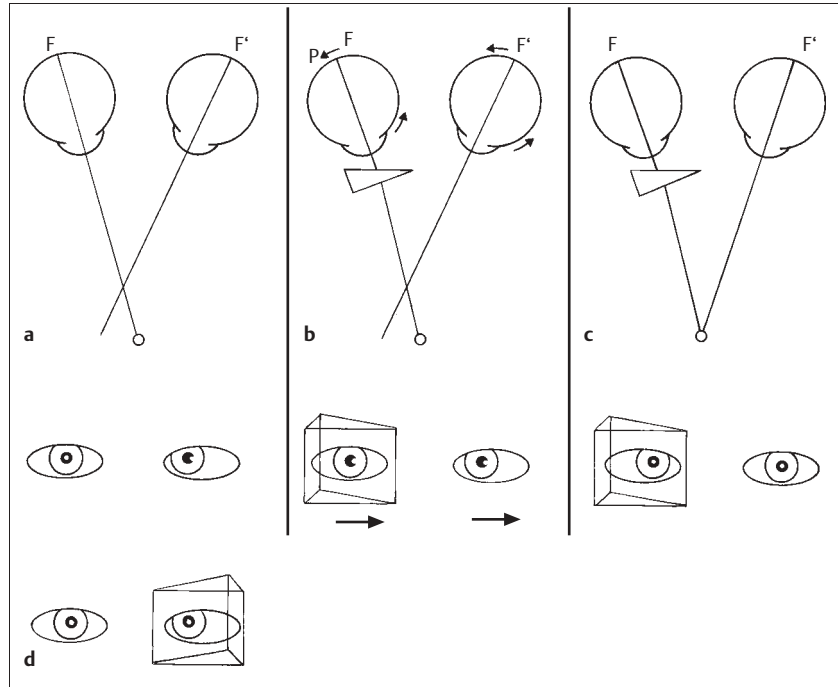
Man muss diesen Test mit Vorsicht auswerten, wenn die Beweglichkeit des fixierenden Auges eingeschränkt ist, weil er dann den sekundären Schielwinkel anzeigt.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Abb. 3.30a–d Prismenreflex-

bildtest bei linksseitiger Esotropie

(a). Vor das fixierende rechte Auge wird ein Prisma, Basis außen, gehalten, das das vom Fixierobjekt ausgehende Licht auf eine temporal der Fovea liegende Netzhautstelle (P) ablenkt (b). Der Patient wird dazu angehalten, dasselbe Fixierobjekt weiter anzusehen. Er kann dies nur, wenn er das führende Auge so bewegt, dass die Fovea (F) in die Position P kommt. Dies geschieht mit einer linksgerichteten Einstellbewegung. Entspricht die Prismenablenkung dem objektiven Winkel liegt das Hornhautreflexbild des schielenden linken Auges anschließend symmetrisch zu dem des nichtschielenden rechten (c). Bei mangelhafter Kooperation des Patienten oder bei Bewegungseinschränkungen am fixierenden Auge können Prismen vor das schielende linke Auge gesetzt werden bis das Hornhautreflexbild entsprechend liegt (d).



In derartigen Fällen kann man den primären Schielwinkel bestimmen, indem man die Prismen vor das schielende Auge hält. Leider ist der Test unter diesen Bedingungen insbesondere bei stärkeren Prismen ungenauer, weil

Lichtreflexion und -streuung die Beurteilung des Reflexbildes erheblich erschweren. Bei Patienten mit Fusionsvermögen ist der Test unbrauchbar, weil das Resultat durch das Spiel der fusionalen Vergenzen verfälscht wird.

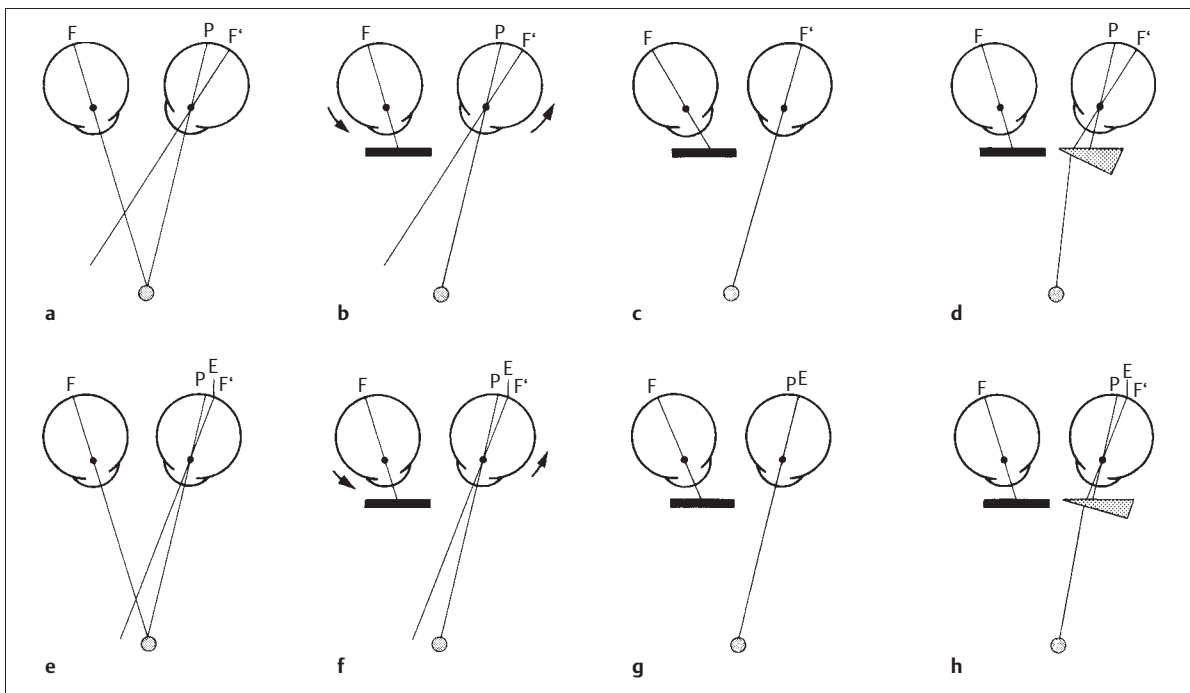


Abb. 3.31a–h Prismenabdecktest in schematischer

Darstellung bei linksseitiger Esotropie mit zentraler (oben) und exzentrischer Fixation (unten). Beim Prismenabdecktest werden die Einstellbewegungen des Abdecktests (a–c) durch ein Prisma

geeigneter Ablenkung (d). Liegt exzentrische Fixation vor (e–h), kann so nur ein Teil des objektiven Winkels ermittelt werden. Also ist der Prismenabdecktest bei exzentrischer Fixation zur Messung des objektiven Winkels ungeeignet (aus 65).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

■ **Prismen und Einstellbewegungen.** Beim Prismenabdecktest werden die Einstellbewegungen mit Prismen neutralisiert (**Abb. 3.31**). Der Test kann in jeder Entfernung und in exzentrischen Blickrichtungen bis etwa 30° durchgeführt werden. Dabei sollte man Fixierobjekte anbieten, die einen definierten Akkommodationszustand gewährleisten (kleine Optotypen). Gerade bei der Untersuchung in den Blickrichtungen und bei Kopfneigung sind Einzelprismen der Prismenleiste insofern überlegen, als man Einzelprismen besser der Nasenwurzel anlegen kann.

Da man bei paretischem Schielen bei Rechts- und Linksfixation messen sollte, sind Prismenwirkungen auf die Blickrichtung zu beachten. Vom soeben Ausgeführten abgesehen, bestehen übersichtlichere Verhältnisse, wenn das Prisma vor das nichtfixierende Auge gehalten wird, weil dann die aktuelle Blickrichtung der Position des fixierenden Auges entspricht.

Bei großen Schielwinkeln muss man Prismen vor beide Augen halten, wobei die Definition der Blickrichtung besonderer Aufmerksamkeit bedarf. Ausgleich dieser Effekte ist einmal über die Kopfhaltung möglich, aber auch dadurch dass die Blickrichtungseffekte der Prismen bewusst zur Einstellung extremer Positionen eingesetzt werden.

Werden Winkel bei Kopfneigung gemessen, muss man die Ausrichtung der Prismen der Kopfhaltung anpassen (Abb. 3.32**).**

Der Prismenabdecktest kann auf verschiedene Weisen ausgeführt werden: einseitig, simultan oder alternierend.

Beim **einseitigen Prismenabdecktest** wird das Prisma vor das nichtführende Auge gehalten, während man das führende in Intervallen verdeckt und wieder freigibt. Die

Prismenwirkung wird so lange verstärkt, bis die Einstellbewegung des nichtführenden Auges aufgehoben ist.

In manchen Fällen von Mikrostrabismus ist die Dekompensationsneigung so ausgeprägt, dass der unter binokularen Bedingungen vorhandene Schielwinkel so nicht erfasst werden kann. Beim alternierenden Schielen kann der einseitige Prismenabdecktest am häufigen Führungswechsel scheitern. In dieser Situation kann man sich mit dem **simultanen Prismenabdecktest** helfen: Man schätzt zunächst den Schielwinkel und hält dann gleichzeitig ein geeignetes Prisma vor das schielende und die Abdeckscheibe vor das führende Auge.

Der **alternierende Prismenabdecktest** wird so ausgeführt: Das Prisma wird vor das Auge gehalten, dessen Abweichung gemessen werden soll. Beide Augen werden in nicht zu rascher Folge (Einstellschwankungen verhindern) abwechselnd abgedeckt, wobei das Auge hinter dem Prisma beobachtet wird. Auch bei diesem Test wird die Ablenkung der Prismen so lange verstärkt oder abgeschwächt, bis die Einstellbewegungen des Auges hinter dem Prisma neutralisiert sind (s. **Abb. 3.31**).

Zusammenfassung

Während mit dem **einseitigen** und mit dem **simultanen Prismenabdecktest** Schielwinkel unter binokularen Bedingungen gemessen werden, erfassen wir mit dem **alternierenden Prismenabdecktest** die Schielwinkel bei aufgehobenem Binokularsehen („fusionsfreie Ruhelage“).

■ **Prismen und subjektive Lokalisation.** Schließlich kann man Prismen auch zur Bestimmung des Doppelbildabstands verwenden. Dazu werden sie in steigender Ablenkung vor das abgewichene Auge gesetzt, bis Bild und Trugbild vollkommen miteinander verschmolzen sind (**Zentriermessung**).



Abb. 3.32 Untersuchung mit Prismen. Prismen müssen so gehalten werden, dass sie die Deviationen definiert ausgleichen können. Dies ist nur möglich, wenn man die Ausrichtung der Gesichtshorizontalen bzw. -vertikalen beachtet. Werden Deviationen bei Kopfneigung gemessen, müssen Prismenleiste und Einzelprismen der Kopfhaltung entsprechend vorgehalten werden. Die einseitig abgerundeten Einzelprismen haben insofern Vorteile, als man sie leichter richtig an der Nasenwurzel ausrichten kann.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Damit man diesen Zustand nicht mit Exklusion verwechselt, sollten entsprechende Kontrollen des Binokularsehens (Lichtschweiftest) durchgeführt werden. Auch sollte man sich stets vergewissern, dass nicht nur die zentralen, sondern auch die peripheren Bildteile einfach erscheinen, was bei Zyklodeviationen in der Regel nicht der Fall ist.

Bei dieser Methode kann der objektive Winkel unter dem Einfluss der Fusion kleiner erscheinen, als er ist. Deshalb ist für genauere Messungen **zusätzliche Dissoziation** (Farbgläser, Polatest-Sehprüfgerät, kleines Vertikalprisma bei reiner Horizontalabweichung) notwendig. Wegen dieses zusätzlichen Aufwands wird der Test vorwiegend benutzt, wenn man ein zeitweiliges (Lähmungsschielen) oder bleibendes (dekompensierendes latentes Schielen) Korrektionsprisma ermitteln oder erproben will.

Zur Messung des Heterophoriwinkels bedient man sich oft des Graefe-Verfahrens und des Schobertests unter Verwendung von Sehzeichenprojektor, Phoropter und Prismenkompensator.

Mit dem **Graefe-Verfahren** können Eso- und Exodeviationen vermessen werden. Dabei wird zunächst durch Vorsatz eines 6-cm/m-Prisma (Basis unten) das Bild des linken Auges nach oben verschoben und damit eine vertikale Diplopie erzeugt. Besteht eine Horizontalphorie, erscheint das Doppelbild auch horizontal versetzt: Bei Esophorie ist das obere, zum linken Auge gehörende Bild nach links (gleichnamige Lokalisation) verlagert, bei Exophorie dagegen nach rechts (ungleichnamige Lokalisation). Mit zusätzlichen Einzelpismen oder mit Prismenkompensator (Basis in Richtung der Bildverschiebung) wird nun der seitliche Doppelbildabstand ausgeglichen, bis die beiden Bilder möglichst genau übereinander stehen. Die dazu erforderliche Prismenablenkung entspricht dem Heterophoriwinkel.

Bei Patienten mit gleichzeitiger Hyperphorie des linken Auges setzt man das Vertikalprisma (Basis unten) vor das rechte Auge. Bisweilen findet der Patient seine Aufgabe leichter, wenn das Vertikalprisma auf 10 cm/m verstärkt und Basis oben vor das nichtdominierende Auge gehalten wird.

Günstiger ist bei zusätzlichen Hyperphorien der **Schober-Test**. Beim Schober-Test wird der Phoropter durch entsprechende Farbfilter in eine Rot-Grün-Brille (Rotglas rechts, Grünglas links) umgewandelt, durch die der Patient eine besondere Testfigur betrachtet. Diese besteht aus einem grünen (roten) Kreuz, das von zwei roten (grünen) Ringen umgeben ist. Durch die Rot-Grün-Brille kann der Patient mit einem Auge nur Kreuz oder Kreise erkennen. Bei Orthophorie erscheint das Kreuz exakt in der Mitte der konzentrischen Kreise, während es bei Heterophorien horizontal und/oder vertikal verschoben oder

verkippt ist (**Tab. 3.2**). Horizontal- und Vertikalabweichung können mit dem Prismenkompensator ausgeglichen und gemessen werden. Die Verkipfung (Zyklodeviation) kann man schätzen lassen (Winkelmesser oder TABO-Schema des Brillenrezepts als Vergleich).

Tabelle 3.2 Schober-Test-Befunde: Testanordnung: Ringe grün, Kreuz rot, rechtes Auge Rotglas, linkes Auge Grünglas. V = oberes Ende des vertikalen Kreuzbalkens, Doppelpfeil = mögliche Alternativen

Patientenangaben	Interpretation
	Korrekte Überlagerung
	Exklusion rechts
	Exklusion links
	Gekreuzte Lokalisation
	Ungekreuzte Lokalisation
	Lokalisation entsprechend +VD
	Lokalisation entsprechend -VD
	Lokalisation entsprechend Exzyklotropie
	Lokalisation entsprechend Inzyklotropie

Ein elegantes Verfahren zum simultanen Ausgleich horizontal- und vertikaldistanter Diplopie mit einem Prisma schräger Basislage ist der **Tanganelli-Test** (**Abb. 3.33**). Der Patient trägt eine Messbrille, in die für das schielende (ggf. paretische) Auge ein Schweifglas (Bagolini) und für das nichtschielende (ggf. nichtparetische) Auge ein Hellrotglas eingesetzt werden. Der Patient betrachtet ein kleines weißes Fixierlicht und sieht nun dieses mit einem Lichtschweif mit dem schielenden Auge und zusätzlich ein hellrotes Bild derselben Lichtquelle mit dem nichtschielenden Auge. Man lässt nun das Schweifglas vom

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

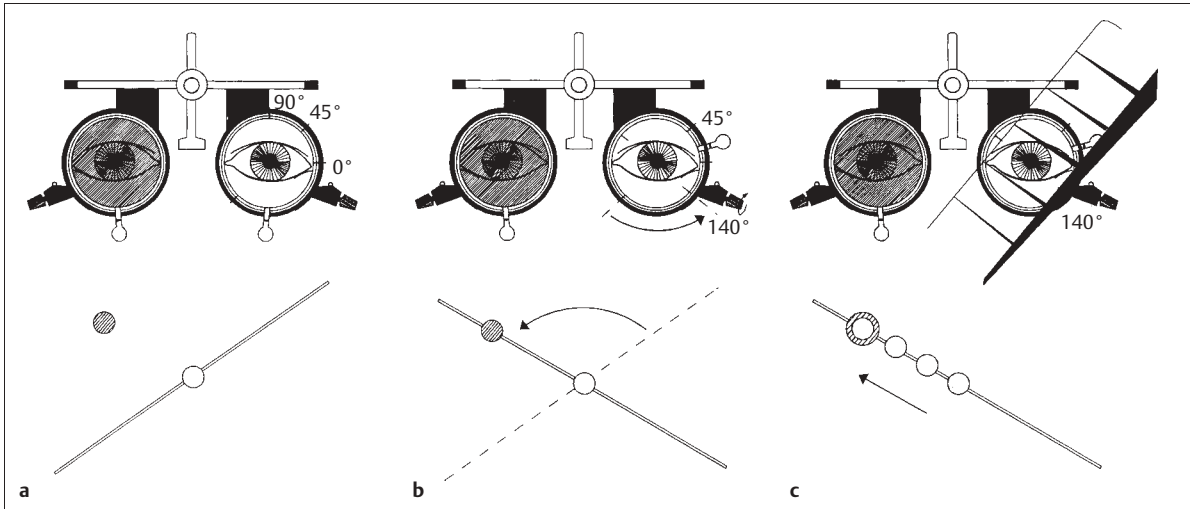


Abb. 3.33a–c Tangenelli-Test (nach 39, gering modifiziert): **a** Messbrille mit Hellrotglas rechts, Schweißglas links. Das Schweißglas steht bei 45°. Darunter vom Patienten gesehen weißes Bild des Fixierlichts mit dem Lichtschweif, oberhalb und links davon das hellrote Bild. **b** Der Lichtschweif wird durch Verdrehen des

Schweifglases vor dem linken Auge von 45 auf 140° so ausgerichtet, dass er auch durch das hellrote Bild des Fixierlichts geht. **c** Mit einer Prismenleiste Basis 140° werden so lange Prismen steigender Ablenkung vor das linke Auge gehalten, bis sich weißes und hellrotes Bild des Fixierlichts überlagern.

Patienten so drehen, dass der weiße Lichtschweif auch durch das hellrote Bild der Lichtquelle läuft. Die dann gegebene Richtung des Lichtschweifs entspricht – im TABO-Schema – der Basislage des erforderlichen Prismas. Mit dieser Basislage werden mit einer Prismenleiste dem nichtschielenden Auge solange Prismen steigender Ablenkung vorgegeben, bis sich weißes und rotes Bild des Fixierlichts mischen.

Schließlich kann man Wirkung und Basislage schräger Prismen auch aus der horizontalen und vertikalen Komponente mit einem Taschenrechner berechnen, der rektangulare Koordinaten in polare transformieren kann, oder auch aus entsprechenden Nomogrammen ablesen (S. 184, Abb. 2.24).

Messung der Horizontal- und Vertikaldeviation mit Tangentenskalen

Tangentenskalen und -tafeln sind für bestimmte Prüfdistanzen mit einer (oder zwei) Gradeinteilung(en) versehen, die nach der Formel

$$x = \tan \alpha \times b$$

berechnet werden kann. Dabei bedeuten: x Abstand zwischen einer gesuchten Markierung der Skala und dem Fixierlicht, $\tan \alpha$ den Tangens des Winkels, b die Prüfdistanz (Abb. 3.34). Man kann sich nach der angegebenen Formel leicht eigene Tangententafeln für beliebige Entfernungen anfertigen. Gebräuchlicher sind fertige Systeme: Die **Tangentenskala nach Maddox** (Maddox-Kreuz, Abb. 3.35) und die **Tangententafel nach Harms** (Abb. 3.36).

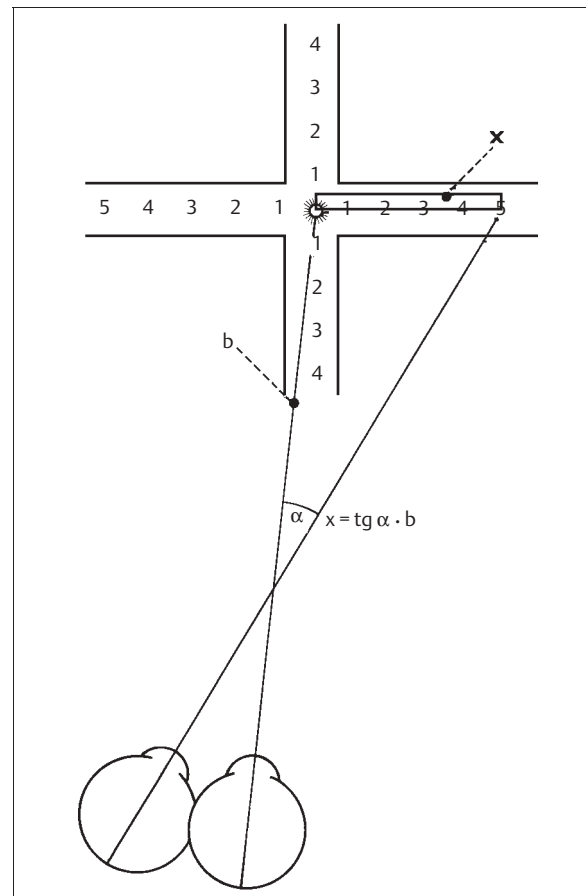


Abb. 3.34 Berechnung von Tangententafeln. Bei einem Schielwinkel von 5° berechnet man den Abstand x zwischen Tafelmittle und der Ziffer 5 der Skala nach $x = \tan (5) \times b$. Dabei ist b die Distanz vom Patienten zur Tafel.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Das **Maddox-Kreuz** ist mit zwei Skalen ausgestattet, einer großziffrigen für 5 m Prüferentfernung und einer kleinziffrigen für 1 m. Im Zentrum der Skala findet sich ein punktförmiges Fixierlicht, das sich bei der Untersuchung in Augenhöhe genau gegenüber dem Patienten befinden sollte.

Die **Tangententafel nach Harms** ist meist für 2,5 m Entfernung berechnet. Sie erleichtert die Untersuchung bei Lähmungsschielen durch einige Zusatzeinrichtungen: Ein Gitternetz vereinfacht das Ablesen kombinierter Horizontal- und Vertikaldeviationen, die Tafeldiagonalen gestatten eine genauere Auswertung des Kopfneigetestes, mit dem zum Lichtband aufblendbaren Fixierlicht können Zyklodeviationen gemessen werden, ein kleiner Projektor an der Stirn des Patienten erlaubt durch ein Positionskreuz eine relativ genaue Kontrolle der Kopfhaltung (50).

Daneben gibt es für den Nahbereich (0,4 m) berechnete Tangentenskalen auf den Nahprüfgeräten nach **Wilms** (Rodenstock), nach **Reiner** (Möller) und nach **Osterberg** (Oculus). Die Skalen sind in cm/m geteilt. Sie dienen der Win-

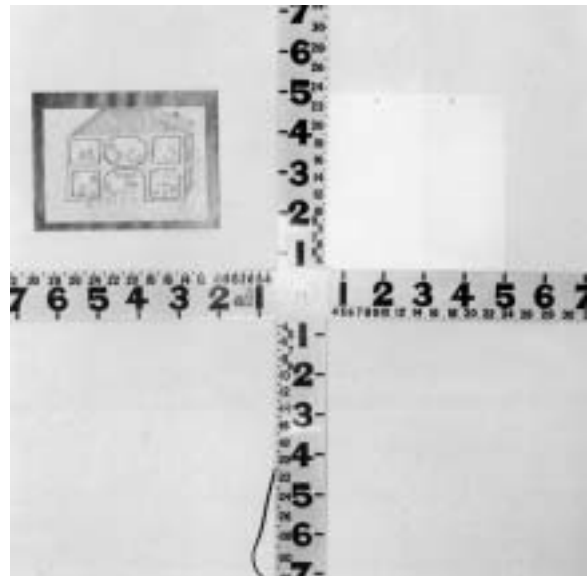
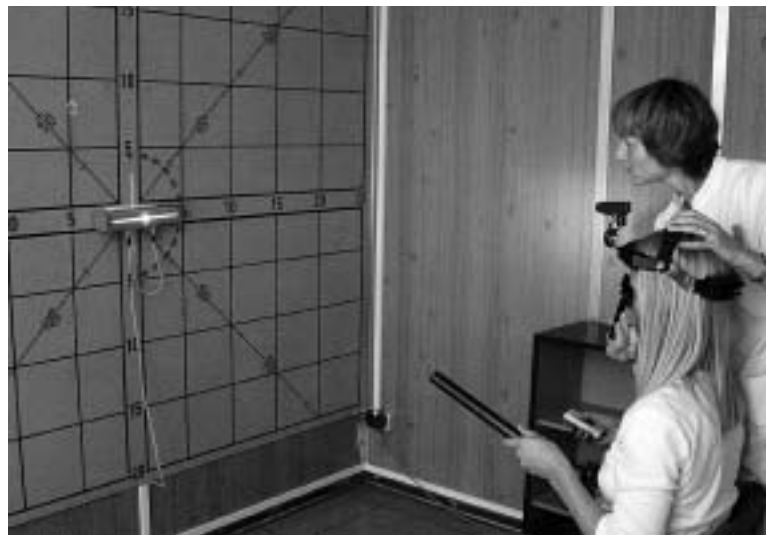


Abb. 3.35 Maddox-Kreuz. Die großziffrige Skala gilt für 5 m Untersuchungsdistanz, die kleinziffrige für 1 m.

Abb. 3.36 Tangententafel

nach Harms. Das Fixierlicht in der Tafelmitte kann zum Lichtband aufgeblendet und gedreht werden. Die beiden schrägen Skalen dienen zur Winkelmessung bei Kopfneigungen von 45°. Unten Stirnprojektor für Positionskreuz und Zeigepjektor.



kelmessung nach dem Prinzip der subjektiven Lokalisation (**Abb. 3.37**).

Tangentenskala und Hornhautreflexbilder | Der Patient sitzt in 1 m Abstand einem Maddox-Kreuz gegenüber, dessen Fixierlicht sich in Augenhöhe gerade vor ihm befindet. Zunächst wird das Hornhautreflexbild des führenden Auges beurteilt (Winkel Kappa schätzen). Danach wird das nichtschielende Auge mit einem zusätzlichen Fixierobjekt geführt, bis das Reflexbild des schielenden Auges dieselbe Lage hat, die zu Beginn auf dem führenden Auge festgestellt worden war. Die Position des zusätzlichen Fixierobjektes zeigt auf der Tangentenskala den Schielwinkel an. Die Methode ist umständlicher, aber



Abb. 3.37 Tangentenskalen auf Nahtestgeräten. Links nach Reiner (Möller, Wedel), rechts nach Osterberg (Oculus, Wetzlar).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

nicht wesentlich genauer als andere Hornhautreflexbildverfahren und wird deshalb wenig benutzt.

Insbesondere beim Lähmungsschielen ist zu beachten, dass das fixierende Auge beim Ablesen des Winkels nicht in Primärposition steht.

Der Winkel wird also nicht in Hauptblickrichtung, sondern in einer Blickrichtung gemessen, die der aktuellen Position des fixierenden Auges entspricht. Wegen dieser Probleme ist die Methode nur für konkomitierende Winkel geeignet.

Tangentenskala und Einstellbewegungen | Der Patient fixiert mit dem führenden Auge das in Hauptblickrichtung liegende Licht der Tangententafel. Mit einem Zeigeprojektor wird eine Lichtmarke auf die Stelle der Tafel projiziert, auf die die Gesichtslinie des schielenden Auges weist (schätzen). Das schielende Auge wird abgedeckt, der Patient zugleich aufgefordert, das Fixierlicht der Tafel anzusehen. Anschließend wird das führende Auge verdeckt und der Patient angewiesen, die zusätzliche Lichtmarke zu fixieren. Diese Lichtmarke wird nun unter wiederholtem ein- oder wechselseitigen Abdecken so lange verschoben, bis keine Einstellbewegungen mehr zu erkennen sind. Die Position der Lichtmarke entspricht dann – beiderseits zentrale Fixation vorausgesetzt – dem objektiven Schielwinkel.

Das Verfahren ist weniger gebräuchlich als der alternierende Prismenabdecktest, weil es mehr Mitarbeit vom Patienten fordert und deshalb besonders bei Kindern schlecht durchzuführen ist. Sein Vorzug ist, dass es einen nicht durch Prismenfehler (Veränderung der Ablenkung bei schrägem Durchblick) verfälschten Winkel liefert.

Tangentenskala und subjektive Lokalisation | Die Untersuchung beruht auf Konfusion, der Konkurrenz ver-

schiedener fovealer Bilder um dieselbe Stelle des Sehraumes. Prinzip und Voraussetzungen des Tests wurden schon besprochen (S. 347). Mit entsprechend berechneten Tangentenskalen kann die Untersuchung in jeder beliebigen Entfernung durchgeführt werden. Gebräuchlich sind 5 m oder 2,5 m bei kleinen Winkeln bis 7°, 2,5 m oder 1 m bei größeren Winkel und 0,4 m in der Heterophoriediagnostik.

Bei inkomitierendem Schielen werden die Hauptblickrichtung, die übrigen acht diagnostischen Blickrichtungen und Rechts- und Linksneigung – dies ggf. auch bei Auf- und Abblick – bei Rechts- und Linksfixation je nach Winkel und verfügbarem Gerät in 5, 2,5 oder 1 m Entfernung untersucht. Die Blickrichtungen werden durch gegensinnige Kopfbewegungen eingestellt. Vor das fixierende Auge kommen Dunkelrotglas oder Maddox-Zylinder. Die gemessenen Winkel werden in einem Diagramm festgehalten (**Abb. 3.38**, weitere Beispiele in 3.3).

Bei einseitigen Paresen genügt es für die meisten Zwecke, bei Fixation mit dem nichtgelähmten Auge zu messen.

Die von Harms (34) angegebene Untersuchungseinrichtung bietet mit den schon erwähnten Hilfen eine Reihe von Vorteilen: Sie erlaubt die Messung kleiner und größerer Winkel in einer einzigen Entfernung (2,5 m), gestattet eine bessere Definition der Blickrichtung (Stirnprojektor mit Positionskreuz) und der Neigung (Diagonalskalen) und ermöglicht eine Vermessung der Zyklodeviation (über Servomotor drehbares Lichtband) und der Kopfzwangshaltung (Stirnprojektor). Trotz der erweiterten Möglichkeiten ist die Genauigkeit der Messungen begrenzt, aber für alle diagnostischen Zwecke völlig ausreichend. Fehler können bei der Ausrichtung von Augen und Stirnprojektor auf Primärposition oder durch Verschiebung des Stirnprojektors während der Untersuchung entstehen. Bei Blickrichtung und Kopfhaltung dürfte der Fehlerbereich bei erfahrenen und aufmerksamen Untersuchern unter 5 Grad liegen.

Re. Fix.						Li. Fix.									
Blick links	HD	VD	HD	VD	HD	VD	HD	VD	HD	VD	HD	VD			
		-1		-2		-3		-2		-2		-3			
	+1	-2		-5		-9	+1	-3		-8	+1	-12			
	+2	-5	+2	-10	+3	-12	+1	-6	+3	-12	+2	-15			
Kopf li. Schulter				Kopf re. Schulter				Kopf li. Schulter				Kopf re. Schulter			
		-11				-1				-14				-2	
L		G		R		L		G		R					
EX	8	EX	4	EX	2	EX	10	EX	6	EX	3				

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Zusammenfassung | Vorteile der Tangentenskala

- Messung aller Schielwinkel (Horizontal-, Vertikal- und Zyklo-deviation) mit geringen Messfehlern in Tertiärpositionen
- Messung einer Kopffehlhaltung
- Messung des monokularen Blickfelds
- Messung des Fusionsblickfelds ohne Ortswechsel des Patienten

Da die diagnostischen Blickrichtungen durch gegenseitige Kopfpositionen eingestellt werden, ist der Blick des Patienten immer auf die Tafelmitte gerichtet. Dadurch werden in den schrägen Blickrichtungen Messfehler vermieden, die bei anderen Verfahren wie Koordimetrie und Synoptometer aus geometrischen Gründen zwangsläufig auftreten (42).

Koordimetrie | Besonders anschauliche Befunde liefert der *Hess-Schirm* und seine Abwandlungen (Koordimetrie). Es handelt sich um eine auf 0,5 m Entfernung berechnete Tangententafel (Abb. 3.39). Der Patient sitzt für die Untersuchung so, dass sich der Mittelpunkt der Tafel in Hauptblickrichtung befindet. Bei der *Modifikation nach Lancaster* trägt der Patient eine hellrot-grüne Wendebille.

Zur Prüfung bei Rechtsfixation wird das Hellrotglas vor das rechte Auge gesetzt, das Grünglas vor das linke. Der Untersucher projiziert eine rote Lichtmarke als Fixierobjekt auf die Tafelmitte. Der Patient hat die Aufgabe, mit einem grünen Lichtzeiger auf die rote Lichtmarke zu weisen. Da der Patient die rote Lichtmarke allein mit dem rechten und die grüne nur mit dem linken Auge sehen kann, erfolgt die Überlagerung beider Lichtmarken, wenn diese auf sehrichtungsgleichen Netzhautstellen ab-

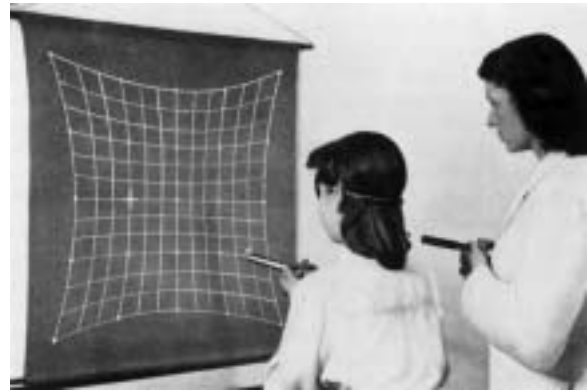


Abb. 3.39 Koordimetrie mit Hess-Schirm (Bild Clement Clarke, London). Der Untersucher weist mit einem roten Strichprojektor auf eine Schirmmarkierung. Der Patient trägt eine rot-grüne Wendebille und zeigt mit einem grünen Strichprojektor auf die Position des roten Strichs (Kreuz).

gebildet und dann nach dem *Prinzip der Konfusion* überlagert werden. Normale Sehrichtungsgemeinschaft vorausgesetzt, entspricht dabei der vom Untersucher beobachtete Abstand zwischen roter und grüner Lichtmarke dem objektiven Schielwinkel bei Rechtsfixation. Die Größe des Winkels kann zwar vom 5-Grad-Netz des Schirms abgelesen werden, hat aber für die Auswertung nur untergeordnete Bedeutung. Wesentlicher ist die Position des grünen Lichtzeigers selbst, die in einem Diagramm (Abb. 3.40) festgehalten wird.

Der Untersucher weist nun der Reihe nach auf die übrigen Schirmmarkierungen und protokolliert die jeweils vom Patienten mit der grünen Lichtmarke angezeigte Position. Sind alle Markierungen abgefahren, wird die Wendebille umgekehrt und die Untersuchung bei Linksfixa-

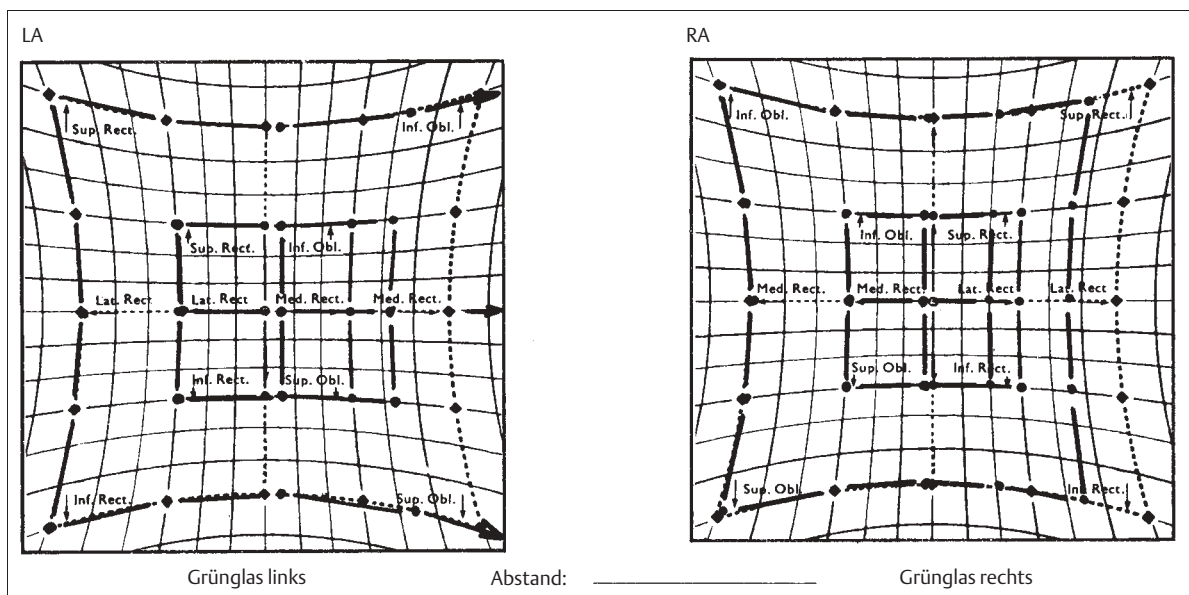


Abb. 3.40 Protokoll eines Koordimetriebefundes bei rechtsseitiger Abduzensparese.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

tion durchgeführt. Auf diese Weise erhält man zwei Diagramme, aus denen jeweils die Fehlstellung des „Grünglasauges“ bei Fixieren des gelähmten bzw. des nicht-gelähmten Auges unmittelbar abzulesen ist: Ist das „Grünglasauge“ das paretische, dann bleiben die Messpunkte hinter den Vorgaben zurück (*primärer Schielwinkel*); die Messquadrate sind in Zugrichtung des paretischen Muskels geschrumpft. Ist dagegen das gelähmte Auge das „Rotglasauge“, werden die vorgegebenen Strecken überschritten; die Quadrate sind entsprechend vergrößert (*sekundärer Schielwinkel*, s. Abb. 3.40, weitere Beispiele in 3.3).

Bei konkomitierendem Schielen (Heterophorie, akuter Strabismus) sind alle Messpunkte in gleicher Weise verlagert, ihre vorgegebene Quadratanordnung aber nicht verändert.

Soweit diese Veränderungen nicht schon auf den ersten Blick deutlich werden, kann man sie erfassen, indem man den Abstand der Messpunkte mit einem Stechzirkel abgreift und mit dem vorgedruckten Raster vergleicht.

Die Koordimetrie erzielt nur dann die Empfindlichkeit der Tangentenskalen, wenn neben dem zentralen Messraster mit 15-Grad-Abstand zur Hauptblickrichtung auch die 30 Grad davon entfernt liegenden Prüfpunkte abgefragt werden. Der zentrale Teil ist nur bei größeren Schielwinkeln ausreichend. Die Kontrolle der Kopfhaltung ist kritisch und bedarf der besonderen Aufmerksamkeit des Untersuchers. In den tertiären (schrägen) Blickrichtungen kommt es zu Messfehlern.

Zusammenfassung

Die *Koordimetrie* ist schneller durchzuführen als die Untersuchung an der Tangententafel, weist aber folgende *Nachteile* auf:

- ▶ Die Prüfung erfolgt bei Nahblick.
- ▶ In den tertiären Blickrichtungen entstehen Messfehler.
- ▶ Eine Messung der Zyklodeviation ist unmöglich.
- ▶ Es kann nicht bei größeren Blickexkursionen gemessen werden.
- ▶ Die Kontrolle der Kopfhaltung ist schwierig.

Messung der Horizontal- und Vertikaldeviation mit Haploskopen

Haploskope gehören zu den vielseitigsten Untersuchungsgeräten, weil man mit ihnen objektive und subjektive Winkel, Fusionsvermögen und stereisches Sehen messen kann, ohne mehr als die Prüfbilder zu ändern.

Als Haploskope bezeichnen wir Geräte, mit denen wir jedem Auge für sich ein eigenes Bild anbieten können. Die Bildtrennung kann dabei durch FarbfILTER (Farbhaploskopie, Anaglyphenmethode), durch Trennwände, durch Prismen, durch Spiegel (Synoptophor, Synoptometer, Amblyoskop), durch Polarisationsfilter (Polarisationshaploskop) oder durch rasch alternierende Bilddarbietung (Phasendifferenzhaploskop) erreicht werden.

Wir wollen hier die Messung des objektiven Schielwinkels besprechen und uns auf wenige wichtige Geräte (Synoptophor, Synoptometer, Polarisations- und Phasendifferenzhaploskop) beschränken. Die Untersuchung des Bin-

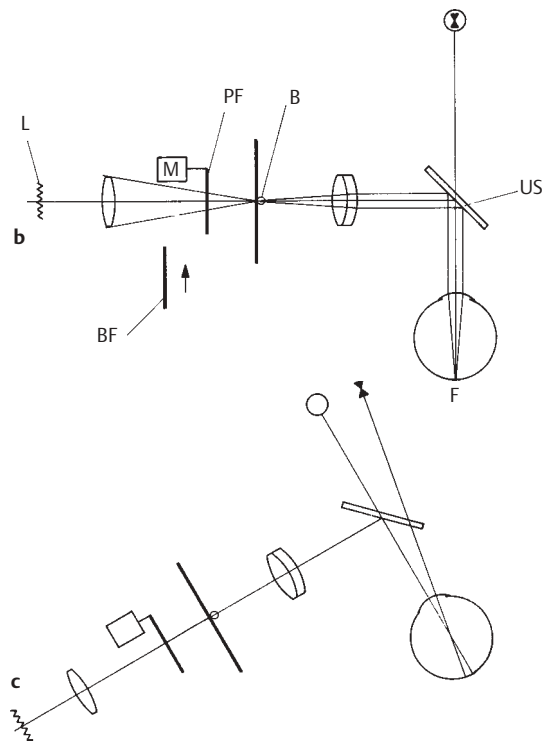


Abb. 3.41 Synoptometer nach Cüppers von der Unter-sucherseite gesehen (Bild Oculus, Wetzlar).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

okularsehens wird an anderer Stelle (3.2) behandelt. Eine ausführlichere Darstellung der verschiedenen Geräte und ihrer historischen Entwicklung findet sich bei Mackensen (49).

Synoptophor und Synoptometer | Synoptophor und Synoptometer (Abb. 3.41) besitzen für jedes Auge einen beleuchteten Bildträger, der horizontal und vertikal (ältere Synoptophore nach Cüppers) oder horizontal, vertikal

und verkippt (Synoptophor von Clement Clarke, neuere Synoptophore und Synoptometer nach Cüppers) eingestellt werden kann.

In die Träger können verschiedene Bildpaare eingeschoben werden, die eine Untersuchung auf **Simultansehen** (Punkt und Kreis, Spinne und Netz, Löwe und Käfig), auf **Fusion** (gleichartige Bilder mit Kontrollobjekten) und auf **sterisches Sehen** (gleichartige Bilder mit Kontrollobjekten und Querdissipation) gestatten (Abb. 3.42).

Abb. 3.42 Synoptophor-/Synoptometerbilder (Oculus, Wetzlar): Oben Simultanbilder, unten links Fusionsbilder mit peripheren und zentralen Kontrollobjekten (Stock, Ring bzw. Knöpfe), unten rechts Stereobilder.

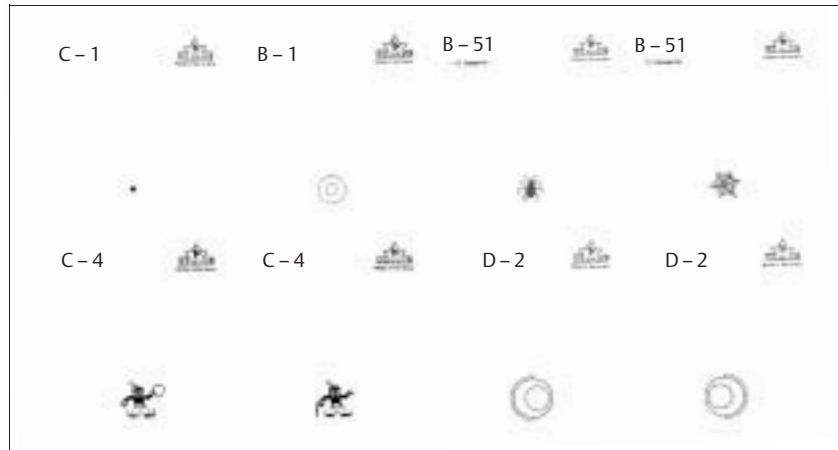
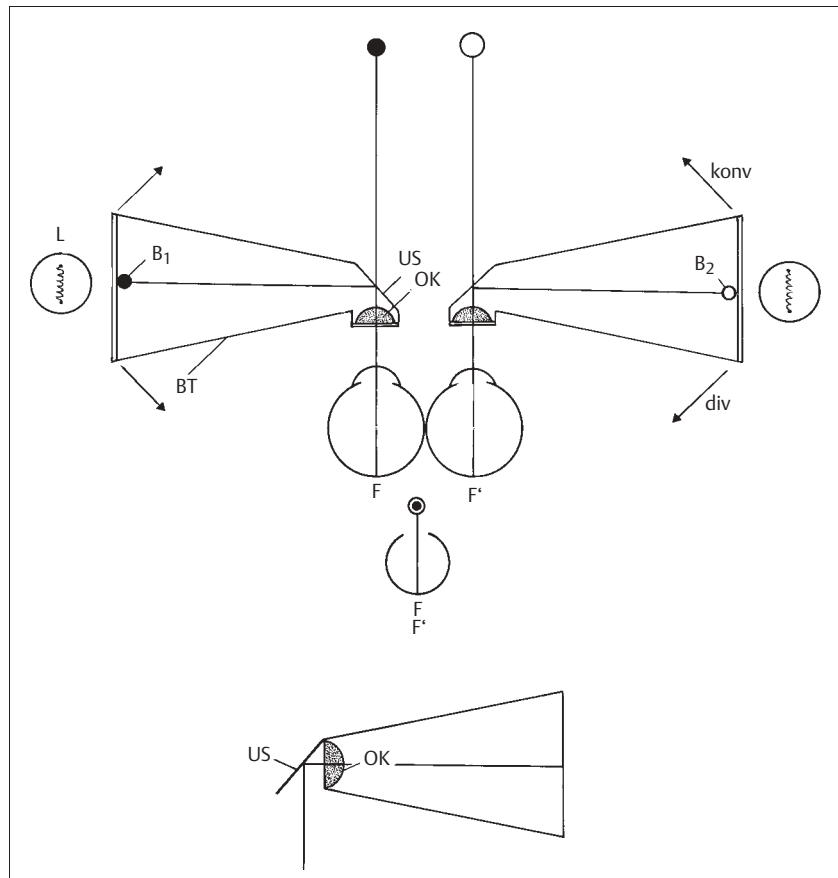


Abb. 3.43 Strahlengang am Synoptophor (vereinfacht): Die Lampen (L) beleuchten die Bilder B_1 (Punkt) und B_2 (Kreis) im linken bzw. rechten Bildträger (BT). Die Bilder stehen in der Brennpunktebene der Okularlinse (OK). Die von den Bildern ausgehenden Lichtstrahlen werden über einen Umlenkspiegel (US) auf das Okular gelenkt und verlassen dieses mit parallelem Strahlengang. Dadurch erscheint das Synoptophorbild in unendlicher Entfernung gerade vorn und kann von einem akkommodationslosen rechtsichtigen oder entsprechend korrigierten Auge auf der Fovea (F bzw. F') abgebildet werden. Konvergente (konv) und divergente (div) Schielwinkel werden durch Einstellen der Bildträger in der Horizontalebene ausgeglichen. Beim Synoptometer (unteres Bild) trifft das Licht erst nach Austritt aus der Okularlinse auf den Umlenkspiegel.



aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Die Testbilder sind im Träger über einen Umlenkspiegel und eine Okularlinse sichtbar, die sie im Unendlichen (paralleler Strahlengang) abbildet (Abb. 3.43). Dadurch sollen bei emmetropen oder entsprechend korrigierten Augen Akkommodation und akkommodative Konvergenz soweit wie möglich ausgeschaltet werden. Vom Patienten gesehen liegt bei den älteren Synoptophoren die Okularlinse vor dem Umlenkspiegel, bei den neueren und beim Synoptometer dahinter. Deshalb und wegen der sehr schmalen Umlenkspiegel können mit dem Synoptometer auch extreme Blickrichtungen (bis 50° Rechts- und Linksblick, bis 50° Hebung, bis 60° Senkung) vermessen werden. Die schmalen Synoptometerspiegel sollen gleichzeitig die Raumwahrnehmung verbessern und damit die **Apparatekonvergenz** vermindern.

Leider geschieht dies in zu geringem Ausmaß, sodass die mit Synoptophor oder Synoptometer gemessenen Horizontaldeviationen erheblich von denen abweichen, die mit dem alternierenden Prismenabdecktest oder mit Dunkelrotglas und Tangentenskala gefunden werden. Bei deutlicher Apparatekonvergenz (10° und mehr) können gleichzeitig vorhandene Vertikaldeviationen verfälscht werden. So störendes Ausmaß erreicht die Apparatekonvergenz am Synoptometer nur beim kindlichen Schielen, während beim Erwachsenen mit zyklvertikalen Paresen nichttraumatischer oder traumatischer Genese die Vorteile überwiegen (20). In allen Fällen kommt es allerdings zu Fehlern in den schrägen Blickrichtungen.

Zusammenfassung | Synoptophor/Synoptometer

Vorteile

- ▶ vielseitige Einsatzmöglichkeiten (Messung von Schielwinkel, Binokularsehen, Motilität)
- ▶ geringer Platzbedarf
- ▶ Haidinger-Büschel

Nachteile

- ▶ Prüfung erfolgt bei Nahblick
- ▶ Messfehler in den tertiären Blickrichtungen
- ▶ Messung der Zyklodeviation schwierig
- ▶ erhebliche Apparatekonvergenz (bei Synoptometer etwas geringer)

Zur Messung von Horizontal- und Vertikaldeviation am Synoptophor/-meter legt der Patient sein Kinn auf die Kinnschale und drückt seine Stirn gegen die Stirnstütze. Die Höhe von Patientensitz und/oder Gerätetisch wird möglichst bequem eingerichtet. Die Bildträger werden in Nullstellung gebracht; geeignete Simultanbilder (Kreis und Punkt, Spinne und Netz, Löwe und Käfig – Kreis, Netz oder Käfig vor das führende oder zuerst zu untersuchende Auge) werden eingeschoben. Kleinere Simultanbilder fordern genauere Fixation und gestatten damit eine präzisere Messung, sind aber für kleinere Kinder oft weniger vielseitig und interessant.

Die Helligkeit wird so einreguliert, dass der Patient nicht geblendet wird. Nun werden die Bildträger auf die Pupillardistanz des Patienten eingestellt und anatomische Höhenunterschiede seiner Augen ausgeglichen. Mit der Stirnstütze wird der Abstand zwischen Hornhautscheitel und Okular bzw. Umlenkspiegel auf etwa 15 mm eingestellt. Entsprechend der Refraktion werden Korrekturgläser in die dafür bestimmten Halterungen eingesteckt (beim Synoptometer Umrechnungstabelle beachten). Beim älteren Synoptophor können kleinere und mittlere Schielwinkel eventuell auch mit Brille gemessen werden.

Zur **Bestimmung des objektiven Winkels nach Hornhautreflexbildern** (monolaterales Schielen mit Amblyopie und/oder exzentrischer Fixation) wird nun mit einem Taster die Beleuchtung des Bildträgers mit dem kleineren Objekt (Punkt, Spinne oder Löwe – schielendes/nichtführendes Auge) ausgeschaltet. Der Patient wird aufgefordert, in die Mitte des dem anderen (führenden) Auge sichtbaren Bilds (Kreis, Netz oder Käfig) zu sehen. Nun wird die Lage des Hornhautreflexbildes auf diesem Auge beurteilt (Winkel Kappa). Die Beleuchtung des nichtführenden Auges wird eingeschaltet und der betreffende Bildträger so bewegt, dass das Hornhautreflexbild symmetrisch zum führenden Auge liegt. Der Untersucher muss dabei die Hornhautreflexbilder aus Beleuchtungsrichtung beurteilen und darauf achten, dass das führende Auge seine Fixation beibehält. Der objektive Schielwinkel kann an den Geräteskalen oder der digitalen Anzeige abgelesen und protokolliert werden.

Bei zentraler Fixation und mittel- bis geringgradiger Amblyopie misst man den objektiven Schielwinkel nach Einstellbewegungen, die der Patient nach Aufforderung (kleinerer Winkel) oder unter wechselseitigem Abblinken ausführt. Der Patient soll die Mitte des jeweils sichtbaren Bildes ansehen. Die Einstellbewegungen des nichtführenden Auges werden beobachtet; der zugehörige Bildträger wird verstellt, bis die Bewegungen verschwunden sind. Zur Kontrolle können die Hornhautreflexbilder dienen. Patienten mit normaler Sehrichtungsgemeinschaft können bei der Messung des objektiven Schielwinkels den Bildträger des nichtführenden Auges selbst so verstellen, dass sich die Halbbilder überlagern (Punkt im Kreis, Spinne in Netzmitte, Löwe in Käfigmitte). Man sollte die Einstellung des Bildträgers objektivieren, indem man durch Abblinken auf Einstellbewegungen prüft und die Hornhautreflexbilder zur zusätzlichen Kontrolle heranzieht.

Größere Schielwinkel können bei älteren Synoptophoren nur durch Verschieben beider Bildträger ausgeglichen werden. Damit wird eine genaue Definition der Blickrichtung unmöglich, ein Problem, das beim Synoptometer nur selten auftritt.

Zyklodeviationen können nur nach subjektiven Angaben erfasst werden. Kontrollmöglichkeiten über Hornhautre-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

flexbilder und Einstellbewegungen stehen dabei nicht zur Verfügung. Der Patient kann Zyklodeviationen (erkennbar an Bildkipptungen) nur angeben, wenn dafür geeignete Bildpaare benutzt werden (Löwe – Käfig, Soldat – Schilderhaus oder ähnlich).

Die Genauigkeit dieser Messungen hängt sehr wesentlich von der Stabilität des Kopfes (definierte Blickrichtung) und von der Wahl der Bildpaare ab. Große anschauliche Objekte (Spinne und Netz, Löwe und Käfig) erschweren ein ruhiges Fixieren und führen deshalb zu ungenauen Messungen. Sie können allerdings die Aufmerksamkeit von Kindern weit besser fesseln als ein „langweiliger“ Punkt oder Kreis.

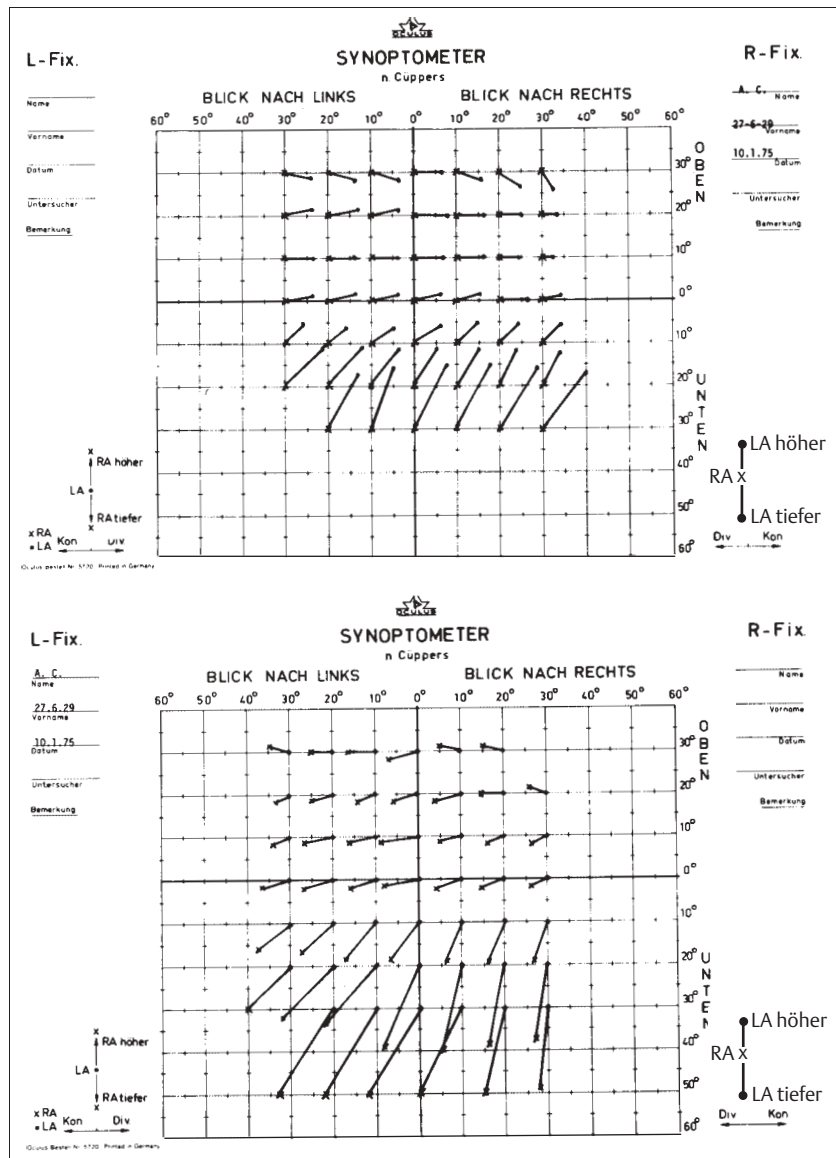
Bei **Lähmungsschielen** wird die Messung des Schielwinkels in der präoperativen Diagnostik – insbesondere vor Eingriffen nach dem Prinzip der Gegenparese – in der

Regel in den diagnostischen Blickrichtungen bei Rechts- und Linksfixation vorgenommen werden, wobei in manchen Fällen (posttraumatische Paresen mit passiven Bewegungseinschränkungen) eine Vermessung des Blickfelds in 10-Grad-Schritten nützlich und notwendig sein kann (Abb. 3.44). Fixiert das paretische Auge, müssen Einschränkungen der monokularen Exkursion beachtet werden, weil sie ein foveales Fixieren – Voraussetzung für die Messung nach Einstellbewegungen oder Einschieben – in bestimmten Blickrichtungen verhindern.

Im Übrigen genügt auch beim Synoptometer bei einseitigen Paresen für die meisten Zwecke die Untersuchung bei Fixation mit dem nichtgelähmten Auge.

Für die **Messung des monokularen Blickfelds** ist in jedem Bildträger zusätzlich ein Polarisationsfilter untergebracht, das durch einen kleinen Motor in Drehbewegung versetzt

Abb. 3.44 Graphische Darstellung des Synoptometerbefunds bei linksseitiger Senkerparese, oben Rechtsfixation, unten Linksfixation. Jeder Strich entspricht einer Schielwinkelmessung in einer Blickrichtung.



aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

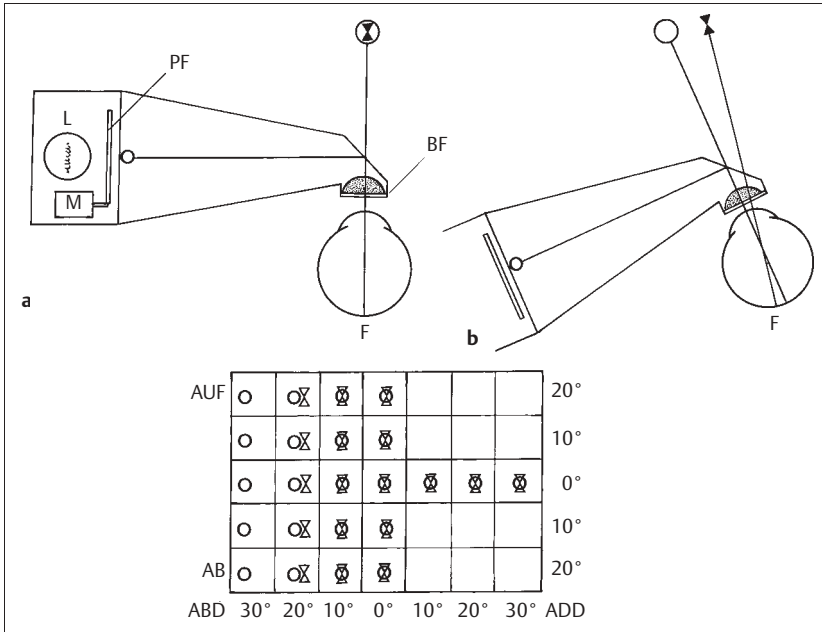


Abb. 3.45 Messung des Felds fovealer Fixation mit Haidinger-Büschel und Objekt (Kreis). Bild A: Das Licht der Lichtquelle (L) passiert einen Polarisationsfilter (PF), der von dem Motor (M) in Drehbewegung versetzt wird. Dadurch wird das transparente Testdia (Kreis) von polarisiertem Licht mit rotierender Polarisationsebene beleuchtet. Das vom Testdia ausgehende Licht erreicht über Umlenkspiegel, Okular und ein Blaufilter (BF) das Auge, dessen Fovea eine Wirbelwahrnehmung (Haidinger-Büschel, „Propeller“) vermittelt. Bei fovealer Fixation erscheint der Propeller in Kreismitte. Bild B: Der Bildträger wird nun schrittweise auf verschiedene Blickrichtungen eingestellt. Besteht ein Bewegungsdefizit bleibt der „Propeller“ hinter dem Kreis vor Erreichen der Endstellung zurück, weil foveales Fixieren unmöglich wird. In einem Diagramm (unten) können die Angaben des Patienten protokolliert werden (Beispiel: linksseitige Abduzensparese mit einer Restabduktion von 10 Grad).

werden kann. Auf diese Weise kann Licht mit rotierender Polarisationsebene erzeugt werden, das ein an die Fovea gebundenes entoptisches Phänomen hervorruft, das **Haidinger-Büschel**. Seine Wahrnehmbarkeit wird durch einen eingebauten Kobaltblaufilter wesentlich verbessert. Das Haidinger-Büschel erscheint als blauer Wirbel (Propeller), dessen Zentrum die Richtung der Gesichtslinie im Sehraum anzeigt.

Mit dem Haidinger-Büschel und einem auf eine klare Plexiglasscheibe gezeichneten Testbild kann man das monokulare Exkursionsvermögen bestimmen. Dazu wird das andere Auge mit einem Okklusionspflaster vorübergehend verschlossen. Der Bildträger wird in Nullstellung gebracht und der Patient aufgefordert, ein bestimmtes Detail des Testbilds anzusehen. Kann der Patient das untersuchte Auge in Hauptblickrichtung stellen, erscheint das Zentrum des Propellers genau auf diesem Detail. Ist dies bei schweren Paralyse nicht der Fall, wird der Bildträger soweit in das verbliebene Bewegungsfeld geführt, dass die Überlagerung von Propeller und Bilddetail gelingt. Während der Patient weiterhin das reale Objekt zu fixieren versucht, wird nun der Bildträger in die verschiedenen Blickrichtungen geschoben, bis das Haidinger-Büschel hinter dem fixierten Bilddetail zurückbleibt. Die gleichzeitige Verschiebung der Hornhautreflexbilder objektiviert die Angaben des Patienten. Die erreichte Position des Bildträgers wird protokolliert. Sie entspricht dem Endpunkt der Bewegungstrecke (monokulare Exkursion) in

der untersuchten Richtung. Aus der Aufzeichnung aller diagnostischen Blickrichtungen ergibt sich in dieser Weise aus dem **Feld der fovealen Fixation** das monokulare Blickfeld (Abb. 3.45).

Phasendifferenzhaploskop | Beim Phasendifferenzhaploskop¹ nach Aulhorn (Abb. 3.46, 4), wird die Bildtrennung durch rasch alternierende Bild darbietung erreicht.

Dazu sind vor den Augen des Patienten und vor den beiden Bildprojektoren Sektorenscheiben montiert, die mit 50 Umdrehungen pro Sekunde umlaufen. Bei jeder Umdrehung werden Blick und Projektion zweimal unterbrochen, sodass das Bild 100-mal/s (= 100 Hz Bildfrequenz) sichtbar wird. Da diese Frequenz oberhalb der sog. Flimmerverschmelzungsfrequenz des Sehorgans liegt, wird die rhythmische Unterbrechung der Bild darbietung (der Wechsel von An- und Aus-Phasen) nicht wahrgenommen.

Die Bildtrennung geschieht dabei dadurch, dass die Bilder bei der Augen rasch alternierend in abwechselnden An- und Aus-Phasen dargeboten werden: Wenn die Sektorenscheibe des rechten Auges den Durchblick freigibt, hat ihn die Sektorenscheibe des linken verschlossen und umgekehrt (Abb. 3.47). Entsprechend sind die Projektoren mit den Halbbildern für das rechte und linke Auge geschaltet: Ihre Sektorenscheiben laufen in derselben Phasenfolge wie die des zugehörigen Auges.

Polarisationshaploskop | Beim Polarisationshaploskop (17, 27) erfüllen Polarisationsfilter vor den Augen des Patienten und vor den Projektoren die Aufgaben der Sektorenscheiben. Diese Polarisationsfilter sind so angeordnet,

1 Das vielseitig verwendbare Gerät wird nicht mehr gebaut, findet sich aber noch in spezialisierten klinischen Abteilungen. Alternativen sind Polarisationshaploskope und entsprechend

programmierte Computersysteme mit LCS-Brillen (Liquid-Crystal-Shutter-Brillen). Sie sind auf S. 387 ausführlicher dargestellt.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

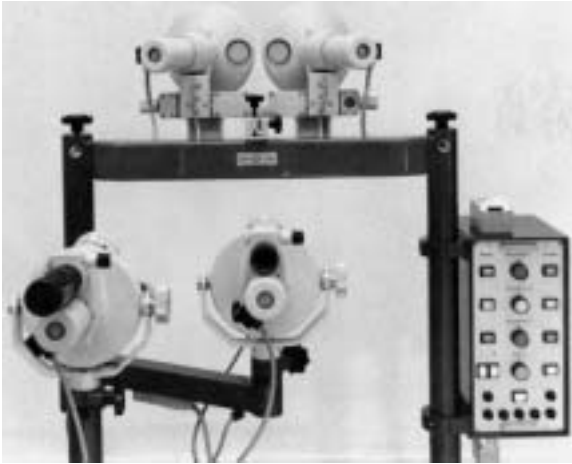


Abb. 3.46 Phasendifferenzhaploskop nach Aulhorn (Bild Möller, Wedel) von der Projektionswand aus gesehen. Oben „Phasenbrille“, unten links Projektoren, unten rechts Schalteinheit.

dass das Filter des rechten Auges das für das linke Auge projizierte Halbbild auslöscht und umgekehrt.

Einrichtungen zur Polarisationshaploskopie kann man sich leicht und kostengünstig aus handelsüblichen Kleinbildprojektoren und Polarisationsvorsätzen zusammenstellen. Man benötigt dazu einen aluminisierten Projektionsschirm, weil anderes Material die Polarisation aufhebt. Das Verfahren hat den *Nachteil*, dass geringe Kopfneigungen die wechselseitige Bildlöschung beeinträchtigen.

Beide Verfahren dienen hauptsächlich der Untersuchung des Binokularsehens (S. 376), weitgehend unter Bedingungen des freien Raumes auf Entfernungen von 2–5 m. Sie werden deshalb kaum durch akkommodativ oder apparativ ausgelöste Konvergenz gestört. Die gleichzeitige Darbietung *haploskopischer* und *nichthaploskopischer Konturen* ist in dieser Hinsicht ein zusätzlicher Vorteil.

Für die Messung der Horizontal- und Vertikaldeviation wird der Patient mit optimaler Brillenkorrektur in bequemer Haltung hinter die Brille des Phasendifferenzhaploskops gesetzt. Bei der Polarisationshaploskopie setzt er eine Polarisationsbrille vor die eigene Korrektur. Er blickt auf eine unter etwa 40×30 (Breite $\times$ Höhe) Grad erscheinende leere Projektionswand, deren Mitte sich in Hauptblickrichtung befindet. In die Projektoren werden geeignete Simultanbilder (**Abb. 3.48**) eingesteckt. Die Apparatur wird eingeschaltet und das für das führende Auge bestimmte Halbbild (Kreuz) in Hauptblickrichtung angeboten. Das zweite Halbbild (Punkt) wird dem Schielwinkel entsprechend (schätzen!) eingestellt.

Bei beidseitig zentraler Fixation und gering- bis mittelgradiger Amblyopie wird der Patient aufgefordert, Kreuz und Kreis abwechselnd anzusehen. Ist dies nicht möglich, kann man auch wechselseitig abdecken. Die Einstellbewegungen des nichtführenden Auges werden beobachtet

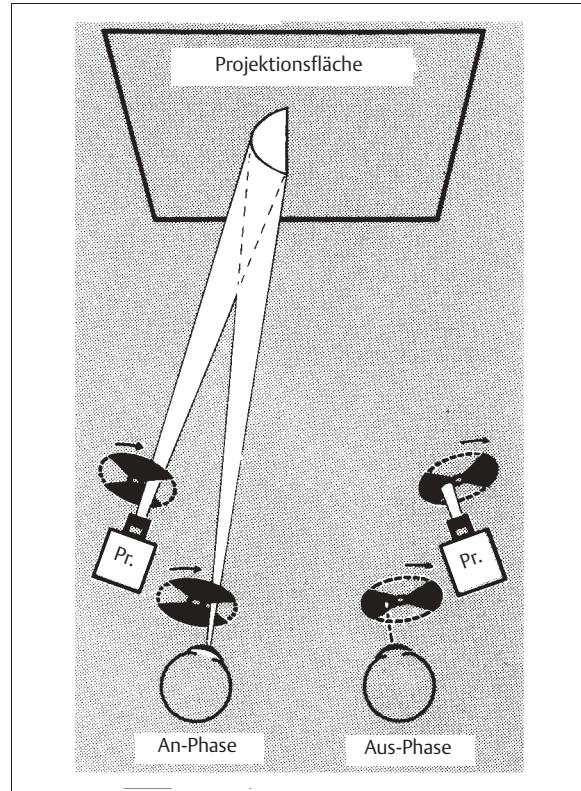


Abb. 3.47 Arbeitsweise des Phasendifferenzhaploskops (Bild Möller, Wedel). Vor den Augen und in den Projektoren mit versetzter Phase umlaufende Sektorenscheiben gestatten eine sehr rasch alternierende Bilddarbietung.

(Phasenbrillenbeleuchtung hilfreich) und der von ihm fixierte Punkt so auf der Projektionswand verschoben, bis keine Bewegungen mehr zu erkennen sind. Beiderseits zentrale Fixation vorausgesetzt, entspricht der Abstand der beiden Halbbilder dem objektiven Schielwinkel. Die Ablesung wird durch eine Tangentenskala wesentlich erleichtert, die man nach der schon angegebenen Formel (S. 354) berechnen und an den Rändern der Projektionswand anbringen kann. Eine Kontrolle der Augenstellung nach Hornhautreflexbildern ist dabei ebenso wenig praktikabel wie Bestimmung des Stellungsfehlers nach diesem Prinzip.

Patienten mit normaler Sehrichtungsgemeinschaft werden dazu angehalten, den Projektor mit dem für das nichtführende Auge bestimmten Halbbild selbst so zu verschieben, dass sich beide Halbbilder überlagern. Ihr Abstand entspricht dem objektiven Winkel. Dies kann anschließend mit dem einseitigen Abdecktest überprüft werden: Dabei fehlen Einstellbewegungen, wenn objektiver und subjektiver Schielwinkel übereinstimmen.

Eine Messung der diagnostischen Blickrichtungen mit diesen Geräten ist zwar prinzipiell möglich aber ziemlich unpraktisch.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

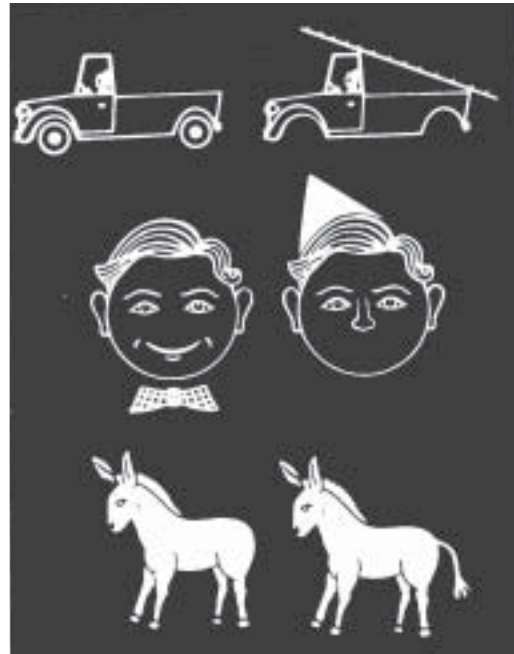


Abb. 3.48 Testbilder zum Phasendifferenzhaploskop. Links Simultanbilder, rechts Fusionsbilder mit verschiedenen, teils zentralen, teils peripheren Kontrollobjekten.

Vorgehen bei schwankender Horizontal- und Vertikaldeviation

Der objektive Schielwinkel ist keine feste Größe, sondern unterliegt teils mehr zufälligen, teils mehr systematischen Schwankungen (Tageszeit, Tagesform u.Ä.). Geringere Winkeländerungen können bei wiederholten Messungen bei allen Patienten beobachtet werden. Sie haben für Diagnose und Therapie kaum Bedeutung.

Wichtig sind die charakteristischen Schwankungen der Horizontal- und Vertikaldeviation bei kongenitalem oder frühkindlichem Schielen.

Instabile Horizontaldeviation | Besonders bei *Horizontalabweichungen ohne verlässliche Binokularfunktion* gilt es, den kleinsten Winkel richtig einzuschätzen, wenn operative Überkorrekturen vermieden werden sollen. Was man in diesem Sinn als kleinste Horizontaldeviation betrachtet, hängt auch davon ab, wie kleinste und größte Horizontaldeviation bei der Operationsdosierung berücksichtigt werden. Grundsätzlich scheint beispielsweise die Größe einer Esodeviation in dieser Reihenfolge zuzunehmen: Photographie im Dunkeln oder Infrarotvideographie¹, Hornhautreflexbilder und lineare Strabometrie,

simultaner Prismenabdecktest, einseitiger Prismenabdecktest, alternierender Prismenabdecktest, Prismen-tragetest, Synoptometer. Welche Werte man seiner Operationsindikation zugrundelegen sollte, ist noch nicht definitiv zu entscheiden. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit sprechen dafür, den einseitigen oder den simultanen Prismenabdecktest für die Messung der kleinsten Esodeviation einzusetzen und den alternierenden für die Bestimmung der größten.

Wo wechselnde Horizontaldeviationen mit brauchbaren Binokularfunktionen einhergehen (dekompensierende Phorien, intermittierende Exotropie, normosensorische Esotropie, dekompensierende Mikroesotropie und Mikroesotropie mit latenter Komponente), empfiehlt es sich, den Winkelschwankungen nicht zuviel Aufmerksamkeit zu schenken und statt dessen den im alternierenden Prismenabdecktest gemessenen Winkel mit *Folienprismen* (Presson-Prismen) auszugleichen. Bleibt nach mehrstündiger bis mehrtägiger Tragezeit eine wesentliche Winkelvergrößerung (mehr als 10–15 cm/m) aus, kann der bei diesem *Prismenadaptationstest* ermittelte Winkel operiert werden (5, 36, 38, 63, 67, 72). Bei erheblicherer Winkelzunahme ist Vorsicht geboten, weil insbesondere bei längenändernden Eingriffen (Rücklagerung, Resektion, Faltung) erhebliche Übereffekte auftreten können.

¹ Moderne Amateurvideokameras haben Nachtaufnahmefunktionen, die sich für diesen Zweck und für die Aufzeichnungen der Pupillomotorik hervorragend verwenden lassen.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Zusammenfassung

Trotz aller Bemühungen gelingt es auch bei wiederholten Untersuchungen oft nicht, die kleinste Horizontaldeviation zu erfassen. Man sollte deshalb stets auch die **Angaben der Eltern** heranziehen, die allerdings nicht selten erhebliche Fehlstellungen als Nichtschielen missdeuten. Hier liefert das Familienalbum wertvolle Informationen.

Dissoziiertes Höhenschielen | Beim dissoziierten Höhenschielen nach Bielschowsky (12) finden sich wechselnde Vertikaldeviationen, wenn der Patient müde ist, tagträumt, kleine Optotypen liest oder wenn man ein Auge abdeckt. Zusätzliche nichtdissoziierte (assoziierte) Höhenabweichungen des nichtführenden Auges können dabei fehlen; häufiger besteht allerdings gleichzeitig eine assoziierte Hyper- oder Hypotropie.

Das dissoziierte Höhenschielen darf nicht mit Änderungen der Höhenabweichung bei instabiler Esotropie mit Strabismus sursoadductorius verwechselt werden.

Im Unterschied dazu hängt bei dissoziiertem Höhenschielen die Innervation der Höhenwender davon ab, ob die visuelle Information mehr über das rechte oder das linke Auge kommt.

Im **Abdecktest** (verminderte retinale Leuchtdichte des abgedeckten Auges) wird bei dissoziiertem Höhenschielen eine langsame Aufwärtsbewegung des abgedeckten Auges sichtbar, bei Aufdecken eine entsprechende Abwärtsbewegung. Weil der Bewegungsablauf bei oberflächlicher Betrachtung einer Fusionsbewegung ähnelt, hat man das dissoziierte Höhenschielen auch – missverständlich und unzutreffend – als **alternierende Hyperphorie** bezeichnet.

Leider ist die Diagnose nicht immer allein mit dem Ab- und Aufdecktest zu stellen. Unabhängig vom Ergebnis des Abdecktests sollte man immer dann nach einem dissoziierten Höhenschielen suchen, wenn in der Anamnese wechselnde Höhenabweichungen angegeben werden, ohne dass sich bei der Motilitätsprüfung entsprechende Fehlfunktionen der Vertikalmotoren erkennen lassen, wenn bei binokularer Visusprüfung mit kleinen Optotypen (66) eine langsam zunehmende Vertikaldivergenz ohne wesentliche Änderung der Horizontalabweichung auftritt oder wenn sich bei Strabismus sursoadductorius ein A-Symptom statt des zu erwartenden V-Symptoms findet.

Für die Diagnostik werden **Neutralgraufilterkeile** empfohlen, mit denen sich eine Vertikaldivergenz nachweisen lässt, die mit der Lichtabsorption des Filterkeils zunimmt. Gebräuchlicher ist die Verwendung des **Dunkelrotglases**. Bei Patienten mit alternierendem Schielen genügt dabei die Aufforderung, durch das Dunkelrotglas das Fixierlicht

der Tangentenskala oder -tafel anzusehen. Damit fixiert dieses Auge. Die Verminderung des Lichteinfalls in dieses Auge durch das Dunkelrotglas induziert eine Aufwärtstendenz (die dissoziierte Höhe). Der Patient kann aber das Fixierlicht mit dem „Rotglasauge“ nur dann fixieren, wenn er dessen Aufwärtstendenz durch eine verstärkte Senkerinnervation neutralisiert. Entsprechend dem Hering-Gesetz macht sich diese Innervation auch an den Senkern des **nichtführenden Auges** bemerkbar und führt hier zu einer **Abwärtsbewegung**. Entfernt man das Dunkelrotglas, während der Patient die Führung beibehält, wird die Senkerinnervation hinfällig: Das nichtführende Auge geht langsam in die Ausgangsposition zurück (**Abb. 3.49**).

Will man mit dem Dunkelrotglas das schielende Auge bei streng **monolateralem Strabismus** auf eine dissoziierte Höhe untersuchen, dann sollte man wie folgt vorgehen: Das nichtschielende Auge wird mit der Abdeckscheibe

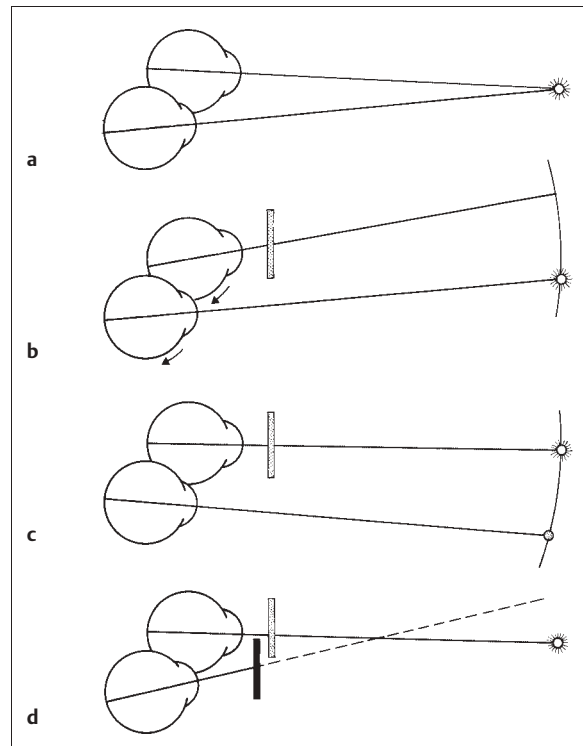


Abb. 3.49a–d Untersuchung des dissoziierten Höhenschielen mit dem Dunkelrotglas. Bei unbehindertem Binokularsehen findet sich keine oder nur eine geringe Vertikaldeviation (**a**). Wird vor das fixierende linke Auge ein Dunkelrotglas gesetzt, tendiert dieses Auge nach oben (**b**). Der Patient kann die Lichtquelle mit dem linken Auge nur fixieren, wenn er die dissoziierte Höhenabweichung des linken Auges mit einer vermehrten Senkerinnervation ausgleicht. Diese Ausgleichsinnervation überträgt sich nach dem Hering-Gesetz auf das nichtfixierende rechte Auge, das entsprechend nach unten abweicht (**c**). Das rote Bild der Lichtquelle wird dabei über das rechte Auge unter das Fixierlicht lokalisiert. Abdecken des rechten Auges führt bei beidseitigem dissoziiertem Höhenschielen zu einer Aufwärtsbewegung dieses Auges (**d**).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

verdeckt. Man beobachtet nun das abgedeckte Auge hinter der Abdeckscheibe, während man vor das nunmehr fixierende (sonst schielende) Auge das Dunkelrotglas hält. Hat dieses Auge ein dissoziiertes Höhenschielen, dann wird sich das abgedeckte Auge entsprechend nach unten bewegen. Wird das Dunkelrotglas vor dem fixierenden Auge wieder entfernt, bewegt sich in demselben Fall das Auge hinter der Abdeckscheibe nach oben.

Die Differenzierung von Strabismus sursoadductorius und dissoziierter Vertikaldivergenz oder der Nachweis einer zusätzlichen dissoziierten Höhe bei Strabismus sursoadductorius ist mit dem Synoptophor möglich (*Fixationswechseltest* nach Kommerell und Mattheus, 45, 52, Abb. 3.50).

Dazu wird – beispielsweise im rechten Blickfeld – der linksseitige Höherstand in Adduktion durch eine entsprechende Einstellung des linken Bildträgers bei Rechtsfixation ausgeglichen. Schaltet man nun auf Linksfixation um, ändert sich an der Augenstellung bei Strabismus sursoadductorius nichts, während man bei einer dissoziierten Höhenabweichung des linken Auges eine Aufwärtsbewegung des rechten Auges beobachten kann, deren Größe durch entsprechendes Nachstellen des rechten Bildträgers bis zur Reflexbildsymmetrie ermittelt werden kann.

Dabei wird vorausgesetzt, dass sich die Blickposition während der Messung nicht ändert. Wird im gegebenen Beispiel beim Umschalten auf Linksfixation der Rechtsblick verringert, reduziert sich auch bei Strabismus sursoadductorius die Höhenabweichung, sodass eine Überlagerung durch dissoziiertes Höhenschielen vorgetäuscht werden kann.

Der linke Blickfeldbereich muss anschließend entsprechend geprüft werden. Eine exakte Quantifizierung dissoziierter Horizontal- und Vertikaldeviationen ist leider nicht möglich.

Messung der Zyklodeviation

Wenn Patienten verkippte Doppelbilder angeben, über Veränderungen der Raumwahrnehmung (Kippung frontoparalleler Ebenen) in bestimmten Blickfeldbereichen klagen, an anderweitig unerklärbaren Asthenopien leiden, Kopfneigungshaltungen bevorzugen oder assoziierte Vertikaldeviationen zeigen, dann muss man stets auch nach einer Rotation der Augen um die Blicklinie (Roll-Ebene) suchen. Ist davon nur ein Auge betroffen oder aber beide Augen mit unterschiedlichem Ausmaß oder verschiedenem Drehsinn entsteht eine *Zyklotropie*. Gleichsinnige, evtl. auch asymmetrische Rotationen beider Augen um die Blicklinie finden sich bei der *Ocular Tilt Reaction* (S. 471).

Eine grobe quantitative Prüfung auf Zyklodeviation ist *ophthalmoskopisch* (indirekte Ophthalmoskopie) oder mit Fundusphotos (Funduskamera, Scanning-Laser-Ophthalmoskope) möglich (69), wobei man die Lagebeziehungen von Makula und Papille beurteilt (Abb. 3.51). Eine Alternative ist die *Kampimetrie des blinden Flecks*, dessen Verlagerung oberhalb oder unterhalb der Horizontalen eine Extorsion oder Intorsion anzeigt (35, 71).

Ophthalmoskopie, Fundusphotos und Perimetrie zeigen die objektive Zyklstellung, die *subjektive Zyklstellung* kann mit den folgend beschriebenen Verfahren gemessen werden (42, 57). Dabei ist eine *horizontale Ausrichtung* der

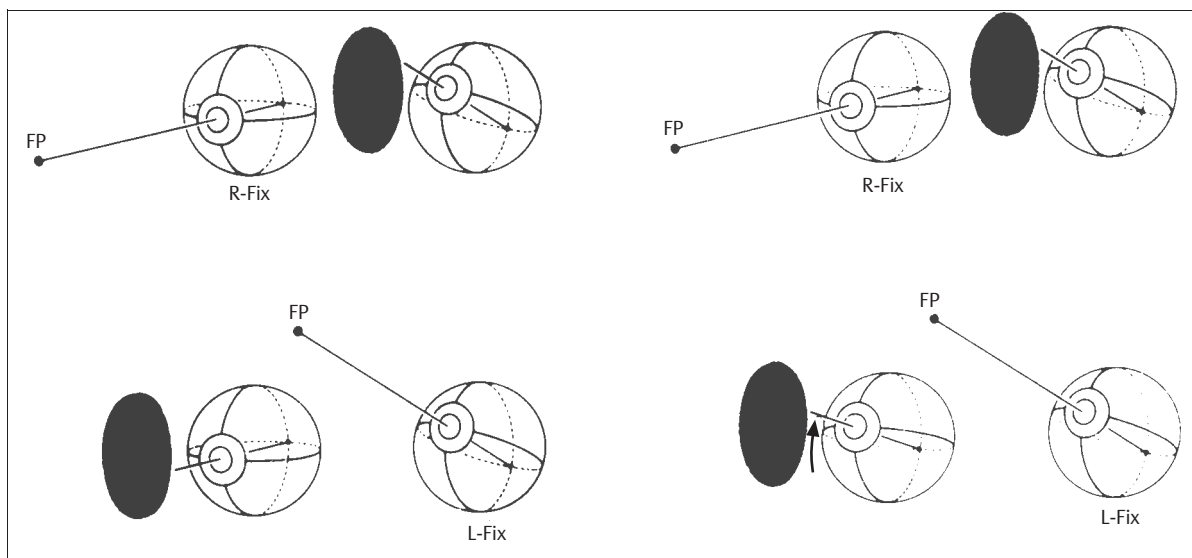
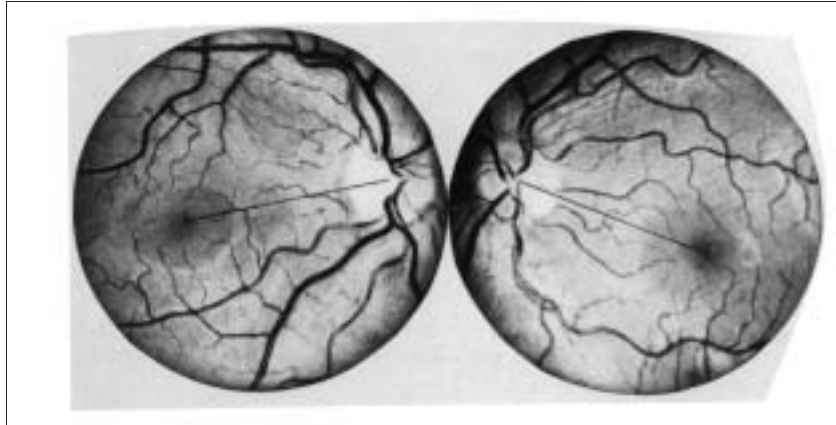


Abb. 3.50 Fixationswechseltest nach Kommerell und Mattheus (52). Bei Strabismus sursoadductorius (linke Bildhälfte) ändert sich die Vertikaldeviation bei Wechsel des fixierenden Auges nicht,

während sie sich bei dissoziiertem Höhenschielen (rechte Bildhälfte) verkleinert.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Abb. 3.51 Fundusfotos bei Exzyklotropie. Die Verbindungslinie Papillenmitte–Fovea centralis ist in beiden Augen im Sinne der Extorsion verkippt.



Testobjekte günstiger als eine vertikale, weil die subjektive Vertikale normalerweise von der Lotrechten stärker abweicht als die subjektive Horizontale von der Waagerechten. Die Messwerte werden in jedem Fall von Testobjekten, Untersuchungsgerät, Blickrichtung und Prüferentfernung erheblich beeinflusst. Besonders groß ist dabei die Wirkung des gewohnten Sehraumes (Erfahrungsmotive), in dessen Gegenwart Neigungen der subjektiven Horizontalen vollkommen verschwinden können (35). Die subjektive Horizontale muss deshalb stets unter Ausschluss von Erfahrungsmotiven etwa mit dem Lichtbalken der Tangententafel nach Harms und Dunkelrotglas im Dunkelraum, evtl. nach diagnostischer Okklusion bestimmt werden.

Da die Konvergenz mit Exzyklovergenz gekoppelt ist, können die Messwerte bei Zyklodeviationen durch apparativ bedingte Konvergenz verfälscht werden. Es ist deshalb zweckmäßig, die Untersuchung unter möglicher Annäherung an die Bedingungen des freien Raumes durchzuführen. Dafür bieten sich an: Maddox-Zylinder in verschiedenen Variationen, Tangententafel nach Harms mit bandförmig aufgeblendetem Fixierlicht, Phasendifferenz- und Polarisationshaploskop, Deviometer nach Cüppers. Mit allen Verfahren kann man sowohl die Verrollung des einzelnen Auges bei monokularer Sehweise (subjektive Horizontale, In- und Exzyklokluktion) als auch die Zyklotropie bestimmen.

Die Ergebnisse der objektiven und der subjektiven Messung können als Folge sensorischer Adaptation erheblich differieren. Es empfiehlt sich deshalb, stets auch objektiv zu messen.

Maddox-Zylinder | Maddox-Zylinder bestehen aus mehreren in einer Ebene miteinander verschmolzenen Zylindern aus weißem oder rotem Glas bzw. Plexiglas. Maddox-Zylinder in der Größe von Probiergläsern werden in Refraktionsbrillen eingesetzt, von deren TABO-Skalen die Verrollung abgelesen werden kann. Daneben sind auch

Maddox-Zylinder mit größerem Durchmesser, eigener Gradskala und Libelle (zur genaueren Ausrichtung) gebräuchlich (Skalen-Maddox-Zylinder, Abb. 3.52; 42). Ein Stativ erleichtert die Handhabung der großen Maddox-Zylinder beträchtlich (Zyklophorometer).

Betrachtet durch Maddox-Zylinder erscheinen an punktförmigen Lichtquellen Lichtstrahlen, die rechtwinklig zur Ausrichtung der Zylinder laufen. Da auch andere Konturen strichförmig verzerrt werden, sollte die Raumbelichtung bei der Untersuchung soweit vermindert werden, dass der Patient durch den Maddox-Zylinder nur die Lichtlinie wahrnehmen kann.

Gemessen wird mit und ohne Okklusion des anderen Auges, wobei man abwechselnd aus Exzyklo- und Inzyklostellung kommend die Maddox-Zylinder so einstellt, dass der Patient die Lichtlinie als horizontal empfindet (Abb. 3.53). Die Ausrichtung des Zylinders entspricht der Zykloduktion oder -tropie. Ihre Größe kann an der Gradskala abgelesen werden. Die Messung sollte aus beiden Richtungen, d. h. aus In- und Exzyklotropie, dreimal wiederholt werden.

Die Vermessung der diagnostischen Blickrichtungen ist mit Skalen-Maddox-Zylindern möglich, ihre Auswertung

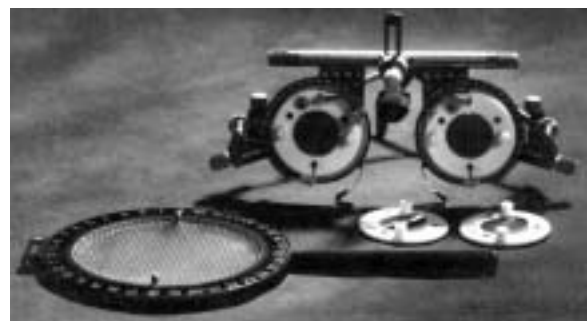


Abb. 3.52 Maddox-Zylinder. Skalen-Maddox-Zylinder (vorn), Maddox-Zylinder zur Refraktionsbrille (hinten). Die Prismengläser (Mitte) werden zusätzlich in die Refraktionsbrille eingesetzt, wenn der Patient keine Vertikaldeviation hat, damit die Lichtlinien der Maddox-Zylinder höhenversetzt verlaufen.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag



Abb. 3.53 Untersuchung mit dem Maddox-Zylinder. Bei Exzyklodeviation links sieht der Patient mit dem linken Auge eine von unten innen nach oben außen verlaufende Lichtlinie (obere Bildhälfte). Untersucher oder Patient stellen den Maddox-Zylinder des linken Auges so ein, dass dessen Lichtlinie der des rechten Auges parallel läuft (untere Bildhälfte). Der Maddox-Zylinder des linken Auges zeigt die Exzyklodeviation an (etwa 20°).

in schrägen Blickrichtungen wegen der dabei auftretenden Tertiärrotation allerdings schwierig.

Bei der Untersuchung müssen Maddox-Zylinder stets so gehalten oder aufgestellt werden, dass die Blickrichtung lotrecht zu ihnen verläuft. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, erscheint der Lichtstrich eventuell so verbogen, dass dem Patienten korrekte Angaben schwer fallen.

Burian (zit. nach 55) hat ein *Zyklophorometer* angegeben, das aus zwei Maddox-Zylindern mit großem Durchmesser auf einem Bodenstativ besteht und bei dem das eine Auge durch einen roten, das andere durch einen weißen Maddox-Zylinder sieht. Ersatzweise mag man eine Refraktionsbrille entsprechend verwenden (42, 56). Fehlt eine Vertikaldeviation, sollten die beiden Lichtlinien durch ein schwaches Höhenprisma vertikal getrennt werden.

Die *Zyklotropie* wird so gemessen: Zu Beginn der Untersuchung werden beide Maddox-Zylinder genau senkrecht ausgerichtet (Lichtlinien objektiv horizontal). Der Patient identifiziert zunächst den schiefen Strich, der zum betroffenen Auge gehört. Anschließend wird der aufgefordert, den schiefen Strich parallel zum anderen einzustellen. Ist dazu eine Verdrehung des oberen Endes des Maddox-Zylinders nach außen notwendig, dann handelt es sich um eine Exzyklotropie.

Werden bei genau senkrechter Ausrichtung der Maddox-Zylinder vor beiden Augen, beide Lichtstriche als schief empfunden, dann liegt meist eine beidseitige M.-obliquus-superior-Parese vor. Man lässt den Patienten beide Striche horizontal ausrichten und addiert die gefundenen Werte.

Zur Messung der *subjektiven Horizontalen* wird das andere Auge okkludiert. Die Raumbeleuchtung wird so weit abgedunkelt, dass der Patient nichts anderes als den Lichtstrich wahrnehmen kann.

Tangententafel nach Harms | Zunächst wird das Fixierlicht zum Lichtband aufgeblendet. Das Dunkelrotglas wird vor das zu prüfende Auge gesetzt. Für die Bestimmung der *subjektiven Horizontalen* wird das andere Auge verschlossen und der Raum vollkommen abgedunkelt. Bei einer Verrollung des Auges um die Blicklinie erscheint dem Patienten die objektiv horizontal stehende Lichtband geneigt. Diese Neigung wird durch entsprechende Verdrehung der Lichtband ausgeglichen, ihr Wert an der dafür angebrachten Gradskala abgelesen (34). In einer Modifikation kann der Patient die Lichtband durch einen Servomotor verstellen; dadurch wird die Verständigung wesentlich erleichtert.

Dieser Test kann auch so durchgeführt werden, dass die Lichtband vom Untersucher zunächst in Richtung In- oder Extorsion verstellt und dann nach den Angaben des Patienten auf dessen subjektive Horizontale ausgerichtet wird.

Die *Zyklotropie* sollte bei der Messung von Horizontal- und Vertikaltropie beachtet und mitgemessen werden. Der Patient hat dabei die Aufgabe, den roten Lichtstrich so einzustellen, dass er ihm horizontal erscheint. Dabei wird der weiße Lichtstrich den das andere Auge ohne Rotglas sieht natürlich schief.

Phasendifferenz- und Polarisationshaploskop | Als Testobjekte werden *zwei horizontale Linien* angeboten, die soweit vertikal separiert werden müssen, dass eine Fusion nicht möglich ist. Der Patient hat die Aufgabe, zunächst die Ausrichtung dieser Linien zu beurteilen und sie dann für seine Wahrnehmung horizontal und parallel einzustellen. Die Torsion kann an der Gradskala der Projektoren abgelesen oder auf dem Projektionsschirm mit Wasserwaage und Winkelmesser vermessen werden. Meist werden verlässlichere Resultate erzielt, wenn ein Strich objektiv horizontal bleibt, der andere aber abwechselnd entsprechend In- und Extorsion vom Untersucher eingestellt wird, während dem Patienten die Aufgabe gestellt wird, beide parallel auszurichten. Die subjektive Horizontale kann nach Okklusion eines Auges analog gemessen werden.

Kolling (42) hat darauf hingewiesen, dass nur eine rechtwinklige Projektion horizontaler Testlinien ihre Ter-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

tiärneigung außerhalb der Hauptblickrichtung verhindern kann. Er empfiehlt deshalb die Kontrolle mit der Wasserwaage oder – für die Routineuntersuchung – senkrechte Strichausrichtung, die allerdings den Nachteil habe, zur Fusion anzuregen.

Friedburg und Meyer (27) haben die Zyklodeviation aus Zyklofusionsmessungen mit einem *Random-dot-Zyklofusions-test* zum Polarisationshaploskop (S. 387) erschlossen. Sie bestimmten die Verschiebung des Zyklofusionsbereichs und die Zyklovergenzeinstellung, bei der die Bildkipfung eines querdysparaten Kreismusters verschwand (Zyklofusionswinkel).

Devimeter nach Cüppers | Kernstück diese Geräts (Abb. 3.54) ist ein Dove-Prisma, dessen Drehung mechanisch auf ein Anzeigesystem übertragen wird. Das Gesichtsfeld ist auf 15° begrenzt und gegen die normale, nicht verkippte Umwelt vollkommen abgeschirmt. Damit ist eine Untersuchung bei normaler Raumbeleuchtung möglich.



Abb. 3.54 Devimeter nach Cüppers (a), Tortikollometer nach Sradj (b) aus (65).

3.1.4 Messung des Blickfelds

Messung des monokularen Blickfelds

Bevor man den Schielwinkel mit einem der beschriebenen Verfahren in verschiedenen Blickfeldbereichen misst, muss man prüfen, ob das fixierende Auge die gewünschte Blickposition überhaupt einnehmen kann, ob also das *monokulare Exkursionsvermögen* den Anforderungen genügt. Neben der Beurteilung der Hornhautreflexbilder bei Führungsbewegungen und dem Limbustest nach Kestenbaum können dafür auch die folgenden Tangententafelverfahren benutzt werden.

Der Patient sitzt in geeignetem Abstand (1, 2,5 oder 5 m je nach Tafeltyp) so vor einer *Tangententafel*, dass deren Mitte in Hauptblickrichtung liegt. Bei der „*Nachbildmethode*“ wird dem zu prüfenden Auge ein foveales Nachbild eingeprägt. Das andere Auge wird okkludiert. Bei unbewegtem Kopf wird nun der Blick des Patienten mit einem kleinen Fixierobjekt soweit in die verschiedenen Blickrichtungen geführt, bis Nachbild und Fixierobjekt auseinanderfallen. Damit ist der Endpunkt der Exkursion erreicht. Ist das bewegte Fixierobjekt eine Lichtquelle, können die Angaben des Patienten über das Hornhautreflexbild objektiviert werden. Man sieht dann nämlich zugleich eine zunehmende Reflexbildverlagerung.

An Stelle des fovealen Nachbilds können auch in der Mitte der Tafel kleine, nur foveal erkennbare Sehzeichen angeboten werden. Bei dieser „*Sehzeichenmethode*“ muss der Patient einen Stirnprojektor tragen, der zu Beginn der Untersuchung in Primärposition auf die Tafelmitte ausgerichtet wird. Der Untersucher bewegt nun den Kopf des Patienten so, dass dessen freies Auge auf die Optotype in Tafelmitte gerichtet bleibt, damit also in die verschiedenen Blickrichtungen wandert. Dabei muss der Patient angeben, wann er das Sehzeichen nicht mehr erkennen kann, d. h. wann sein Auge die Grenzen des Blickfelds erreicht hat. Das Positionskreuz des Stirnprojektors liegt dabei entgegengesetzt zur Blickfeldgrenze soweit von der Tafelmitte entfernt, wie es der Blickexkursion bei unbewegtem Kopf entsprechen würde. Das Fixierlicht in der Tafelmitte erzeugt ein Hornhautreflexbild, das zur Objektivierung der Angaben herangezogen werden kann (Beispiele in 3.3).

Auch das umgekehrte Vorgehen (nach Schwerdtfeger) ist möglich: Der Kopf des Patienten wird soweit gedreht, dass der Patient das gebotene Sehzeichen nicht foveal fixieren und damit auch nicht erkennen kann. Nun bewegt der Untersucher den Kopf des Patienten langsam auf die Hauptblickrichtung zu. Kurz vor Erreichen des Blickfeldgrenze macht der Patient meist eine kleine ruckartige Kopfbewegung zur Aufnahme der Fixation, die der Unter-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

sucher deutlich fühlen kann. Die Blickposition wird über den Stirnprojektor wie beschrieben ermittelt.

Eine einfache orientierende Messung gestattet auch das **Projektionskugelperimeter nach Goldmann**. Das zu untersuchende Auge fixiert zunächst in Hauptblickrichtung, das andere Auge wird abgedeckt. Anders als bei der Untersuchung des Gesichtsfeld wird der Patient aufgefordert, dem möglichst kleinen Prüfpunkt (1,4 oder 1,2) zu folgen, der vom Zentrum in die Peripherie geführt wird. Die Grenze des monokularen Blickfelds ist erreicht, wenn der Prüfpunkt verschwindet.

Bei den beschriebenen Verfahren werden die Blickfeldgrenzen in einem Koordinatennetz aufgezeichnet. Ähnliche Messungen können auch mit dem Synoptometer nach Cüppers vorgenommen werden.

Messung des Fusionsblickfelds

Bei Lähmungsschielen und inkomitierenden Erscheinungsformen des Begleitschielens (A-, V-, X-, Y-Phänomene) interessiert, ob der Patient ein normales **Fusionsblickfeld** (binokulares Feld beidäugigen Einfachsehens, BES-Feld) hat oder nicht. Als Blickfeld gilt dabei die Gesamtheit der Objektpunkte, die bei ruhendem Kopf und bewegtem Auge fixiert werden können, als Fusionsblickfeld die Gesamtheit der Objektpunkte, die bei ruhendem Kopf und bewegten Augen fusioniert (also auch ohne Zyklodeviation) werden können.

Zur **orientierenden Prüfung** des Fusionsblickfelds genügt es, vor die Augen des Patienten einen Bagolini-Vorhalter zu bringen und dann bei unbewegtem Kopf Führungsbewegungen mit einem kleinen **Fixierlicht** auszulösen. Das Fusionsblickfeld endet, wo das normale Schweifkreuz verschwindet. Die Untersuchung soll im Fusionsblickfeld beginnen. Kann ein Patient in Hauptblickrichtung nicht fusionieren, sollte man zunächst eine Blickrichtung aufsuchen, in der dies möglich ist. Setzt man den Patienten bei dieser Untersuchung vor die Tangententafel und führt das Fixierlicht dicht über diese, bekommt man eine genauere Vorstellung von der Größe und Lage des binokularen Blickfelds. Besteht der Verdacht auf eine Zyklodeviation, ist das Fusionsblickfeld nur mit einem **Lichtstrich** zu bestimmen.

Mit der **Tangententafel nach Harms** (S. 355) kann das Fusionsblickfeld genauer vermessen werden (Beispiele in 3.3). Der Patient sitzt dabei so, dass sich das Fixierlicht (oder bei Verdacht auf eine Zyklodeviation der Lichtstrich) in der Mitte der Tafel in Augenhöhe gerade vor ihm befindet. Der Stirnprojektor wird aufgesetzt und auf die Tafelmitte gerichtet. Der Patient hält sich die Bagolini-Brille vor die Augen und beobachtet die Lichtschweife, während der Untersucher den Kopf des Patienten so bewegt, dass dessen Augen die diagnostischen Blickrichtun-

gen durchwandern. Wenn das Schweifkreuz verschwindet (Grenze des Fusionsblickfeldes), notiert der Untersucher den Ort des Positionskreuzes auf der Tafel. Bei der Aufzeichnung des Befundes ist zu beachten, dass das Positionskreuz des Stirnprojektors stets entgegengesetzt zur Blickrichtung weist. Es empfiehlt sich, auch zu protokollieren, ob an den Grenzen des binokularen Blickfelds Hemmung oder Doppelsehen (gekreuzt, ungekreuzt, entsprechend +VD oder -VD, verkippt entsprechend Ex- oder Inzyklotropie, erfassbares Lichtband s.u.) eintreten. Bei zweifelhaften oder unsicheren Angaben kann man – Zyklotropie ausgenommen – mit dem Ab- und Aufdecktest die Augenstellung des Patienten objektivieren.

Bei sicherer Doppelbildangabe kann man auf den Bagolini-Vorhalter verzichten.

In jedem Falle sollte dem Patienten durch Zyklotropie bedingtes Doppelsehen bewusst gemacht werden. Dies gelingt leicht, wenn man das Fixierlicht zum horizontal gestellten Lichtband aufklappt und nachfragt, ob dieses in ganzer Länge korrekt einfach wahrgenommen wird.

Als Alternative zur Tangententafeln nach Harms wird bei der Messung des binokularen Blickfeldes bisweilen auch das **Projektionskugelperimeter nach Goldmann** benutzt. Der Kopf wird dabei durch Kinnstütze und Stirnband gehalten. Der Patient wird aufgefordert einer hinreichend großen und hellen Lichtmarke (Marke III/4) zu folgen, die der Untersucher aus dem Fusionsblickfeld heraus in verschiedene Richtungen führt, und ggf. Doppelsehen zu signalisieren. Die Grenzen des Fusionsblickfelds werden entsprechend auf einem Gesichtsfeldschema protokolliert.

Die Perimetermethode hat gegenüber der Tangententafel folgende **Nachteile**:

- Die Untersuchung spielt sich im Nahbereich ab, sodass die bei Abduzensparese oft nur bei Fernblick auftretende Diplopie nicht erfasst werden kann.
- Doppelsehen durch Zyklotropie wird nicht erkannt.
- Es ist nicht ohne weiteres zu erkennen, ob monokulares oder binokulares Einfachsehen vorliegt.

Deshalb ist in der Regel die Tangententafelmethode vorzuziehen. Dies gilt besonders für Gutachten und Operationsindikationen.

3.1.5 Analyse der Kompensationsmechanismen

Visusminderung bei Nystagmus und Diplopie bei Stellungsfehlern verschwinden bei manchen Patienten in einer peripheren Blickrichtung. Der Patient dreht dann den Kopf stets so, dass er in dieser Blickrichtung nach vorn sehen kann. Er nimmt damit eine **Kopfzwangshaltung** ein.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Andere Patienten können eine Fehlstellung in Hauptblickrichtung durch eine stete Innervations- und Spannungsänderung der äußeren Augenmuskeln (motorische Fusion) ausgleichen. Kopfwangshaltung und motorische Fusion sind in diesem Sinne als Kompensationsmechanismen für Augenbewegungsstörungen anzusehen.

Messung der Kopfwangshaltung

Die Messung der Zwangshaltung ist für Verlaufskontrolle und Operationsindikation nützlich. Reproduzierbare Werte erhält man in der Regel nur, wenn man dem Patienten *kleine Optotypen als Fixierobjekte* anbietet.

Horizontale, teils auch vertikale Komponenten der Zwangshaltung können nach Kommerell (44) wie folgt gemessen werden: Der Patient sitzt in 1 m Abstand vor einem Maddox-Kreuz oder besser in 2,5 m vor einer **Tangententafel nach Harms**. Unmittelbar oberhalb des Fixierlichtes werden in Augenhöhe kleine Bilder oder Optotypen projiziert oder gehalten. Falls erforderlich, lenkt eine Hilfsperson die Aufmerksamkeit des Patienten auf diese Fixierobjekte. Der Untersucher befindet sich unmittelbar vor der Tangententafel dem Patienten gegenüber und sucht nun die Position auf, aus der er die Nase des Patienten richtig vor sich sieht. In der Verlängerung dieser Richtung auf die Tangententafel können horizontale und vertikale Komponente der Zwangshaltung in Grad abgelesen werden (Abb. 3.55). Die Neigungskomponente kann gleichzeitig geschätzt werden.

Eine präzisere Alternative – insbesondere für Vertikal- und Neigungsanteile – ist die Verwendung von **Positionskreuz** und **Stirnprojektor**. Dazu wird der Kopf des Patienten zunächst in Primärposition so eingestellt, dass sich das Fixierlicht der Tangententafel in Augenhöhe befindet. Das Positionskreuz wird auf das Fixierlicht gerichtet. Der Patient wird anschließend aufgefordert, im Bereich der Tafelmitte angebotene Optotypen zu lesen. Horizontal-, Vertikal- und Neigungskomponente können am Positionskreuz abgelesen werden.

Alle Komponenten der Kopfhaltung können auch mit einem einfachen Zirkelwinkelmesser (**Strabofix**, Abb. 3.56) abgeschätzt werden.

Schließlich kann man auch das **Deviometer nach Cüppers** zur Messung der Kopfwangshaltung einsetzen, indem man den Patienten von vorn (Kopfneigung) und seitlich (Kinnhebung, -senkung) durch das Gerät betrachtet und das Bild des Patientenkopfes durch entsprechende Geräteeinstellung aufrichtet. Es ist vorgeschlagen worden, über dem Scheitel des Patienten einen Planspiegel anzubringen, über den auch die Kopfdrehungskomponente des mit dem Deviometer gemessen werden kann. Das Verfahren hat sich nicht durchgesetzt.

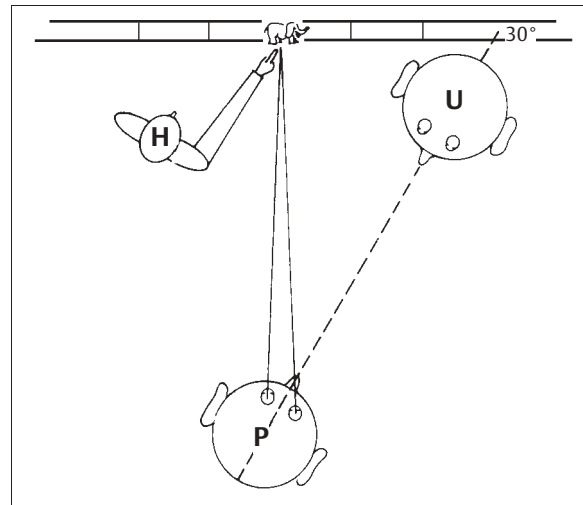


Abb. 3.55 Untersuchung der Kopfwangshaltung nach Kommerell (44). Die Hilfsperson (H) lenkt die Aufmerksamkeit des Patienten (P) auf ein Fixierobjekt in der Mitte einer Tangententafel, während der Untersucher (U) die Nase des Patienten anvisiert.



Abb. 3.56 Messung der Zwangshaltung mit Strabofix.

Zusatzuntersuchungen bei Zwangshaltungen

Die monokulare und binokulare Sehschärfeprüfung in Zwangshaltung, in Hauptblickrichtung und in der zur Zwangshaltung entgegengesetzten Blickrichtung erlaubt es, die visusverbessernde Wirkung der Zwangshaltung bei Nystagmus quantitativ zu bewerten.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Insbesondere bei **Nystagmus** sollte die Kopfhaltung immer auch im Nahbereich untersucht werden (möglichst kleine Optotypen in 0,3–0,5 m Entfernung lesen lassen). Bei Nystagmikern, die bei dieser Untersuchung keine Zwangshaltung einnehmen, findet sich meist auch eine Verminderung der Nystagmusintensität gegenüber dem Fernblick.

Bei Nystagmus gilt es weiterhin herauszufinden, ob die spontan eingenommene Zwangshaltung Rechts- oder Linksfixation entspricht und ob bei monokularer Sehweise unterschiedliche Zwangshaltungen bei Rechts- und Linksfixation auftreten.

Wird bei Nystagmus in der Anamnese eine **wechselnde Kopfdrehung** – bisweilen nach rechts, bisweilen nach links – angegeben, dann kann **Führungswechsel** oder **periodisch alternierender Nystagmus** vorliegen. Letzterer wird oft erst nach längerer Beobachtung erkannt.

Entsprechende Messungen von Schielwinkel und Binokularsehen zeigen uns bei **Paresen** die Qualität der Kompensation. Besonders aufschlussreich ist die Neigung des Kopfes zur entgegengesetzten Schulter (**Kopfneigetest nach Nagel-Bielschowsky**, 13) bei Kopfhaltungen mit Neigungskomponente (okulärer Schiefhals oder Tortikollis). Der Test ergibt eine Hypertropie des paretischen Auges bei Trochlearisparese oder dekompenziertem Strabismus sursoadductorius und eine Hypotropie bei Obliquus-inferior-Lähmung oder dekompenziertem Strabismus deorsoadductorius. Die beobachtete Abweichung kann nach Hornhaureflexbildern geschätzt oder mit dem Prismenabdecktest gemessen werden. Dabei sind die Prismen der Kopfneigung entsprechend auszurichten!

Wo es die Sensorik und die Kooperation des Patienten gestatten, sollte der **Kopfneigetest vor der Tangententafel nach Harms** ausgeführt werden. Kreuzende Diagonalen geben für diesen Zweck den vertikalen und horizontalen Nullmeridian für 45° Kopfneigung an. In Verbindung mit dem Stirnprojektor erleichtern sie Kopfeinstellung, Blickrichtungsdefinition und Messwertablesung bei Geradeaus-, Auf- und Abblick in Kopfneigungsstellung. In den genannten Positionen können Horizontal-, Vertikal- und Zykloabweichung wie früher beschrieben gemessen werden.

Motorische Fusion

Die Messung der motorischen Fusion hat nach verbreiteter Auffassung Bedeutung für die Beurteilung und Behandlung heterophoriebedingter Asthenopien. Das Prinzip der Untersuchung besteht darin, mit Prismen oder durch die Bildverschiebung an Haploskopen **definierte Vergenzbelastungen** vorzugeben, die der Patient überwinden soll. Dabei tritt bei horizontaler Vergenzforderung früher oder später eine Bildunschärfe ein, weil die fusionale Vergenz erschöpft ist und nun der Patient versucht, binokula-

res Einfachsehen unter Einsatz akkommodativer Vergenz (mit Desakkommodation oder Akkommodation) aufrechtzuerhalten. Erst bei weiterer Prismenbelastung werden Diplopie oder Exklusion (von Kontrollobjekten) angegeben.

Für die Heterophoriediagnostik bei Jugendlichen und Erwachsenen ist die Bildunschärfe der wesentliche Indikator (Nebelpunkt S. 176, „blur point“ im angloamerikanischen Schrifttum.

Sonst wird man Diplopie oder Exklusion als Grenzwertindikatoren bevorzugen, weil diese von kleinen oder ungenau beobachtenden Patienten leichter erfasst werden. Bei Vertikal- und Zyklovergenz gibt es zu den zuletzt genannten Indikatoren ohnehin keine Alternative.

Insgesamt sollte man die Bedeutung dieser Messungen nicht überschätzen. Die genaue Winkelmessung, die sorgfältige Korrespondenzuntersuchungen und der Prismenadaptationstest sind meist eine bessere Grundlage für Therapie und Prognose.

Bestimmung der Fusionsbreite mit Prismen | Zur Messung der **horizontalen Fusionsbreite** werden einem Auge Prismen steigender Wirkung zunächst Basis innen vorgesetzt und damit Divergenzfusion gefordert, bis der Patient Diplopie angibt, wobei dann die Augen in ihre Anfangsstellung zurückkehren. Die erreichte Prismenablenkung wird notiert (**Abreißpunkt**, S. 176, „breakpoint“). Anschließend wird die Prismenstärke langsam vermindert, bis der Patient die Fusion wiederaufnehmen kann (**Wiedervereinigungspunkt**, S. 176, „recovery point“). Beide Messwerte geben Aufschluss über die Fusionsbreite (S. 175).

In analoger Weise wird die Konvergenzfusion mit Prismen (Basis außen) vermessen. Die Summe von Konvergenz- und Divergenzfusion (Konvergenz- und Divergenzbreite) entspricht der horizontalen Fusionsbreite.

Die vertikale Fusionsbreite wird mit Prismen (Basis unten und Basis oben) bestimmt.

Manche Patienten sind zur Doppelbildwahrnehmung nicht in der Lage, sie exkludieren. Bei ihnen kann man die Fusionsbreite mit Prismen nur unter gleichzeitiger Verwendung der Schweißgläser von Bagolini messen. Nachteilig dabei ist, dass man mit Fixierlichtern arbeiten muss, die Fusion und Akkommodation weniger anregen als Optotypen oder Bilder.

Bei allen Fusionsbreitenmessungen sollten wir die Angaben des Patienten mit seiner Augenstellung vergleichen und diese im Zweifel mit dem einseitigen Abdecktest überprüfen.

Für die **Messung der Prismenfusion** können **Prismenleisten** mit horizontaler und vertikaler Ausrichtung und Doppel-

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

drehprismen (*Herschel-Prismen, Prismenkompensatoren*) benutzt werden. Doppeldrehprismen bestehen aus zwei Prismen gleicher Ablenkung, die in gemeinsamer Fassung symmetrisch gegeneinander verdreht werden können (Abb. 3.57). Da sich die Wirkungen bei entgegengesetzter Basislage aufheben, bei gleicher zu einem Maximalwert (meist 20 cm/m) und sonst zu Zwischenwerten addieren, können damit kontinuierlich zunehmende Ablenkungen von 0 bis 20 cm/m Basis innen und Basis außen oder Basis oben und Basis unten oder auch mit schräger Richtung eingestellt werden.

Bei kleinen Kindern (vor Vollendung des 4.–5. Lebensjahres) und nicht kooperationsfähigen oder -willigen Erwachsenen kann man die motorische Fusion qualitativ prüfen, indem man ein 15-cm/m-Prisma (Basis außen) vor ein Auge hält und die dabei auftretenden Bewegungen beobachtet. Meist wird man nicht eine Fusionsbewegung des „Prismenauges“ sehen, sondern zunächst eine zur Prismenkante gerichtete Einstellbewegung, der die Fusionsbewegung folgt.

Das Verhalten von Führungsauge und geführtem Auge ist meist unterschiedlich: Hält man einer nichtschielenden Versuchsperson das Prisma (Basis außen) vor das dominante Auge, so beobachtet man eine zum nichtdominanten Auge gerichtete Sakkade beider Augen, der eine Fusionsbewegung des nichtdominanten Auges folgt. Bei Schielenden fehlt diese Fusionsbewegung regelmäßig. Wird dagegen das Prisma (Basis außen) vor das nichtdominante Auge eines Nichtschielenden gehalten, so ist häufiger nur eine Fusionsbewegung dieses Auges zu erkennen. Schielende lassen in der Regel keine Augenbewegungen erkennen, wenn ihnen ein Prisma vor das schielende Auge gesetzt wird. Leider zeigen Patienten mit Mikrostrabismus so häufig Normalbefunde, dass der Test für ein Mikrostrabismus-Screening ungeeignet ist.

Bestimmung der Fusionsbreite mit Haploskopen | Im Prinzip kann mit jedem Haploskop gemessen werden. Man muss allerdings wissen, dass die Resultate in dem Maß an praktischem Wert verlieren, in dem man sich von den Bedingungen des freien Raumes entfernt.

Für die Messung der Fusionsbreite werden Bildpaare benutzt, die sich im Wesentlichen vollkommen entsprechen, zusätzlich aber kleinere, für jedes Auge verschiedene Details aufweisen, sog. Kontrollobjekte, die sich teils in Bildmitte (zentrale Kontrollobjekte), teils am Bildrand (periphere Kontrollobjekte, s. Abb. 3.42, 3.48) befinden.

Der Patient wird in der schon beschriebenen Weise an das Haploskop gesetzt. Bildträger bzw. Projektoren werden

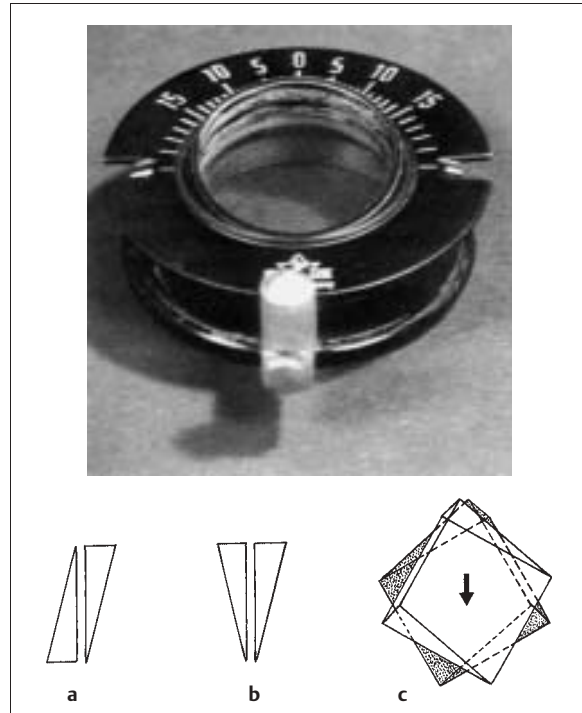


Abb. 3.57 Prismenkompensator (oben Einsteckversion zur Refraktionsbrille von Oculus). Er besteht aus zwei Einzelprismen, die mit einer kleinen Schraube (vorn) gegeneinander verdreht werden können. Dadurch kann man in zwei entgegengesetzten Richtungen verschiedene prismatische Wirkungen an einer Skala einstellen. Bei entgegengesetzter Basislage (a) ist die Gesamtwirkung 0, bei gleicher Basisrichtung (b) erreicht die Ablenkung ein Maximum, bei Einstellung zwischen diesen Extremen (c) entsprechend kleinere Werte.

zunächst so eingerichtet, dass die Halbbilder für den Patienten verschmelzen (Fusionswinkel). Nun werden die Halbbilder mit Hilfe der Bildträger bzw. Projektoren langsam möglichst symmetrisch in Richtung Konvergenz, Divergenz, positive und negative Vertikaldivergenz oder Zyklovergenz bewegt, bis der Patient zwei teilweise oder ganz getrennte Bilder wahrnimmt oder ihre Kontrollobjekte exkludiert. Die erreichte Endstellung wird an den Geräteskalen bzw. an der Projektionswand abgelesen und protokolliert.

Friedburg und Meyer (27) haben zur Messung der Zyklofusion folgende Methode vorgeschlagen: Patienten mit Stereopsis werden mit dem Polarisationshaploskop Random-dot-Stereogramme gezeigt, deren querdissparat angeordnete Punktmenge einen Ring darstellt (Abb. 3.58). Die Testbilder werden mit zunehmender In- und Exzyklovergenz angeboten, bis der Ring nicht mehr erkannt wird. Da Versuchspersonen und Patienten unter diesen Bedingungen schon bei geringer Abweichung vom Fusionswinkel eine Verkipfung des Ringes angeben, dürfte es sich bei der Zyklofusion überwiegend um ein sensorisches Phänomen handeln.

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

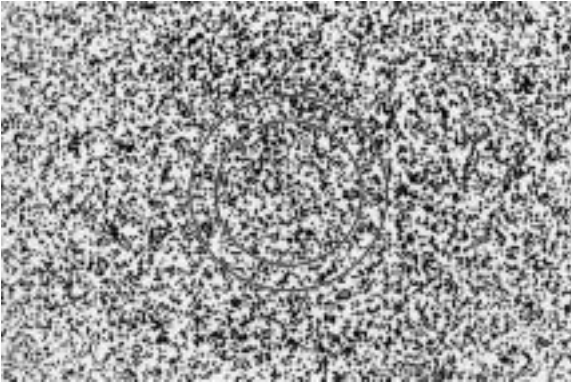


Abb. 3.58 Random-Dot-Zyklofusionstest nach Friedburg. Mit einem Polarisationshaploskop werden Fusionsbilder mit Random-Dot-Mustern angeboten, in denen ein querdisperser Ring „versteckt“ ist.

Bewertung der motorischen Fusionsbreite | Die Fusionsbreiten sind von verschiedenen Autoren bei normalen Versuchspersonen gemessen worden (22, 33, 49, 42). Die gemessenen Werte ändern sich mit dem Untersuchungsgerät (Prismen, Haploskope) und den Testbildern (Lichter, konturenreiche Muster). Durchweg werden mit Prismen und Fixierlichtern im Raum kleinere Fusionsbreiten gemessen als mit großen Halbbildern in Haploskopen bei Ausschluss jeder zusätzlichen Raumwahrnehmung. Die „Normwerte“ der Literatur für die Messung mit Prismen im Raum bzw. am Synoptophor liegen in folgenden Bereichen:

- ▶ Konvergenzbreite: 15–25 cm/m bzw. 30–50°,
- ▶ Divergenzbreite: 8–12 cm/m bzw. 5–8°,
- ▶ Vertikalvergenzbreite: 4–8 cm/m bzw. 3–6°,
- ▶ Zyklovergenzbreite: 0–20°.

Die erhebliche Streuung dieser Werte zeigt, dass in die Bestimmung weitere Faktoren, wie unterschiedliche akkommodative oder apparative Vergenz und sensorische Fusion, eingeflossen sind.

Angesichts dieser Tatsachen kann man diese „Normwerte“ nicht allein dazu verwenden, die bei einem Patienten gefundenen Fusionsbreiten klinisch zu werten.

Sinnvoll beurteilen lassen sich Fusionsbreiten nur, wenn der ganze Befundzusammenhang (Beschwerden, Stellungsfehler, Fusionsbreite) berücksichtigt wird. Wichtiger als der Betrag der Fusionsbreite ist dabei, ob und wie weit horizontaler, vertikaler und torsionaler Fusionsbereich in der einen oder anderen Richtung verschoben sind.

3.1.6 Bestimmung der akkommodativen Vergenz und der Akkommodation

Bei Patienten, deren latente oder manifeste Stellungsabweichung sich wesentlich (mehr als 10–15 cm/m) bei Fern- und Nahfixation unterscheidet (Konvergenzexzess und -insuffizienz, Divergenzexzess und -insuffizienz), ist eine anomale Beziehung zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz (AC/A-Quotient) zu vermuten; eventuell liegt zusätzlich eine Akkommodationsstörung vor.

Der **AC/A-Quotient** gibt an, wie viel cm/m akkommodativer Konvergenz je Dioptrie Akkommodation geleistet werden. Der AC/A-Quotient kann nach der Gradienten- oder nach der Heterophoriemethode gemessen werden, wobei der Patient mit optimaler Korrektur kleine Optotypen betrachtet.

Bei der **Heterophoriemethode** wird die Fehlstellung (Eso- oder Exodeviation) unter Ausschaltung des Binokularsehens („fusionsfreie Ruhelage“) bei Blick in die Ferne (5 m) und in die Nähe (0,33 m = 3 dpt Akkommodation) gemessen. Der AC/A-Quotient wird berechnet nach der Formel

$$AC/A = \frac{PD + (FN - FF)}{A}$$

Dabei bedeuten: PD Interpupillardistanz in cm, FN Fehlstellung Nähe in cm/m, FF Fehlstellung Ferne in cm/m und A Akkommodation (Kehrwert der Prüfdistanz Nähe).

Beispiel | PD 6 cm, Nähe Esodeviation +15 cm/m, Ferne Esodeviation +3 cm/m, Prüfdistanz Nähe 0,33 m:

$$AC/A = \frac{6 + (15 - 3)}{3} = 6 \text{ cm}$$

Bei der **Gradientenmethode** wird in einer gegebenen Entfernung mit optimaler Korrektur die Fehlstellung unter Ausschaltung des Binokularsehens gemessen. Nun werden Minusgläser (Akkommodationsforderung) vorgesetzt, bis die Optotypen unscharf erscheinen. Die Deviation wird erneut bestimmt und die Stärke des Vorsatzes notiert. Der AC/A-Quotient wird nach folgender Formel berechnet:

$$AC/A = \frac{FL - F}{A}$$

Dabei bedeuten: FL Fehlstellung mit Vorsatzlinsen in cm/m, F Fehlstellung ohne Vorsatzlinsen in cm/m, A Akkommodation (Stärke der Vorsatzlinsen in D).

aus: Kaufmann, Strabismus (ISBN 3131297239) © Georg Thieme Verlag

Beispiel | Esodeviation mit Vorsatz von -3 dpt +15 cm/m, ohne Vorsatz +3 cm/m:

$$AC/A = \frac{15 - 3}{3} = 4 \text{ cm}$$

Heterophorie- und Gradientenmethoden ergeben bei einem Patienten selten denselben AC/A-Quotienten. Dabei mag die Gradientenmethode zu besser reproduzierbaren aber klinisch weniger relevanten Daten führen, weil mit ihr die Akkommodation meist unter unphysiologischen Bedingungen (Hauptblickrichtung, Fernfixation) gemessen wird.

Die gesonderte Messung des AC/A-Quotienten ist in der Regel entbehrlich, wenn der Schielwinkel bei Fern- und Nahfixation gemessen wurde. Aus diesen Daten lässt sich der AC/A-Quotient nach der Heterophoriemethode leicht abschätzen.

Ein erhöhter AC/A-Quotient kann mit normaler oder verminderter (*hypoakkommodative Form*) Akkommodation einhergehen. Man misst die Akkommodationsbreite mit optimaler Korrektur monokular und binokular, indem man bei Fernfixation Minusgläser vorschaltet, bis kleine Optotypen unscharf werden. Normwerte sind von Duane (s. *Abb. 1.14*) angegeben worden.

Man kann die Akkommodationsleistung auch über den *Akkommodationsnahpunkt* erfassen. Dazu werden kleine Optotypen, eventuell als bichromatischer Test, oder geeignete Testfiguren (z. B. Duane-Figur, *Abb. 3.59*) langsam so weit angenähert bis Unschärfe eintritt. Der Kehrwert des Abstands (m) entspricht dem Maximum der Akkommodation (z. B. Annäherung bis 0,2 m = 5 dpt Akkommodation).

Für die Einstellung des Nahpunkts (Akkommodationsnahpunkt) bedarf es einer vermehrten Innervation des Ziliarmuskels und eines entsprechenden Brechwertzuwachses der Linse. Die Innervation des Ziliarmuskels unterliegt individueller Variation und kann so defizitär sein, dass schon im Kindesalter ein den Anforderungen genügender Brechwertzuwachs der Linse nicht erreicht wird („*juvenile Hypoakkommodation*“, 54). Die wegen des ungenügenden Innervationserfolgs fortdauernd gesteigerte Innervation verursacht asthenopische Beschwerden, bisweilen auch einen (hypoakkommodativen) Konvergenzexzess. Zeichen der juvenilen Hypoakkommodation kann die gegenüber der Altersnorm herabgesetzte Akkommodationsbreite sein. Dies zeigt sich nicht immer sofort bei den oben angegebenen Messverfahren, weil diese die Akkommodation nicht anhaltend genug belasten.

Bei Verdacht auf juvenile Akkommodationsinsuffizienz sollte man längere Zeit Text lesen lassen und dabei die Lesedistanz beobachten.

Die Patienten setzen der Textannäherung mit der Zeit zunehmenden Widerstand entgegen oder weichen mit dem Kopf nach hinten aus und zeigen bei der (isostatischen) Skiaskopie in der aktuellen Lesedistanz eine der

Entfernung nicht entsprechende Akkommodationseinstellung (Mitläufigkeit bei parallelem Strahlengang).

Auch bei normaler Akkommodationsinnervation führt der Brechkraftzuwachs (Akkommodationsaufwand) nicht immer zur gewünschten Akkommodationseinstellung (Akkommodationserfolg).

Bei mit Brille korrigierter Hyperopie führt derselbe Akkommodationsaufwand zu einem geringeren Akkommodationserfolg (S. 13) als bei Emmetropie; bei mit Brille korrigierter Myopie zu einem größeren Akkommodationserfolg als bei Emmetropie. Das bedeutet, dass der mit Brille korrigierte Hyperope mehr, der mit Brille korrigierte Myope weniger akkommodieren muss als der Emmetrope. Entsprechend brauchen Hyperope mit Brille früher, mit Brille korrigierte Myope später einen Nahzusatz zum Ausgleich ihrer Presbyopie als Emmetrope. Kontaktlinsen normalisieren in beiden Fällen die Relation zwischen Akkommodationsaufwand und -erfolg.¹

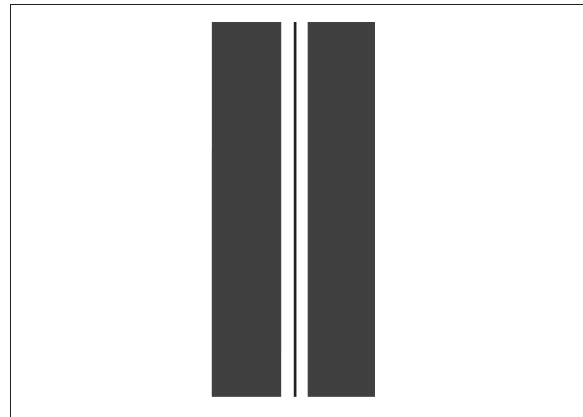


Abb. 3.59 Testfigur zur Akkommodometrie nach

Duane. Die Figur wird den Augen des Patienten angenähert, bis diesem der feine Strich zwischen den beiden Blöcken unscharf oder doppelt erscheint.

Die Literaturangaben zu diesem Kapitel finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM.

1 Wir danken unseren Orthoptistinnen Anne Kirsch, Cäcilie Faust, Heike Nobis, Ursula Pink, Imke Köchling, Bettina Roggenkämper und Martina Zimmermann für die kritische Durchsicht des Manuskripts und für manche Anregung