

BTSO - Binokulare Testsequenz Olten



Praxis-Handbuch

Powered by



Praxis-Handbuch mit den wichtigsten Tests und Messungen für eine Abklärung von nicht-strabismischen Auffälligkeiten. Detaillierte Anleitungen mit Auswertung für die BTSO Sequenz.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Wofür BTSO	4
2	Hintergrund zur BTSO Minimum Testbatterie	5
2.1	Einleitung	5
2.2	Die Minimum Testbatterie als Screening für Schulkinder	6
2.3	Screening: Möglichkeiten und Grenzen	9
3	Grundlegende Beurteilung: Visus, Covertest und Motilität	14
3.1	Visus monokular und binokular	14
3.2	Covertest in Ferne und Nähe	17
3.3	Motilitäts-Prüfung	21
4	Funktionen der Vergenz messen	26
4.1	Minimum Testbatterie: Konvergenznahpunkt mit Rotglas und Penlight	26
4.2	Konvergenznahpunkt mit akkommodativem Objekt	30
4.3	Minimum Testbatterie: Horizontale Fern- und Nahphorie (Maddox und mod. Thorington)	33
4.4	Prismen-Covertest zur objektiven Messung der Heterophorie	39
4.5	Fusionsbreiten (= relative Vergenzen) in Ferne und Nähe mit Prismenleiste	43
4.6	Vergenzflexibilität Ferne und Nähe	46
4.7	Gerechneter AC/A Quotient	49
4.8	Gemessener AC/A (Gradient)	51
5	Funktionen der Akkommodation messen	54
5.1	Akkommodationsbreite monokular	54
5.2	Minimum Testbatterie: Monokulare Akkommodations-Flexibilität	58
5.3	Akkommodationsflexibilität binokular	62
5.4	MEM Skiaskopie	65
5.5	Relative Akkommodation	68
6	Stereopsis in Ferne oder Nähe messen	70
6.1	New FD2 Frisby Distance	71
6.2	Distance Randot	73
6.3	MKH Stereo-Sehschärfetest	75
6.4	Randot Circles	77
6.5	TNO Stereotest	79
6.6	Frisby Nahtest mit 3 Tafeln	81
6.7	Randot Preschool Test	83

6.8	Stereo Smile Test Pass 1-3	85
6.9	Titmus Stereo Test	87
7	Auswertung der minimalen Testbatterie	89
7.1	BTSO Darstellung der Werte in der Profillinie	90
7.2	Tiefer AC/A	91
7.2.1	Typische Konvergenzinsuffizienz	91
7.2.2	Konvergenzinsuffizienz mit tiefer Akkommodationsbreite: Pseudo-Konvergenzinsuffizienz	93
7.2.3	Untypische Konvergenzinsuffizienz	96
7.2.4	Divergenzinsuffizienz	98
7.3	Hoher AC/A	100
7.3.1	Konvergenzexzess	100
7.3.2	Divergenzexzess	102
7.4	Normaler AC/A	104
7.4.1	Basis Esophorie	104
7.4.2	Basis Exophorie	106
7.4.3	Akkommodationsinsuffizienz	108
7.4.4	Akkommodationsexzess	110
7.4.5	Akkommodations-Unflexibilität	112
7.4.6	Akkommodation normal: Sehprobleme verschiedener Ursachen	114
7.5	Anhang: BTSO Z-Standardisierung	115
7.6	Anhang: BTSO Mess-Protokoll	116
8.	Impressum	117
9.	Literaturliste	118

1 Einleitung

Vielen Menschen mit sehbedingten Beschwerden kann geholfen werden. Fachleute aus Augenoptik, Optometrie und benachbarten Berufen wenden hierzu BTSO (BTSO = „Binokulare Test Sequenz Olten“) an: es dient dem Screening von Auffälligkeiten im Binokularsehen und der Akkommodation. Dafür werden nur vier Messungen benötigt, die etwa 6 Minuten dauern und von Hand mit einfachsten, kostengünstigen Werkzeugen durchgeführt werden (Hussaindeen et al., 2018). Die Messwerte sind schnell in die BTSO Lern-App eingegeben. Daraufhin werden Fachleute unterstützt, anhand von Beispielen die Auswertung dieser Daten zu erlernen, um den binokularen Status zu bestimmen. Es werden die Management-Optionen für jeden spezifischen Fall aufgelistet und zusätzlich weiterführenden Messungen das Absichern der Befunde vorgeschlagen. Grundlage sind evidenzbasierte Erkenntnisse, die weltweit zur Anwendung kommen und im Fachbuch: „Clinical Management of Binocular Vision“ von Scheiman und Wick zusammengefasst sind.

Der wichtigste Nutzen der BTSO Lern-App ist das Screening auf Besonderheiten von Akkommodation oder Vergenz bei Erwachsenen und bei Schulkindern. Entwickelt als non-Profit Projekt wurde BTSO am Institut für Optometrie an der Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Technik und Umwelt. <http://www.btso.ch>

[www.btso.ch Link](http://www.btso.ch)

Mit diesem Praxis-Handbuch werden allen interessierten Fachleuten und den Usern der App praxisbezogene Anleitungen zur Verfügung gestellt. Dies ist eine Grundlage zur fachlich korrekten Messung der Funktionen von Vergenzen und Akkommodation. Mit Text, Bildern und Video-Links werden die optometrischen Untersuchungen beschrieben, auf Fehlerquellen hingewiesen und die Optionen zum Management vorgestellt.

In den Kapiteln 2 und 3 werden Messungen von visuellen Grundfunktionen beschrieben. Hierzu gehören unter anderem der Visus und die Tests, mit denen ein Strabismus ausgeschlossen bzw. erkannt werden kann. In den Kapiteln 4 und 5 geht es um die minimale Testbatterie, die das Kernstück der BTSO Lern-App bildet und um erweiterte Messungen von Akkommodation und Binokularfunktionen, sofern das Screening auffällig ist. Weil auch die Stereopsis eine wichtige Binokularfunktion darstellt, sind eine Vielzahl von Stereotesten in Kapiteln 6 beschrieben. Das Kapitel 7 ist besonders hervorzuheben, weil es die wichtigsten Auswertungen vorstellt, die aufgrund der wenigen Screening Tests

möglich sind. Diese Übersicht dient zur Vertiefung der Auswertungen und hilft, die Unterschiede der verschiedenen Klassen intuitiv mittels der Profillinien zu erfassen.

Eine vollständige Analyse von Binokularsehen und Akkommodation dauert ca. 45 Minuten. Sie ist in allen Fällen notwendig, die im Screening auffällig geworden sind. Auch für diese Analyse gibt dieses Handbuch wertvolle Hinweise. Darüber hinaus und für die Anwendung von Visualtraining wird das Fachbuch von Scheiman und Wick empfohlen: „Clinical Management of Binocular Vision«. Lippincott Williams & Wilkins.

In den bestehenden binokularen Prüfmethoden werden oft die aktuellen Erkenntnisse der Funktion und Physiologie des binokularen Sehens oder auch der beidäugigen Wahrnehmung zu wenig berücksichtigt. Immerhin gibt es ein steigendes Interesse am Binokularsehen in der Wissenschaft: In den letzten 10 Jahren sind weltweit einige Anstrengungen unternommen worden, regionale Normwerte der binokularen und akkommodativen Funktionsmessungen zu erfassen. Dies ist auch ein Zweck der BTSO Lern-App, weil im Hintergrund anonymisierte Daten erhoben und für wissenschaftliche Zwecke verarbeitet werden.

1.1 Wofür BTSO

Hauptzweck der BTSO Testsequenz ist das Screening von binokularen Auffälligkeiten bei Schulkindern und Erwachsenen. Das Ergebnis ist in wenigen Minuten ermittelt und hilft dabei, Betroffenen helfen zu können, selbst wenn diese sich ihrer Beschwerden nicht bewusst sind. Somit sollte und kann BTSO grundsätzlich bei jeder Augenprüfung angewendet werden. Es eignet sich ebenso gut für Reihenuntersuchungen an Arbeitsplätzen, in Schulen oder Ausbildungseinrichtungen. Insbesondere bei Schulkindern ist BTSO ein wertvolles Werkzeug, um visuelle Auffälligkeiten frühzeitig zu erkennen, damit die Weichen für eine möglichst erfolgreiche Schullaufbahn und ein gesundes Selbstwertgefühl gestellt werden können.

Mit Hilfe der BTSO Lern-App können darüber hinaus noch weitere Informationen generiert werden. Die Anwendenden Fachleute werden immer sicherer, die Testergebnisse richtig zu interpretieren und dem korrekten binokularen/ akkommodativen Status zuordnen zu können. Damit ist die Basis geschaffen, um systematisch und evidenzbasiert die bestmögliche Korrektion auswählen zu können.

2 Hintergrund zur BTSO Minimum Testbatterie

2.1 Einleitung

BTSO = Binokulare Test Sequenz Olten wurde entwickelt für Fachpersonen zum Erlernen der Bestimmung des binokularen Status von Erwachsenen und Kindern. Basierend auf der minimalen Testbatterie wurde eine Entscheidungs-Logik entwickelt, um alle 9 üblichen binokularen- und akkommodativen Klassen mit sehr geringem Aufwand zu ermitteln oder festzustellen, dass alle Messungen im Normbereich sind.

Die BTSO Lern-App ist weitgehend selbst-erklärend und kann webbasiert auf jedem Computer oder Tablet verwendet werden. Alle objektiven und subjektiven Messungen

werden mit den gewohnten Gerätschaften durchgeführt. Anschliessend werden die Messdaten von Hand in der App eingetragen. Normwerte für alle Altersgruppen ab Schulkind-Alter wurden aus der vorhandenen Fachliteratur hinterlegt. Um schnell zu einer Analyse der binokularen Situation zu gelangen, braucht es nur die Eingabe der Messungen der minimalen Testbatterie, des Geburtsdatums und der Pupillendistanz. Zusätzlich können aber auch weitere Daten wie Visus, Stereopsis oder Akkommodation verarbeitet werden, für welche ebenfalls Normwerte aus der Literatur hinterlegt sind. Um den Einstieg auch weniger erfahrenen Untersuchenden zu erleichtern, sind weiterführende Informationen für alle Untersuchungsschritte auf Abruf verfügbar.

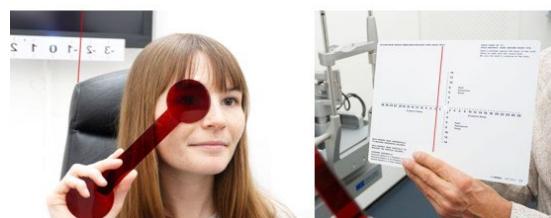


Abbildung 2-1 Sequenz der minimalen Testbatterie:
(1) Konvergenznahpunkt mit Rotglas und Penlight,
(2) Monokulare Akkommodationsflexibilität,
(3) Fern- und Nahphorie mit Maddox und modifizierter Thorington Karte

Video minimale
Testbatterie (kurz)

https://youtu.be/R8qL3_lf6x8

Die webbasierte App ist als Lern-Werkzeug konzipiert und gibt eine Übersicht über die möglichen Störungen der Akkommodation oder Konvergenz im normalen Binokularsehen. Es werden die jeweiligen Vorschläge zum weiteren Vorgehen bei spezifischen Problemen aufgezeigt, um selbst die Zuordnung immer zuverlässiger herstellen zu

können. Die berechnete Profillinie zeigt auf, ob sich die Messdaten innerhalb der normalen Bereiche befinden oder wie weit sie vom Normwert entfernt sind. Dazu werden die Standardabweichungen verwendet: Genau eine Standardabweichung in Richtung Plus oder Minus ist der hell dargestellte mittlere Bereich. Je weiter ein Messwert von der Norm abweicht, desto weiter verschoben und auffälliger ist dieser Wert. Wenn Werte nach links verschoben sind, bedeutet dies, dass sie unter der Norm liegen und nach rechts über der Norm.

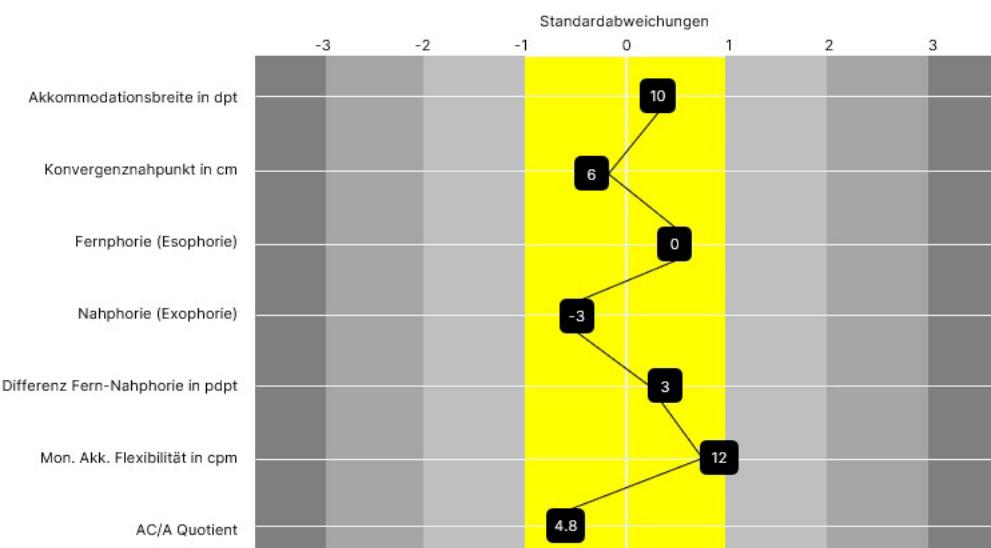


Abbildung 2-2 Profillinie BTSO eines Normalbefundes

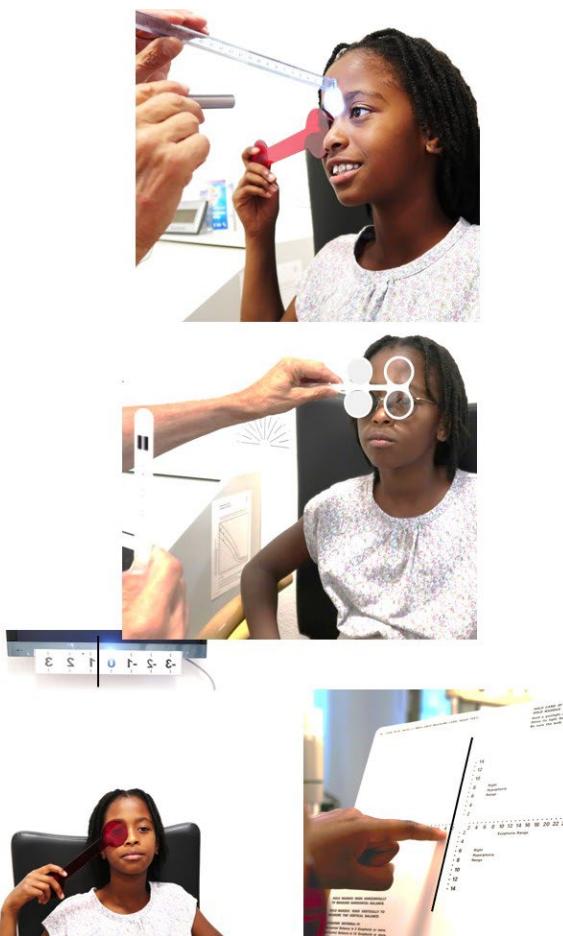
Die Entwicklung der BTSO Lern-App ist von der Vision getragen, dass Schulkindern und Erwachsene mit binokularen Auffälligkeiten routinemässig untersucht und versorgt werden. Initialzündung war ein Grundlagen-Forschungsprojekt zum Binokularsehen am Institut für Optometrie gefördert von der Stiftung OptikSchweiz, in dem die BAND Studienserie in ihrer Relevanz erkannt wurde. Das Screening mit der minimalen Testbatterie ist bereits bestens beschrieben, wenn auch mit Normwerten aus einer anderen Population. Der erste Schritt zu einer guten Versorgung ist es, mit einem Screening die auffälligen Personen herauszufiltern.

2.2 Die Minimum Testbatterie als Screening für Schulkinder

Beim Screening im medizinischen Sinne handelt es sich um die Untersuchung einer Gruppe meist asymptotischer Personen, um diejenigen zu erkennen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit an einer bestimmten Krankheit/ Auffälligkeit leiden. „Screening ist die Untersuchung von Personen mit dem Ziel, sie in solche mit hoher und solche mit

niedriger Wahrscheinlichkeit, die Krankheit zu haben, einzuteilen. Personen mit hoher Wahrscheinlichkeit werden weiter untersucht, um zu einer endgültigen Diagnose zu gelangen.“ (Morrison, 1992)

Durch die frühzeitige Erkennung und Behandlung unkorrigierter Brechungsfehler, Schielfehler und weiterer Risikofaktoren für die Amblyopie werden viele Sehprobleme langfristig verringert. Die Vorsorge hierfür ist bei Babys und Vorschulkindern in vielen Ländern weltweit recht gut etabliert (Carlton et al., 2021) und diese Vorsorge hat sich als wirksam erwiesen (Mathers, Keyes, & Wright, 2010).



Mögliche Probleme der Akkommodation oder der Vergenz sind erst nach dem 6. Lebensjahr zuverlässig zu erkennen (W. Dusek, Pierscionek, & McClelland, 2010). In den meisten Ländern ist aber spätestens mit Eintritt in die Schule das obligatorische Seh-Screening beendet. Eine Ausnahme bilden einige Bundesstaaten in den USA, wo zumindest der Visus, die Heterophorie und die Reaktion auf Plusgläser in Reihenuntersuchungen untersucht werden (Musch, Andrews, Schumann, & Baker, 2020). Außerdem werden in Australien und Lettland Reihenuntersuchungen bei Schulkindern in bestimmten Regionen vorgenommen (Barbara Junghans, Kiely, Crewther, & Crewther, 2002; Slabcova & Krumina, 2023).

Abbildung 2-3 Die minimale Testbatterie bei einem Schulkind

Weil es kein obligatorisches Screening seitens staatlicher Stellen gibt, tragen Eltern oder auch Lehrpersonen die Verantwortung dafür, dass Kinder zu Sehspezialisten überwiesen werden. Dieser Verantwortung können sie aber kaum gerecht werden. Die Problematik bei Erwachsenen ist vergleichbar, weil es zu wenige Anlaufstellen gibt, wo die beschriebenen Sehprobleme ernst genommen und kompetent abgeklärt werden können. Betroffene Erwachsene werden ihre Sehprobleme, die als solche nicht erkannt wurden sind, dann als gegeben hinnehmen und sich damit abfinden.

Die gesellschaftliche und individuelle Relevanz der binokularen und akkommodativen Auffälligkeiten bei Schulkindern wurde bisher nicht genügend erkannt. Immerhin wird das Thema in der Wissenschaft zunehmend beachtet (Ali et al., 2021; Carla, Sara, Jm, & Catalina, 2022; Maharjan et al., 2022; Mahlen & Arnold, 2022). Bei anspruchsvollen Sehaufgaben ab dem Schulkind-Alter sind je nach Studie und Kriterien mindestens 10% (Wajuihian & Hansraj, 2016), etwa 31% (Hussaindeen, Rakshit, Singh, George, et al., 2017) oder bis 45% (Iurescia, Iribarren, Lanca, & Grzybowski, 2023; BM Junghans, Azizoglu, & Crewther, 2020) der Kinder von visuellen Störungen betroffen. Deutliches und stabiles Sehen an der Tafel und im Heft kann folglich extrem erschwert sein. Mit zunehmenden Gebrauch von digitalen Geräten verstärken sich die Probleme sogar noch (Maharjan et al., 2022). Die meisten dieser Kinder leiden unter Sehbeschwerden, aber nicht alle können sie beschreiben. Mit Störungen der Sehfunktion gehen häufig auch Lese-schwierigkeiten einher, deren eigentliche Ursache erst durch eine Analyse der nicht-strabismischen Sehfunktionen von binokularer Zusammenarbeit und Akkommodation erkannt werden kann (W. A. Dusek, Pierscionek, & McClelland, 2011).

Die BTSO Minimum Testbatterie basiert auf einer methodisch ausgefeilten Studienserie unter dem Namen „BAND 1-3“ (Binocular Vision Anomalies and Normative Data). Das Ziel war von Beginn an, eine kostengünstige Testbatterie für akkommodative und binokulare Auffälligkeiten zu entwickeln. Dafür wurden die vollständigen Normwerte mit einer ausführlichen Testbatterie bestimmt, bestehend aus fünf akkommodativen und elf binokularen Tests. Die Studien-Gruppe bestand aus 920 Schulkindern zwischen 6 und 17 Jahren im Indischen Bundesstaat Tamil Nadu, je zur Hälfte aus städtischer und ländlicher Umgebung. Im Vergleich zu den Normwerten aus anderen Studien gab es Abweichungen unter anderem im Konvergenznahpunkt, dem AC/A und der Akkommodations-Flexibilität (Hussaindeen, Rakshit, Singh, Swaminathan, et al., 2017). Die Studien-Methoden waren nach aktuellen evidenz-basierten Kriterien ausgewählt und zeigten im Ergebnis signifikante Unterschiede zu weiteren Werten aus anderen Studien, was unter anderem durch unterschiedliche Methodik der Messungen zu erklären ist. In BAND 2 wurde analysiert, wie häufig und in welcher Verteilung nicht-strabismischen Klassen vorkommen (Hussaindeen, Rakshit, Singh, George, et al., 2017). Die hier verwendete Klassifizierung war eng angelehnt an die etablierte „Integrativen Analyse“ von Scheiman und Wick. Ergänzend zur bisherigen Literatur wurden die Kriterien zur Bestimmung der Klassen detailliert beschrieben. Dies ist notwendig, weil nicht nur ein einziger Grenzwert zu einer

spezifischen Zuordnung verwendet wird, sondern die Kombination von mehreren Messdaten. Bei 31% der untersuchten Kinder (n=283) wurden Auffälligkeiten festgestellt. Von diesen auffälligen Kindern waren 80% symptomatisch. Die häufigste Klasse war die Konvergenzinsuffizienz mit 17%, gefolgt von der Akkommodations-Inflexibilität mit 10%. Die minimale Testbatterie ist das Ergebnis der Analysen in der BAND 3 Studie (Hussaindeen et al., 2018). Dazu wurde die Treffsicherheit von Einzeltests untersucht und auch von Test-Kombinationen. Ziel war es, den effektivsten Test beziehungsweise die effektivste Testbatterie zu ermitteln. Optimiert wurde diese Testbatterie für die an den häufigsten vorkommenden Klassen: der Konvergenzinsuffizienz mit einer Sensitivität von 80% und Spezifität von 73% und der Akkommodations-Inflexibilität mit einer Sensitivität von 92% und Spezifität von 90%.

2.3 Screening: Möglichkeiten und Grenzen

Das Ergebnis eines Screening-Tests ist immer eine klare Einteilung in „Auffällig“ oder „Unauffällig“, um daraus weitere Schritte ableiten zu können. Für die letztliche Feststellung einer Störung in den erweiterten Messungen gibt es ebenfalls klare Angaben über die Bewertung aller Faktoren. In der Praxis ist dies deutlich komplexer, als wenn nur ein einzelner klinischer Test angewendet werden würde. Es kann vereinzelt eine Häufung grenzwertiger Ergebnisse vorkommen, von denen jedes für sich allein nicht ausreicht, eine eindeutige klinische Diagnose zu stellen. In der Gesamtheit können die Ergebnisse dennoch anzeigen, dass das Vergenzsystem und/ oder das Akkommodationssystem bei binokularen Aufgaben unter Stress steht und unterstützt werden sollte (Barbara Juhghans et al., 2002).

Mit zunehmender klinischer Erfahrung werden daher die Grenzwerte anders interpretiert und in die Klassifizierung umgesetzt. Dies geht zwangsläufig über eine klar vorgegebene Entscheidungslogik auf dem Niveau von Anfängern hinaus. Zudem ist die Versorgung von symptomatischen Patienten egal welchen Alters von der jeweiligen Praxis-Erfahrung und Ausrichtung abhängig. In der Schweiz, Österreich und Deutschland werden prismatische Korrekturen bei nicht-strabismischen Sehproblemen viel häufiger angeboten als in anderen Ländern, in denen beispielsweise öfter zuerst mit Visualtraining gearbeitet wird. Ein langjährige Erfahrungswissen mit Ausgleichsprismen hat sich aufgebaut, das den evidenz-basierten Management-Optionen nach Scheiman und Wick (Scheiman & Wick, 2020) nicht widerspricht. Allerdings gibt es nur sehr wenige Studien zur Wirkung

von prismatischen Korrekturen bei Sehstress (Pang, Teitelbaum, & Krall, 2012; Teitelbaum, Pang, & Krall, 2009). Sehr gut erforscht hingegen ist das Visualtraining im Falle der häufigen Konvergenzinsuffizienz (ART et al., 2015; CITT, 2008). Die Verbindung dieser beiden „Welten“ ist noch nicht gut erforscht. Möglicherweise kann die breite Einführung der Beurteilung von Sehfunktionen und der Klassifizierung mit Hilfe der BTSO Lern-App ein wichtiger Schritt sein, um die Grundlagen für spätere, repräsentative Studien aufzubauen.

Klassifizierungen von Störungen der Akkommodation und des Binokularsehens sind vielversprechend und öffnen Türen zu besserer Unterstützung von Menschen mit Sehproblemen.

Es gibt dennoch grundlegende Einschränkungen, warum die Erwartungen nicht zu hochgesteckt werden dürfen. Wenn man ausschliesslich nach den Symptomen geht, finden sich mehrere Gruppen: (1) interne Symptomfaktoren, (2) Trockene Augen und (3) Externe Symptomfaktoren (Sheedy, Hayes, & Engle, 2003). Nur die „internen Symptomfaktoren“ sind laut Sheedy et al. auf Akkommodation und/ oder Binokular-Probleme zurückzuführen und umfassen typischerweise Schmerzen, Anstrengung und Kopfschmerzen hinter den Augen. Beschwerden im Sehen können häufig verursacht werden durch „Trockene Augen“, aber auch durch Umwelteinflüsse oder haltungsbedingten Stress als „externe Symptomfaktoren“. Man sollte daher immer berücksichtigen, dass subjektive Sehbeschwerden komplex sind und dass ein einfacher Ursache-Wirkungszusammenhang nicht erwartet werden kann (Schubert, Sulis, De La Torre-Luque, & Schiepek, 2023).

Insgesamt ist die Relevanz der nicht-strabismischen Störungen ab dem Schulkind-Alter international nur in der Forschung, aber nicht in der Anwendung genügend erkannt worden. Ein flächendeckendes Screening und eine entsprechende Versorgung ist ein grosses Anliegen, das die vereinten Kräfte verschiedener Gruppierungen und Akteure braucht. Dennoch sind wir zuversichtlich, dass erste Schritte in die richtige Richtung bereits gemacht sind, um die Versorgung von Kindern und Erwachsenen zu verbessern, die bisher durch die Raster gefallen sind. Der Aufbau eines Netzwerks zur Versorgung von binokularen Auffälligkeiten wird unterstützt durch regelmässige online Meetings der BTSO App-Nutzerinnen und Nutzer und durch verschiedene Weiterbildungs-Kurse. So sind Möglichkeiten geschaffen für Austausch und gegenseitige Unterstützung. Jede Rückmeldung und jeder kritische Kommentar ist willkommen. Kontakt und weitergehende Informationen sind zu finden unter: www.btso.ch

Literatur

Ali, Q., Heldal, I., Helgesen, C. G., Krumina, G., Costescu, C., Kovari, A., . . . Thill, S. (2021). Current Challenges Supporting School-Aged Children with Vision Problems: A Rapid Review. *Applied Sciences*, 11(20), 9673.

ART, C., Scheiman, M., Mitchell, G. L., Cotter, S. A., Kulp, M., Chase, C., . . . Hertle, R. (2015). Convergence Insufficiency Treatment Trial - Attention and Reading Trial (CITT-ART): Design and Methods. *Vis Dev Rehabil*, 1(3), 214-228.

Carla, S. C., Sara, B. F., Jm, C. R., & Catalina, P. (2022). Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14 years. *J Optom*, 15(4), 278-283. doi:10.1016/j.optom.2021.11.004

CITT, S. G. (2008). The convergence insufficiency treatment trial: design, methods, and baseline data. *Ophthalmic Epidemiol*, 15(1), 24-36. doi:10.1080/09286580701772037

Dusek, W., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2010). A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. *BMC Ophthalmol*, 10, 16. doi:10.1186/1471-2415-10-16

Dusek, W. A., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2011). An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmol*, 11, 21. doi:10.1186/1471-2415-11-21

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., George, R., Swaminathan, M., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2017). Prevalence of non-strabismic anomalies of binocular vision in Tamil Nadu: report 2 of BAND study. *Clin Exp Optom*, 100(6), 642-648. doi:10.1111/cxo.12496

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., Swaminathan, M., George, R., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2017). Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. *Clin Exp Optom*, 100(3), 278-284. doi:10.1111/cxo.12475

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., Swaminathan, M., George, R., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2018). The minimum test battery to screen for binocular vision anomalies: report 3 of the BAND study. *Clin Exp Optom*, 101(2), 281-287. doi:10.1111/cxo.12628

Iurescia, A., Iribarren, R., Lanca, C., & Grzybowski, A. (2023). Accommodative-vergence disorders in a paediatric ophthalmology clinical setting in Argentina. *Acta Ophthalmol.* doi:10.1111/aos.15785

Junghans, B., Kiely, P. M., Crewther, D. P., & Crewther, S. G. (2002). Referral rates for a functional vision screening among a large cosmopolitan sample of Australian children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22(1), 10-25. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.2002.00010.x>

Junghans, B., Azizoglu, S., & Crewther, S. (2020). Unexpectedly high prevalence of asthenopia in Australian school children identified by the CISS survey tool. *BMC Ophthalmology*, 20(1). doi:10.1186/s12886-020-01642-3

Maharjan, U., Rijal, S., Jnawali, A., Sitaula, S., Bhattachari, S., & Shrestha, G. B. (2022). Binocular vision findings in normally-sighted school aged children who used digital devices. *PLoS One*, 17(4), e0266068. doi:10.1371/journal.pone.0266068

Mahlen, T., & Arnold, R. W. (2022). Pediatric Non-Refractive Vision Screening with EyeSwift, PDI Check and Blinq: Non-Refractive Vision Screening with Two Binocular Video Games and Birefringent Scanning. *Clinical Ophthalmology*, 16, 375-384. doi:10.2147/ophth.S344751

Mathers, M., Keyes, M., & Wright, M. (2010). A review of the evidence on the effectiveness of children's vision screening. *Child Care Health Dev*, 36(6), 756-780. doi:10.1111/j.1365-2214.2010.01109.x

Musch, D. C., Andrews, C., Schumann, R., & Baker, J. (2020). A community-based effort to increase the rate of follow-up eye examinations of school-age children who fail vision screening: a randomized clinical trial. *J AAPOS*, 24(2), 98.e91-98.e94. doi:10.1016/j.jaapos.2019.12.012

Morrison, A. S. (1992). Screening in chronic disease (2nd Edition ed.). New York: Oxford University Press.

Pang, Y., Teitelbaum, B., & Krall, J. (2012). Factors associated with base-in prism treatment outcomes for convergence insufficiency in symptomatic presbyopes. *Clinical & experimental optometry*, 95(2). doi:10.1111/j.1444-0938.2011.00693.x

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

Schroth, V. (2021). Binokulare Korrektion; MKH in Theorie und Praxis. Heidelberg: DOZ Verlag.

Schubert, C., Sulis, W., De La Torre-Luque, A., & Schiepek, G. K. (2023). Editorial: Biopsychosocial complexity research. *Frontiers in Psychiatry*, 14. doi:10.3389/fpsyg.2023.1157217

Sheedy, J. E., Hayes, J., & Engle, J. (2003). Is all asthenopia the same? *Optometry & Vision Science*, 80(11), 732-739.

Slabcova, J., & Krumina, G. (2023). Vision Screening and Training Tool for School-Aged Children, Cham.

Teitelbaum, B., Pang, Y., & Krall, J. (2009). Effectiveness of base in prism for presbyopes with convergence insufficiency. *Optom Vis Sci*, 86(2), 153-156. doi:10.1097/OPX.0b013e318194e985

Wajuihian, S. O., & Hansraj, R. (2016). Vergence anomalies in a sample of high school students in South Africa. *Journal of optometry*, 9(4), 246-257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joptom.2015.10.006>

3 Grundlegende Beurteilung: Visus, Covertest und Motilität

3.1 Visus monokular und binokular

Ziel:

Bei der Visusprüfung wird die Sehschärfe oder gleichbedeutend die Sehleistung bestimmt. Hohe Visuswerte bedeuten eine gute Leistungsfähigkeit, auch wenn die Werte über der Norm liegen. Der binokulare Visus ist beim normalen Binokularsehen meist eine Visusstufe besser als der beste monokulare Visus. Wenn hingegen der binokulare Visus schlechter ist als der monokulare, ist dies meist ein treffsicheres Anzeichen für sensorische Anomalien, die sich beim frühkindlichen Strabismus ausbilden.

Die Einheit für den Visus ist hier in Dezimal gewählt. Für Visusmessungen sollten die Abstufungen der Visustafeln logarithmisch sein. Nur die logarithmische Abstufung stellt sicher, dass von Zeile zu Zeile die Schwierigkeitsstufe gleichbleibt. Die für Visusprüfungen verwendeten Sehzeichen werden „Optotypen“ genannt. Der Landoltring ist in vielen Ländern als einziger Optotyp für Gutachten zur Visusmessung zugelassen. Je nach Sehtafel oder Sehprüfgerät sind die verfügbaren Zahlen, Buchstaben und Symbole nicht immer vollständig vergleichbar mit den Visuswerten an Landoltringen. Wenn möglich, sollte die Vergleichbarkeit überprüft werden, damit ungeeignete Optotypen aus der Auswahl herausgelöscht werden. Im Arbeitsalltag würde man ungeeignete Optotypen daran erkennen, dass diese Zeichen in der gleichen Visusstufe immer entweder zu einfach oder dass zu schwierig für Patienten zu erkennen sind.

Normwerte

Normwerte für den Visus sind vom Alter abhängig. Für Annäherungen kann bis 29 Jahre die Formel verwendet werden: $(-0.0049) * \text{Alter} - 0.025$ und ab 30 Jahre die Formel: $(+0.0029) * \text{Alter} - 0.25$. Ein 12-jähriges Kind hat demnach normalerweise einen log Visus von -0.08, was in Dezimal dem Visus von knapp 1.25 entspricht. Eine 60-jährige Person liegt normalerweise beim log Visus von -0.07, was wiederum knapp 1,25 Dezimal Visus entspricht.

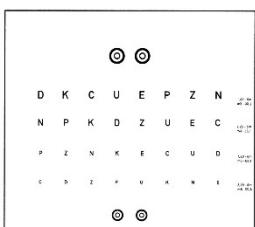


Abbildung 3-2 Buchstaben
zur Visusbestimmung

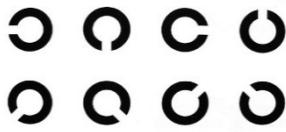


Abbildung 3-1 Landoltringe in
den möglichen Ausrichtungen

Durchführung:

Die aktuelle refraktive Vollkorrektion wird vorgegeben. Helle Raumbeleuchtung wird eingestellt und die Optotypen auf dem Prüfgerät präsentiert. Die Helligkeit des Testfeldes und die Kontraste müssen den Normen entsprechen. Es muss sichergestellt sein, dass die Testdistanz exakt eingehalten wird, was insbesondere in der Nähe bedeutsam ist. Nahgeräte oder Testtafeln in der Nähe verfügen oft über ein Distanzband, dessen Ende von der PatientIn schlafewärts neben das Auge gehalten und während der gesamten Messung dort belassen wird.

Mit der Visusstufe um 1.0 wird begonnen, wenn die PatientIn zwischen 6 und 70 Jahren alt ist, sonst wird mit Visusstufe 0.8 begonnen. Sollte es spezielle Vorinformation aufgrund der Anamnese geben, wird mit einer angepassten, niedrigeren oder höheren Visusstufe angefangen.

Die Visusstufe gilt als erreicht, wenn das 60% Kriterium erfüllt ist: mindestens 3 von 5 Optotypen müssen richtig erkannt sein. Zur Visusbestimmung geht man an die Grenze der Erkennbarkeit. Dazu wird die PatientIn mehrfach aufgefordert, im Zweifelsfall zu raten. Wenn 3 Zeichen von 5 richtig erkannt wurden, muss die nächstschwierigere Stufe abgefragt werden, auch wenn zuvor möglicherweise die Grenze der Erkennbarkeit bereits erreicht wurde.

Instruktion:

„Ich zeige Ihnen jetzt kleine Zahlen/ Buchstaben, die Sie mir bitte vorlesen. Sie dürfen raten, wenn Sie nicht ganz sicher sind.“

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Prüfung abgebrochen, obwohl noch 3 von 5 Zeichen erkannt wurden.
- Ungeeignete Optotypen, von denen manche zu einfach erkennbar sind und manche zu schwierig im Vergleich zum Norm-Optotypen (=Landoltring).
- Optotypen Tafeln, die linear anstatt logarithmisch abgestuft sind.
- Auswendiglernen möglich, weil immer die gleichen Optotypen verwendet werden, anstatt dass per Zufallsauswahl die Art und Reihenfolge geändert wird.
- Der PatientIn erlauben, die Augen zu kneifen und somit die Sehschärfe zu verbessern.
- Die PatientIn schaut bei der monokularen Messung um den Okkluder herum und nutzt somit den binokularen Visus.
- Das verfügbare Sehtestgerät ist unzureichend ausgestattet, weil die kleinste Optotypen-Reihe auf dem Gerät nicht ausreicht, um den maximalen Visus messen zu können, der im Einzelfall bis Visus 2.0 sein kann.
- Das verfügbare Sehprüfgerät erreicht nicht die notwendige Helligkeit, was u.a. bei veralteten Projektoren vorkommen kann oder wenn bei monokularer Prüfung die PatientIn durch Polarisationsfilter schaut.

Die Normwerte stammen aus den folgenden Arbeiten:

Campo Dall'Orto G, et al. (2020) Measurement of visual acuity with a digital eye chart: optotypes, presentation modalities and repeatability. J Optom.,
<https://doi.org/10.1016/j.optom.2020.08.007>

Elliott, D.B; Young, K.C.H.; Whittacker,D (1995) Visual acuity changes throughout adulthood in normal, healthy eyes: Seeing beyond 6/6. OptVisSci Vol 72, No.3., pp 186-191

Li Y, Hu QR, Li XX, Hu YH, Wang B, Qin XY, Ren T. (2022) Visual acuity of urban and rural adults in a coastal province of southern China: the Fujian Eye Study. Int J Ophthalmol; 15(7):1157-1164

Huurneman and Boonstra (2016) Assessment of near visual acuity in 0–13 year olds with normal and low vision: a systematic review BMC Ophthalmology 16:215 DOI 10.1186/s12886-016-0386-y

Ohlsson, J., Villarreal, G. (2005) Normal visual acuity in 17-18 year olds. Acta Ophthalmol. Scand. 2005: 83: 487–491. doi: 10.1111/j.1600-0420.2005.00516.x

3.2 Covertest in Ferne und Nähe

Ziel:

Wichtiger Test zur Unterscheidung zwischen Heterophorie und Begleitschielen. Bei der Heterophorie ist nur beim Aufdecken eine Einstellbewegung zu beobachten, aber nicht bei Zudecken. Beim Begleitschielen kommt das Schielauge aus seiner Schielposition, wenn das andere, freie Auge zudeckt wird: Bewegung von Einwärts bei Esotropie und Bewegung von auswärts bei Exotropie. BTSO wird ausschliesslich für die Besonderheiten ohne Strabismus angewendet, daher ist der Ausschluss eines Begleitschielen mit dem einseitigen Covertest bedeutsam.

Wenn ein Begleitschielen festgestellt wird, sollte die Anamnese intensiv auf den Schielbeginn eingehen und ob die Patientin jemals doppelt gesehen hat.

WICHTIG: Ein plötzlich auftretendes Doppelzehen ist ein Grund für eine sofortigen Notfall-Überweisung an Fachärzte der Neurologie oder Neuro-Ophthalmologie.



Covertest Ferne bei Phorie

https://youtu.be/1hKp1_QGIxA

Covertest Nähe bei Phorie

<https://youtu.be/mjU8SWIqe2g>

Abbildung 3-3 Covertest Ferne



Covertest Ferne bei
Einwärts-Schielen

<https://youtu.be/P1seKUFKPau>

Abbildung 3-4 Covertest Ferne bei
Einwärts-Schielen



Covertest Ferne bei
Vertikal-Schielen

https://youtu.be/c7R_yvSCBt4

Abbildung 3-5 Covertest bei Vertikal-Schielen

Durchführung:

Normale Raumhelligkeit. Die PatientIn fixiert ein eindeutiges Objekt zum Beispiel einen einzelnen Optotypen in einer Grösse, die ca. 2 log-Stufen unter dem maximalen Visus des schlechteren Auges liegt. Auch in der Nähe muss das Fixationsobjekt die Akkommodation stimulieren, daher sind auch hier einzelne Optotypen gut geeignet.

Den Covertest führt man durch, während die PatientIn ihre gewohnte Korrektion trägt. Bei positivem Covertest und verändertem Fernwert muss der Covertest nach der Korrektions-Bestimmung wiederholt werden, um die möglichen akkommodativen Komponenten sowohl bei Strabismus als auch bei Heterophorie zu ermitteln. In solchen Fällen sollte der Covertest mit und ohne Korrektion durchgeführt werden, um die Anteile einer (meist induzierten) Eso-Abweichung aufgrund von Hypermetropie erkennen zu können.

Wichtig: Der Covertest beginnt schon **vor** dem ersten Zudecken eines Auges:

- Fixiert die PatientIn ein Fern- oder Nahobjektes mit beiden Augen oder sind im freien Sehen Ststellungsfehler zu erkennen?
- Sind beide Augen der PatientIn die ganze Zeit über genau ausgerichtet oder gibt es Momente von offensichtlichem Schielen (intermittierender Strabismus)?
- Wenn einen Strabismus sichtbar ist, bleibt immer das gleiche Auge abweichend (einseitig) oder wechselt die Schielstellung (alternierend)?

Während der Testdurchführung wird die PatientIn mehrmals daran erinnert, nur diesen Optotyp zu fixieren und immer dort zu bleiben.

Reihenfolge der Schritte, nachdem das Augenpaar der PatientIn im freien Sehen genau begutachtet worden ist:

1. **Prüfen auf Begleitschielen rechts:** Beim ersten Zudecken des linken Auges wird das rechte Auge auf Tropie geprüft: wenn jetzt eine Einstellbewegung sichtbar

wird, liegt ein Schielen des rechten Auges vor. Somit ist die BTSO Sequenz nicht anwendbar. Wenn keine Einstellbewegung sichtbar ist, sollte der Test einmal wiederholt werden.

2. **Prüfen auf Begleitschielen links:** Danach wird das rechte Auge zugedeckt und geprüft, ob es eine Einstellbewegung des linken Auges gibt. Falls ja, liegt eine Tropie des linken Auges vor. Direkt anschliessend kann mit dem Prismencovertest der „objektive Schielwinkel“ gemessen werden (siehe Kapitel 4.4). Somit ist die BTSO Sequenz nicht anwendbar. Es gibt einseitiges oder alternierendes Begleitschielen, bei dem entweder nur ein Auge beim Zudecken abweicht, oder beide Augen die Abweichung beim Zudecken zeigen. Wenn keine Einstellbewegung sichtbar ist, sollte der Test einmal wiederholt werden.
3. Wenn in den ersten beiden Schritten **kein Strabismus** festzustellen ist, weil weder rechts noch links beim Zudecken eine Einstellbewegung erfolgte, wird die Sequenz weitergeführt mit dem Aufdecktest, mit dem auf dissozierte Heterophorie geprüft wird. Dabei wird immer das Auge beobachtet, das gerade freigegeben wird. Wenn das freigegebene Auge von einwärts kommt, liegt eine Esophorie vor und wenn es von auswärts kommt, eine Exophorie.
4. Mit dem alternierenden Covertest können die oft kleinen Einstellbewegungen etwas einfacher beobachtet werden, sofern in den Schritten 1-3 noch keine Einstellbewegung sichtbar geworden ist. Der Zeitfaktor spielt dabei eine Rolle, weil sich der zu Beginn noch vorhandene Fusionstonus erst nach etwa 10 Sekunden vollständig löst, sodass erst mit der Zeit eine Einstellbewegungen sichtbar wird. Wenn auch nach längerer Zeit mit dem alternierenden Covertest keine Einstellbewegung beobachtet wird, liegt eine Orthophorie vor.

Ergänzend können auch die Stereopsis-Teste (siehe Kapitel 6) verwendet werden, um ein Begleitschielen auszuschliessen. Insbesondere die Random Dot Stereo-Teste können nur erkannt werden, wenn es eine sensorisch normale Zusammenarbeit beider Augen vorliegt. Beim Mikrostrabismus ist in seltenen Fällen keine Einstellbewegung am Covertest vorhanden, aber es gibt einen Visusunterschied zwischen beiden Augen und kein Random Dot Stereosehen.

Instruktion:

„Schauen Sie bitte die ganze Zeit auf diese Zahl. Sie bleiben mit den Augen immer dort und ich halte kurz eine Zudeckscheibe vor die Augen.“

Fehlerquellen:

- Sofort die Coverscheibe vorhalten, ohne dass die beiden Augen der PatientIn zuvor im freien Sehen bezüglich ihrer Ausrichtung und Stellung genau beobachtet worden sind.
- Mit dem alternierenden Covertest beginnen, ohne dass zuvor der einseitige Covertest beurteilt worden ist.
- Die PatientIn beim alternierenden Covertest binokular an der Coverscheibe vorbei schauen lassen, was sofort wieder die Fusion aktiviert (Problem speziell in der Nähe).
- Den alternierenden Covertest nur wenige Sekunden durchführen, wenn zu Beginn keine Einstellbewegung sichtbar war.
- Ungeeignetes Fixationsobjekt zeigen (zu gross, zu wenig Kontrast).
- Mit der PatientIn nicht auf gleicher Augenhöhe beobachten, sondern von oben oder unten.
- In der Nähe das Fixationsobjekt nicht auf Augenhöhe zeigen.

Weiterführende Literatur

Steffen, H. Kaufmann, H.: Strabismus. 5. Aufl. (2020) Thieme Verlag. Stuttgart, New York

von Noorden, Gunter K.: Binocular Vision and ocular motility. Fifth Ed. (1996) Mosby, St. Louis

3.3 Motilitäts-Prüfung

Ziel:

Die Motilitätsprüfung dient zum Screening auf neurologische, mechanische oder zentralnervöse Störungen der Augenbewegungen. Diese werden sichtbar anhand einer eingeschränkten Auslenkung eines der beiden Augen (oder beider Augen) in den sechs diagnostischen Blickrichtungen. Bei eingeschränkter Auslenkung in der Motilitätsprüfung sollte die Anamnese intensiv auf den Schielbeginn eingehen und ob die PatientIn jemals doppelt gesehen hat.

WICHTIG: Ein plötzlich auftretendes Doppelzehen ist ein Grund für eine sofortigen Notfall-Überweisung an Fachärzte der Neurologie oder Neuro-Ophthalmologie.

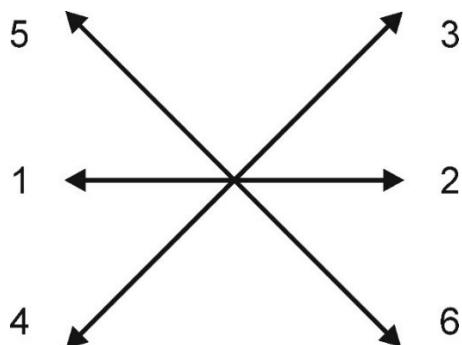


Abbildung 3-6 Sechs diagnostische Blickrichtungen

Video Prüfung der Motilität:
Normalbefund

<https://youtu.be/D1BT3DyHyvE>



Abbildung 3-7 Auffällige Motilität beim Blick nach unten-innen (Trocklearis-Parese OS)

Video Prüfung der Motilität:
Auffälligkeit

<https://youtu.be/WPhimgFXfic>

Erläuterung zum Video in Abb. 3-7:

Zunächst fällt die Neigung des Kopfes zur rechten Seite auf. Bei Blick nach unten (innen) ist die Senkung des OS eingeschränkt → M. obl. Sup. Parese (N. Trochlearis)

Teilweise kann die Fusion nicht mehr gehalten werden, es entstehen höherversetzte Doppelbilder.

Die Diagnose der Univ.-Augenklinik nach Schielwinkelbestimmung an der Harmswand lautet: angeborener Strabismus sursoadductorius des rechten Auges. Im Unterschied zur Parese des M. obl. sup. gibt es keine Verrollung.

Das Schema sieht wie folgt aus: Beim Blick des rechten Auges nach unten, innen ist die Auslenkung eingeschränkt, beim Blick nach oben innen überschiessend.

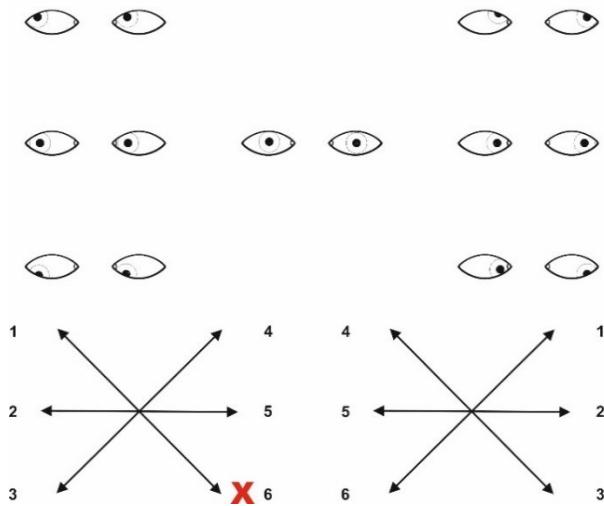


Abbildung 3-8 Beispiel einer eingeschränkten Motilität bei Trochlearisparese OD

Weitere, typische Formen von Lähmungsschielen, bei denen eine Hirnnervenläsion vorliegt.

Abducensparese OD

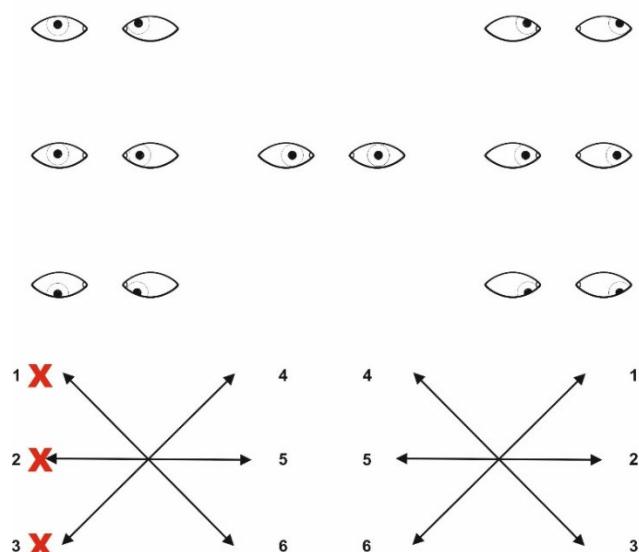


Abbildung 3-9 Beispiel einer eingeschränkten Motilität bei Abducensparese OD

Oculomotoriusparese OD

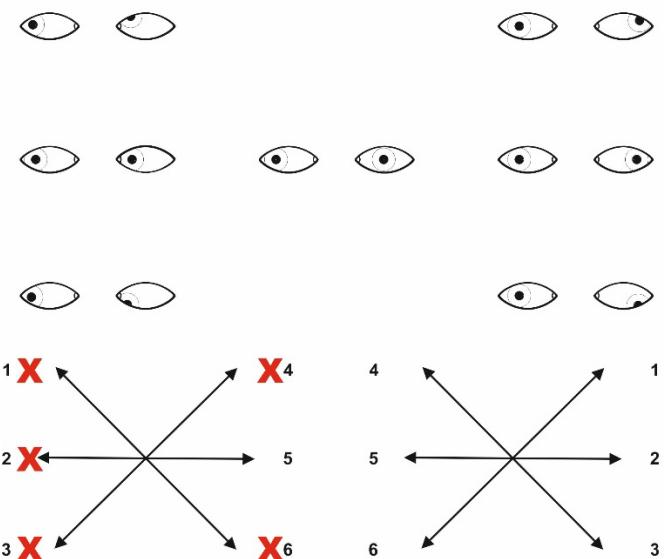


Abbildung 3-10 Beispiel einer eingeschränkten Motilität bei Oculomotoriusparese OD

Prüfen auf Tropie: Ein Lähmungsschielen liegt vor, wenn die Auslenkung in einer oder mehreren der diagnostischen Blickrichtungen (siehe Abbildung 3-6) eingeschränkt ist. Man schaut daher immer nach der Blickrichtung oder nach den Blickrichtungen mit reduzierter Auslenkung. Eine überschiessende Auslenkung eines der Augen ist zwar ein typisches Anzeichen für Lähmungsschielen, aber eine überschiessende Auslenkung ist kein diagnostisches Kriterium.

Weitere Hinweise zum Lähmungsschielen

PatientInnen mit Lähmungsschielen müssen oft eine besondere Kopfhaltung einnehmen, um beim Geradeausblick nicht doppelt zu sehen. Somit muss bei einer Kopfzwangshaltung immer auch ein paretisches Schielen in Betracht gezogen und die Motilitätsprüfung mit besonderer Aufmerksamkeit durchgeführt werden.

Starke Höhenphorien sind nicht selten durch Paresen der schrägen oder der oberen/unteren Augenmuskeln verursacht. Somit sollte bei Höhenphorien ab ungefähr 2.0 pdpt in der Anamnese vertieft auf Doppelzehen in früheren Jahren eingegangen werden. Insgesamt sind lang bestehende Formen des Lähmungsschielens oft so gut kompensiert, dass sie auf den ersten Blick weder bei der Motilitätsprüfung noch anhand der Kopfhaltung zu erkennen sind. Solche PatientInnen sind oft frei von Beschwerden.

Durchführung:

Bei normaler Raumhelligkeit und ohne (Mess-)Brille durchführen, Kontaktlinsen können getragen werden. Der Test wird im Screening immer binokular durchgeführt, kann in bestimmten Situationen für weitere Differenzierung auch monokular durchgeführt werden. Als Fixationsobjekt eignet sich ein Schreibstift, sofern man der PatientIn einen genauen Fixationspunkt erklärt. Gut geeignet sind auch spiegelnde Wolf Kugeln oder ein nicht zu helles Penlight oder Ophthalmoskop in genauer Ausrichtung zum Auge. Die Entfernung des Objektes zum Patienten-Auge beträgt etwa 50cm, wobei der Kopf der untersuchenden Person auf Augenhöhe der PatientIn sein sollte.

Das Fixationsobjekt muss gleichmässig und in der korrekten Ausrichtung bewegt werden. Die Auslenkung soll so erfolgen, dass in jeder Extremposition der diagnostischen Blickrichtungen (siehe Abbildung 3.6) ganz kurz verweilt wird, damit die Augenposition der PatientIn genau beobachtet werden kann. Dabei erfolgt die Auslenkung bis in eine maximale Position, die aber bei PatientInnen im höheren Alter weniger weit erfolgt. Beim Blick nach unten sollte man eventuell die Oberlider der PatientIn anheben, um die Position der Augen genau beurteilen zu können. Mit Penlight besteht die zusätzliche Option, das Reflexbild auf der Hornhaut beurteilen zu können.

Instruktion:

Das Testobjekt in 50 cm geradeaus zeigen und fragen: „Sehen Sie den Stift einfach oder doppelt?“ Wenn er einfach gesehen wird: „Bitte folgen Sie jetzt nur mit den Augen dem Stift. Der Kopf bleibt die ganze Zeit geradeaus. Falls der Stift doppelt erscheint oder die Blickrichtung Schmerzen bereitet, sagen Sie es bitte.“

Fehlerquellen:

- Die Auslenkungen sind nicht in allen Richtungen gleich, mit Rücksicht auf Blickrichtung nach oben, da hier am häufigsten eine leichte Einschränkung auftritt.
- Das Zentrum der Bewegung liegt nicht zentriert zu den Augen, sondern zu tief oder zu hoch.
- Die Auslenkungen sind zu klein - passiert eher unerfahrenen Untersuchenden.
- Die Endpositionen werden nicht eingenommen, sondern werden schnell übergangen.
- Zu schnelle Bewegungen.

Weiterführende Literatur

Steffen, H. Kaufmann, H.: Strabismus. 5. Aufl. (2020) Thieme Verlag. Stuttgart, New York

von Noorden, Gunter K.: Binocular Vision and ocular motility. Fifth Ed. (1996) Mosby, St. Louis

4 Funktionen der Vergenz messen

4.1 Minimum Testbatterie: Konvergenznahpunkt mit Rotglas und Penlight

Ziel:

Der Konvergenznahpunkt gibt an, in welcher minimalen Distanz eine beidäugige Ausrichtung kurzfristig gerade noch möglich ist. Je geringer der Wert ist, desto besser ist die Leistungsfähigkeit, selbst wenn er oberhalb der Norm ist.

- Break: nächstgelegene Distanz, in welcher das Objekt beim Näherführen das erste Mal doppelt gesehen wird.
- Recovery: nächstgelegene Distanz, in welcher das Objekt beim Entfernen wieder einfach gesehen wird.

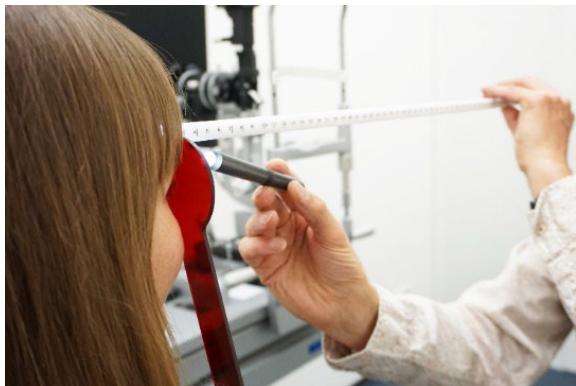
Normwert Break mit Penlight und Rotglas: $2.5 \text{ cm} \pm 4 \text{ cm}$. Der Grenzwert laut Scheiman für einen auffälligen Befund ist $> 6.5 \text{ cm}$.

Laut Jimenez und Hussaindeen ist der Grenzwert bei Kindern für auffälligen Befund $> 12 \text{ cm}$ und laut Ostadimoghaddam ist er nochmals grösser bei älteren Personen.

Aufgrund der unterschiedlichen Werte in der Literatur wird im Weiteren der **Grenzwert** des Break für einen auffälligen Befund **$> 10 \text{ cm}$** verwendet.

Hintergrund:

Der Vorteil einer Messung des Konvergenznahpunktes (KNP) mit dem Rotglas und Penlight liegt in der hohen Sensitivität für Konvergenzinsuffizienz. Der KNP gemessen mit dem Rotglas und einem Penlight kann weiter entfernt sein, als der KNP gemessen mit der Stiftspitze oder einem anderen, realen Objekt. Dies liegt daran, dass das Penlight kein eindeutiges akkommodatives Objekt darstellt und die Akkommodation somit kaum angeregt wird.



Video Konvergenznahpunkt mit Rotglas und Pehnlight

<https://youtu.be/L0OPmsqJHjs>

Abbildung 4-1 Konvergenznahpunkt mit Rotglas und Penlight

Durchführung:

Es wird normale Raumhelligkeit eingestellt. PatientIn und PrüferIn sind auf gleicher Augenhöhe positioniert. Das Penlight wird in ca. 50 cm Entfernung von der PatientIn gehalten und Licht wird direkt auf den Nasenrücken gerichtet. Das Hellrot-Glas wird von der PatientIn vor ihr rechtes Auge gehalten. Ein randloses Rotglas ist sehr zu empfehlen. Falls das Hellrot-Glas eine Einfassung hat, sollte es soll so nah wie möglich an den Nasenrücken angelegt werden, damit keine Abschattung durch die Einfassung bewirkt wird. Mit einem Massstab, der direkt an die Nasenwurzel angelegt ist, kann die Messdistanz genau abgelesen werden.

- Langsame Annäherung des Penlight mittig und **leicht unter** der Horizontalen der PatientIn, Geschwindigkeit ca.- 3-5cm pro Sekunde.
- Zu Beginn muss das Einfachsehen erfragt und von der PatientIn bestätigt werden.
- Die PatientIn blickt auf das Licht und meldet, wann sie das Licht erstmals doppelt sieht = Konvergenznahpunkt / Breakpoint. Mit einem Massstab wird der Abstand zur Nasenwurzel bzw. Mitte Stirn gemessen.
- Direkt anschliessend wird das Licht in gleicher Geschwindigkeit entfernt, bis die PatientIn angibt, wieder einfach zu sehen = Recovery Point. Mit einem Massstab wird der Abstand zur Nasenwurzel bzw. Mitte Stirn erneut gemessen.
- Zu beurteilendes Kriterium: ZWEI Lichter anstatt EIN Licht für Break und erneut EIN Licht für Recovery.
- Der Test wird mindestens zweimal durchgeführt, um den Mittelwert zu bilden.

Instruktion:

- „Sehen Sie jetzt EINEN Lichtpunkt?“ Falls nicht, die Distanz so weit vergrössern, bis EIN Lichtpunkt erkannt wird.
- „Nun komme ich mit dem Licht immer näher zu Ihren Augen. Irgendwann sehen Sie neben dem weissen Licht noch einen roten Lichtpunkt. Sagen Sie dann bitte Stopp. Dann entferne ich das Licht wieder und Sie sagen erneut Stopp, bis es wieder nur ein Licht ist. Versuchen Sie, so lange wie möglich den Lichtpunkt einfach zu behalten“.

Besonderheit: Der Konvergenznahpunkt muss objektiv bestimmt werden, sofern die untersuchte Person kein Doppelbild wahrnimmt (z.B. aufgrund starker Suppression des Seheindrucks eines Auges bei sensorischen Anomalien aufgrund von Strabismus). Hierzu wird eine Stiftspitze oder ein Fixationsstab mit einzelnen Optotypen verwendet und in gleicher Weise wie beschrieben angenähert. Die UntersucherIn beobachtet, wann eines der beiden Augen die Konvergenzstellung aufgibt und nach aussen abdriftet: Break Point und misst diese Distanz. Beim Entfernen des Testobjektes wird die Distanz für den Recovery Point gesucht, in der das abgedriftete Auge erstmals wieder Konvergenz aufnimmt.

Fehlerquellen:

- Test wurde nur einmal durchgeführt.
- Penlight zu hoch oder zu tief halten, anstatt es leicht unter Hauptblickrichtung zu halten.
- Tempo zu schnell, zu langsam oder ungleichmäßig. Insbesondere darf die Geschwindigkeit nicht langsamer werden, je näher das Penlight zur Nasenwurzel kommt.
- Distanz nicht richtig von Nasenwurzel/ Mitte Stirn aus gemessen.
- Beim Break zu lang verweilen, anstatt sofort wieder das Penlight gleichmäßig schnell zu entfernen.
- Die PatientIn nicht genügend motiviert, dass sie das Testobjekt so lange wie möglich einfach behalten soll.

Literatur:

Hussaindeen et al. (2017) Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. *Clin Exp Optom.* May;100(3):278-284. doi: 10.1111/cxo.12475.

Jiménez R, et al. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Nov;24(6):528-42. doi: 10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x.

Ostadimoghaddam, (2017) The distribution of near point of convergence and its association with age, gender and refractive error: a population-based study. *Clin Exp Optom* doi: <https://doi.org/10.1111/cxo.12471>

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

4.2 Konvergenznahpunkt mit akkommodativem Objekt

Ziel:

Der Konvergenznahpunkt gibt an, in welcher minimalen Distanz eine beidäugige Ausrichtung kurzfristig gerade noch möglich ist. Je geringer der Wert ist, desto besser ist die Leistungsfähigkeit, selbst wenn er oberhalb der Norm ist.

- Break: nächstgelegene Distanz, in welcher das Objekt beim Näherführen das erste Mal doppelt gesehen wird
- Recovery: nächstgelegene Distanz, in welcher das Objekt beim Entfernen wieder einfach gesehen wird

Normwert Break mit akkommodativem Objekt: $2.5 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$. Der Grenzwert laut Scheiman für einen auffälligen Befund ist $> 5 \text{ cm}$.

Normwert Recovery mit akkommodativem Objekt: $4.5 \text{ cm} \pm 3.0 \text{ cm}$. Der Grenzwert laut Scheiman für einen auffälligen Befund ist $> 7.5 \text{ cm}$.

Laut Ostadimoghaddam ist der Normwert Break über alle Altersgruppen: $8.6 \text{ cm} \pm 4.8 \text{ cm}$ und mit 13 cm nochmals grösser bei älteren Personen $> 70 \text{ Jahren}$.

Aufgrund der unterschiedlichen Werte in der Literatur ist ein sinnvoller **Grenzwert** des Break für einen auffälligen Befund **> 7 cm** anzunehmen.

Hintergrund:

Die Messung des Konvergenznahpunktes (KNP) mit einem Stift oder Fixationsstab hat den Vorteil, dass auch die akkommodative Konvergenz beteiligt ist und eine Messung den alltäglichen Anforderungen nahekommt.



Abbildung 4-2 Konvergenznahpunkt mit Stift

Durchführung:

Es wird normale Raumhelligkeit eingestellt. PatientIn und PrüferIn sind auf gleicher Augenhöhe positioniert. Das Testobjekt ist ein Bleistift oder ein Fixationsstab mit einzelnen Optotypen. Das Objekt wird in ca. 50 cm Entfernung von der PatientIn gehalten und gefragt, ob die ein Objekt sieht oder ob sie doppelt sieht.

- Langsame Annäherung des Penlight mittig und **leicht unter** der Horizontalen der PatientIn, Geschwindigkeit ca.- 3-5cm pro Sekunde.
- Die PatientIn blickt auf das Objekt und meldet, wann sie das Objekt erstmals doppelt sieht = Konvergenznahpunkt / Breakpoint. Mit einem Massstab wird der Abstand zur Nasenwurzel bzw. Mitte Stirn gemessen.
- Direkt anschliessend wird das Objekt in gleicher Geschwindigkeit entfernt, bis die PatientIn angibt, wieder einfach zu sehen = Recovery Point. Mit einem Massstab wird der Abstand zur Nasenwurzel bzw. Mitte Stirn erneut gemessen.
- Zu beurteilendes Kriterium: ZWEI Objekte anstatt EIN Objekt für Break und erneut EIN Objekt für Recovery.
- Der Test wird mindestens zweimal durchgeführt, um den Mittelwert zu bilden.

Instruktion:

- „Sehen Sie jetzt EINEN Stift?“ Falls nicht, die Distanz so weit vergrössern, bis EIN Stift erkannt wird.
- „Nun komme ich mit dem Stift immer näher zu Ihren Augen. Irgendwann sehen Sie ihn unscharf, mich interessiert aber, wann Sie erstmals den Stift doppelt sehen. Sagen Sie dann bitte Stopp. Dann entferne ich den Stift wieder und Sie sagen erneut Stopp, bis es wieder nur ein Stift ist. Versuchen Sie, so lange wie möglich den Stift einfach zu behalten.“.

Besonderheit: Der Konvergenznahpunkt muss objektiv bestimmt werden, sofern die untersuchte Person kein Doppelbild wahrnimmt. Bei einem realen Objekt kann dies hin und wieder vorkommen. Für den objektiven Break Point beobachtet die UntersucherIn und misst die Distanz, wann eines der beiden Augen die Konvergenzstellung aufgibt und nach aussen abdriftet. Beim Annähern wird die Distanz für den Recovery Point gesucht, in der das abgedriftete Auge erstmals wieder Konvergenz aufnimmt.

Fehlerquellen:

- Test wurde nur einmal durchgeführt.
- Testobjekt zu hoch oder zu tief halten, anstatt es leicht unter Hauptblickrichtung zu halten.
- Tempo zu schnell, zu langsam oder ungleichmäßig. Insbesondere darf die Geschwindigkeit nicht langsamer werden, je näher das Objekt zur Nasenwurzel kommt.
- Distanz nicht richtig von Nasenwurzel/ Mitte Stirn aus gemessen
- Beim Break zu lang verweilen, anstatt sofort wieder das Testobjekt gleichmäßig schnell zu entfernen.
- Die PatientIn nicht genügend motiviert, dass sie das Testobjekt so lange wie möglich einfach behalten soll.

Literatur:

Hussaindeen et al. (2017) Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. Clin Exp Optom. May;100(3):278-284. doi: 10.1111/cxo.12475.

Jiménez R, et al. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. Ophthalmic Physiol Opt. 2004 Nov;24(6):528-42. doi: 10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x.

Ostadimoghaddam, (2017) The distribution of near point of convergence and its association with age, gender and refractive error: a population-based study. Clin Exp Optom doi: <https://doi.org/10.1111/cxo.12471>

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

4.3 Minimum Testbatterie: Horizontale Fern- und Nahphorie (Maddox und mod. Thorington)

Ziel:

Messung der dissoziierten, horizontalen Heterophorie in der Ferne und der Nähe. Die Differenz dieser beiden Werte ist aussagekräftig in Bezug auf binokulare Störungen. Ausserdem kann der AC/A Quotient berechnet werden, wenn die Pupillendistanz bekannt ist und die verwendete Nahdistanz (siehe Kapitel 6.3). Die modifizierte Thorington Karte erlaubt eine bestmögliche Kontrolle der Akkommodation.

Ideal ist es, wenn die Werte innerhalb der Norm liegen. Unterhalb oder oberhalb der Norm bedeutet, dass eine relevante Heterophorie vorhanden ist, die zu Sehbeschwerden führen kann.

Normwerte Ferne und Nähe

Ferne horizontal: Normalbefund zwischen 1.25 pdpt Eso und 1.75 pdpt Exo. Diese Werte werden als Ortho Ferne gewertet.

Nähe horizontal: Normalbefund zwischen 1.5 pdpt Eso und 4.25 pdpt Exo. Diese Werte werden als Ortho Nähe gewertet.

Grenzwerte für auffälligen Befund (Facchin et al. 2021)

Fern-Eso > 1.25 pdpt / Fern-Exo > 1.75 pdpt

Nah-Eso > 1.5 pdpt / Nah-Exo > 4.25 pdpt

Hintergrund:

Zur Messung der dissoziierten Heterophorie sind unterschiedliche Methoden verfügbar, die jeweils Vor- und Nachteile aufweisen. Als empfohlene Methode wird hier der Maddox-Zylinder in Kombination mit der modifizierten Thorington Karte vorgestellt. Die Wiederholbarkeit ist deutlich besser als das von Graefe Verfahren. Daher sollte unter Berücksichtigung des evidenz-basierten Vorgehens das von Graefe Verfahren nicht mehr zur Messung der Heterophorie verwendet werden (Elliott, 2020).

Alternativ könnte der Prismen-Covertest zur Messung der dissoziierten, horizontalen Heterophorie verwendet werden (siehe Kapitel 8.4). Dieser hat den Vorteil, dass er als objektiver Test keine Beurteilung seitens der PatientIn benötigt. Somit sollte der Prismen-Covertest verwendet werden, sofern es berechtigte Zweifel an den PatientInnen-

Angaben gibt. Nachteilig ist es, dass Heterophorien kleiner als ca. 2.0 pdpt nicht erfasst werden können (Hryncak, Herriot, & Irving, 2010). Somit können die oft geringen vertikalen Heterophorien mit dem Prismen-Covertest nicht gefunden werden. Dieser Nachteil ist weniger relevant, wenn zur Bestimmung von Ausgleichsprismen die assoziierten Messverfahren genommen werden.

Durchführung Ferne:



Video Maddox Phorie
Ferne

<https://youtu.be/eXUQCj0Ydck>

Abbildung 4-3 Maddoxtest Ferne mit Ablesewert über Spiegel von 1.5 pdpt Exo

Die PatientIn trägt während der Messung jeweils die aktuelle, refraktive Korrektion und blickt auf ein kleines, helles Licht in der Ferne. Eine Skala auf der modifizierten Thorington Karte dient zur Kontrolle der Akkommodation. Ein roter Maddoxzylinder in horizontaler Ausrichtung (ergibt einen vertikalen Lichtstreifen) wird vor das rechte Auge gegeben. Der Raum darf nur gerade so weit abgedunkelt werden, dass der rote Lichtstreifen eindeutig erkannt werden kann.

1. Prismenwert durch Ablesen ermitteln: Solange der Lichtstreifen auf der Skala zu sehen ist und nicht ausserhalb, kann der Heterophoriewert direkt abgelesen werden. Im Beispelfoto ist der Strich aus Sicht der Patientin nach links verschoben (Basis innen) zwischen -1 und -2, das entspricht einem Wert von 1.5 pdpt Basis innen. Verschiebungen nach rechts bedeuten Basis aussen Werte.
2. Prismenwert durch Ausgleichsprismen ermitteln: Falls sich der rote Lichtstreifen ausserhalb der Skala befindet, wird mittels Prismenleiste der Lichtstreifen in Übereinstimmung mit dem Lichtpunkt gebracht. Dazu die Prismenleiste vor das rechte Auge halten, damit das linke Auge weiterhin mit optimalem Fernvisus die

Skala fixieren kann. Der gesuchte Messwert ist derjenige Prismenwert, bei sich dem Strich mittig über dem Punkt befindet.

Bei Verschiebung des Lichtstreifens nach rechts, Basis aussen geben. Bei Verschiebung des Lichtstreifens nach links, Basis innen geben. Prinzipiell wäre auch eine Messung am Phoropter möglich, würde aber zu deutlich höherer Streuung der Messwerte führen und ist daher nicht empfohlen (Casillas Casillas & Rosenfield, 2006).

Instruktion Ferne:

Maddoxzylinder vor das rechte Auge geben und das linke Auge kurz zudecken, um den Seheindruck zu demonstrieren:

- „Sie sollten jetzt einen senkrechten, roten Strich sehen?“ Falls ja, beide Augen wieder freigeben
- „Sehen Sie jetzt den roten Strich und die Skala gleichzeitig?“
- „Ist die Skala ganz klar für Sie zu sehen? Dann schauen Sie bitte auf den Lichtpunkt. Ist der rote Strich genau mittig über dem Lichtpunkt oder ist er nach rechts oder links verschoben?“

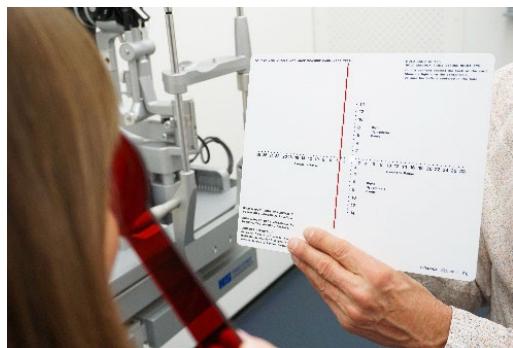
Zusätzlich wird normalerweise die vertikale, dissozierte Heterophorie gemessen, indem der Maddoxzylinder um 90° gedreht wird, sodass eine waagerechte, rote Linie entsteht. Das Vorgehen ist gleich, es wird die Grösse der Höhenverschiebung abgefragt und falls vorhanden, mit Prismen auf null korrigiert.

Fehlerquellen:

- Komplett dunkler Raum.
- PatientIn konzentriert sich nur auf den Lichtstrich.

Durchführung Nähe:

Die modifizierte Thorington Karte (Bernell Muscle Imbalance Card # BC1209N) wird in 40cm Distanz gehalten. Normale Raumhelligkeit ist erforderlich, damit die Nah-Akkommodation bestmöglich funktioniert.



Video Maddox Phorie
Nähe

<https://youtu.be/ifuc2rQUMt4>

Abbildung 4-4 Maddoxtest Nähe mit einem Ablesewert von ca. 2 pdpt Exo

Die PatientIn hält den roten Maddoxzylinder in horizontaler Ausrichtung (ergibt einen vertikalen Lichtstreifen) vor ihr rechtes Auge. Mit einem Penlight wird die zentrale Öffnung von der Rückseite her beleuchtet. Die PatientIn soll die Zahlen immer klar erkennen und wird mehrfach darauf hingewiesen, sich auf die Zahlen zu konzentrieren. Der gesuchte Messwert ist der Schnittpunkt des roten Lichtstriches mit der horizontalen Skala. Verschiebung nach rechts = Esophorie, Verschiebung nach links = Exophorie.

Prinzipiell wäre auch eine Messung am Phoropter möglich, würde aber zu deutlich höherer Streuung der Messwerte führen und ist daher nicht empfohlen (Casillas Casillas & Rosenfield, 2006).

Instruktion Nähe:

- „Sie sollten einen senkrechten, roten Lichtstrich und die Skalen sehen?“ Falls ja:
- „Konzentrieren Sie sich bitte auf die waagerechte Skala und die Zahlen. Behalten Sie diese immer ganz klar und deutlich.“
- „Ist der Lichtstrich genau mittig oder ist er nach rechts oder links verschoben? Bei welcher Zahl sehen Sie den Lichtstrich? Ist die Skala immer noch ganz klar und deutlich?“

Zusätzlich wird normalerweise die vertikale, dissozierte Heterophorie gemessen, indem der Maddoxzylinder um 90° gedreht wird, sodass eine waagerechte, rote Linie entsteht. Das Vorgehen ist gleich, es wird die Grösse der Höhenverschiebung abgefragt.

Fehlerquellen:

- Die PatientIn stellt beim Ablesen nicht genügend scharf (wurde auf die Kontrolle der Akkommodation nicht genügend hingewiesen).
- Die PatientIn konzentriert sich nur auf den Lichtstrich.
- Zu dunkler Raum.

Normwerte aus:

Alessio Facchin, Silvio Maffioletti. Comparison, within-session repeatability and normative data of three phoria tests, Journal of Optometry, Volume 14, Issue 3, 2021, Pages 263-274, <https://doi.org/10.1016/j.optom.2020.05.007>.

Literatur:

Anderson, H. A., Manny, R. E., Cotter, S. A., Mitchell, G. L., & Irani, J. A. (2010). Effect of examiner experience and technique on the alternate cover test. *Optom Vis Sci*, 87(3), 168-175. doi:10.1097/OPX.0b013e3181d1d954

Casillas Casillas, E., & Rosenfield, M. (2006). Comparison of subjective heterophoria testing with a phoropter and trial frame. *Optom Vis Sci*, 83(4), 237-241. doi:10.1097/01.opx.0000214316.50270.24

Cebrian JL, Antona B, Barrio A, Gonzalez E, Gutierrez A, Sanchez I. Repeatability of the modified Thorington card used to measure far heterophoria *Optom Vis Sci* 2014;91: 786-792.

Hryncak, P. K., Herriot, C., & Irving, E. L. (2010). Comparison of alternate cover test reliability at near in non-strabismus between experienced and novice examiners. *Ophthalmic Physiol Opt*, 30(3), 304-309. doi:10.1111/j.1475-1313.2010.00723.x

Wong EP, Fricke TR, Dinardo C. Interexaminer repeatability of a new, modified prentice card compared with established phoria tests *Optom Vis Sci* 2002;79: 370-375.

Fern-Thorington Karte selbst herstellen mit den Vorlagen auf www.btso.ch

Der Abstand der Skalenstriche (in pdpt) beträgt 1 cm je Prisma auf 1 Meter Distanz. Bei einer

Prüfentfernungen von 6 Metern ist der Abstand der Skalenstriche jeweils 6 cm.

Der obere QR Code führt zur Vorlage zum Ausdrucken in A4, der untere zum Ausdrucken in A3.



<https://www.fhnw.ch/plattformen/forschungsprojekte-btso/wp-content/uploads/sites/390/Thorington-Karte-Ferne-A4.pdf>



<https://www.fhnw.ch/plattformen/forschungsprojekte-btso/wp-content/uploads/sites/390/Thorington-mod-Ferne.pdf>

4.4 Prismen-Covertest zur objektiven Messung der Heterophorie

Ziel:

Objektive Messung der dissoziierten, horizontalen Heterophorie in der Ferne und der Nähe. Die Differenz dieser beiden Werte ist aussagekräftig in Bezug auf binokulare Störungen. Ideal ist es, wenn die Werte innerhalb der Norm liegen. Reduzierte oder erhöhte Werte im Vergleich zur Norm bedeutet, dass eine relevante Heterophorie vorhanden ist, die zu Sehbeschwerden führen kann.

Normwerte Ferne und Nähe

Ferne horizontal: Normalbefund zwischen 1.0 pdpt Eso und 3.0 pdpt Exo. Dieser Bereich wird als „Orthophorie“ in der Ferne gewertet.

Nähe horizontal: Normalbefund zwischen 0.0 pdpt Eso und 6.0 pdpt Exo. Dieser Bereich wird als „Orthophorie“ in der Nähe gewertet.

Grenzwerte für auffälligen Befunde

Fern-Eso > 1.0 pdpt / Fern-Exo > 3.0 pdpt

Nah-Eso > 0.0 pdpt / Nah-Exo > 6.0 pdpt

Hintergrund:

Der Prismen-Covertest zur Messung der dissoziierten, horizontalen Heterophorie hat den Vorteil, dass es ein objektiver Test ohne Einfluss der PatientIn ist. Sobald es Zweifeln an den PatientInnen-Angaben gibt, sollte daher der Prismen-Covertest zum Einsatz kommen. Als Nachteil ist zu erwähnen, dass die kleinste zu messende Heterophorie nur etwa 2.0 pdpt beträgt (Hryncak, Herriot, & Irving, 2010). Ein weiterer Nachteil ist die notwendige Zeit von > 5 Sekunden, um den Fusionstonus so gut wie möglich zu entspannen. Hierfür muss die Coverscheibe mindestens 5 Sekunden vor einem Auge verbleiben, um den vollen Wert der Heterophorie ermitteln zu können. Wenn man sofort mit dem alternierenden Covern beginnt, würde der objektive Winkel zuerst nicht erkennbar sein und erst nach einigen Sekunden sichtbar werden.

Eine Alternative beim Prismen-Covertest ist es, direkt mit dem alternierenden Covern zu beginnen, ohne ein Auge länger zuzudecken. Die Einstellbewegung wird dann nicht gleich zu Beginn, sondern erst nach mehreren Sekunden beurteilt. Generell ist es

wichtig, dass die PatientIn zu keiner Zeit an der Coverscheibe vorbeischauen kann, weil ansonsten die Fusion wieder einsetzen und den vollen Betrag der Heterophorie erneut reduzieren würde (Anderson, Manny, Cotter, Mitchell, & Irani, 2010). Dies ist vor allem in der Nähe anspruchsvoll, weil unerfahrene Untersuchende die Nahkonvergenz oder die Blicksenkung der Patienten unterschätzen und somit die Coverscheibe nicht nah genug an den Nasenrücken halten, sodass die PatientIn nasal an der Scheibe vorbeisehen könnte.

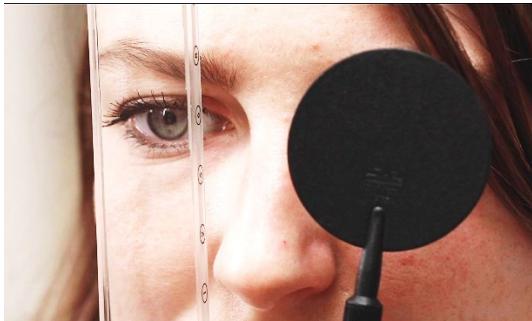
Durchführung:



Video Prismen-Covertest
Ferne

https://youtu.be/0_o0ulxv2ko

Abbildung 4-5 Prismen-Covertest Ferne



Video Prismen-Covertest
Nähe

https://youtu.be/U0w5HTQEN_E

Abbildung 4-6 Prismen-Covertest Nähe beim Blick auf ein Nahobjekt

Fixationsobjekt für Ferne und Nähe ist ein einzelnstehender Optotyp (beispielsweise ein Buchstabe oder eine Zahl). Schwarze Zeichen auf hellem Untergrund sind wichtig, um die Akkommodation so gut wie möglich zu kontrollieren und konstant zu halten. Helle Raumbeleuchtung.

- Auf den Optotypen hinweisen und die PatientIn darauf aufmerksam machen, dass sie die ganze Zeit über nur dieses Objekt fixiert.

- Auf gleicher Augenhöhe mit PatientIn sitzen und die Fixationsobjekte leicht unter der Hauptblickrichtung präsentieren, damit die Untersuchenden sicherstellen, dass sie immer genau und vollständig covern, wenn sie die Coverscheibe zwischen den Augen wechseln.
- Ein Auge covern und 5 Sekunden warten ODER gleich mit Covern beginnen und erst nach 5 Sekunden die Einstellbewegung beurteilen.
- Je nach Richtung und Grösse der Einstellbewegung wird die Prismenleiste vor gehalten. Bei Einstellbewegung von einwärts werden Basis aussen Prismen ge geben, bei Einstellbewegungen von aussen werden Basis innen Prismen ge geben.
- Das Ziel ist die Neutralposition, bei der es keine sichtbare Einstellbewegung mehr gibt. Wenn das Ziel erstmals erreicht ist, wird der nächsthöhere Prismenwert gegeben. Wenn der Neutralpunkt mit mehreren Prismenwerten zu beobachten ist, wird der Mittelwert gebildet: dieser ist das Resultat der Messung.

Instruktion:

- „Schauen Sie bitte nur auf die Zahl. Auch wenn ich jetzt die Augen immer kurz auf- und zudecke, bleiben Sie bitte die ganze Zeit immer bei dieser Zahl“
- „Prima, und bitte weiter immer nur auf die Zahl schauen“

Fehlerquellen:

- Nur wenige Sekunden alternierend covern, anstatt mindestens 5 Sekunden oder besser 10 Sekunden lang.
- PatientIn an der Coverscheibe vorbeischauen lassen.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

Literatur:

Anderson, H. A., Manny, R. E., Cotter, S. A., Mitchell, G. L., & Irani, J. A. (2010). Effect of examiner experience and technique on the alternate cover test. *Optom Vis Sci*, 87(3), 168-175. doi:10.1097/OPX.0b013e3181d1d954

Casillas Casillas, E., & Rosenfield, M. (2006). Comparison of subjective heterophoria testing with a phoropter and trial frame. *Optom Vis Sci*, 83(4), 237-241. doi:10.1097/01.opx.0000214316.50270.24

Hryncak, P. K., Herriot, C., & Irving, E. L. (2010). Comparison of alternate cover test reliability at near in non-strabismus between experienced and novice examiners. *Ophthalmic Physiol Opt*, 30(3), 304-309. doi:10.1111/j.1475-1313.2010.00723.x

4.5 Fusionsbreiten (= relative Vergenzen) in Ferne und Nähe mit Prismenleiste

Ziel:

Es handelt sich um ein wichtiges Messverfahren zur Beurteilung der Fusionsleistung. Im freien Sehen prüft man die Belastbarkeit der Fusion mit Basis innen und Basis aussen Prismen. Personen mit Beschwerden aufgrund einer Heterophorie sollten erwartungsgemäss reduzierte Fusionsbreiten in Gegenrichtung der Heterophorie aufweisen: Personen mit Esophorie sollten reduziert Fusionsbreiten mit Basis innen haben und bei Personen mit Exophorie sollten Basis aussen Werte reduziert sein. Je nach Lehrmeinung werden Prismenkorrekturen nicht in Betracht gezogen, sofern die Fusionsbreiten normal sind. Es lässt sich zumindest vermuten, dass normalen Fusionsbreiten mit einer guten Leistungsfähigkeit des Vergenzsystems einher gehen.

Normwerte Erwachsene

Mit Prismenleiste (step vergence)

Ferne: Basis innen: Break 7/ recovery 4; Basis aussen: Break 11/ recovery 7

Nähe: Basis innen: Break 13/ recovery 10; Basis aussen: Break 19/ recovery 14

Grenzwerte Erwachsene

Basis innen Ferne Break (Negative Relative Vergenz) ≤ 3.5 pdpt

Basis innen Ferne Recovery ≤ 1.5 pdpt

Basis aussen Ferne Break (Positive Relative Vergenz) ≤ 3.5 pdpt

Basis aussen Ferne Recovery ≤ 4.5 pdpt

Basis innen Nähe Break ≤ 6.5 pdpt

Basis innen Nähe Recovery ≤ 4.5 pdpt

Basis aussen Nähe Break ≤ 9.5 pdpt

Basis aussen Nähe Recovery ≤ 6.5 pdpt

Normwerte Schulkinder 7-12 Jahre

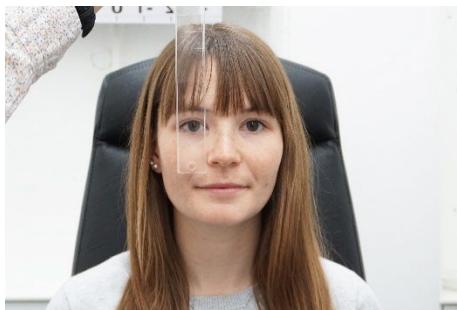
Mit Prismenleiste (step vergence)

Nähe: Basis innen: Break 12/ recovery 7; Basis aussen: Break 23/ recovery 16

Grenzwerte Schulkinder 7-12 Jahre

Basis innen Nähe Break	≤ 6.5 pdpt
Basis innen Nähe Recovery	≤ 2.5 pdpt
Basis aussen Nähe Break	≤ 14.5 pdpt
Basis aussen Nähe Recovery	≤ 9.5 pdpt

Durchführung:



Video Fusionsbreiten
Ferne

https://youtu.be/TITvZV_CkQU

Abbildung 4-7 Fusionsbreite Ferne



Video Fusionsbreiten
Nähe

<https://youtu.be/kpq9dS8-Csk>

Abbildung 4-8 Fusionsbreite Nähe

Hohe Raumhelligkeit, konstante Fixierdistanz ca. 6 m in der Ferne und 40 cm in der Nähe für gleichbleibende Akkommodation.

- Fixationsobjekt: Optotypen 2-4 log Stufen unter der besten Sehleistung des schlechteren Auges. Oft werden senkrecht untereinander angeordnete

Optotypen verwendet, weil das erste Doppelzehen an einer senkrechten Reihe vom Patienten leichter erkannt werden kann.

- Belastung mit Basis-innen und Basis-aussen Prismen bis Doppelzehen (break point) und dann schnell zurück bis Einfachsehen (recovery point)
- Jeden Prismenschritt maximal 2 Sekunden präsentieren und dann in gleichmässiger Geschwindigkeit auf die nächste Stärke wechseln.
- Bei Basis aussen Messungen sollte nach dem ersten Doppelzehen immer nachgefragt werden, ob nach ca. einer Sekunde bereits wieder ein einfaches Bild gesehen wird. Dies geschieht häufig. Der Messwert Basis aussen ist erst dann gefunden, wenn das Doppelzehen des Patienten bestehen bleibt.

Instruktion Ferne und Nähe:

- "Sie sehen die Zahlen/ Buchstaben auf dem Monitor einfach und nicht doppelt?"
- "Mit den Gläsern verändere ich etwas, solange bis es doppelt wird. Danach geht es zurück zum einfachen Bild. Sie sagen bitte, wann es das erste Mal doppelt wird."
- Nach erstem Doppelzehen: „Bleibt es doppelt oder ist es gleich wieder zu einem Bild zurück gegangen?“

Fehlerquellen:

- Prismenwerte zu kurz oder zu lang vorgeben.
- Die PatientIn bei Basis aussen nicht genügend gefragt, ob das Testobjekt wieder einfach geworden ist.
- Beim Doppelzehen zu lang verweilen, anstatt schnell wieder die Prismenwerte gleichmässig schnell zu reduzieren.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

4.6 Vergenzflexibilität Ferne und Nähe

Ziel:

Es handelt sich hier um einen dynamischen Leistungstest der Vergenz, der den schnellen Wechsel zwischen Basis innen und aussen prüft. Im klinischen Alltag hat sich die Anwendung der Vergenzflexibilität in der Nähe durchgesetzt. Beim Nahtest wurde eine unterdurchschnittliche Vergenzflexibilität als guter Indikator für das Vorhandensein von subjektivem Sehstress gefunden (Gall 1998), was aber in anderen Studien kritisch diskutiert wird (Moon et al. 2020 und Zheng et al 2021).

Normwert Ferne und Nähe

15± 3 Zyklen/min. (cpm)

Grenzwert

11 Zyklen/ min

Auswertung:

Weil die Messung unter binokularen Bedingungen ausgeführt wird, kann entweder eine gestörte Konvergenz oder Akkommodation die Ursache für Abweichungen von der Norm sein.

Verzögert oder doppelt mit Basis aussen:

- Aufgrund von Exophorie, sofern geringe Fusionsreserven für Basis aussen vorhanden sind.
- Aufgrund von Akkommodations-Exzess, weil Konvergenz weitere Akkommodation auslöst und Doppelzehen provoziert.

Verzögert oder doppelt mit Basis innen:

- Aufgrund von Esophorie, sofern geringe Fusionsreserven für Basis innen vorhanden sind.
- Aufgrund von Akkommodations-Insuffizienz, weil das Loslassen von Konvergenz es erschwert, die benötigte Akkommodation noch aufzubringen.

Durchführung:



Abbildung 4-9 Vergenzflexibilität in der Nähe

Hohe Raumhelligkeit. Prismenwechsel mit Kombiprisma der Stärke 3,0 Basis innen und 12,0 Basis aussen. Fixationsobjekt: Einzel-Optotypen wie Buchstaben oder Zahlen oder eine vertikale Reihe von Optotypen in Ferne und Nähe. Der Messwert „0 cpm“ ist möglich, wenn die PatientIn eine der beiden Prismenseiten oder beide Seiten innerhalb der 60 Sekunden nie einfach sieht.

- Nach Einfachsehen fragen, gleichzeitig die Vergenzstellung dabei beobachten.
- In der Ferne muss die PatientIn bei Basis aussen unbedingt zusätzlich motiviert werden, das Bild einfach zu stellen. Dies dauert manchmal beim ersten Demonstrieren einige Sekunden, was aber unbedingt zur Erklärung des Ferntests dazugehört.
- Das Glas erst dann wechseln, wenn auch objektiv die erwartete Position erreicht ist.
- Genau 60 Sekunden Testdauer, Wechsel mitzählen:
 - o Bei z.B. 30 gezählten Wechseln wird der Wert von 15 cpm notiert.

Instruktion: (identisch für Ferne und Nähe)

- „Schauen Sie bitte auf die Zahl – sie sollte jetzt nicht doppelt sein?“
- Demonstration: „Wenn ich das erste Glas vorhalte, wird es sofort wieder einfach? Und mit dem nächsten Glas, wird es sofort wieder einfach?“
- Messung: „Wir starten jetzt für genaue eine Minute. Sie sagen „gut“, sobald Sie die Buchstaben einfach sehen. Ab – JETZT!“

Fehlerquellen:

- Den Glaswechsel nur auf die subjektiven Angaben abstimmen, anstatt erst zu dem Zeitpunkt das Glas zu wechseln, bei der neue Vergenzstellung vom Untersucher beobachtet wurde.
- In der Ferne muss die PatientIn bei Basis aussen unbedingt zusätzlich motiviert werden, das Bild einfach zu stellen.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

Literatur:

Gall R, Wick B, Bedell H. Vergence facility: establishing clinical utility. Optom Vis Sci. 1998 Oct;75(10):731-42. doi: 10.1097/00006324-199810000-00018

Moon BY, Kim SY, Yu DS. Receiver operating characteristic curve analysis of clinical signs for screening of convergence insufficiency in young adults. PLoS One. 2020 Jan 24;15(1):e0228313. doi: 10.1371/journal.pone.0228313.

Zheng F, Hou F, Chen R, Mei J, Huang P, Chen B, Wang Y. Investigation of the Relationship Between Subjective Symptoms of Visual Fatigue and Visual Functions. Front Neurosci. 2021 Jul 15;15:686740. doi: 10.3389/fnins.2021.686740

4.7 Gerechneter AC/A Quotient

Ziel:

Bestimmung der Koppelung von Akkommodation und Konvergenz bzw. der akkommodativen Konvergenz unter dissozierten Bedingungen und Vergleich mit Normwerten. Ideal sind Werte innerhalb der Norm, relevante Abweichungen in beide Richtungen zeigen in Missverhältnis an.

Hintergrund:

Für die Beurteilung binokularer und akkommodativer Auffälligkeiten spielt der AC/A in der integrativen Analyse laut Scheiman und Wick eine bedeutende Rolle und gibt wichtige Hinweise für das Management der Anomalien. Ein hoher AC/A bedeutet, dass die Veränderung der Akkommodation eine grosse Veränderung der Konvergenz mit sich bringt. Somit sind beispielsweise Pluswerte bei hohem AC/A sehr wirksam, um eine Eso-phorie zu verringern: Bei einem AC/A von 8 würde eine Nah-Addition von +1.0 dpt die Nah-Esophorie um genau 8.0 pdpt reduzieren. Ein niedriger AC/A zeigt an, dass Akkommodations-Änderungen nur zu geringen Veränderungen der Konvergenz führen. Ideal erweise liegt der AC/A innerhalb der Norm. Falls er zu niedrig oder zu hoch ist, führt dies möglicherweise zu Sehproblemen.

Im nachfolgenden Kapitel wird der gemessene AC/A vorgestellt, der wiederum andere Normwerte hat und sich in den Praxisalltag leichter integrieren lässt, wenn man nicht mit der BTSO Lern-App arbeitet. Zwischen den beiden Arten von AC/A besteht nur eine geringe Übereinstimmung. Die Literatur gibt bisher keine eindeutige Vorgabe, welcher AC/A aussagekräftiger ist. Diese Situation ist unbefriedigend und somit sind weitere Studien notwendig, um zu einer evidenzbasierten Entscheidung zu gelangen.

Normwert: Normaler AC/A = 6/1 ±2

Grenzwerte: Geringer AC/A < 4/1

Hoher AC/A > 8/1

AC/A Quotienten berechnen: (wird von der BTSO Lern-App obligatorisch durchgeführt)

$$\text{AC/A Quotient} = \text{PD} + a * (\text{PN} - \text{PF})$$

- PD Pupillendistanz in cm
- a in Meter, absolut
- P Esophorie: positiv, Exophorie: negativ
- PN Nahphorie
- PF Fernphorie

Für die BTSO Lern-App muss die dissozierte Heterophorie immer mit dem Maddox Verfahren in Ferne und Nähe gemessen, weil nur hierfür sinnvolle Normdaten verfügbar sind. Das von Gräfe Verfahren weist eine extrem schlechte Wiederholbarkeit auf und kann somit zu individuell grossen Streuungen führen.

Beispiel:

$$\text{PD: } 60\text{mm}, \quad a: 0.4\text{m}, \quad \text{PF: } 1 \text{ Exo}, \quad \text{PN: } 7 \text{ Exo}$$

$$6 + 0.4 * (-7 - -1) \rightarrow 6 + 0.4 * (-6) \rightarrow 6 - 2.4 = 3.6/1$$

Dies ist ein geringer AC/A, leicht unter dem Grenzwert. Je 1.0 dpt Akkommodation ändert sich die Phorie nur um 3.6 pdpt.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

Literatur

Rainey BB, Schroeder TL, Goss DA, Grosvenor TP. Inter-examiner repeatability of heterophoria tests Optom Vis Sci 1998;75: 719-726.

4.8 Gemessener AC/A (Gradient)

Ziel:

Bestimmung der Koppelung von Akkommodation und Konvergenz bzw. der akkommodativen Konvergenz unter dissozierten Bedingungen und Vergleich mit Normwerten. Ideal sind Werte innerhalb der Norm, relevante Abweichungen in beide Richtungen zeigen in Missverhältnis an.

Hintergrund:

Im klinischen Alltag hat sich eine Methode etabliert, den AC/A zu messen, anstatt ihn zu berechnen. Es gelten hierfür andere Normwerte, weil die Messung ausschliesslich im Nahbereich vorgenommen wird und somit der Wechsel zwischen Ferne und Nähe wie beim gerechneten AC/A fehlt. Patienten mit zu hohen AC/A Werten erhalten meist je nach Fall Additionen und mit zu niedrigem AC/A meist Visualtraining.

Normwert: Normaler AC/A = 4/1 ±2

Grenzwerte: Geringer AC/A < 2/1 Hoher AC/A > 6/1

Durchführung:

Hohe Raumhelligkeit. Die PatientIn trägt ihre Fernkorrektion in der Messbrille. Vor das rechte Auge wird ein Maddoxzyylinder mit waagerechter Achsausrichtung gegeben, der einen senkrechten Lichtstrich erzeugt. Die Thorington Karte (Bernell Muscle Imbalance Measure Card) wird in einer Entfernung von 40cm vom Patienten gehalten. Von der Rückseite der Karte her wird die zentrale Aussparung beleuchtet. Dies kann per Penlight oder auch per Smartphone Licht geschehen.

Schritt 1: Messung der Nahphorie

Maddoxzyylinder vor das rechte Auge geben und das linke Auge kurz zudecken, um den Seheindruck zu demonstrieren.

Instruktion:

- „Sie sollten jetzt wieder einen senkrechten Lichtstrich sehen?“
- Falls ja, beide Augen wieder freigeben und die Position erfragen:

- „Konzentrieren Sie sich bitte auf die waagerechte Punkte-Linie und die Zahlen. Behalten Sie diese immer ganz klar und deutlich.“
- „Ist der Lichtstrich genau mittig oder ist er nach rechts oder links verschoben? Bei welcher Zahl sehen Sie den Lichtstrich?“
- Verschiebungen nach rechts zeigen eine Esophorie, nach links eine Exophorie.

Schritt 2 der Kurzversion:

Ein -1.0 dpt Flipper wird binokular vorgehalten und erneut wird der Ablesewert notiert.

Der AC/A wird mit folgender Formel berechnet:

Phorie mit Minuslinse – Phorie ohne Linse / Wirkung der Minuslinse

Beispiel Kurzversion

Phorie ohne Linse	Phorie mit -1.0 dpt
2.0 pdpt eso	7.0 pdpt eso

$$7.0 \text{ pdpt} - 2.0 \text{ pdpt} / 1 = 5/1$$

Dies ist ein normaler AC/A, etwas höher als der Normwert. Je 1.0 dpt Akkommodation ändert sich die Phorie um 5.0 pdpt.

Schritt 2 der ausführlicheren Version:

Die ausführlichere Version bestimmt den AC/A Gradienten, indem nicht nur mit -1.0 dpt die Akkommodation stimuliert wird. Zusätzlich wird das Loslassen der Akkommodation mit +1.0 dpt einbezogen. Ein ± 1.0 dpt Flipper wird mit der Plusseite binokular vorgehalten und dieser Ablesewert wird notiert. Dann wird der Flipper mit der Minusseite vorgehalten und wiederum wird der Ablesewert notiert.

Die folgende Formel ergibt den AC/A Gradienten (siehe Beispiel)

AC/A Gradient = Mittelwert aus (Phorie mit Pluslinse – Phorie ohne Linse) und (Phorie mit Minuslinse – Phorie ohne Linse) / Wirkung der Linse.

Beispiel für eine AC/A Messung

Phorie ohne Linse	Phorie mit +1.0 dpt	Phorie mit -1.0 dpt
4 exo	7 exo	0

Schritt 1: Phorie mit Pluslinse abzüglich Phorie ohne Linse
 $-7.0 \text{ pdpt} - (-4.0 \text{ pdpt}) = -3.0 \text{ pdpt}$

Schritt 2. Phorie mit Minuslinse abzüglich Phorie ohne Linse
 $0 \text{ pdpt} - (-4.0 \text{ pdpt}) = 4.0 \text{ pdpt}$

Schritt 3. Mittelwert der Beträge bilden und durch Linsenstärke dividieren
 $(|3|+|4|)/2 = 3.5 / 1 = 3.5:1$

Also beträgt hier der AC/A Gradient 3.5 und ist ein normaler AC/A

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

5 Funktionen der Akkommodation messen

5.1 Akkommodationsbreite monokular

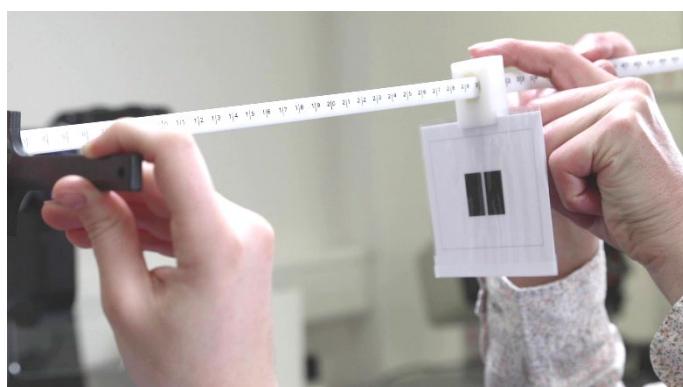
Ziel:

Leistungsfähigkeit der Nah-Akkommodation bestimmen.

Hintergrund:

Die Leistungsfähigkeit der monokularen Akkommodation wird geprüft und mit den altersgerechten Normwerten verglichen. Eine hohe Akkommodationsbreite bedeutet eine hohe Leistungsfähigkeit der Akkommodation. Wenn die Werte sogar besser sind als die Norm, ist dies ein Zeichen einer besonders guten Leistungsfähigkeit.

Die Normwerte und auch Grenzen normaler Leistung können aus der Duane-Kurve abgelesen werden. Alternativ lässt sich mit der Hofstetter Formel die minimal zu erwartende Akkommodationsbreite berechnen, wenn man die Grenze zu auffälligen Befunden abschätzen möchte: minimale Akkommodationsbreite in dpt = $15 - (0.25 \cdot \text{Alter})$.



Video Akkommodationsbreite monokular

https://youtu.be/Tn9_9bmOmAI

Abbildung 5-1 Akkommodationsbreite mit Duane Figur messen

Durchführung:

Die Fern-Korrektionswerte müssen aktuell sein und sind in die Messbrille eingesetzt. Die Messung der Akkommodationsbreite wird jeweils monokular durchgeführt, das jeweils nicht gemessene Auge wird okklidiert.

Mit der „push up Methode“ wird von einer entfernten Position kommend (ca. 50cm) das Objekt immer näher genommen, bis es erstmals unscharf erscheint. Die Testfigur muss kontrastreich sein, ist idealerweise in einem Testgerät von hinten beleuchtet oder

zumindest gleichmäßig hell von vorn beleuchtet. Jedes Auge wird zweimal gemessen und die beiden Werte eines Auges werden gemittelt.

Es muss sichergestellt werden, dass die Testfigur von der PatientIn zu Beginn der Messung deutlich gesehen wird. Dazu wird der Seheindruck genau erfragt und bei Bedarf und spätestens ab Alter ≥ 50 Jahre muss eine Voraddition geben werden.

Das Testgerät, die Testtafel oder den Fixations-Stab hält die PatientIn selbst in ihrer Hand und wird angeleitet, die Testfigur langsam immer dichter anzunähern.

Bei jüngeren Personen wird die Akkommodationsbreite eher unterschätzt, weil die Nahdistanz extrem kurz ist und kleine Messfehler in dieser Distanz sich stark auswirken.

Daher sollte bis zum Alter von ca. 24 Jahren ein Minus-Vorsatz verwendet werden.

Gemessen wird die Distanz vom Hornhautscheitel bis zur Testfigur, wenn die PatientIn das erste Mal unscharf sieht. Die Akkommodationsbreite ist der Kehrwert dieser gemessenen Distanz.

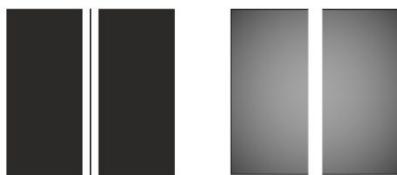


Abbildung 5-2 Wahrnehmung der Duane Figur von Presbyopen mit Voraddition (linke Abbildung) und ohne Voraddition (rechte Abbildung)

Bei Kindern kann auch die „push down Methode“ verwendet werden, die in ca. 3-5cm Distanz vom Auge startet und das Objekt so lange weiter entfernt, bis es erstmals deutlich erkannt wird. Vorher muss mit dem Kind gemeinsam sichergestellt werden, dass es das Objekt (eine Zahl, eine Strichfigur oder ein fein konturiertes Schwarz-Weiss-Objekt) zuvor in normaler Distanz deutlich erkannt hatte. Zu Beginn, wenn das Objekt in einer extrem kurzen Distanz vor das Auge gehalten wird, muss das Kind das unscharfe Sehen bestätigen. Dann erst ist es plausibel, ein gültiges Resultat der Akkommodationsbreite erhalten zu können.

Gemessen wird die Distanz von dem Hornhautscheitel bis zur Testfigur, wenn das Kind das erste Mal scharf sieht. Die Akkommodationsbreite ist der Kehrwert dieser gemessenen Distanz.

Durchführung bei Personen > Alter 50 Jahre:

Voraddition einsetzen:

- ab 50 Jahre +1.5dpt
- ab 60 Jahre +2.0dpt

Rechenbeispiel mit positiver Voraddition:

Voraddition: +1.5 dpt

Gemessene Distanz: a = 0.3 m

$$AB = 1/a - \text{Voraddition} = 1/0.3 \text{ m} - (+1.5 \text{ dpt}) = 3 \text{ dpt} - (+1.5 \text{ dpt})$$

Resultat: Akkommodationsbreite = +1.5dpt

Durchführung bei Personen < ca. 24 Jahre:

Die negative Voraddition von -4.0 dpt geben, damit sich die zu erwartende Distanz zu vergrössert. Dies ist erforderlich, weil bei sehr kurzer Messdistanz jeder Zentimeter einer falschen Messung sich auf mehrere Dioptrien auswirkt: Bei z.B. 7cm ist der Kehrwert 14.2dpt und bei 8cm ist er 12.5 dpt.

Rechenbeispiel mit negativer Voraddition:

Hilfsglas: -4.0 dpt

Gemessene Distanz: a = 0.2 m

$$AB = 1/a - \text{Hilfsglas} = 1/0.2 \text{ m} - (-4.0 \text{ dpt}) = 5 \text{ dpt} - (-4.0 \text{ dpt})$$

Resultat: Akkommodationsbreite = +9.0 dpt

Wichtige allgemeine Informationen zur Akkommodationsbreite:

Vor der eigentlichen Messung die PatientIn immer erst fragen, ob die Linie zwischen den zwei schwarzen Balken deutlich zu sehen ist (Duane Figur) oder ob die Optotypen deutlich sind → wenn nicht: Pluswerte als Voraddition geben!

Instruktion mit Duane Linie:

- „Sehen Sie die feine Linie zwischen den beiden schwarzen Feldern?“
- „Sehen Sie die Linie zwischen den beiden schwarzen Feldern deutlich?“
- Falls nicht: „Wird es deutlich, wenn Sie den Test weiter entfernt halten?“

- „Nehmen Sie nun die Figur näher und stoppen Sie dann, wenn die Linie das erste Mal unscharf oder weniger schwarz wird.“



Abbildung 5-3 Lang Fixationsstab mit Duane Linie

Instruktion mit Zahlen oder Buchstaben:

- „Sehen Sie die Buchstaben/ Zahlen deutlich?“
- Falls nicht: „Wird es richtig klar, wenn Sie den Test weiter entfernt halten?“
- „Nehmen Sie nun die Buchstaben/ zahlen langsam näher zu sich und stoppen dann, wenn sie das erste Mal undeutlich oder weniger schwarz werden.“

Fehlerquellen:

- Wird bei Personen > 50 Jahren keine Voraddition eingesetzt, so kann die PatientInnen den Unterschied zwischen wenig deutlicher und undeutlicher Figur nicht erkennen.
- Zu schnelle Annäherung der Testfigur, die den genauen Moment der Unschärfe verpasst und damit eine zu niedrige Akkommodationsbreite findet.
- Nur einmal je Auge gemessen.
- Jüngere Personen nicht genügend motiviert, das Testobjekt so lange wie möglich scharf zu behalten.

Normwerte aus:

Scheiman, Wick 2020: Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 5-th edition Lippincott Williams & Wilkins.

5.2 Minimum Testbatterie: Monokulare Akkommodations-Flexibilität

Notwendige Voraussetzung ist eine Akkommodationsbreite von > 5.5 dpt.

Ziel:

Direkte Messung der Leistungsfähigkeit der Akkommodation ohne Vergenz-Einfluss. Eine gute Leistung äussert sich in vielen Wechseln pro eine Minute, die mindestens so gut sind wie der Grenzwert. Eine hohe Akkommodationsflexibilität bedeutet eine gute Leistungsfähigkeit, selbst wenn der Wert oberhalb der Norm liegt.

Werte in „Cycles per minute (cpm)“, ein Zyklus ist einmal +2.0 dpt und einmal -2.0 dpt. Es wird geprüft, wie gut die Leistungsfähigkeit der monokularen Akkommodation und Desakkommodation beim normalen Binokularsehen ist.

Normwert: 11 ± 5 Zyklen pro Minute (cpm)

Grenzwert < 6 Zyklen pro Minute (cpm)

Hintergrund:

Dieser Test ist wichtig, um Akkommodationsexzess oder Akkommodationsunflexibilität erfassen zu können. Grundsätzlich ist aber die Akkommodationsbreite > 5.5 dpt notwendig. Eine Aussage über unterschiedliche akkommodative Klassen wäre bei geringerer Akkommodationsbreite nicht mehr möglich, weil ausschliesslich die altersgemässse Akkommodationsinsuffizienz zu erwarten wäre.

Begründung des Grenzwertes: laut Scheiman, Wick sollte die Akkommodations-Flexibilität nur bis zum Alter 32 Jahren durchgeführt werden. In diesem Alter beträgt der Wert für die geringste noch normale Akkommodationsbreite laut Hofstetter Formel ($15 - (0.25 * \text{age})$): 7.0 dpt. In der BTSO Auswertung wird eine Standardabweichung nach oben und unten als innerhalb der Norm gewertet. Mit 5.5 dpt Akkommodationsbreite beträgt die Standardabweichung: -1.15 und ist somit gerade ausserhalb der Norm. Dies stellt sicher, dass nicht zu viele PatientInnen fälschlich in der Klasse „Akkommodationsinsuffizienz“ aufgrund der monokularen Akkommodations-Flexibilität landen (falsch-positive Fälle).

Sofern die Voraussetzung der Akk.-Breite >5.5 dpt vorliegt und der gemessene Wert der Akkommodations-Flexibilität für beide oder für das schlechtere Auge **unter** der Norm liegt, wird die Art der Verzögerung relevant und muss vermerkt werden:
() Plus verzögert () Minus verzögert () Plus und Minus verzögert.

Durchführung:

Hohe Raumhelligkeit und gute Ausleuchtung des Nah-Objektes. Messung der Leistungsfähigkeit von monokularer Akkommodation und Desakkommodation beim normalen Binokularsehen mit +/- 2.0 dpt Flipper in 40cm Distanz. Die Optotypen müssen jeweils deutlich gesehen werden und die PatientIn meldet das deutliche Sehen so schnell wie möglich. Das Ergebnis ist die Anzahl von Zyklen pro Minute – also wie viele komplett Umdrehungen (einmal Plus/ einmal Minus) in einer Minute erreicht wurden.



Video Akkommodationsflexibilität monokular

<https://youtu.be/8WCxt6HUHuE>

Abbildung 5-4 Akkommodationsflexibilität monokular

Notwendige Hilfsmittel: Binokular-Flipper mit +/- 2.0 dpt zum Beispiel von Firma Bernell, ein Fixationsstab und ein Timer, um genau eine Minute einzuhalten. Die Optotypen sollen etwa 1-2 LogStufen grösser sein als der beste Nah-Visus. Einzeloptotypen auf einem Fixationsstab eignen sich gut dafür.

- Die PatientIn wird monokular geprüft und trägt ihre aktuelle Brillenkorrektion. Den Fixationsstab kann die PatientIn selbst halten. Die Untersuchenden achten darauf, dass genau 40cm eingehalten werden und dass die Position von der Höhe her leicht unterhalb der Horizontalen liegt (Hauptblickrichtung).

- Zunächst den Test demonstrieren: dazu Flipper mit +2.0 dpt probeweise vorgeben und fragen, ob das Objekt scharf eingestellt werden kann. Dann Flipper mit -2.0 dpt probeweise vorgeben und erneut fragen.
- Timer auf eine Minute stellen und starten, sobald das erste Glas vor das Auge des Patienten gehalten wird.
- Die PatientIn meldet sich, wenn sie die Optotypen erstmals deutlich sieht.
- Dann sofort das andere Flipperglas vorhalten und die PatientIn meldet wieder, sobald deutlich gesehen wird.
- Dieses Vorgehen dauert genau eine Minute lang und Sie zählen die Anzahl vollständiger Wechsel ($7 \times -2.0 \text{ dpt}$ und $7 \times +2.0 \text{ dpt} = 7 \text{ cpm}$). Hier ist ein Wert von 0 cpm möglich, wenn eine der beiden oder beide Flipperseiten nie deutlich gestellt werden können.
- Nach dem ersten Auge wird danach der gleiche Ablauf beim zweiten Auge durchgeführt

Instruktion:

Optotypen in 40cm zeigen: „Sie sehen hier die kleinen Buchstaben schön klar?“

Demonstration:

„Wenn ich das erste Glas vorhalte, wird es sofort wieder klar?“

„Und mit dem nächsten Glas, wird es sofort wieder klar?“

Messung:

„Wir starten jetzt für genaue eine Minute. Sie sagen „klar“, sobald Sie den Buchstaben klar sehen. Ab – JETZT!“

Fehlerquellen:

- Nicht ausreichende Akkommodationsbreite von >5.5 dpt.
- Zu schnelles Wechseln, bevor die PatientIn klar sieht.
- Zu langsames Wechseln, obwohl die PatientIn bereits klares Sehen gemeldet hat.
- Distanz nicht gut kontrolliert.
- Optotypen nicht gut beleuchtet.
- Position der Optotypen über der Horizontalen oder zu weit unter der Horizontalen.

Literatur

Hussaindeen et al. (2017) Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. *Clin Exp Optom.* May;100(3):278-284. doi: 10.1111/cxo.12475.

Jiménez R, et al. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Nov;24(6):528-42. doi: 10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x.

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

5.3 Akkommodationsflexibilität binokular

Notwendige Voraussetzung ist eine Akkommodationsbreite von > 5.5 dpt.

Ziel:

Messung der Leistungsfähigkeit der binokularen Akkommodation und Desakkommmodation mit +/- 2.0 dpt Flipper in 40cm Distanz. Die PatientInnen müssen die Optotypen sowohl klar als auch einfach sehen und es darf keine Suppression auftreten. Das Ergebnis ist die Anzahl von Zyklen pro Minute – also wie viele komplette Umdrehungen (einmal Plus/ einmal Minus) in einer Minute erreicht wurden. Die Einheit ist cpm = Cycles per Minute. Eine hohe Akkommodationsflexibilität bedeutet eine gute Leistungsfähigkeit. Der Wert ist auch dann gut, wenn er oberhalb der Norm liegt.

Normwert: 10 ± 5 cpm

Grenzwert < 5 cpm

Hintergrund:

Die binokulare Akkommodationsflexibilität ist eine indirekte Messung der Akkommodation, weil gleichzeitig die Fusion der Bilder beider Augen aktiv ist. Wenn der Wert niedrig ist, dann kann die Ursache entweder in der Akkommodation liegen oder in der Vergenz. Verzögerung bei Plus kann daran liegen, dass die Akkommodation nicht losgelassen wird (Akkommodationsexzess) oder dass eine Nah-Exophorie vorliegt, deren Kompensation bei Loslassen der akkommodativen Komponente verschlechtert wird (Konvergenzinsuffizienz oder Basis-Exophorie). Verzögerung bei Minus kann daran liegen, dass die Akkommodation nicht genügend aktiviert werden kann (Akkommodationsinsuffizienz) oder dass eine Nah-Esophorie vorliegt, deren Kompensation durch Anspannen der akkommodativen Komponente verschlechtert wird.

Durchführung:



Abbildung 5-5 Akkommodationsflexibilität binokular

Video Akkommodationsflexibilität binokular

<https://youtu.be/XEsAhnStNS0>

Notwendige Hilfsmittel: Binokular-Flipper mit +/- 2.0 dpt zum Beispiel von Firma Bernell und ein Timer, um genau eine Minute einzuhalten. Das Bernell Vectogram No. 9 wird zusammen mit einer Polarisationsbrille verwendet, um auszuschliessen, dass Suppressionen im Binokularsehen das Testergebnis verfälschen. Die Akkommodationsbreite muss mehr als 5.5 dpt betragen, um diesen Test sinnvoll durchführen zu können.

Hohe Raumhelligkeit. Die PatientIn mit aktueller Korrektion prüfen, sie kann das Vectogram selbst halten. Die Untersuchenden achten darauf, dass genau 40cm eingehalten werden und dass die Position von der Höhe her leicht unterhalb der Horizontalen ist (Hauptblickrichtung). Die Karte ist transparent, daher würde ein dunkler oder unruhiger Hintergrund die Sichtbarkeit der Zeilen beeinträchtigen. In diesem Fall sollte ein weisses Papier hinter das Vectogram gehalten werden, um Ablenkungen zu vermeiden und gleichmässige Helligkeit und Kontraste zu gewährleisten.

- Zunächst den Test demonstrieren: Wenn das rechte Auge abgedeckt wird, verschwindet Zeile 4, beim Abdecken des linken Auges verschwindet Zeile 6. Die PatientIn wird darauf hingewiesen, dass beim Testen immer alle Zeilen vorhanden sein müssen, ansonsten soll sie melden, falls eine Zeile verschwindet.
- Je nach Visus wird Zeile 5 oder 7 von der PatientIn fixiert.
- Dann probeweise den Flipper mit +2.0 dpt vorgeben und fragen, ob die Zeile scharf eingestellt werden kann. Danach probeweise Flipper mit -2.0 dpt vorgeben und erneut fragen.
- Timer auf eine Minute stellen und starten, sobald das erste Glas vor das Auge des Patienten gehalten wird.
- Die PatientIn meldet sich, wenn die Optotypen erstmals deutlich zu sehen sind.
- Dann sofort das Flipperglas wechseln und die PatientIn meldet wieder, sobald deutlich gesehen wird.
- Dieses Vorgehen dauert genau eine Minute lang und die Anzahl vollständiger Wechsel wird gezählt. ($6 \times -2.0 \text{ dpt} \text{ und } 6 \times +2.0 \text{ dpt} = 6 \text{ cpm}$). Hier ist ein Wert von 0 cpm möglich, wenn eine der beiden oder beide Flipperseiten nie deutlich gestellt werden können.
- Nach dem ersten Auge wird danach der gleiche Ablauf beim zweiten Auge durchgeführt.

Instruktion:

Optotypen in 40cm zeigen:

Demonstration

- „Sie sehen hier die kleinen Buchstaben in Zeile 5 (oder Zeile 7) schön deutlich? Und alle Zeilen sind immer sichtbar? Falls eine Zeile verschwindet, sagen Sie es bitte sofort.“
- „Wenn ich das erste Glas vorhalte, wird es sofort wieder klar? Und mit dem nächsten Glas, wird es sofort wieder klar?“

Messung:

- „Wir starten jetzt für genaue eine Minute. Sie sagen „klar“, sobald Sie die Buchstaben klar sehen. Ab – JETZT!“

Fehlerquellen:

- Nicht ausreichende Akkommodationsbreite von >5.5 dpt.
- Zu schnelles Wechseln, bevor die PatientIn klar sieht.
- Zu langsames Wechseln, obwohl die PatientIn bereits klares Sehen gemeldet hat.
- Nicht ausdrücklich nach Suppressionen gefragt und zu wenig während der Messung auf mögliches Verschwinden von Zeilen hingewiesen.
- Distanz nicht gut kontrolliert.
- Optotypen nicht gut beleuchtet.
- Position der Optotypen über der Horizontalen oder zu weit unter der Horizontalen.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

5.4 MEM Skiaskopie

Ziel:

Akkommodationsgenauigkeit unter binokularen Bedingungen objektiv überprüfen und mit Normwerten vergleichen. Werte oberhalb oder unterhalb der Norm sind auffällig.

Nur Werte innerhalb der Norm zeigen eine gute Genauigkeit der Akkommodation.

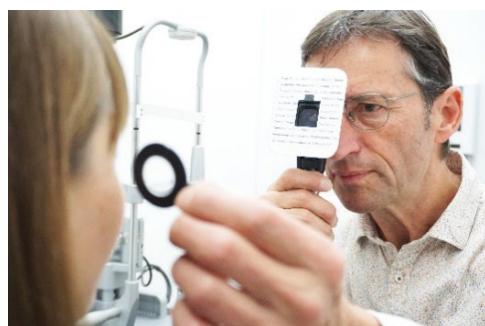
Normwert 0.5 dpt \pm 0.25 dpt.

Grenzwert \leq 0.0 dpt oder \geq 1.0 dpt

Hintergrund:

Der Begriff MEM = „monocular estimated method“ ist entstanden, weil ursprünglich nur die Geschwindigkeit der Lichterscheinung geschätzt wurde. In der Praxis hat sich eine Anwendung der MEM Skiaskopie durchgesetzt, bei der für einen sehr kurzen Moment ein Messglas vor ein Auge gehalten wird, um in diesem Moment den Neutralpunkt zu messen. Wenn sich die Akkommodations-Leistung der PatientIn hypothetisch exakt in der Ebene des Skiaskops befinden würde, dann müsste ohne weiteres Messglas bereits der Flackerfall/ Neutralpunkt zu sehen sein. Häufig ist aber die Akkommodation im bei-däugigen Sehen leicht hinter der Einstellebene, somit erscheint dann eine Mitläufigkeit. Normal ist eine leichte Unterakkommodation im Bereich zwischen +0.25 dpt bis +0.75 dpt. Dieser Bereich entspricht der physiologisch normalen Ungenauigkeit („Lag of accommodation“).

Durchführung:



Video MEM Skiaskopie

<https://youtu.be/HE9zT8pxsuU>

Abbildung 5-6 MEM Skiaskopie

Hohe Raumhelligkeit einstellen. Am Skiaskop wird eine Nahkarte mit zufälligen Wörtern angebracht. Von den Gerät-Herstellern werden meist nur englischsprachige Vorlagen angeboten. Es ist daher sinnvoll, sich solche Karten in der Umgangssprache selbst zu gestalten und auszudrucken. Die Anbringung am Skiaskop erfolgt beispielsweise über selbstklebende Magnetfolien oder Klettänder, damit die Karte bei Nichtgebrauch auch wieder entfernt werden kann.

Die Distanz ist üblicherweise 40cm, prinzipiell könnte in jeder gewünschten Distanz gemessen werden, was aber genau dokumentiert werden muss. Die Patientin trägt die aktuelle Vollkorrektion, weil ansonsten eine fehlerhafte Korrektion das Messergebnis beeinflussen würde. Allerdings kann es bei einer Erstuntersuchung auch sinnvoll sein, zusätzlich die habituelle Situation zu beurteilen.

- Die PatientIn wird aufgefordert, die Wörter oder Buchstaben der Nahkarte vorzulesen. Die Schattenbewegung in beiden Augen werden kurz beurteilt. Sollte sie ungleich sein, ist dies ein Indiz für ein Refraktionsungleichgewicht.
- Dann wird jedes Auge einzeln auf folgende Weise neutralisiert: bei Mitläufigkeit wird ein Plusglas aus dem Messgläserkasten nur ganz kurz vorgehalten und genau in diesem Moment wird die Schattenbewegung beurteilt. Dies wiederholt die UntersucherIn mit verschiedenen Messgläserstärken so lange, bis der Neutralpunkt gefunden ist. Um den Befund abzusichern, kann auch probeweise über die Neutralstärke hinaus weiter verstärkt werden, bis die entgegengesetzte Schattenbewegung zu beobachten ist.
- Das kurze Vorhalten (weniger als zwei Sekunden) des Messglases ist wichtig, damit die Akkommodation des Patienten keine Gelegenheit hat, auf das Messglas zu adaptieren.

Instruktion:

- „Lesen Sie diese Wörter bitte laut vor, während ich mir Ihre Augen anschau.“
- Beim Wechseln der Gläser kann das Vorlesen jeweils unterbrochen werden.

Auswertung:

Weil die Messung unter binokularen Bedingungen ausgeführt wird, kann die Konvergenz Ursache für Abweichungen von der Norm sein:

- Nah-Exophorie kann zu einer erhöhten Akkommodation führen.
- Nah-Esophorie kann zu einer verringerten Akkommodation führen.

Akkommodation und Vergenz beurteilen:

- MEM < 0.75 dpt: zu geringe Akkommodation = Akk.-Insuffizienz oder Esophorie.
- MEM < 0.25 dpt: zu hohe Akkommodation = Akk.-Exzess oder Exophorie.

Fehlerquellen:

- Nicht laut vorlesen lassen.
- Monokular durchführen.
- Gläser zu lang (>2 sec) vorhalten.
- Beleuchtung der Karte nicht hell genug.



MEM Karte für Heine Skiascope zum selbst ausdrucken.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

5.5 Relative Akkommodation

Ziel:

Messung der Leistungsfähigkeit der binokularen Akkommodation und Desakkommodation in 40cm und in 0.25 dpt Schritten. Indirekte Messung der Akkommodationsleistung unter binokularen Bedingungen. Hohe Werte sind nur dann gut, wenn sie in BEIDEN Richtungen vorhanden sind. Die Balance zwischen beiden Werten ist der ideale Zustand.

Negative relative Akkommodation (Plusgläser werden vorgegeben)

Normwert ≥ 2.75 dpt

Grenzwert ≤ 1.25 dpt

Positive relative Akkommodation (Minusgläser werden vorgegeben)

Normwert ≤ -3.5 dpt

Grenzwert ≥ -1.25 dpt

Durchführung:



Video Relative Akkommodation

<https://youtu.be/vHhmUEe6IVk>

Abbildung 5-7 Relative Akkommodation

Hohe Raumhelligkeit und gute Ausleuchtung der Nahkarte. Den Phoropter auf Nah-PD einstellen und die Nahkarte mit Optotypen für Visus ca. 0.6 bis 0.8 in 40cm vorgeben – idealerweise 2 Visusstufen unter dem V_{max} . Bei hoher Raumhelligkeit sind die aktuellen Korrektionswerte eingestellt. Mit Plusstärken beginnen, um die negative, relative Akkommodation (NRA) zu messen. Auf beiden Augen gleichzeitig werden schrittweise die Werte um jeweils +0.25 dpt erhöht. Wenn andauernd entweder unscharf oder doppelt gesehen wird, ist die Grenze erreicht. Anschliessend das gleiche Vorgehen mit Minusstärken (Positive, relative Akkommodation, PRA), indem von Null aus beginnend auf beiden Augen gleichzeitig die Werte um jeweils -0.25 dpt verändert werden.

Instruktion:

- „Schauen Sie bitte immer auf die Optotypen. Ich verändere die Stärken jetzt so lange, bis Sie das erste Mal unscharf oder doppelt sehen.“
- Zwischendurch kurz nachfragen, ob es immer noch deutlich ist und immer noch einfach zu sehen ist.
- Wenn es das erste Mal unscharf war – wird es dann wieder scharf?

Auswertung:

Weil die Messung unter binokularen Bedingungen ausgeführt wird, kann die Konvergenz Ursache für Abweichungen von der Norm sein:

- Nah-Exophorie kann zu einer erhöhten Akkommodation führen.
- Nah-Esophorie kann zu einer verringerten Akkommodation führen.

Akkommodation und Vergenz beurteilen:

- $PRA \leq 1.25 \text{ dpt}$ dpt: zu geringe Akkommodation = Akk.-Insuffizienz oder Esophorie.
- $NRA \leq 1.25 \text{ dpt}$ dpt: zu hohe Akkommodation = Akk.-Exzess oder Exophorie.

Fehlerquellen:

- Gläserwechsel zu schnell oder zu langsam.
- Am Phoropter die Nah-Konvergenz nicht eingestellt.
- Zu grosse Optotypen verwendet.

Normwerte aus:

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). Clinical Management of Binocular Vision. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

6 Stereopsis in Ferne oder Nähe messen

Hintergrund:

Stereopsis ist eine Sehfunktion, die eine hochwertige, beidäugige Zusammenarbeit erfordert. Mit Stereopsis Testen wird einerseits die Qualität von feiner Stereopsis geprüft, indem der kleinstmögliche, von der PatientIn noch erkennbare Tiefenunterschied gesucht wird. Bestimmte Stereopsis Tests werden darüber hinaus zum Screening verwendet, um die Wahrscheinlichkeit von sensorischen Anomalien aufgrund eines Begleitschielens zu prüfen. Meistens wird zur Testung nur die gekreuzte Disparität verwendet, bei der die Sehobjekte **vor** der Testebene erscheinen.

Die üblicherweise verwendete Einheit sind Winkelsekunden. Ein niedriger Winkelwert bedeutet eine hohe Leistungsfähigkeit der Stereopsis: Sehr geringe Tiefenunterschiede können noch erkannt werden, was gleichbedeutend ist mit einem kleinen Stereo-Grenzwinkel. Wenn die Werte sogar besser sind als die Norm, ist dies ein Zeichen einer sehr guten Leistungsfähigkeit.

Wenn Random Dot Stereopsis verwendet wird, hat dies den Vorteil, dass ein zusätzliches Screening auf Mikrostrabismus möglich ist. Bei den meisten Arten des Begleitschielens sind weder Konturen- noch Random Dot Stereopsis an den üblichen Stereotesten festzustellen. Nur beim Mikrostrabismus ist Stereopsis an Konturen meist gerade noch normal, aber die Random Dot Stereopsis ist stark eingeschränkt oder gar nicht vorhanden.

6.1 New FD2 Frisby Distance

Ziel:

Qualität des Stereosehens an realen Konturen-Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 6 Meter.

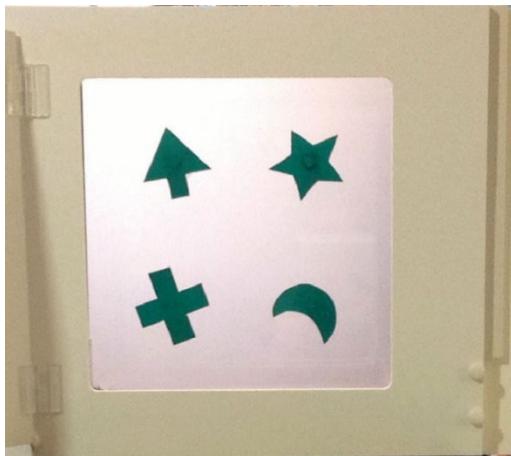


Abbildung 6-1 Friby Distance



Abbildung 6-2 Friby Distance in der Aufsicht

Verfügbare Stereowinkel in 6 Metern: 50“ bis 5“ in Schritten von 5“. **Normwert 10“.**

Durchführung:

Der FD2 Frisby Distance Test wird in 6 m auf Augenhöhe vor der PatientIn platziert. Die PatientIn ist vollkorrigiert, eine Trennerbrille wird nicht benötigt. Die Tür der FD2 Box ist geschlossen, während die Stäbchen in der Box justiert werden, an denen die Testobjekte angebracht sind. Ein Stäbchen wird bei geschlossener Tür der Box auf 50“ eingestellt. Nun wird die Box geöffnet. Die PatientIn soll sagen, welches Objekt nach vorne steht. Ist die Antwort falsch, so wird dieselbe Tiefe jedoch mit anderem Muster nochmals

gefragt und falls erneut falsch geantwortet wird, ist das Resultat $> 50''$. Ist die Antwort richtig, wird ein zufällig anderes Objekt in der Box auf den nächstkleineren Wert eingestellt. Dieses Verfahren wird so lange durchgeführt, bis die Grenze der Erkennbarkeit erreicht ist. Der Test kann auch in kürzere Distanzen verwendet werden. Allerdings sollte dann am Ende der binokularen Messung verglichen werden, wie gut die monokulare Grenze ist. Der binokulare Grenzwert ist nur dann gültig und verwertbar, wenn monokular ein deutlich schlechterer Wert erreicht wurde.

Instruktion: „Schauen Sie bitte auf die Figuren. Sehen, ob sich eine Figur ein wenig vor den anderen befindet? Wenn ja, sagen Sie bitte, welche Figur es ist?“

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Es wurden Kopfbewegungen zugelassen.
- Der Test wird nicht auf Augenhöhe der PatientIn präsentiert.
- In kürzeren Distanzen als 6 Meter wurde nur binokular gemessen, anstatt den Grenzwert zusätzlich monokular zu messen, um die Zuverlässigkeit der Stereopsis-Messung sicherzustellen.

Normwerte aus:

Piano, M., Tidbury, L., & O'Connor, A. (2016). Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. *Strabismus*, 24(4).
doi:10.1080/09273972.2016.1242636

Bohr I, Read JCA (2013) Stereoacuity with Frisby and Revised FD2 Stereo Tests. *PLoS ONE* 8(12): e82999. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082999>

Bildquelle: <https://frisbystereotest.co.uk/products/nfd2/>

6.2 Distance Randot

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Random Dot Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 3 Meter.



Abbildung 6-3 Distance Randot Test

Verfügbare Stereowinkel: 400"/ 200"/ 100"/ 60", **Normwert 60"**.

Durchführung:

Die untersuchte Person trägt bei dieser Messung ihre Vollkorrektion für die Ferne mit vorgesetzten Polarisationsfiltern. Die Stereopsis wird immer binokular gemessen und in Winkelsekunden angegeben.

Die PatientIn schaut auf den Distance Randot Test und wird nach Figur 400A gefragt. Kann diese Form korrekt erkannt werden, so wird mit der Form 400B weitergefahrt. Werden beide Figuren richtig erkannt, so ist ein Stereowinkel von 400 Winkelsekunden erreicht und es kann mit der Figur 200A, usw. fortgefahrt werden. Dieses Vorgehen wird weitergeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel erreicht wurde, bei welchem die PatientIn die Figur richtig erkennen konnte. Mit diesem Test können Kinder bereits ab dem Alter von 4 Jahren geprüft werden.

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Die Polarisationsbrille ist nicht oder falsch aufgesetzt.
- Bei fehlender Erkennung den Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

Piano, M., Tidbury, L., & O'Connor, A. (2016). Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. *Strabismus*, 24(4). doi:10.1080/09273972.2016.1242636

Bildquelle: <https://www.stereo-optical.com/products/stereotests-color-tests/distance-randot/>

6.3 MKH Stereo-Sehschärfetest

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Konturen-Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 5,5 Meter. Bei den elektronischen Sehprüfgeräten kann die Fern-Distanz genau angepasst werden.

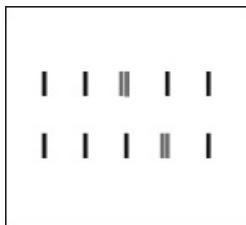


Abbildung 6-4 Ferntest MKH Stereo-Sehschärfe, erste Testtafel

Der aktuelle Test besteht aus logarithmisch abgestuften Stereowinkeln und verwendet je zwei Reihen mit jeweils 5 Strichen, verteilt auf 5 Testtafeln. In jeder der Reihen ist immer nur ein Strich als Stereoobjekt vorhanden und dieser Strich befindet sich nie an einer Rand-Position.

Verfügbare Stereowinkel: 300°/ 192°/ 120°/ 75°/ 48°/ 30°/ 19,2°/ 12°/ 7,5°/ 4,8°, Normwert 7,5° (Möhrer und Vogel, 2019).

In älteren Varianten sind die Stereowinkel noch nicht logarithmisch abgestuft und es gibt Varianten mit 3 bis 5 Testfeldern und unterschiedlichen Testfiguren.

Die älteste Version des klassischen MKH Stereo-Sehschärfetest 5-reihig sollte nicht mehr verwendet werden, weil dort die angebotenen Stereoobjekte sehr unterschiedlich sind. Somit sind die Stereowinkel von Reihe zu Reihe nicht vergleichbar.

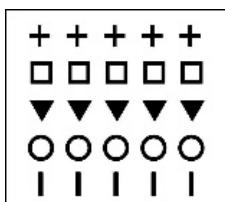


Abbildung 6-5 Ferntest MKH alte Version

Verfügbare Stereowinkel des alten 5-reihigen Tests: 4' / 3' / 2' / 1' / 0.5', Normwert 0.5'.

Durchführung:

Die PatientIn trägt bei dieser Messung ihre Vollkorrektion für die Ferne mit und die Polarisationsfilter werden vorgeschaltet. Die Polfilter der Messbrille werden für den differenzierten Stereotest D5 auf die gekreuzte Disparität gestellt (konverse oder normale Darbietung), damit die Stereo-Objekte vorn erscheinen. Die PatientIn wird gefragt, ob ihr in der obersten Reihe etwas auffällt. Falls spontan keine Antwort kommt, darf geholfen werden, indem man auf das Objekt hinweist, das vorn erscheinen sollte. Wird immer noch nichts erkannt, wird einmal die Darbietung auf invers gewechselt, so dass die Stereo-Objekt in der Tiefe nach hinten erscheinen. Sollte immer noch keine Erkennung möglich sein, wird der Wert > 300 Winkelsekunden eingetragen. Falls das Stereo-Objekt doch erkannt wird, wechselt man auf die Darbietung nach vorn und fragt von Reihe zu Reihe. Erkennt die PatientIn das richtige Objekt in der obersten Reihe spontan, so kann auf die nächste Zeile gewechselt werden. Dies wird so lang durchgeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel an diesem Test erreicht ist. In der Mess- und Korrektionsmethodik nach H.-J. Haase wird der kleinstmögliche Winkel immer in beiden Darbietungsarten abgefragt, weil damit Hinweise auf prismatische Korrektionsschritte abgeleitet werden können.

Fehlerquellen:

- Den klassische 5-reihige, differenzierte Stereotest benutzen, obwohl er Figuren wie Quadrate oder Dreiecke verwendet, die von Reihe zu Reihe nicht vergleichbar sind.
- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Die Polarisationsbrille ist nicht oder falsch aufgesetzt.
- Bei fehlender Erkennung den Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

Retrospektiver Auswertung von Kundenkarteien in der Schweiz, FHNW unveröffentlicht.

Mörer, K, Vogl, J: Ermittlung des Normwertes für den Stereogrenzwinkel bei Erwachsenen. Masterarbeit Beuth Hochschule Berlin (2019)

6.4 Randot Circles

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Konturen-Objekten und an Random Dot Objekten prüfen.

Die Testdistanz beträgt 40 cm. Der „Original Randot Test“ bietet Random Dot Stereo-gramme in wenigen Abstufungen an, aber die Konturen-Objekte sind fein abgestuft.

Jede Schwierigkeitsstufe besteht aus vier Kreisen, von denen ein Kreis das zu erkennende Stereo-Objekt ist.



Abbildung 6-6 Randot Stereotest Original

Verfügbare Stereowinkel mit den Kreisen auf der linken Seite der Testvorlage: 400°/ 200°/ 140°/ 100°/ 70°/ 50°/ 40°/ 30°/ 25°/ 20°, **Normwert** 30°.

Durchführung:

Die PatientIn trägt bei dieser Messung ihre Vollkorrektion für die Nähe und Polarisationsfilter. Die Stereopsis wird immer binokular gemessen und in Winkelsekunden angegeben.

Der Random Dot Test wird in 40 cm vor der PatientIn gehalten, so dass keine Reflexe oder Abschattungen auf dem Test entstehen. Die PatientIn sollte den Kopf immer gerade zum Test gerichtet halten und diesen nicht zur Seite neigen.

Aus jeweils drei Kreisen muss derjenige gefunden werden, der sich in der Tiefe nach vorne hervorhebt. Ist diese Antwort korrekt, werden die Kreise mit dem nächstkleineren Stereowinkel abgefragt. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinmögliche Stereowinkel erreicht ist.

Normwerte aus:

Antona B, Barrio A, Sanchez I, Gonzalez E & Gonzalez G. (2015) Intraexaminer repeatability and agreement in stereoacuity measurements made in young adults. Int J Ophthalmol; 8: 374–381.

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., Swaminathan, M., George, R., Kapur, S., ... & Ramani, K. K. (2017). Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. Clinical and Experimental Optometry, 100(3), 278-284.

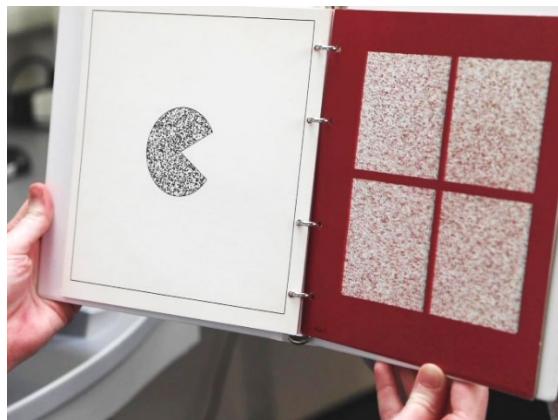
Bildquelle: <https://www.stereooptical.com/products/stereotests-color-tests/original-randot/>

6.5 TNO Stereotest

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Random Dot Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 40 cm.

Verfügbare Stereowinkel: 480"/ 240"/ 120"/ 60"/ 30"/ 15", **Normwert** 60".



[Video TNO Test](#)

<https://youtu.be/mcHEC2WjSYs>

Abbildung 6-7 TNO Stereotest Plate V

Durchführung:

Der TNO Test wird in 40 cm vor der PatientIn gehalten, so dass keine Reflexe oder Abschattungen auf dem Test entstehen. Die PatientIn ist für die Nähe vollkorrigiert und trägt die zugehörige Rot-/Grün-Brille (Farbenanaglyphentrennung). Es soll darauf geachtet werden, dass die PatientIn den Kopf immer gerade zum Test gerichtet hält und in dieser Position bleibt.

Zur Prüfung der Qualität des Random Dot Stereosehens werden die Plates V, Plate VI und Plate VII des TNO Tests der Reihe nach vorgegeben. Von Seite zu Seite werden die dargebotenen Stereowinkel kleiner. Die Untersuchenden können auf einem Lösungsblatt die richtige Ausrichtung ablesen. Erkennt die PatientIn die erste dargebotene Figur mit dem grossen Stereowinkel, so wird der nächstkleinere Stereowinkel gezeigt. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel erreicht wird.

Instruktion:

Zeigen Sie die Demonstrations-Tafel mit dem Kreis, aus dem ein kleiner Teil ausgeschnitten ist. Der ausgeschnittene Teil befindet auf der linken Seite des Kreises. Fragen Sie: „Wo befindet sich der Ausschnitt?“ und warten Sie auf die Antwort. Drehen Sie die Demonstrations-Tafel in eine andere Position (Ausschnitt nach oben, unten oder rechts) und fragen erneut, bis die eindeutige Verständigung mit der PatientIn sichergestellt ist.

Fehlerquellen:

- Missverständliche Kommunikation, nicht nach dem Ausschnitt gefragt.
- Die PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Bei fehlender Erkennung den Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

Antona B, Barrio A, Sanchez I, Gonzalez E & Gonzalez G. (2015) Intraexaminer repeatability and agreement in stereoacuity measurements made in young adults. Int J Ophthalmol; 8: 374–381.

Piano, M., Tidbury, L., & O'Connor, A. (2016). Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. Strabismus, 24(4). doi:10.1080/09273972.2016.1242636

Nicht berücksichtigt wurden die Unterschiede zwischen Druckversion 13 und 15 aus:
van Doorn, L., Evans, B., Edgar, D., & Fortuin, M. (2014). Manufacturer changes lead to clinically important differences between two editions of the TNO stereotest. Ophthalmic Physiol Opt, 34(2). doi:10.1111/opo.12101

6.6 Frisby Nahtest mit 3 Tafeln

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Random Dot Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 40 cm.



Abbildung 6-8 Testbox Frisby Nahtest

Verfügbare Stereowinkel in 40cm, 340°/ 170°/ 85°, **Normwert** 85°. Laut Testanweisung sollte die Distanz in vorgegebenen Schritten verkürzt werden, um weitere Abstufungen zu realisieren, zur Vereinfachung beziehen wir uns hier nur auf 40 cm.

Durchführung:

Die PatientIn blickt binokular mit der Vollkorrektion für die Nähe auf die Tafel, weitere Testbrillen sind nicht notwendig. Der Test verwendet reale Tiefendifferenzen, weil bestimmte Teile des Tests auf der Vorderseite der transparenten Tafel aufgedruckt sind und andere Teile auf der Rückseite.

Der Frisby Nahtest als brillenfreier Test hat Vorteile bei kleinen Kindern oder bei Personen, mit denen die Verständigung problematisch ist. Man beginnt mit der 6mm Tafel, die vor dem weißen Hintergrund der Testbox aufgeklappt wird. Die PatientIn hält selbst das Distanzband an ihre Schläfe neben ein Auge, so dass die gewählte Distanz zum Frisby Test immer gewährleistet und konstant ist. Der Kopf der Patientin und die Tafel müssen während der Testdurchführung stets stillgehalten werden. Ansonsten könnte der real

vorhandene Tiefenunterschied durch leichte Seitbewegungen erkannt werden, auch ohne dass Stereopsis vorhanden wäre.

Nun wird gefragt, welches Testfeld sich von den anderen unterscheidet. Ist die Antwort korrekt, werden die Tafeln so angepasst, dass der Stereowinkel kleiner wird. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinmögliche Stereowinkel erreicht ist.

Fehlerquellen:

- Bewegungen der PatientIn zulassen.
- Test direkt auf eine Unterlage legen.
- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Bei fehlender Erkennung den Test zu früh abgebrochen.
- Distanz verändert, anstatt genau kontrolliert zu belassen.

Normwerte aus:

Antona B, Barrio A, Sanchez I, Gonzalez E & Gonzalez G. (2015) Intraexaminer repeatability and agreement in stereoacuity measurements made in young adults. Int J Ophthalmol; 8: 374–381.

Piano, M., Tidbury, L., & O'Connor, A. (2016). Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. Strabismus, 24(4). doi:10.1080/09273972.2016.1242636

Bildquelle: <https://kaypictures.co.uk/product/frisby-stereo-tests/>

6.7 Randot Preschool Test

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Random Dot Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 40 cm.



Abbildung 6-9 Randot Preschool Test

Verfügbare Stereowinkel: 800"/ 400"/ 200"/ 100"/ 60"/ 40", **Normwert** 60".

Durchführung:

Der Randot Preschool Test wird in 40 cm vor die PatientIn gehalten, so dass keine Reflexe oder Abschattungen auf dem Test entstehen. Die PatientIn ist vollkorrigiert und trägt eine Polarisationsbrille. Achten Sie darauf, dass die PatientIn den Kopf immer gerade zum Test gerichtet hält und diesen nicht zur Seite neigt. Der Test zeigt die Stereo-Objekte jeweils in gekreuzter Darstellung, wodurch diese nach vorne stehen.

Lassen Sie die PatientIn auf die Punktemuster blicken und beginnen Sie beim grössten Stereowinkel. In jeweils 3 von 4 Feldern ist ein erkennbares Objekt enthalten. Wenn die PatientIn beim grössten Stereowinkel nach einem kurzen Moment das Stereo-Objekt richtig erkennt, so wird der nächstkleinere Stereowinkel abgefragt. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel erreicht ist.

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Die Polarisationsbrille ist nicht oder falsch aufgesetzt.
- Bei fehlender Erkennung den Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

- Birch, E., Williams, C., Drover, J., Fu, V., Cheng, C., Northstone, K., Adams, R. (2008). Randot Preschool Stereoacuity Test: normative data and validity. *J AAPOS*, 12(1), 23-26. doi:10.1016/j.jaapos.2007.06.003
- Piano, M., Tidbury, L., & O'Connor, A. (2016). Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. *Strabismus*, 24(4). doi:10.1080/09273972.2016.1242636
- Bildquelle: <https://www.stereo-optical.com/products/stereotests-color-tests/randot-preschool/>

6.8 Stereo Smile Test Pass 1-3

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Random Dot Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 40 cm.



Abbildung 6-10 Stereo Smile Test Pass 1-3

Verfügbare Stereowinkel je nach Version: 760°/ 480°/ 240°/ 120°/ 60° (Plus-Version mit zusätzlich 40°/ 30°), **Normwert** 60°. Je nach Version enthält der Test zwei oder mehr Karten mit unterschiedlichen Stereowinkel.

Durchführung:

Die PatientIn trägt bei dieser Messung ihre Vollkorrektion für die Nähe und Polarisationsfilter. Man sollte darauf achten, dass die PatientIn den Kopf immer gerade zum Test gerichtet hält und diesen nicht zur Seite neigt. Der Test präsentiert die Stereo-Objekte in gekreuzter Darstellung, wodurch diese nach vorne erscheinen.

Üblicherweise lässt man das Kind in die Richtung der Karte zeigen, welche das Gesicht enthält. Man beginnt mit den Karten zur Erklärung des Tests, von denen die eine das Smile zeigt und die andere eine gleichmässige, grau gepunktete Fläche. Die Karten werden neben- oder übereinander gehalten und das Kind zeigt auf die Karte mit dem Gesicht.

Nach der Demonstration beginnt man mit dem Stereotest mit dem grösstmöglichen Stereowinkel. Eine der Karten ist immer die leere Karte und die andere Karte enthält das Smile als Stereo-Objekt in zunehmend kleinerem Stereowinkel. Die Karte mit dem Smile

sollen in ihrer Position zufällig gewechselt werden, damit das Stereo-Objekt nicht immer an der gleichen Stelle ist. Wird das Smile per Fingerzeig des Kindes richtig angezeigt, so wird der nächstkleineren Stereowinkels genommen. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel erreicht ist. Es kann manchmal einige Sekunden dauern, bis das Kind das erste Mal den Stereo-Seheindruck wahrnimmt, daher muss bei der ersten Präsentation lang genug gewartet werden und das Kind mehrmals zum Hinschauen ermutigt werden.

Der Stereo Smile Test hat Vorteile bei kleinen Kindern oder bei Personen, mit denen die Verständigung problematisch ist. Dann lässt sich das „Preferential looking“ nutzen, wobei die Blickrichtung- und Dauer des Kindes beobachtet wird und keine weitere Aussage vom Kind notwendig ist. Dazu werden die Testkarte und die Leerkarte übereinander gehalten, direkt neben dem Gesicht der UntersucherIn und auf deren Augenhöhe. Die Blickrichtung des Kindes wird beobachtet: Wenn das Kind das Stereo-Objekt erkennt, schaut es interessiert nur auf die obere oder die untere Karte. Wenn der Stereowinkel zu schwierig ist und kein Objekt erkannt werden kann, wechselt das Kind den Blick schnell zwischen den Karten und verliert schnell das Interesse.

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Die Polarisationsbrille ist nicht oder falsch aufgesetzt.
- Bei fehlender, erster Erkennung den Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

Ciner, E. B., Ying, G.-s., Kulp, M. T., Maguire, M. G., Quinn, G. E., Orel-Bixler, D. (2014). Stereoacuity of Preschool Children with and without Vision Disorders. *Optometry and Vision Science*, 91(3).

Bildquelle: <https://www.bernell.com/product/VA101/Depth-Perception-Tests>

6.9 Titmus Stereo Test

Ziel:

Qualität des Stereosehens an Konturen Objekten prüfen. Die Testdistanz beträgt 40 cm.



Abbildung 6-11 Titmus Stereo Test

Verfügbare Stereowinkel: 400"/ 200"/ 140"/ 100"/ 80"/ 60"/ 50"/ 40"/ 20", **Normwert 40".**

Durchführung:

Der Titmus Test wird in 40 cm gehalten. Die PatientIn ist vollkorrigiert und trägt eine Polarisationsbrille. Achten Sie darauf, dass die PatientIn den Kopf immer gerade zum Test gerichtet hält und in dieser Position bleibt. Der Test zeigt immer vier Kreise, von denen einer als Stereo-Objekt gestaltet ist.

Man lässt die PatientIn binokular auf die Kreise blicken und fragt, ob sich ein Kreis von den anderen unterscheidet und eindeutig vor den anderen Kreisen erscheint. Ist die Antwort korrekt, werden die Kreise mit dem nächstkleineren Stereowinkel abgefragt. Dieses Vorgehen wird so lange durchgeführt, bis der kleinstmögliche Stereowinkel erreicht wird.

Die Titmus-Tiere und die Titmus-Fliege sind nur für grobes Screening geeignet, aber nicht für eine Bestimmung der feinen Stereopsis.

Fehlerquellen:

- PatientIn wurde nicht zum Raten aufgefordert.
- Die Polarisationsbrille ist nicht oder falsch aufgesetzt.
- Bei fehlender Erkennung wurde der Test zu früh abgebrochen.

Normwerte aus:

Antona B, Barrio A, Sanchez I, Gonzalez E & Gonzalez G. (2015) Intraexaminer repeatability and agreement in stereoacuity measurements made in young adults. Int J Ophthalmol; 8: 374–381.

O'Connor, A., & Tidbury, L. (2018). Stereopsis: are we assessing it in enough depth? Clinical & experimental optometry, 101(4). doi:10.1111/cxo.12655

Bildquelle: <https://www.stereo-optical.com/products/stereotests-color-tests/original-stereo-fly/>

7 Auswertung der minimalen Testbatterie

Der binokulare Status wird nach einer bestimmten Hierarchie ermittelt. Wenn in einem frühen Auswerteschritt schon eine Klassifizierung zutrifft, dann ist nur diese Klasse relevant, selbst wenn noch weitere Auffälligkeiten vorhanden wären. In der Hierarchie werden zuerst Heterophorien mit hohem, geringem oder normalen AC/A gesucht. Möglichen Sehprobleme aufgrund einer Heterophorie werden zuerst adressiert. Sollte das Sehproblem mit den empfohlenen Korrektionsmethoden bzw. mit Visualtraining gelöst sein, sind die akkommodativen Störungen nicht mehr bedeutsam. Wenn aber trotz der ersten Intervention weiterhin Probleme bestehen sollten, würden die akkommodativen Störungen im nächsten Schritt in Erwägung gezogen.

Auswerte-Hierarchie

1. Wenn der Konvergenznahpunkt entfernt ist und ein tiefer AC/A vorliegt:
→ Klasse Konvergenzinsuffizienz ist gefunden.
2. Wenn nicht 1., aber ein tiefer AC/A und bestimmte Phorie-Größen vorliegen:
→ Klasse Divergenzinsuffizienz ist gefunden.
3. Wenn nicht 2., aber ein hoher AC/A und bestimmte Phorie-Größen vorliegen:
→ Klassen Konvergenz- oder Divergenzexzess sind gefunden.
4. Wenn nicht 3., aber ein normaler AC/A vorliegt und die Phorie nicht in der Norm:
→ Klassen Basis Eso- oder Exophorie sind gefunden.
5. Wenn nicht 4. und die Phorien in der Norm, aber Akkommodationsflexibilität nicht in der Norm:
→ Klassen Akk.-Insuffizienz, -Exzess oder -Unflexibilität sind gefunden.
6. Wenn nicht 5.,
→ Klasse Normalbefund ist gefunden. Dieser Befund beruht auf den Messungen der minimalen Testbatterie, somit könnten weitergehende Messungen zu einem anderen Resultat führen.

7.1 BTSO Darstellung der Werte in der Profillinie

In der Profillinie wird jeder verfügbare Wert angezeigt, zu dem auch Normwerte aus der Literatur vorliegen.

Der gelbe Bereich beschreibt eine Zone von jeweils einer Standardabweichung von der Norm nach oben oder unten.

Der grau abgestufte Bereich nach links beschreibt mehr als eine, zwei oder drei Standardabweichungen unter der Norm und nach rechts über der Norm.

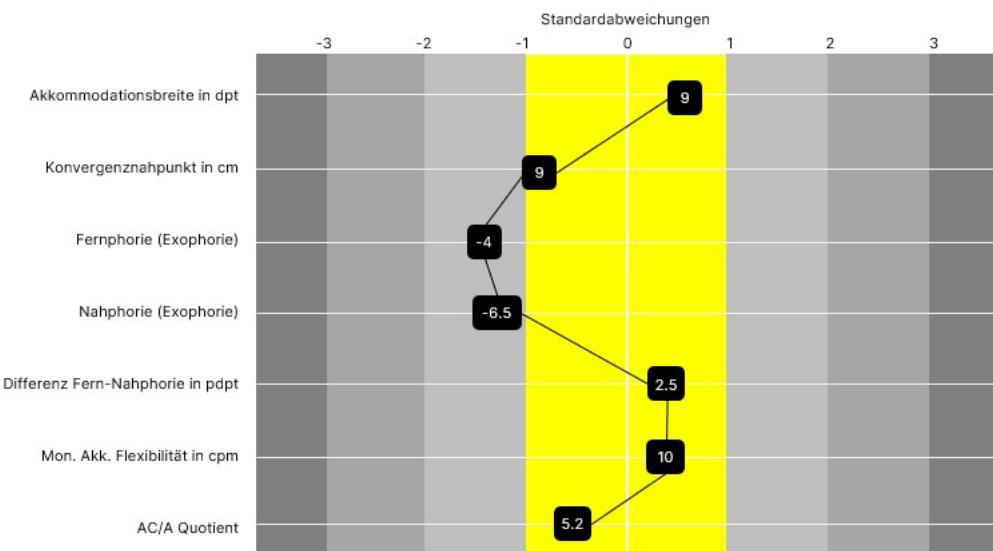


Abbildung 7-1 Beispiel für eine Basis Exophorie

In diesem Beispiel sind alle anderen Werte im normalen Bereich ausser der Fern- und Nahphorie (- 1 Standardabweichung ausserhalb der Norm). Dies ist typisch für eine Basis Exophorie, bei der ein normaler AC/A vorliegt.

7.2 Tiefer AC/A

7.2.1 Typische Konvergenzinsuffizienz

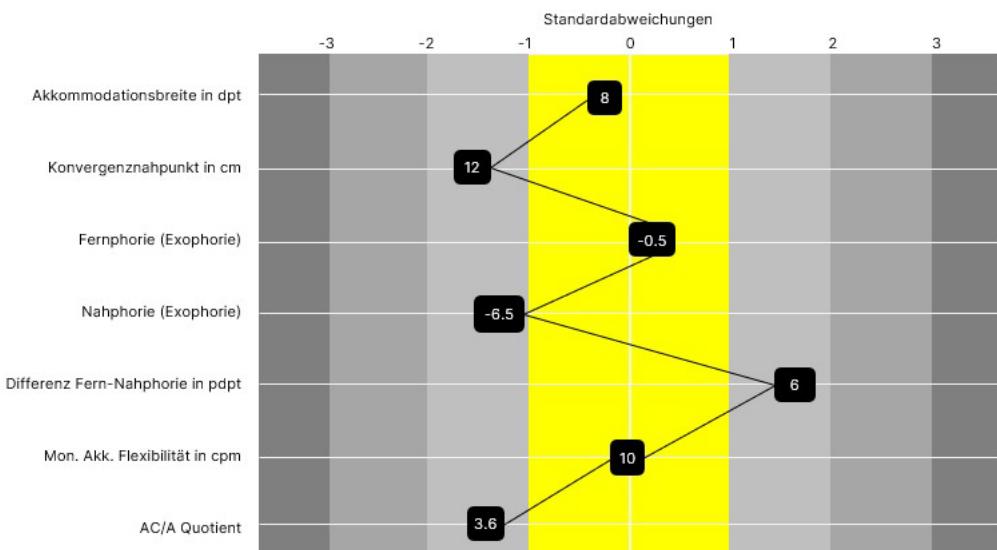


Abbildung 7-2 Typische Konvergenzinsuffizienz

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Entfernter Konvergenznahpunkt von 13 cm
3. Exophorie in der Ferne normal, in der Nähe ausserhalb der Norm
4. Hohe Differenz von Nah-Exophorie: 7.0 pdpt Exo zu Fern-Exophorie: 0.5 pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität.
6. Tiefer AC/A

Typische Anzeichen sind **niedriger AC/A**, grössere Exo in der Nähe (hohe Differenz zwischen Nah- und Fernphorie) und Konvergenznahpunkt entfernt (ausser der Norm). Die Nah-Exo verstärkt sich deutlich, wenn probeweise Plus-Nahstärken vorgegeben werden.

Personen mit Konvergenzinsuffizienz haben typische Symptome meist im Nahbereich: z.B. ist Lesen oder Nahtätigkeit anstrengend und oft zum Ende des Tages zunehmend. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden und würden die Konvergenzinsuffizienz bestätigen

1. Die positive relative Vergenz Nähe ist reduziert (Fusionsbreite Basis aussen reduziert)
2. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei +2.0 dpt reduziert
3. Die Vergenz-Flexibilität in der Nähe bei Basis aussen reduziert
4. MEM ist niedrig (+0.25 dpt oder weniger)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Visualtraining.
Eine zeiteffektive Option ist beispielsweise das I.F.S. Training*
2. Option: Prismatische Korrektion verordnen, falls PatientIn keine Zeit für ein Visualtraining hat oder finanziell eingeschränkt ist.
Korrektionsmethoden: beispielsweise MKH oder Mallett. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen und auch mögliche Höhenabweichungen. Die Nahkorrektion kann unter Umständen nicht in der Ferne getragen werden.

* Neuenschwander, E, Rohrbach, L und Schroth, V. 2021. Veränderung des NPC bei Personen mit Konvergenzinsuffizienz nach I.F.S.-Visualtraining. Optometry & Contact Lenses · Vol. 1, No. 5, pp. 156-163, <https://doi.org/dozv.GZWK1178>

7.2.2 Konvergenzinsuffizienz mit tiefer Akkommodationsbreite: Pseudo-Konvergenzinsuffizienz

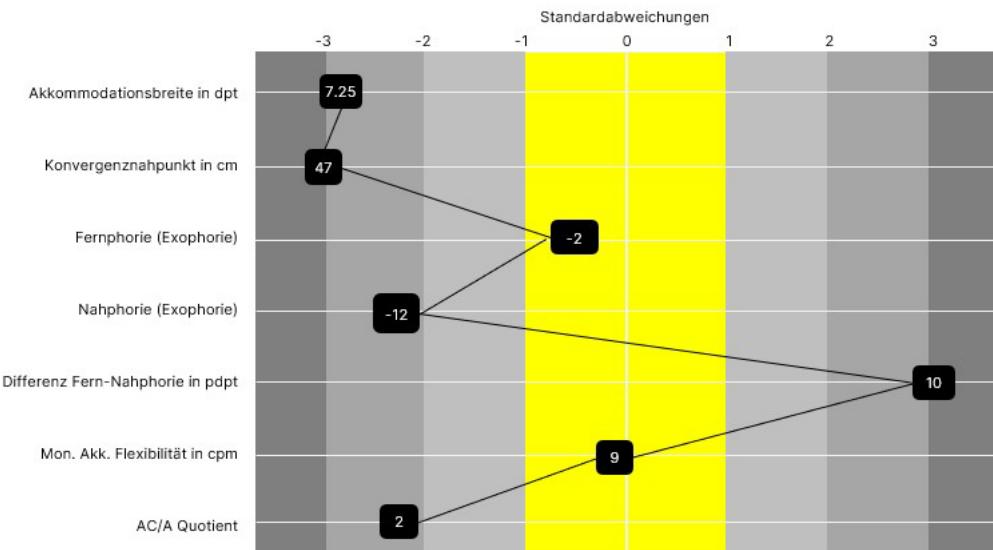


Abbildung 7-3 Pseudo-Konvergenzinsuffizienz

1. Reduzierte Akkommodationsbreite (optional)
2. Entfernter Konvergenznahpunkt mit 13 cm
3. Exophorie in der Ferne normal, in der Nähe ausserhalb der Norm
4. Hohe Differenz von Nah-Exophorie: 7.0 pdpt zu Fern-Exophorie: 0.5 pdpt
5. Reduzierte Akkommodationsflexibilität bei Minus.
6. Tiefer AC/A

Typische Anzeichen sind **niedriger AC/A**, grössere Exo in der Nähe und Konvergenznahpunkt entfernt (ausser der Norm) bei reduzierter Akkommodationsbreite. Ganz im Gegensatz zur „echten“ Konvergenzinsuffizienz wird aber hier die Nah-Exo deutlich verringert, wenn Plus-Nahstärken vorgegeben werden. Auch der Konvergenznahpunkt kann sich mit Vorgeben von Plus-Nahstärken verbessern. Die Ursache für den entfernten Konvergenznahpunkt und den niedrigen AC/A ist hier die reduzierte Akkommodationsleistung. Daher sind Pluswerte wirksam, obwohl der AC/A zuerst niedrig erscheint. In diesem Fall ist die monokulare Akkommodationsflexibilität gerade ausserhalb der Norm und gibt einen Hinweis auf Pseudo-Konvergenzinsuffizienz. Zusätzlich zur minimalen Testbatterie wurde auch die monokularen Akkommodationsbreite gemessen, die in diesem Beispiel noch eindeutiger ausserhalb der Norm ist.

Dies ist eine seltene Klasse mit Symptomen meist im Nahbereich: z.B. ist Lesen oder Nahtätigkeit anstrengend und meist zum Ende des Tages zunehmend. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen in z.B. der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Seltene Befunde können auch durch Fehler im Ablauf der Messungen entstehen. Bitte prüfen Sie presbyope Personen an allen Nahtests MIT der notwendigen Addition. Sofern ohne Addition in der Nähe geprüft worden ist, müssen die Nahtests wiederholt werden.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden und würden die Pseudo-Konvergenzinsuffizienz bestätigen

1. MEM ist hoch (+0.75 dpt oder mehr)
2. Die assozierte Exophorie in der Nähe verringert sich merklich, wenn beidseits Pluswerte vorgegeben werden

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Addition verordnen.
 - 1.1 Bestimmung der Addition über die Auswirkung auf den AC/A. Die Änderung der Vergenz kann errechnet werden oder praktisch z.B. am MKH-Nahprüfgerät oder am Mallett Nahprüfgerät geprüft werden. Ohne Addition wird eine Nah-Exo angezeigt. Ziel ist die erste, stabile Nullstellung, indem man binokular die Addition schrittweise verstärkt. Diese Addition wird verordnet.
 - 1.2 Bestimmung der Addition über das Verhältnis von relativer negativer und positiver Akkommodation. Der errechnete Mittelwert ergibt die Addition.
 - 1.3 Bestimmung der Addition per MEM. Mit MEM in der Lesedistanz skiaskopieren. Es ist zu erwarten, dass Werte deutlich > 0.75 dpt zu messen sind. Von diesem Wert den Normwert von 0.5 dpt abziehen. (Beispiel: MEM Wert +1.5 dpt abzüglich +0.5 dpt = Add +1.0 dpt)

In regelmässigen Verlaufskontrollen alle 4-6 Monate sollte überprüft werden, ob sich die Akkommodation wieder im Normalbereich stabilisiert. Sobald möglich, die Addition reduzieren oder weglassen.

2. Option: Visualtraining anwenden, falls die Addition nicht gewünscht wird.

7.2.3 Untypische Konvergenzinsuffizienz

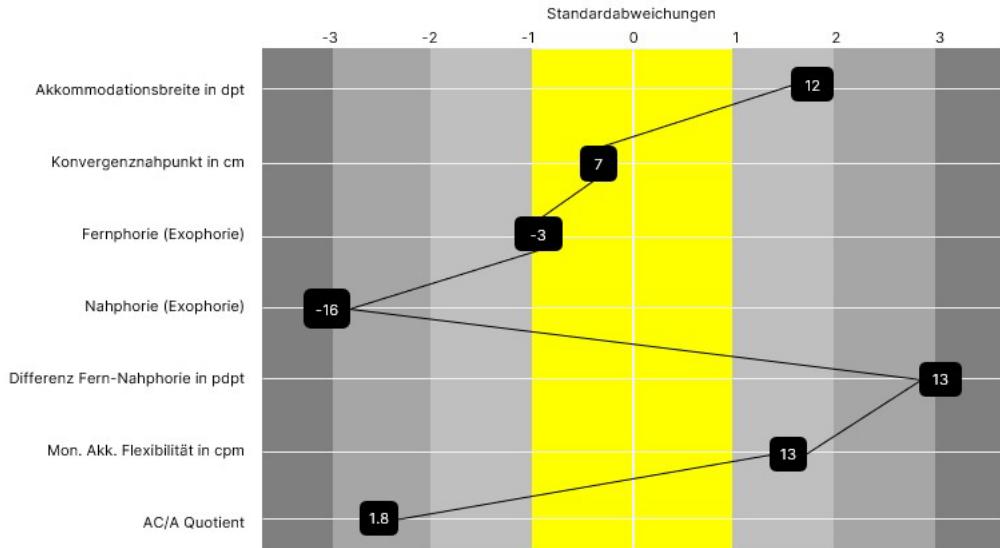


Abbildung 7-4 Untypische Konvergenzinsuffizienz

1. Leicht überdurchschnittlich Akkommodationsbreite, die aber nicht weiter aussagekräftig ist (optional)
2. Untypisch normaler Konvergenznahpunkt
3. Exophorie in der Ferne normal, in der Nähe weit ausserhalb der Norm
4. Hohe Differenz von Nah-Exophorie: 16.0 pdpt Exo zu Fern-Exophorie: 3.0 pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität.
6. Sehr tiefer AC/A

Es gibt auch Fälle von untypischer Konvergenzinsuffizienz mit geringerem Unterschied der Nah- und Fernphorie.

Untypisch ist der normale Konvergenznahpunkt. Typische Anzeichen sind **niedriger AC/A**, grössere Exo in der Nähe (hohe Differenz zwischen Nah- und Fernphorie). Die Nah-Exo verstärkt sich deutlich, wenn probeweise Plus-Nahstärken vorgegeben werden.

Personen mit untypischer Konvergenzinsuffizienz haben meist Symptome im Nahbereich: z.B. ist Lesen oder Nahtätigkeit anstrengend und oft zum Ende des Tages zunehmend. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden und würden die Konvergenzinsuffizienz bestätigen

1. Konvergenznahpunkt mit akkommodativem Objekt
2. Die positive relative Vergenz Nähe ist reduziert (Fusionsbreite Basis aussen reduziert)
3. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei +2.0 dpt reduziert
4. Die Vergenz-Flexibilität in der Nähe bei Basis aussen reduziert
5. MEM ist niedrig (+0.25 dpt oder weniger)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Visualtraining.
Eine zeiteffektive Option ist beispielsweise das I.F.S. Training*
2. Option: Prismatische Korrektion verordnen, falls PatientIn keine Zeit für ein Visualtraining hat oder finanziell eingeschränkt ist.

Korrektionsmethoden: beispielsweise MKH oder Mallett. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen und auch mögliche Höhenabweichungen. Die Nahkorrektion kann unter Umständen nicht in der Ferne getragen werden.

7.2.4 Divergenzinsuffizienz

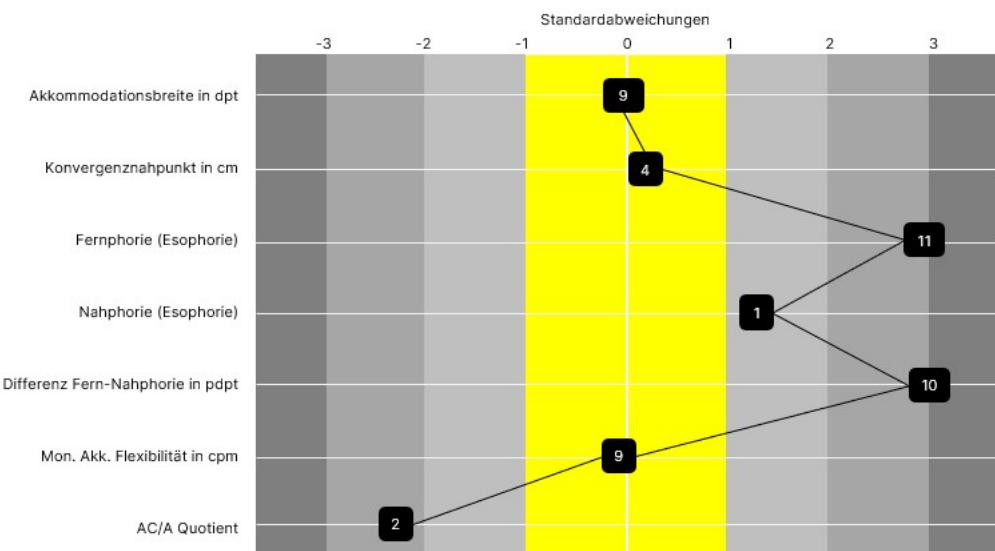


Abbildung 7-5 Divergenzinsuffizienz

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Esophorie in der Ferne und Nähe ausserhalb der Norm
4. Sehr hohe Differenz von Nah-Esophorie: 1.0 pdpt zu Fern-Esophorie: 11.0 pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Sehr tiefer AC/A

Typische Anzeichen sind **tiefer AC/A**, Vergleich Fern- Nahphorie: Deutlich grössere Eso in der Ferne (bis Esotropie), Nähe meist Ortho

Personen mit Divergenzinsuffizienz haben Symptome meist in der Ferne: zweitweises Doppelzehen in der Ferne, Sehstress und Kopfschmerzen. Beginnt häufig erst ab Alter 50 Jahre aufwärts und entwickelt sich typischerweise allmählich zunehmend zu einer Esotropie in der Ferne. Schwerwiegende Ursachen/ Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden.

Falls teilweise doppelt gesehen wird, sind im Gegensatz zu anderen Formen des Strabismus die folgenden Kriterien erfüllt: Der objektive Winkel (Prismenwert am Prismen-Covertest) und der subjektive Winkel (Prismenwert an Maddox-, Mallett- oder MKH Kreuztest) sind gleich gross; mit Prismen ist normale Stereopsis vorhanden und keine ausgeprägten Suppressionen an subjektiven Binokular-Testen.

Zusätzliche Messung können zur weiteren Bestätigung hinzugezogen werden

1. Die relative negative Vergenz in der Ferne ist reduziert (Fusionsbreite Basis-innen reduziert)
2. Die Vergenz-Flexibilität Ferne ist bei Basis innen reduziert

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Prismatische Korrektion der Fern-Eso verordnen, zusätzlich auch auf mögliche Höhenabweichungen prüfen und allenfalls korrigieren.
Korrektionsmethoden: Vergenzanalyse mit Sheard Kriterium verwenden (komplementarische Reserve). Die Vollkorrektions-Prismen nach MKH oder Mallett können im Einzelfall unnötig hoch ausfallen, oft ist hier eine Unterkorrektion schon zielführend. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen, weil die Fernkorrektion unter Umständen nicht in der Nähe getragen werden kann.
2. Option: Visualtraining, falls die prismatische Korrektion nicht zu gewünschtem Erfolg führt
3. Bei hohen prismatischen Korrektionswerten kann eine Operation notwendig sein, jedoch nur, wenn keine der nicht-operativen Methoden geholfen hat.

7.3 Hoher AC/A

7.3.1 Konvergenzexzess

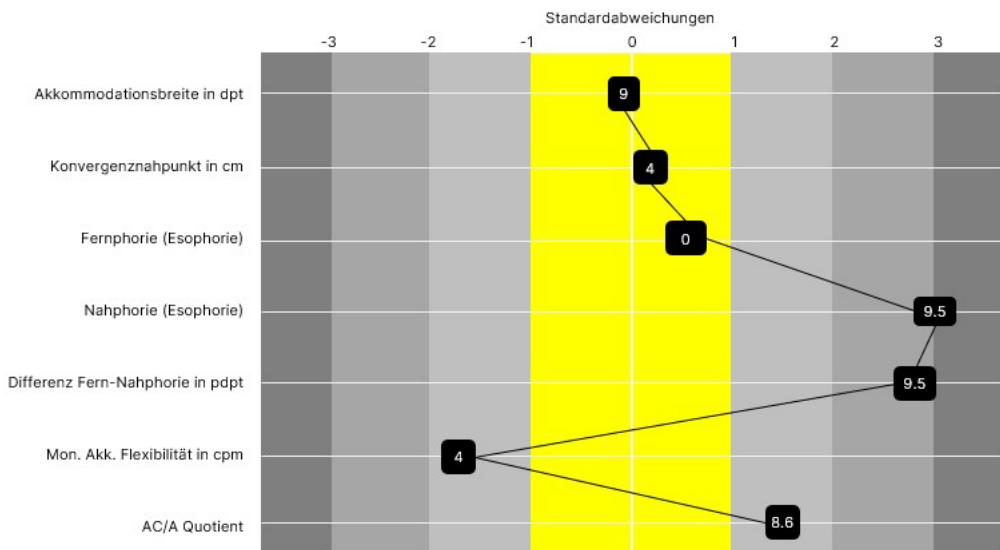


Abbildung 7-6 Konvergenzexzess

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Esophorie in Ferne normal, in der Nähe ausserhalb der Norm
4. Hohe Differenz von Nah-Esophorie: 9.5 pdpt zu Fern-Esophorie: 0.0 pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Sehr hoher AC/A

Typische Anzeichen sind **hoher AC/A**, Vergleich Fern- Nahphorie: Deutlich grössere Eso in der Nähe (Ferne meist Ortho oder kleine Eso)

Typische Symptome treten meist in der Nähe auf: Anstrengung, Kopfschmerzen und teilweise Doppelsehen. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. Die relative negative Vergenz Nähe ist reduziert (Fusionsbreite Basis-innen reduziert)
2. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei -2.0 dpt reduziert
3. MEM ist hoch (+0.75 dpt oder mehr)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Plusstärken sind sehr effektiv bei hohem AC/A, daher Mohindra- oder Zyklo-Skiaskopie durchführen. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden. Bei Presbyopen wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet.

1. **Option:** Nah-Addition trotz genügender Akkommodationsbreite verordnen.
 - 1.1 Bestimmung der Addition über die Auswirkung auf die akkommodative Konvergenz. Die Änderung der Vergenz kann errechnet werden oder praktisch z.B. am MKH-Nahprüfgerät oder am Mallett Nahprüfgerät gemessen werden. Ohne Addition wird eine Nah-Esophorie oder Nah-Esotropie angezeigt. Ziel ist die erste, stabile Nullstellung, indem man binokular die Addition schrittweise verstärkt. Diese Addition wird verordnet.
 - 1.2 Bestimmung der Addition über das Verhältnis von relativer negativer und positiver Akkommodation. Der errechnete Mittelwert ergibt die Addition.
 - 1.3 Bestimmung der Addition per MEM. Mit MEM in der Lesedistanz skiaskopieren. Es ist zu erwarten, dass Werte deutlich > 0.75 dpt zu messen sind. Von diesem Wert den Normwert von 0.5 dpt abziehen. (Beispiel: MEM Wert +1.5 dpt abzüglich +0.5 dpt = Add +1.0 dpt)
2. **Option:** Prismatische Korrektion, wenn nach voller refraktiver Fern-Korrektion eine Rest-Esophorie vorhanden ist.
Korrektionsmethoden: beispielsweise MKH oder Mallett. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen, weil die Nahkorrektion unter Umständen nicht in der Ferne getragen werden kann.
3. **Option:** Visualtraining, falls PatientIn keine Brille tragen will oder die Addition nicht funktioniert.

7.3.2 Divergenzexzess

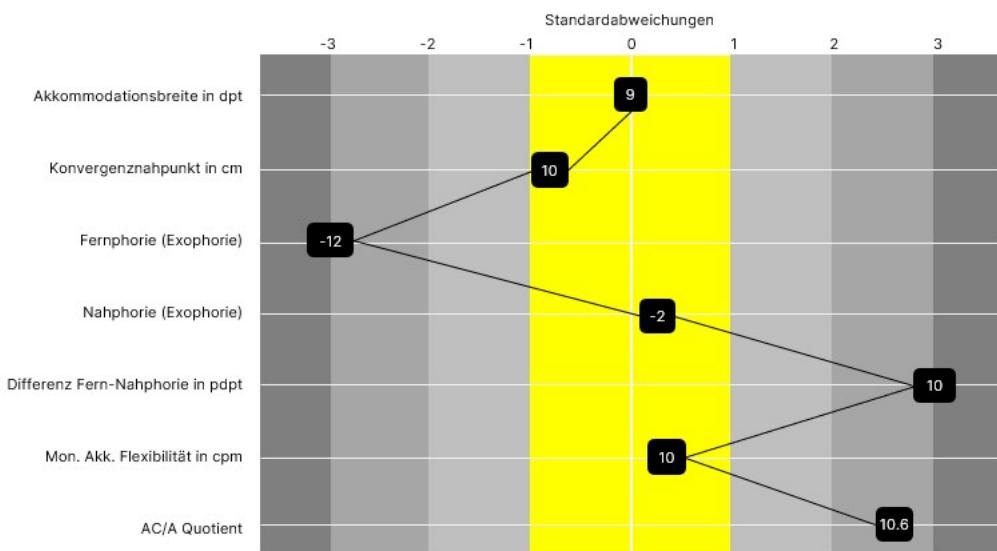


Abbildung 7-7 Divergenzexzess

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Exophorie Ferne ausserhalb der Norm, Exophorie Nähe normal
4. Hohe Differenz von Nah-Exophorie: 2.0 pdpt zu Fern-Exophorie: 12.0 pdpt zu
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Sehr hoher AC/A

Typische Anzeichen sind **hoher AC/A**, Vergleich Fern- Nahphorie: Deutlich grössere Exo in der Ferne und häufig intermittierende Exotropie in der Ferne

Symptome können in der Ferne auftreten: Teils doppelt, angestrengt und Kopfschmerzen. Schliesst ein Auge bei hellem Licht. Wenn das Doppelzehen unterdrückt wird, haben die PatientInnen oft keine subjektiven Beschwerden. Dann werden aber teils kosmetische Probleme beschrieben, weil ein Auge offensichtlich nach aussen abweicht. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Falls teilweise doppelt gesehen wird, sind im Gegensatz zu anderen Formen des Strabismus die folgenden Kriterien erfüllt: Der objektive Winkel (Prismenwert am Prismen-Covertest) und der subjektive Winkel (Prismenwert an Maddox-, Mallett- oder MKH

Kreuztest) sind gleich gross; mit Prismen ist normale Stereopsis vorhanden und keine ausgeprägten Suppressionen an subjektiven Binokular-Testen.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei +2.0 dpt reduziert
2. Die Vergenz-Flexibilität Ferne ist bei Basis aussen reduziert

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Allerdings haben Minus-Werte in der Ferne einen positiven Effekt auf die Abweichung. Daher darf nicht genebelt werden, sondern man gibt tendenziell eher etwas mehr Minus in der Ferne. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Visualtraining
2. Option: Auswirkung von Stärken auf die Vergenz prüfen: Minus-Zusatz Ferne an assoziierten Phorietesten überprüfen und allenfalls verordnen
3. Option: Vertikalprismen verordnen, falls eine Höhenabweichung messbar ist.
Dazu MKH oder Mallett verwenden und die Ergebnisse von Ferne und Nähe berücksichtigen.
4. Nur wenn keine der nicht-operativen Methoden geholfen hat könnte bei hohen prismatischen Korrektionswerten eine Operation notwendig sein.

7.4 Normaler AC/A

7.4.1 Basis Esophorie

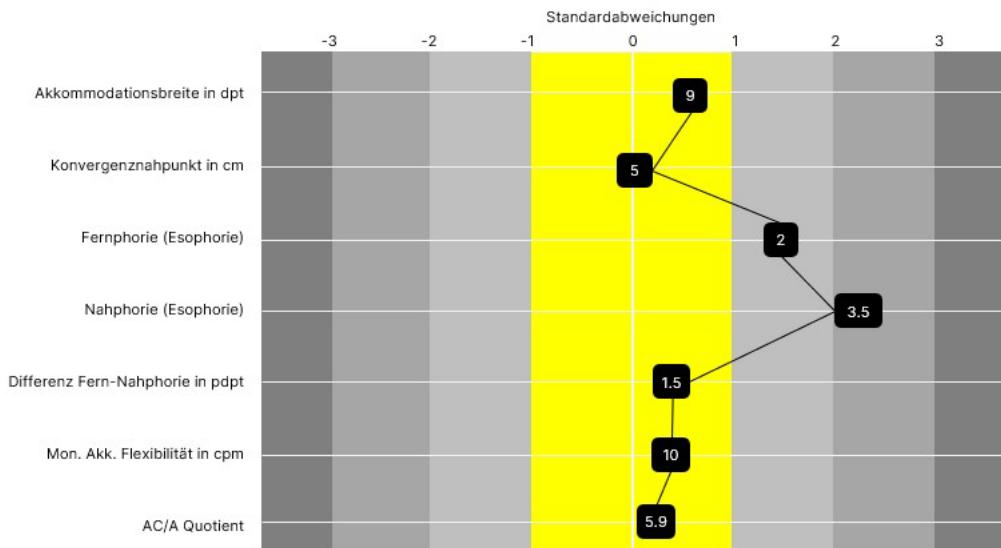


Abbildung 7-8 Basis Esophorie

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Esophorie Ferne und Nähe ausser der Norm
3. Normale Differenz von Nah-Esophorie: 3.5 pdpt zu Fern-Esophorie: 2.0 pdpt
4. Normaler NKP
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Normaler AC/A

Typische Anzeichen sind ähnlich grosse Eso in der Nähe und der Ferne, normaler AC/A und normaler Konvergenznahpunkt.

Typische Symptome finden sich sowohl im Fern- und im Nahbereich. In die Ferne kann Diplopie auftreten und zeitweise Unschärfe. Bei Naharbeit vermehrt Kopfschmerzen, zeitweise Unschärfe und schmerzende Augen. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung könnten zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. Die relative negative Vergenz in Ferne/ Nähe ist reduziert (Fusionsbreite Basis innen reduziert)

2. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei -2.0 dpt reduziert
3. Die Vergenz-Flexibilität ist bei Basis innen reduziert
4. MEM ist hoch (+0.75 dpt oder mehr)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden. Plusstärken sind effektiv bei normalem AC/A, daher Mohindra- oder Zyklo-Skiaskopie durchführen. Bei Presbyopen wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet.

1. Option: Nah-Addition trotz genügender Akkommodationsbreite verordnen, sofern Nahbeschwerden vorhanden sind. Bei Presbyopen wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet.
 - 1.1 Bestimmung der Addition über die Auswirkung auf den AC/A. Die Änderung der Vergenz kann errechnet werden oder praktisch z.B. am MKH-Nahprüfgerät oder am Mallett Nahprüfgerät geprüft werden. Ohne Addition wird eine Nah-Exo angezeigt. Ziel ist die erste, stabile Nullstellung, indem man binokular die Addition schrittweise verstärkt. Diese Addition wird verordnet.
 - 1.2 Bestimmung der Addition über das Verhältnis von relativer negativer und positiver Akkommodation. Der errechnete Mittelwert ergibt die Addition.
 - 1.3 Bestimmung der Addition per MEM. Mit MEM in der Lesedistanz skiaskopieren. Es ist zu erwarten, dass Werte deutlich > 0.75 dpt zu messen sind. Von diesem Wert den Normwert von 0.5 dpt abziehen. (Beispiel: MEM Wert +1.5 dpt abzüglich +0.5 dpt = Add +1.0 dpt)
2. Option: Prismatische Korrektion der Fern-Eso verordnen, zusätzlich auch auf mögliche Höhenabweichungen prüfen und allenfalls korrigieren.
Korrektionsmethoden: Vergenzanalyse mit Sheard Kriterium verwenden (komplementarische Reserve). Die Vollkorrektions-Prismen nach MKH oder Mallett können im Einzelfall unnötig hoch ausfallen, daher ist hier eine Unterkorrektion oft schon zielführend. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen, weil die Fernkorrektion unter Umständen nicht in der Nähe getragen werden kann.
3. Option: Visualtraining, falls PatientIn keine Brille tragen will oder Addition nicht funktioniert

7.4.2 Basis Exophorie

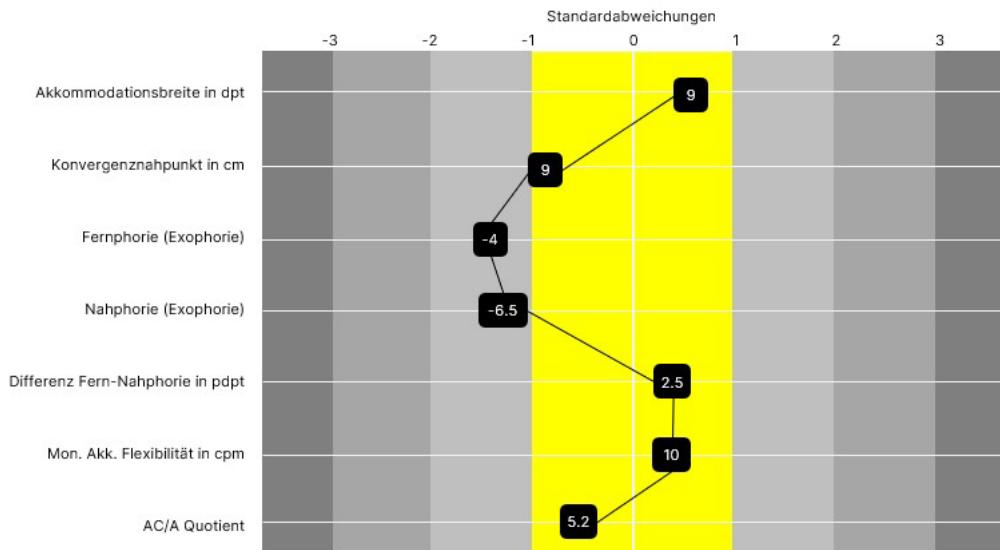


Abbildung 7-9 Basis Exophorie

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Exophorie in Ferne und Nähe ausser der Norm
4. Normale Differenz von Fern-Exophorie: 5.0 pdpt zu Nah-Exophorie: 6.0 pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Normaler AC/A

Typische Anzeichen sind etwa gleich grosse Exophorie in der Nähe und der Ferne, normaler AC/A. Der Konvergenznahpunkt ist tendenziell weiter entfernt, aber noch in der Norm.

Typische Symptome finden sich meist im Nahbereich: Kopfschmerzen bei vermehrter Naharbeit, zeitweise Unschärfe und schmerzende Augen. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. Die relative positive Vergenz Ferne/ Nähe ist reduziert (Fusionsbreite Basis aussen reduziert)
2. Die relative negative Akkommodation ist reduziert
3. Die Vergenz-Flexibilität ist bei Basis aussen reduziert
4. MEM ist niedrig (+0.25 dpt oder weniger)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden. Allerdings haben Minus-Werte in der Ferne einen positiven Effekt auf die Abweichung, auch die Addition sollte eher gering sein. Daher darf nicht genebelt werden, sondern man gibt tendenziell eher etwas mehr Minus in der Ferne. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden. Bei Presbyopen wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet.

1. Option: Visualtraining.
2. Option: Prismatische Korrektion gemäss MKH oder Mallett verordnen. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen und besonders auf Höhenabweichungen achten, selbst wenn diese sehr klein sind.

7.4.3 Akkommodationsinsuffizienz

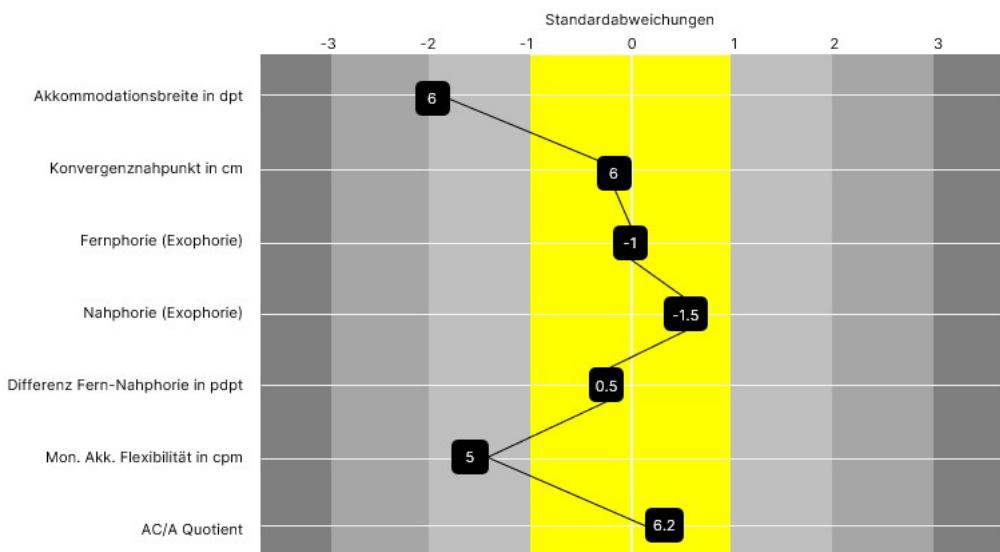


Abbildung 7-10 Akkommodationsinsuffizienz (würde auch ohne Messung der Akkommodationsbreite identifiziert)

1. Reduzierte Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Exophorie in Ferne und Nähe normal
4. Normale Differenz von Nah-Exophorie: 1.5 pdpt zu Fern-Exophorie: 1.0pdpt zu
5. Reduzierte Akkommodationsflexibilität bei Minus
6. Normaler AC/A

Typische Anzeichen sind reduzierte Akkommodationsbreite und bei monokularer Akkommodationsflexibilität ist **Minus** reduziert/ verzögert (Minus wird in der Profillinie nicht ausgewiesen). Normaler AC/A, Phorien in Ferne und Nähe normal, Konvergenznahpunkt normal.

Typische Symptome im Nahbereich sind verschwommenes Sehen, schmerzende Augen, starke Ermüdung und Konzentrationsschwierigkeiten. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen müssen z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. MEM ist hoch (+0.75 oder mehr)
2. Relative positive Akkommodation ist reduziert (-1.37 dpt als Grenzwert)

3. Fusionierter Kreuzzylinder ist hoch (horizontale Linien sind schwärzer bis zur Add $\geq +1.0$ dpt)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Sofern die Akkommodationsbreite von den altersgerechten Werten abweicht, ist Mohindra- oder Zyklo-Skiaskopie empfehlenswert. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden. Bei Presbyopen wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet.

1. Option: Bei altersgerechter Presbyopie (siehe Duane Kurve) wird die Addition auf bekanntem Weg bestimmt und verordnet. Ansonsten stehen drei Möglichkeiten zur Bestimmung der Nahaddition zur Verfügung.
 - 1.1 Bestimmung der Addition über die Auswirkung auf die akkommodative Konvergenz. Die Änderung der Vergenz kann errechnet werden oder praktisch z.B. am MKH-Nahprüfgerät oder am Mallett Nahprüfgerät gemessen werden. Ohne Addition wird eine Nah-Esophorie oder Nah-Esotropie angezeigt. Ziel ist die erste, stabile Nullstellung, indem man binokular die Addition schrittweise verstärkt. Diese Addition wird verordnet.
 - 1.2 Bestimmung der Addition über das Verhältnis von relativer negativer und positiver Akkommodation. Der errechnete Mittelwert ergibt die Addition.
 - 1.3 Bestimmung der Addition per MEM. Mit MEM in der Lesedistanz skiaskopieren. Es ist zu erwarten, dass Werte deutlich > 0.75 dpt zu messen sind. Von diesem Wert den Normwert von 0.5 dpt abziehen. (Beispiel: MEM Wert +1.5 dpt abzüglich +0.5 dpt = Add +1.0 dpt)
2. Option: Prismatische Korrektion, wenn nach voller refraktiver Fern-Korrektion eine Rest-Esophorie vorhanden ist.
Korrektionsmethoden: beispielsweise MKH oder Mallett. Bitte Fern- und Nahwerte berücksichtigen, weil die Nahkorrektion unter Umständen nicht in der Ferne getragen werden kann.
3. Option: Visualtraining, falls jüngere PatientIn keine Brille tragen will oder die Addition nicht funktioniert.

7.4.4 Akkommodationsexzess

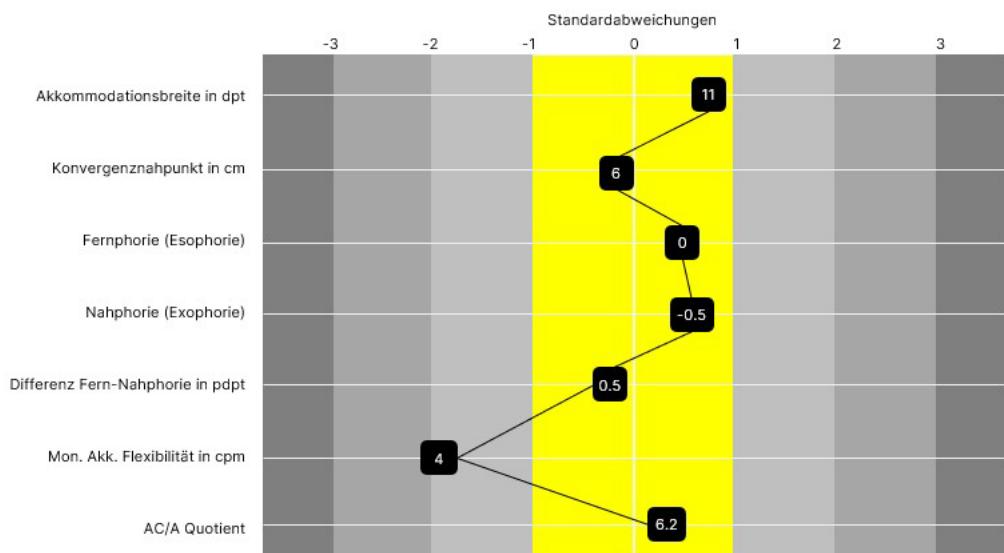


Abbildung 7-11 Akkommodationsexzess

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Heterophorie in Ferne und Nähe normal
4. Normale Differenz von Nah-Exophorie
5. Reduzierte Akkommodationsflexibilität bei Plus
6. Normaler AC/A

Typische Anzeichen sind **Plus** verzögert bei der monokularen Akkommodations-Flexibilität (Plus wird in der Profillinie nicht ausgewiesen) und eine normale Akkommodationsbreite.

Es können typischerweise Symptome im Nahbereich vorhanden sein: verschwommenes Sehen in der Nähe, Augenschmerzen bei Naharbeit, starkes Ermüden der Augen, Konzentrationsschwierigkeiten bei Naharbeit. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen sollten z.B. in der Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messungen können zur präzisen Differenzierung verwendet werden.

1. MEM ist tief (+0.25 oder weniger)
2. Relative negative Akkommodation ist reduziert (+1.5 dpt als Grenzwert)
3. Fusionierter Kreuzzylinder ist tief (Mit Nahwerten ≤ 0 dpt sind vertikale Linien schwärzer oder Gleichheit aller Linien)

Vorschläge zum Management:

Falls signifikante, refraktive Korrektionswerte vorhanden sind, sollten diese verordnet werden. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich signifikant geändert haben, sollten die aktuellen Korrektionswerte verordnet werden.

1. Option: Visualtraining

7.4.5 Akkommodations-Unflexibilität

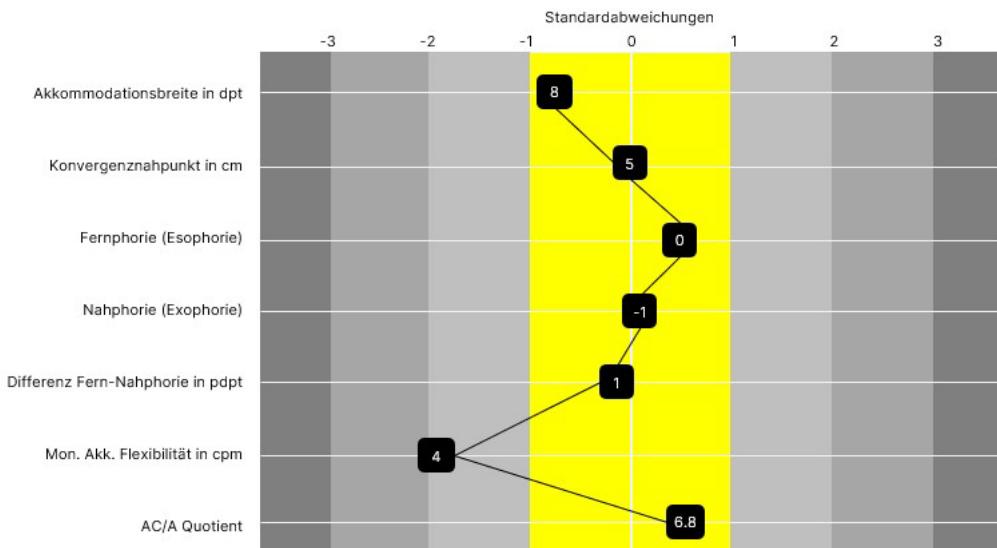


Abbildung 7-12 Akkommodations-Unflexibilität

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Heterophorie in Ferne und Nähe normal
4. Normale Differenz von Nah-Exophorie: 1.0 pdpt zu Fern-Orthophorie: 0.0pdpt
5. Reduzierte Akkommodationsflexibilität bei Plus und Minus
6. Normaler AC/A

Typische Anzeichen sind verzögerte monokularen Akkommodations-Flexibilität mit **Plus und Minus** (Plus und Minus verzögert wird in der Profillinie nicht ausgewiesen) bei normaler Akkommodationsbreite, normalem AC/A. Keine relevante dissozierte Heterophorie und normaler Konvergenznahpunkt.

Somit ist die Leistung der Akkommodation zeitlich verzögerte und wenig ausdauernd, sodass eine schnelle Änderung der Akkommodation problematisch ist.

Symptome können im Nahbereich entstehen: verschwommenes Sehen in der Nähe, Augenschmerzen bei Naharbeit, starkes Ermüden der Augen, Konzentrationsschwierigkeiten bei Naharbeit. Schwerwiegende Ursachen / Erkrankungen sollten z.B. in der

Anamnese ausgeschlossen werden, auch Medikamente mit Auswirkungen auf die Akkommodation.

Zusätzliche Messung können zur präzisen Differenzierung hinzugezogen werden

1. Die binokulare Akkommodations-Flexibilität ist bei +2.0 und -2.0 dpt reduziert (Voraussetzung: Akk.-Breite > 5.5 dpt)
2. Relative positive und negative Akkommodation gering (beides reduziert)
3. Reduzierte relative Vergenzen in der Nähe (auf Blur) sowohl bei Basis aussen als auch bei Basis innen

Vorschläge zum Management:

Zunächst signifikante, refraktive Korrektionswerte verordnen. Wenn Vorwerte vorliegen, die sich deutlich geändert haben, werden die aktuellen Korrektionswerte verordnet.

1. Option: Visualtraining

7.4.6 Akkommodation normal: Sehprobleme verschiedener Ursachen

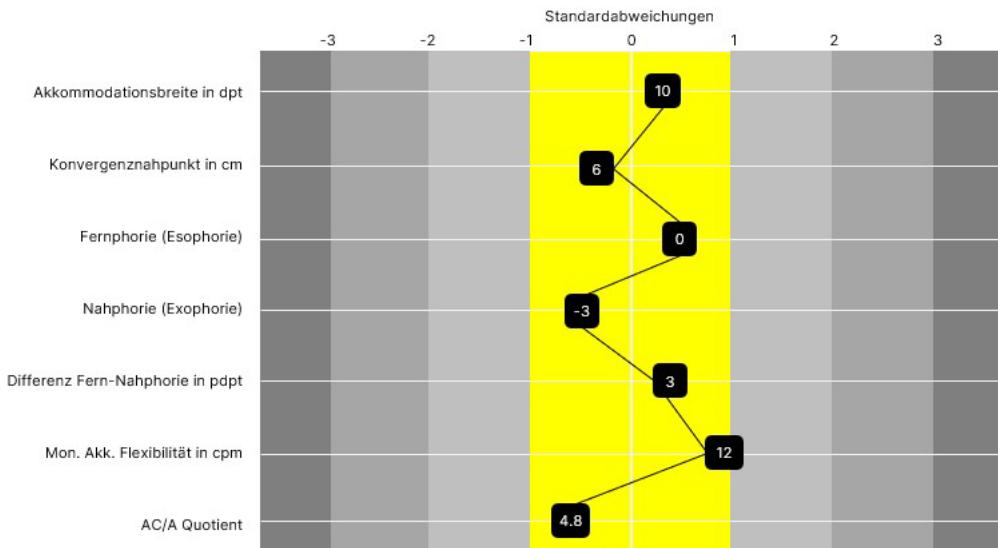


Abbildung 7-13 Normalbefund

1. Normale Akkommodationsbreite (optional)
2. Normaler NKP
3. Heterophorie in Ferne und Nähe normal
4. Normale Differenz von Nah-Exophorie: 3.0 pdpt zu Fern-Orthophorie: 0.0pdpt
5. Normale Akkommodationsflexibilität
6. Normaler AC/A

Weitere Messungen sind erforderlich, um zu differenzieren zwischen den möglichen Befunden:

- normales Binokularsehen – alles unauffällig
- Fixationsdisparität (horizontal und/ oder vertikal)
- Fusionale Vergenz Dysfunktion
- Aniseikonie
- Zyklophorie
- ...

7.5 Anhang: BTSO Z-Standardisierung

Bei der Binokularen Testsequenz werden unterschiedliche Messungen durchgeführt.

Die gemessenen Werte dieser Tests haben unterschiedliche Maßeinheiten und sind somit nicht einfach miteinander vergleichbar. Mithilfe der Z-Standardisierung ist dieser Vergleich der verschiedenen Werten trotz unterschiedlichen Maßeinheiten möglich.

Die Werte wurden mit folgender Formel z-standardisiert:

$$Z\text{-Wert} = \frac{(x - MW)}{SD}$$

x	gemessener Wert
MW	Mittelwert der Messung
SD	Standardabweichung der Messung

	Name	Value	Z-Value
Visuswerte Ferne	Monokular rechts		
	Monokular links		
	Binokular		
Stereopsis	Default	60.00	0.000000000000
	Name	Value	Z-Value
Akkommodationsbreite	Eingabe monokular links	10.50	0.500000000000
	Eingabe monokular rechts	10.50	0.500000000000
Fernphorie	Exophorie	-2.00	-1.214285714286
	Name	Value	Z-Value
Nahphorie	Exophorie	-8.00	-1.209302325581
	Name	Value	Z-Value
Konvergenznahpunkt mit Penlight und Rotfilter in cm	Break Rotglas / Penlight subjektiv	15.00	-1.593508500773
	Recovery Rotglas / Penlight subjektiv	17.00	-1.108916478555
Monokulare Akkommodations-Flexibilität ± 2 dpt Flipper in Zyklen/Minute	Anzahl Flipperwechsel rechtes Auge	9.00	0.000000000000
	Anzahl Flipperwechsel linkes Auge	9.00	0.000000000000
Differenz Fern-Nah-Phorie	Name	Value	Z-Value
		6	1.6363636363636365
AC/A Quotient	Name	Value	Z-Value
		3.6	-1.3259668508287294
Pupillendistanz	Name	Value	Z-Value
		6	

Im Beispiel beträgt der Konvergenznahpunkt 15 cm, der berechnete Z-Wert ist dann: -1.59, also 1.59 Standard Abweichungen vom erwarteten Mittelwert entfernt. In der pdf Auswertung wird dies nicht nochmals gezeigt, kann aber daran abgelesen werden, wie viele Standardabweichungen der Wert von der Norm entfernt ist.

7.6 Anhang: BTSO Mess-Protokoll

Name: _____ Datum: _____

Messungen der Vergenz

NPK Stift Break	1. Messung: _____ cm	2. Messung: _____ cm
NPK Stift Recovery	1. Messung: _____ cm	2. Messung: _____ cm
NPK Rotglas Break	1. Messung: _____ cm	2. Messung: _____ cm
NPK Rotglas Recovery	1. Messung: _____ cm	2. Messung: _____ cm

Phorie Prismencover F: _____ cm/m N : _____ cm/m

Maddox/ mod. Thorington F: _____ vert:_____ N: _____ vert:_____

Fusionsbreiten F Basis innen (= relative Vergenzen):

Blur: _____ cm/m Break: _____ cm/m Recovery: _____ cm/m

Fusionsbreiten F Basis aussen (= relative Vergenzen):

Blur: _____ cm/m Break: _____ cm/m Recovery: _____ cm/m

Fusionsbreiten N Basis innen (= relative Vergenzen):

Blur: _____ cm/m Break: _____ cm/m Recovery: _____ cm/m

Fusionsbreiten N Basis aussen (= relative Vergenzen):

Blur: _____ cm/m Break: _____ cm/m Recovery: _____ cm/m

Vergenzflexibilität N: _____ cpm Verzögerung: B.innen B. aussen

Messungen der Akkommodation

Akkommodationsbreite R: _____ dpt L: _____ dpt

Monokulare Akkommodationsflexibilität:

R: _____ cpm Verzögerung: P M B

L: _____ cpm Verzögerung: P M B

Binokulare Akkommodationsflexibilität:

Bino: _____ cpm Verzögerung: P M B

MEM: R: _____ dpt L: _____ dpt

(Abkürz.: F: Feme; N: Nähe; P: Plus; M: Minus; B: Beidseitig; **Fett**: BTSO Tests, Optional)

8. Impressum

FHNW, Institut für Optometrie

Riggenbachstr. 16

4600 Olten

Schweiz

E-Mail: volkhard.schroth(at)fhnw.ch

Internet: www.btso.ch

Vertretungsberechtigte Personen:

Prof. Dr. Giovanni Bertolini

Volkhard Schroth

Version 03-2025

Haftungshinweis.

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Disclaimer

In diesem optometrischen Handbuch werden Befunde beschrieben, Messungen von Sehfunktionen erläutert und keine heilkundlichen Diagnosen durchgeführt. Für weitergehende Fragen und Diagnosen wird vorsorglich die Zuziehung eines Arztes oder Heilpraktikers anheimgestellt.

Fundierte Aus- und Weiterbildungen mit angeleiteten Übungen sind notwendig, um die beschriebenen Tests korrekt anwenden zu können. Dies kann ein Praxis-Handbuch nicht ersetzen, sondern es soll vor allem als Nachschlagewerk und zur Auffrischung des Wissens verstanden werden.

9. Literaturliste

- Ali, Q., Heldal, I., Helgesen, C. G., Krumina, G., Costescu, C., Kovari, A., . . . Thill, S. (2021). Current Challenges Supporting School-Aged Children with Vision Problems: A Rapid Review. *Applied Sciences*, 11(20), 9673.
- Anderson, H. A., Manny, R. E., Cotter, S. A., Mitchell, G. L., & Irani, J. A. (2010). Effect of examiner experience and technique on the alternate cover test. *Optom Vis Sci*, 87(3), 168-175. doi:10.1097/OPX.0b013e3181d1d954
- ART, C., Scheiman, M., Mitchell, G. L., Cotter, S. A., Kulp, M., Chase, C., . . . Hertle, R. (2015). Convergence Insufficiency Treatment Trial - Attention and Reading Trial (CITT-ART): Design and Methods. *Vis Dev Rehabil*, 1(3), 214-228.
- Bhanderi, D. J., Choudhary, S., & Doshi, V. G. (2008). A community-based study of asthenopia in computer operators. *Indian journal of ophthalmology*, 56(1), 51.
- Cacho-Martínez, P., García-Muñoz, Á., & Ruiz-Cantero, M. T. (2014). Is there any evidence for the validity of diagnostic criteria used for accommodative and non-strabismic binocular dysfunctions? *J Optom*, 7(1), 2-21. doi:10.1016/j.joptom.2013.01.004
- Carla, S. C., Sara, B. F., Jm, C. R., & Catalina, P. (2022). Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14 years. *J Optom*, 15(4), 278-283. doi:10.1016/j.joptom.2021.11.004
- Carlton, J., Griffiths, H., Horwood, A., Mazzone, P., Walker, R., & Simonsz, H. (2021). Acceptability of childhood screening: a systematic narrative review. *Public health*, 193. doi:10.1016/j.puhe.2021.02.005
- Casillas Casillas, E., & Rosenfield, M. (2006). Comparison of subjective heterophoria testing with a phoropter and trial frame. *Optom Vis Sci*, 83(4), 237-241. doi:10.1097/01.opx.0000214316.50270.24

CITT, S. G. (2008). The convergence insufficiency treatment trial: design, methods, and baseline data. *Ophthalmic Epidemiol*, 15(1), 24-36.
doi:10.1080/09286580701772037

Duane, A. (1896). *A new classification of the motor anomalies of the eye : based upon physiological principles, together with their symptoms, diagnosis, and treatment*. New York: Vail, J.H.

Duane, A. (1915). Anomalies of the Accommodation Clinically Considered. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 14(Pt 1).

Dusek, W., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2010). A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. *BMC Ophthalmol*, 10, 16. doi:10.1186/1471-2415-10-16

Dusek, W. A., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2011). An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmol*, 11, 21. doi:10.1186/1471-2415-11-21

Elliott, D. B. (2020). *Clinical Procedures in Primary Eye Care* (5th ed.): Elsevier.

García-Muñoz, Á., Carbonell-Bonete, S., Cantó-Cerdán, M., & Cacho-Martínez, P. (2016). Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clinical & experimental optometry*, 99(4). doi:10.1111/cxo.12376

Hryncak, P. K., Herriot, C., & Irving, E. L. (2010). Comparison of alternate cover test reliability at near in non-strabismus between experienced and novice examiners. *Ophthalmic Physiol Opt*, 30(3), 304-309. doi:10.1111/j.1475-1313.2010.00723.x

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., George, R., Swaminathan, M., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2017). Prevalence of non-strabismic anomalies of binocular vision in Tamil Nadu: report 2 of BAND study. *Clin Exp Optom*, 100(6), 642-648. doi:10.1111/cxo.12496

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., Swaminathan, M., George, R., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2017). Binocular vision anomalies and normative data (BAND) in Tamil Nadu: report 1. *Clin Exp Optom*, 100(3), 278-284. doi:10.1111/cxo.12475

Hussaindeen, J. R., Rakshit, A., Singh, N. K., Swaminathan, M., George, R., Kapur, S., . . . Ramani, K. K. (2018). The minimum test battery to screen for binocular vision anomalies: report 3 of the BAND study. *Clin Exp Optom*, 101(2), 281-287. doi:10.1111/cxo.12628

Iurescia, A., Iribarren, R., Lanca, C., & Grzybowski, A. (2023). Accommodativevergence disorders in a paediatric ophthalmology clinical setting in Argentina. *Acta Ophthalmol.* doi:10.1111/aos.15785

Junghans, B., Azizoglu, S., & Crewther, S. (2020). Unexpectedly high prevalence of asthenopia in Australian school children identified by the CISS survey tool. *BMC Ophthalmology*, 20(1). doi:10.1186/s12886-020-01642-3

Junghans, B., Kiely, P. M., Crewther, D. P., & Crewther, S. G. (2002). Referral rates for a functional vision screening among a large cosmopolitan sample of Australian children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22(1), 10-25. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.2002.00010.x>

Maharjan, U., Rijal, S., Jnawali, A., Sitaula, S., Bhattacharai, S., & Shrestha, G. B. (2022). Binocular vision findings in normally-sighted school aged children who used digital devices. *PLoS One*, 17(4), e0266068. doi:10.1371/journal.pone.0266068

Mahlen, T., & Arnold, R. W. (2022). Pediatric Non-Refractive Vision Screening with EyeSwift, PDI Check and Blinq: Non-Refractive Vision Screening with Two Binocular Video Games and Birefringent Scanning. *Clin Ophthalmol*, 16, 375-384. doi:10.2147/opth.S344751

Mathers, M., Keyes, M., & Wright, M. (2010). A review of the evidence on the effectiveness of children's vision screening. *Child Care Health Dev*, 36(6), 756-780. doi:10.1111/j.1365-2214.2010.01109.x

Montés-Micó, R. (2001). Prevalence of general dysfunctions in binocular vision. *Annals of ophthalmology*, 33(3), 205-208.

Morrison, A. S. (1992). *Screening in chronic disease* (2nd Edition ed.). New York: Oxford University Press.

Musch, D. C., Andrews, C., Schumann, R., & Baker, J. (2020). A community-based effort to increase the rate of follow-up eye examinations of school-age children who fail vision screening: a randomized clinical trial. *J AAPOS*, 24(2), 98.e91-98.e94. doi:10.1016/j.jaapos.2019.12.012

Pang, Y., Teitelbaum, B., & Krall, J. (2012). Factors associated with base-in prism treatment outcomes for convergence insufficiency in symptomatic presbyopes. *Clinical & experimental optometry*, 95(2). doi:10.1111/j.1444-0938.2011.00693.x

Scheiman, M., & Wick, B. (2020). *Clinical Management of Binocular Vision*. Philadelphia: Wolters Kluwer. Lippincott Williams & Williams.

Schroth, V. (2021). *Binokulare Korrektion; MKH in Theorie und Praxis*. Heidelberg: DOZ Verlag.

Schubert, C., Sulis, W., De La Torre-Luque, A., & Schiepek, G. K. (2023). Editorial: Biopsychosocial complexity research. *Frontiers in Psychiatry*, 14. doi:10.3389/fpsyg.2023.1157217

Sheedy, J. E., Hayes, J., & Engle, J. (2003). Is all asthenopia the same? *Optometry & Vision Science*, 80(11), 732-739.

Slabcova, J., & Krumina, G. (2023). *Vision Screening and Training Tool for School-Aged Children*. Cham.

Teitelbaum, B., Pang, Y., & Krall, J. (2009). Effectiveness of base in prism for presbyopes with convergence insufficiency. *Optom Vis Sci*, 86(2), 153-156. doi:10.1097/OPX.0b013e318194e985

Wajuihian, S. O., & Hansraj, R. (2016). Vergence anomalies in a sample of high school students in South Africa. *Journal of optometry*, 9(4), 246-257.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.joptom.2015.10.006>

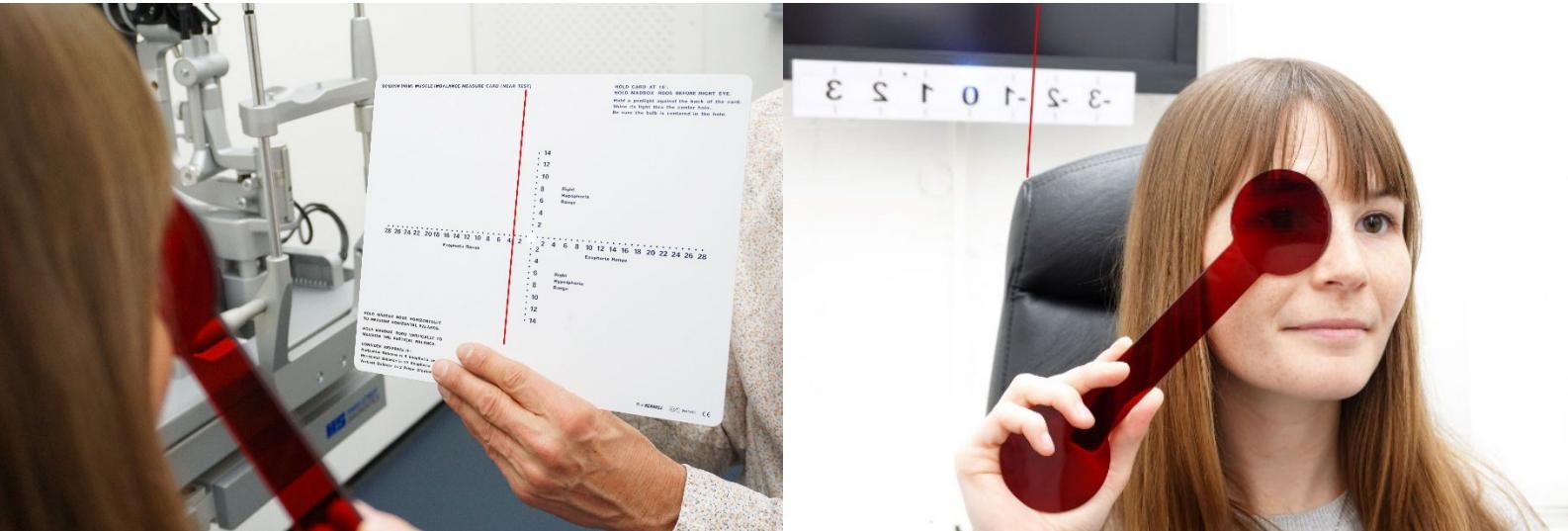
Scheiman, M., Gallaway, M., Frantz, K. A., Peters, R. J., Hatch, S., Cuff, M., & Mitchell, G. L. (2003). Nearpoint of convergence: test procedure, target selection, and normative data. *Optometry and Vision Science*, 80(3), 214-225.

Schroeder, T. L., Rainey, B. B., Goss, D. A., & GRosvENOR, T. P. (1996). Reliability of and comparisons among methods of measuring dissociated phoria. *Optom Vis Sci*, 73(6).

Scobee, R. G., & Green, E. L. (1947). Tests for heterophoria: Reliability of tests, comparisons between tests, and effect of changing testing conditions. *American journal of ophthalmology*, 30(4), 436-451.

Trieu, L. H., Das, S., Myung, J., Hatch, S., & Scheiman, M. (2016). The value of vergence facility testing for the diagnosis of convergence insufficiency. In Poster presented at: Annual Meeting of the American Academy of Ophthalmology (pp. 15-18).

Zellers JA, Alpert TL, Rouse MW;Journal of the American Optometric Association, 01 Jan 1984, 55(1):31-37



BTSO - Binokulare Testsequenz Olten

Praxis-Handbuch

Ein praktisches Nachschlagewerk, das für Fachleute im Bereich Augenoptik, Optometrie, Orthoptik oder Ophthalmologie gedacht ist. Dieses Handbuch veranschaulicht eine Vielzahl von Testmethoden zur Prüfung von Vergenz- und Akkommodationsfunktionen. Die korrekte Anwendung und mögliche Fehlerquellen werden in Text, Bild und Video beschrieben.

In diesem optometrischen Handbuch werden Befunde beschrieben, binokularer Status, Sehfunktionen und Fehlsichtigkeiten erläutert und keine heilkundlichen Diagnosen durchgeführt. Für weitergehende Diagnosen wird vorsorglich die Zuziehung eines Arztes oder Heilpraktikers anheimgestellt.

© Autor: Volkhard Schroth

FHNW, Hochschule für Technik und Umwelt 2025, Institut für Optometrie
Riggelnbachstr. 16 4600 Olten, Schweiz www.btso.ch