

Störungen visueller binokularer Fern- und Nahfunktionen bei Schulkindern mit und ohne Lese- und Schreibstörung in Österreich

Einleitung

Lesen ist eine spezialisierte Form der Kommunikation. Dem visuellen System kommt bei dieser Kommunikationsform eine sehr wichtige Aufgabe zu. Speziell bei Kindern, die den Leseprozess erlernen, spielt ein exakt funktionierendes Visualsystem eine besonders große Rolle. Deutliches und bequemes Erkennen der zu lesenden Symbole, also der angebotenen Buchstaben, spielt beim Erlernen des Lesens deshalb eine so große Rolle, weil letztendlich diese vorab unbekannten Symbole identifiziert werden müssen, bevor durch zielgerichtetes Üben ein effizientes Lesen erarbeitet werden kann. Unter effizientem Lesen versteht man, dass aus einem dargebotenen Text Wissen erarbeitet werden kann^{1,2}. Eine adäquate Sehschärfe ist eine Notwendigkeit, um Buchstaben zu erkennen und zu identifizieren.

Der Begriff der Sehschärfe muss allerdings etwas erweitert werden. Nicht nur die monokulare (einäugige) Sehschärfe spielt eine Rolle, sondern auch die binokulare (beidäugige) Sehschärfe und die binokulare Nahfunktion. Zur binokularen Nahfunktion zählt eine gut und exakt funktionierende Naheinstellfähigkeit beider Augen (Akkommodation) sowie eine ausreichende und schnell funktionierende Einwärtsbewegung der Sehachsen (Konvergenzfähigkeit) des Augenpaares. Sowohl die Scharfstellung beider Augen als auch die Ein- und Auswärtsbewegung beider Augen muss harmonisch, rasch und ausdauernd funktionieren, um das Lesen erlernen zu können.

Es herrscht weitgehende Übereinstimmung, dass die frühe Erkennung und Korrektur oder Behandlung signifikanter refraktiver Sehstörungen, nicht kompensierbarer Störungen des binokularen Sehens sowie von Amblyopien das Risiko bleibender Sehstörungen reduziert. Weiters zeigen neuere Studien, dass Kinder mit visuellen Störungen in ihrer Bildungskarriere benachteiligt sind^{3,4}. Zusätzlich zeigen Kinder mit visueller Beeinträchtigung ein größeres Risiko einer Entwicklungsstörung der nonverbalen und verbalen Verständigung sowie der schriftlichen Ausdrucksvielfalt, der Sozialkompetenz und des Verhaltens⁵. Kinder mit Dyslexie und reduzierten intellektuellen Fähigkeiten zeigen häufiger Störungen der visuellen Funktionen als Kinder ohne diesen Einschränkungen⁶.

Lesestörungen werden üblicherweise in Zusammenhang mit Störungen der Sehschärfe oder unkorrigierten signifikanten Fehlsichtigkeiten oder auf die Ferne bezogenen binokularen Störungen des visuellen Systems gebracht. Störungen der Akkommodation, der Konvergenz und der akkommodativen Konvergenz bleiben oft verborgen. Sie werden nur bei der Durchführung eines geeigneten Messumfanges festgestellt und können erst dann korrigiert werden⁷⁻¹².

Zum besseren Verständnis des in der Studie angewendeten Messumfanges und der

Beschreibung der einzelnen Messungen soll der Weg der visuellen Information und die Ansteuerungsmechanismen der Akkommodation, Konvergenz und der akkommodativen Konvergenz vereinfacht dargestellt werden.

Pupillenreflex, Akkommodationsreflex und Konvergenzreflex beginnen in der Netzhaut. Die lichtempfindlichen Rezeptoren der Netzhaut (Zapfen und Stäbchen), also das erste Neuron der Netzhaut, wandeln die elektromagnetischen Lichtwellen in Nervenimpulse um. Damit die elektromagnetischen Lichtwellen scharf auf der Netzhaut abgebildet werden, muss das optische System des Auges fehlerfrei sein, es dürfen also keine Fehlsichtigkeiten vorliegen. Diese Nervenimpulse werden im zweiten Netzhautneuron mit anderen Rezeptoren verschaltet und zum dritten Netzhautneuron weitergeleitet. Die Nervenfasern des dritten Netzhautneurons ziehen in der Netzhaut zum blinden Fleck, verlassen dort den Augapfel und bilden den Sehnerv. Der Sehnerv des rechten Auges enthält also nun alle umgewandelten Lichtreize des rechten Auges und der linke Sehnerv jene des linken Auges. Beide Sehnerven treffen sich



Wolfgang Dusek
Seit 1988 Optometrist im eigenen Betrieb.
BSc. und MSc. in Optometry am Pennsylvania College of Optometry und an der Donau Universität Krems
2006 bis laufend Ph. D – Studium an der University of Ulster, School of Biomedical Sciences.

bei der Sehnervenkreuzung, dem Chiasma. Im Chiasma werden alle Nervenfasern aus der nasalen Netzhauthälfte gekreuzt (siehe Abb. 1) während die Nervenfasern der temporalen Netzhauthälfte ungekreuzt durch das Chiasma verlaufen. Die Nervenfasern bilden nach dem Chiasma die optischen Trakten (tractus opticus). Der rechte optische Trakt enthält nie Nervenfasern der temporalen Netzhauthälfte des rechten Auges und der nasalen Netzhauthälfte des linken Auges, also die nervale Information des linken Gesichtsfeldes und umgekehrt. Die optischen Trakten erreichen die nächste Umschaltstelle, die seitlichen Kniehöcker (lateral geniculate body)¹³⁻¹⁶.

Pupillenreflex

Bevor die optischen Trakten die nächste Umschaltstelle, die seitlichen Kniehöcker, erreichen, zweigen etwa zehn bis zwanzig Prozent der Nervenfasern ab und ziehen zum gleichseitigen predecatalen Kern des Mittelhirns).

In Abbildung 1 ist diese Verschaltung für die rechte Hirnhälfte schematisch dargestellt. Im Mittelhirn besteht für den Pupillenreflex eine Nervenverbindung vom rechten predecatalen Kern zum rechten und zum linken parasympathischen Kern des dritten Hirnnervs, dem Edinger-Westphal Nucleus (E.W. Kern). Die efferente Nervenversorgung für den Pupillenreflex startet im Edinger-Westphal Kern, dem parasympathischen Kern des dritten Hirnnervs. Von dieser Kernregion die parasympathischen Fasern Richtung Ziliarganglion in der knöchernen Augenhöhle und schließlich zwischen Lederhaut und Aderhaut Richtung Ziliarkörper. Zusammen mit den sympathischen Nervenfasern, welche vom Spinal Cord der Wirbelsäule entspringen, bilden sie dort ein Nervengeflecht, welches die Pupillenverengung auslöst. Die sympathischen Nervenfasern aktivieren eine Erweiterung der Pupille. Wenn alle Nervenverbindungen optimal funktionieren, dann sind die Pupillen des rechten und linken Auges immer gleich groß. Weiters reagiert zum Beispiel die Pupille des rechten Auges auf Licht, wenn die-

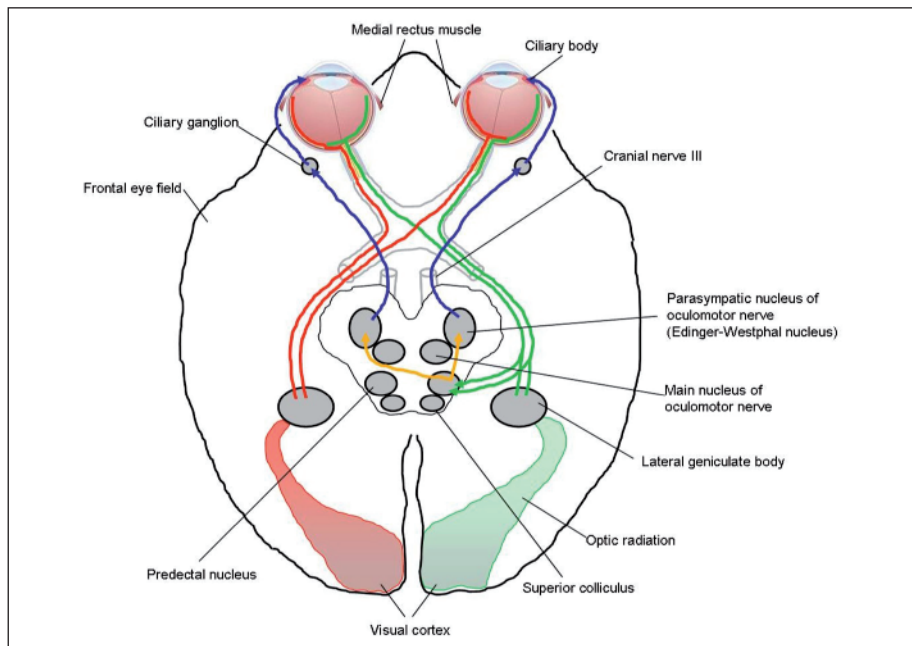


Abb. 1: Afferenter und efferenter Weg der nervalen Information für den Pupillenreflex. Rechte Netzhauthälfte = Grün, linke Netzhauthälfte = Rot (afferente Bahn), Nervalverbindung im Zwischenhirn = Gelb, parasympathische Nervenfasern des N. oculomotoricus (efferente Bahn). (Schematische Darstellung, W. Dusek).

ses direkt beleuchtet wird, aber gleichzeitig reagiert auch die Pupille des nicht beleuchteten linken Auges. Dieser Reflex wird demzufolge direkter und indirekter Pupillenreflex genannt^{15, 17, 18} (Abb. 1).

Der Akkommodationsreflex

Für den Akkommodationsreflex reicht diese einfache Nervenverbindung nicht aus. Bevor der Nervenimpuls die Muskulatur des Ziliarkörpers innerviert, muss in der optischen Wahrnehmung erkannt werden, ob das angeblickte Objekt scharf und deutlich ist. Daher muss die Sehinformation zuerst den visuellen Cortex, also die Sehrinde erreichen, bevor eine exakte und anhaltende Scharfstellung – also Akkommodation durchgeführt werden kann. Die Nervenimpulse der Sehinformation erreichen also die seitlichen Kniehöcker, werden dort kompliziert verschaltet (Vernetzung mit anderen Sinnesorganen wie z. B. Gleichgewichtsorgan), und via optische Sehstrahlung (optic radiation) wird der visuelle Cortex erreicht. Die nervale visuelle Information der temporalen Netzhauthälfte des einen und der nasalen Netzhauthälfte des anderen Auges bleibt in der Sehstrahlung bis zum visuellen Cortex getrennt. Zwischen dem

visuellen Cortex und dem motorischen Bewegungszentrum für die Planung und Durchführung von Augenbewegungen besteht eine weitere Nervenverbindung. Um eine exakte Scharfstellung der Augenlinse durch die Muskulatur des Ziliarkörpers zu ermöglichen, muss der notwendige Nervenimpuls die Information über die bereits bestehende Bildscharfe enthalten. Diese Information bekommt das Planungszentrum – das »Frontal Eye Field« – vom visuellen Cortex. Vom »Frontal Eye Field« besteht eine Nervenverbindung zum parasympathischen Kern des dritten Hirnnervs – des N. oculomotoricus. Parasympathische Nervenfasern verlaufen nun im dritten Hirnnerv Richtung Augenhöhle, erreichen das Ziliarganglion und laufen im Auge Richtung Ziliarkörper. Dort angekommen, bilden diese mit den sympathischen Nervenfasern das ziliare Nervengeflecht, von welchem der Impuls an den Ziliarmuskel für die Anpassung der Sehschärfe an unterschiedliche Sehdistanzen erfolgt (Abb. 2)^{13, 14}.

Der Konvergenzreflex

Wenn wir ein Objekt in weiter Ferne anblicken, dann möchten wir dieses Objekt nicht nur deutlich erkennen, sondern auch einfach und nicht doppelt er-

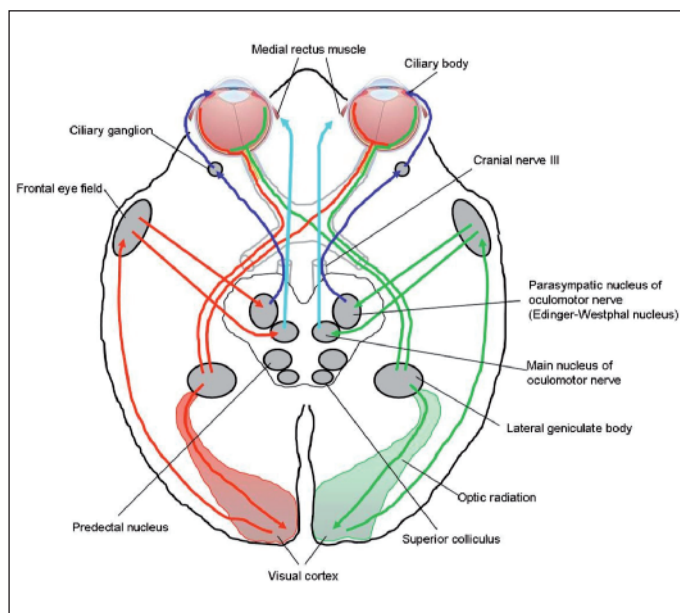


Abb. 2: Afferenter und efferenter Weg der nervalen Information zur Auslösung der Akkommodation und der Konvergenz beider Augen. (Schematische Darstellung, W. Dusek).

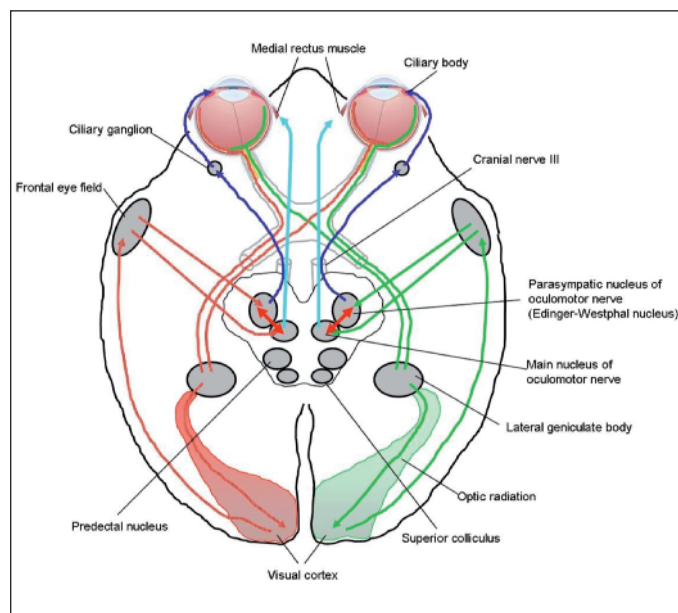


Abb. 3: Die roten Pfeile zeigen die direkte Verbindung zwischen den parasympathischen Kernen und den motorischen Kernen des dritten Hirnnervs. (Schematische Darstellung, W. Dusek).

kennen. Die Sehachsen der beiden Augen – die gedachten Achsen, welche vom Sehzentrum auf der Netzhaut durch die Mitte der Augenpupille bis zum angeblickten Objekt verlaufen – stehen nahezu parallel. Blicken wir aber ein Objekt in der Nähe an, also zum Beispiel Buchstaben beim Lesen, dann müssen die Sehachsen beider Augen nach innen gerichtet werden und sollen sich genau dort kreuzen, wo sich das Nahobjekt befindet. Werden die Augen nicht ausreichend einwärts bewegt, dann findet die Abbildung in zumindest einem der beiden Augen nicht im Sehzentrum statt, sondern daneben, das angeblickte Objekt wird doppelt gesehen. Der Weg der nervalen Information entspricht bis zum »Frontal Eye Field« dem des Akkommodationsreflexes. Um eine exakte und dauerhafte Nachführung der Sehachsen beider Augen bei Blickwechsel zwischen unterschiedlichen Distanzen durchführen zu können, muss die Information über beidäugiges Einfachsehen (oder Doppeltsen) vorhanden sein. Diese Information erhält das Planungszentrum zur Durchführung von Augenbewegungen vom visuellen Cortex. Im Unterschied zum Akkommodationsreflex besteht für den Konvergenzreflex eine Nervenverbindung zwischen »Frontal Eye Field« und motorischem

Kern (main nucleus of oculomotor nerve) des dritten Hirnnervs (N. oculomotoricus). Diese sogenannten motorischen Nervenfasern ziehen nun via dritten Hirnnerv, den oculomotor nerve, zu den medialen Muskeln und lösen dort eine Konvergenzbewegung aus (Abb. 2)^{13, 15, 19}.

Die akkommodative Konvergenz (AC/A Ratio)

Als wäre der Vorgang der Akkommodation (Naheinstellung) und der Konvergenz (Einwärtsbewegung) nicht kompliziert genug, gibt es in der nervalen Ansteuerung beider Systeme noch eine Besonderheit. Zwischen der parasympathischen Kernregion und dem motorischen Hauptkern des dritten Hirnnervs besteht eine interaktive Nervenverbindung (Abb. 3). Die Einstellung des Konvergenzwinkels erfordert im Wesentlichen drei unterschiedliche nervale Ansteuerungen (Abb. 4). Bei Tiefschlaf oder Bewusstlosigkeit befindet sich das Augenpaar in einer Ruhelage, die Sehachsen sind meistens nach außen und oben gerichtet (Bell'sche Augenstellung).

Psychischer Konvergenzanteil (Grundtonus)

Als psychischen Konvergenzanteil bezeichnet man jenen Teil der Nervenakti-

vität bei der Konvergenzeinstellung, welcher das Augenpaar grundaktiviert und für den Blick in die Ferne annähernd parallel stellt.

Akkommodativer Konvergenzanteil

Dieser Anteil der Einwärtsbewegung des Augenpaares wird automatisch durch die Akkommodation (Naheinstellung) ausgelöst und nutzt im Wesentlichen die direkte Verbindung zwischen der parasympathischen Kernregion und der motorischen Kernregion des dritten Hirnnervs (Abb. 3 Roter Pfeil, Abb. 4). Das verkürzt die Adaptionszeit und verringert den energetischen Aufwand^{13, 14, 19}.

Die Fusion (Feinjustierung)

Die Fusion dient im Wesentlichen zum Feinjustieren der Sehachsen und nutzt wieder den Umweg über den visuellen Cortex. Diese Rückmeldung für die Feinjustierung ist notwendig, damit die Bildlage am rechten und linken Auge ex-

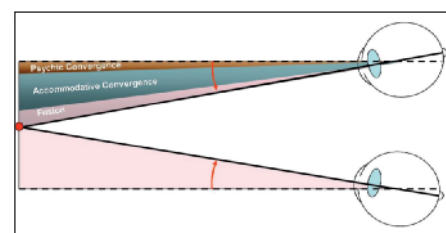


Abb. 4: Bereiche der Konvergenz.

akt in den optischen Zentren abgebildet wird, damit Sehen mit stereoskopischer Tiefenwahrnehmung – also ideales Sehen möglich ist.

Die vorliegenden Ergebnisse sind Teil einer Gesamtstudie²⁰. Alle Messungen wurden vom Autor durchgeführt und verglichen den visuellen Status von Schulkindern im Alter von 6 bis 14 Jahren mit und ohne Lese-Schreibstörung.

Erfassung der Symptome

Bei der Erfassung der Symptome wurde in dieser Studie auf die Erfahrung des Autors im Umgang mit Kindern Rücksicht genommen. Es hat sich bei der Evaluierung über die Befindlichkeit eines Kindes als sinnvoll erwiesen, zuerst die Eltern zu befragen und erst in einem zweiten Schritt direkt das betroffene Kind zu befragen. Daher richten sich die meisten Fragen vorab an die Eltern (Mutter). Alle Fragen wurden in gleicher Art und Reihenfolge gestellt.

Fragen an die Eltern:

1. Wurde Ihr Kind innerhalb der letzten sechs, längstens aber zwölf Monate vor Ihrem Besuch bei mir von einem Ophthalmologen untersucht?
Wenn ja, hat der Ophthalmologe eine Augenerkrankung festgestellt?
Wurde vom Ophthalmologen eine Brille oder ein Visualtraining verordnet?
2. Benutzt Ihr Kind zurzeit eine Brille?
3. Warum haben Sie mit Ihrem Kind das (-) Lerninstitut aufgesucht?
4. Hat Ihr Kind eine Lese- oder Schreibstörung?
5. Hat sich Ihr Kind bei Ihnen in den letzten Monaten über Kopfschmerzen beklagt?
Wenn ja: Wie oft hat Ihr Kind Kopfweh?

Fragen an das Kind:

Wenn die Eltern oder das betroffene Kind über Kopfschmerzen berichten:

6. Zeig mir mit der Hand, wo am Kopf du Kopfweh hast.
7. Auf einer Skala von 1 bis 10 – wie stark hast du Kopfweh? (1 = sehr schwach, 10 = sehr sehr stark).

Weitere Fragen an die Eltern:

8. Haben Sie bei Ihrem Kind eine überdurchschnittlich hohe Lichtempfindlichkeit bei normaler Tageshelligkeit festgestellt (mehr als bei anderen Kindern)?
9. Haben Sie bei Ihrem Kind oftmaliges Augenreiben oder gerötete Augen beobachtet?
10. Haben Sie oder der Lehrer/Lehrerin Ihres Kindes eine überdurchschnittlich rasche Ermüdung bei schulischen Nahaufgaben wie Lesen und Schreiben beobachtet (mehr als bei anderen Kindern)?
11. Benötigt Ihr Kind deutlich mehr Zeit für die schulischen Hausübungen?

Fragen an das Kind:

12. Siehst du manchmal unscharf/verschwommen, wenn du von der Tafel liest?
13. Siehst du manchmal unscharf/verschwommen, wenn du aus dem Buch liest?
14. Ist dir schon einmal aufgefallen, dass du doppelt siehst, wenn du von der Schultafel oder aus dem Buch liest?
15. Braucht es etwas länger, bis du wieder deutlich siehst, wenn du von der Tafel ins Buch schaust?
16. Braucht es etwas länger, bis du wieder deutlich siehst, wenn du vom Buch auf die Tafel schaust?
17. Strengt dich das Sehen an, wenn du von der Tafel liest?
18. Strengt dich das Sehen an, wenn du aus dem Buch liest?

Teilnehmer der Studie

Retrospektive Daten zweier Teilnehmergruppen wurden für diese Studie ausgewertet. Eine Gruppe der Teilnehmer waren Kinder mit Lese-Schreibstörungen (Untersuchungsgruppe = U-Gruppe), welche von Eltern oder von Unterrichtenden als so auffallend eingestuft wurden, dass Schul- oder Lerninstitute zur Abklärung einer Lese-Schreibstörung zu Rate gezogen ($n=825$) und das Kind von diesen Schul- oder Lerninstitutionen zur optometrischen Untersuchung zu WD übersendet wurde. Die zweite Gruppe bestand aus Kindern ohne Lese-Schreibstörung (Kontrollgruppe = K-Gruppe), und diese wurden von Eltern und Unterrichtenden als Normal-schüler eingestuft. Die Daten dieser Kinder wurden als klinische Kontrollgruppe zum Vergleich ausgewertet ($n=328$). Die Kinder der Kontrollgruppe waren meist schon Probanden bei WD oder waren Geschwister/Bekannte eines Kindes mit Lesestörung. Tabelle 1 zeigt die Alters- und Geschlechtsverteilung beider Teilnehmergruppen.

Teilnehmer mit okulärer Pathologie (z. B. Cataract, Glaukom, Strabismus) wurden im Vorfeld zur ophthalmologischen Abklärung weiterverwiesen und waren nicht Teil der Studie ($n=8$).

Alle teilnehmenden Kinder beider Gruppen besuchten Volksschulen, Haupt- bzw. Mittelschulen oder Gymnasien. Weiters wurde die Studie von der University of Ulster Research Ethical Committee im Einklang mit der Helsinki Deklaration geprüft und betreut.

	K-Gruppe	U-Gruppe
Anzahl (n)	328	825
Alter (mean, SD)	9.34 ± 2.23	9.66 ± 1.84
Alter (range)	6–14	6–14
Geschlecht (m,f)	193 m 135 f	531 m 294 f

Tab. 1: Anzahl, Alter (mean), Alter (range), Geschlecht. Verteilung der Teilnehmer.

Durchführung der Messungen

Der folgende Messdurchlauf wurde bei jedem an der Studie teilnehmenden Kind in der gleichen Reihenfolge und unter den gleichen Bedingungen vom Autor durchgeführt. Alle Messungen sind wissenschaftlich bestätigt und finden häufig in der optometrischen Praxis Anwendung.

Befragung zur Evaluierung der Symptome

Allen Teilnehmern wurden die gleichen 18 Fragen (s. o.) in der gleichen Reihenfolge in der optometrischen Praxis des Autors gestellt. Diese standardisierten Fragen wurden vor Beginn der optometrischen Messungen gestellt.

Prüfung der Sehschärfe

Die Sehschärfe der Ferne wurde mit dem Zeiss Polatest (Optotypen für 5 Meter) in einer Entfernung von 5 Metern gemessen. Der Zeiss Polatest ist durchleuchtet, die Optotypen werden im Vollkontrast dargeboten, die Sehschärfe wird in Visus (dezimal) notiert, (ISO 8597)²¹⁻²³. Teilnehmer ohne Brillenkorrektur wurden angewiesen, ein Auge mit dem Cover-Occluder abzudecken und die Optotypen einzeln vorzulesen. 8 von 10 Optotypen müssen richtig gelesen worden sein, damit der Visus als erreicht akzeptiert wurde. Der minokulare Visus OD, OS und OU wurde notiert. Bei Kindern mit vorhandener signifikanter Brillenkorrektur ($\geq +1.00D$ Hyperopie, $\leq -0.50D$ Myopie, $\leq -1.00DC$ Astigmatismus, $\geq 1.00D$ Anisometropie) wurde der gleiche Messablauf mit der Brillenkorrektur durchgeführt.

Evaluierung refraktiver Abweichungen

Eventuelle refraktive Abweichungen der Augen wurden mit einer für Kinder optimierten statischen Fernskiaskopie durchgeführt. Die Skiaskopie wurde in 50 cm durchgeführt und dieser Abstand durch Vorhalten von $+2.00D$ am rechten und linken Auge mittels des $+2.00/-2.00$ Flippers kompensiert. Dabei wurden die Kinder angewiesen, einen Kreis entsprechend Visus 0,8 am Polatest zu fixieren. Bei Emmetropie oder moderater

Hyperopie verursacht die vorgehaltene Abstandskompensation von $+2.00D$ eine Nebelung. Der Flackerpunkt wurde mittels Skiaskopierleiste ermittelt und der evaluierte Wert in eine Kindermessbrille eingegeben und subjektiv abgeglichen. Diese Skiaskopiertechnik hält in den meisten Fällen den Nebelzustand aufrecht, die Benutzung von Zykloplegia ist in den allermeisten Fällen überflüssig^{24,25}. Bei signifikanten dioptrischen Werten ($\geq +1.00D$ Hyperopie, $\leq -0.50D$ Myopie, $\leq -1.00DC$ Astigmatismus oder $\geq 1.00D$ Anisometropie) wurden alle weiteren Messungen mit der ermittelten Fernkorrektur durchgeführt.

Stereopsis

Nach Prüfung der Sehschärfe und Evaluierung eventueller dioptrischer Abweichungen der Augen wurde die Stereopsis am differenzierten Stereotest 1 (DST 1) und differenzierten Stereotest 2 (DST 2) am Zeiss Polatest durchgeführt. Beide Tests zeigen drei Zeilen mit je fünf senkrechten Strichen, wobei in jeder Zeile ein Strich mittels positiver Polarisation in normaler Filterstellung eine bitemporale Querdisparation verursacht und stereoskopisch nach *vorne* wahrgenommen wird. Dabei entspricht die Parallaxe beim DST 1 in fünf Metern Entfernung in der ersten Zeile 5 Winkelminuten, zweite Zeile 4 Winkelminuten und dritte Zeile 3 Winkelminuten und beim DST 2 erste Zeile 2 Winkelminuten, zweite Zeile 1 Winkelminute und dritte Zeile 0,5 Winkelminuten. Der wesentliche Vorteil der differenzierten Stereotests ist jedoch die Umkehr der bitemporalen in eine binasale Querdisparation durch Invertieren der Polfilter und eine damit verursachte stereoskopische Wahrnehmung nach *hinten*. Liegt spontane Stereopsis nach *vorne* und nach *hinten* bis 3 Winkelminuten vor, dann kann eine Fixationsdisparation in der Ferne ausgeschlossen werden^{21,26}.

Assoziierte und dissoziierte Phorieprüfung

Am Kreuztest des Zeiss Polatestes wurden eventuelle signifikante assoziierte Phorien gemessen (horizontal $> 2\text{ cm/m}$, vertikal $> 0,5\text{ cm/m}$). Zur Ermittlung

eventueller Tropien wurde ein standardisierter Cover-Uncover-Test durchgeführt. Mittels standardisiertem Alternating Cover Test wurde das Vorhandensein dissoziierter Phorien in der Ferne und Nähe (5 m und 40 cm) geprüft und mittels Prismenleiste eventuelle Abweichungen evaluiert^{21, 26, 27}.

Motilitätstest, Fixiertest

Die Fixation wurde mittels Hirschberg-Test evaluiert, der Motilitätstest wurde für die Anwendung an Kindern etwas modifiziert und mit der Stablampe durchgeführt. Diese Modifizierung ermöglicht sowohl eine subjektive als auch eine objektive Ermittlung eventueller Motilitätsstörungen. Das zu messende Kind wurde angewiesen, den Kopf ruhig und gerade zu halten und die Lampe der Stablampe zu fixieren. Weiters wurde das zu messende Kind angewiesen, auf eine eventuelle Diplopie zu achten und über Diskomfort zu berichten (subjektive Ermittlung). Gleichzeitig konnte der Prüfer feststellen, ob der Reflex der Lampe im rechten und linken Auge jeweils pupillenmittig war und dieser Zustand während der Durchführung des Motilitätstestes erhalten blieb (objektive Ermittlung)²⁸.

Akkommodation

Die Amplitude der Akkommodation oder maximale Akkommodation wurde monokular mittels Push-Up-Test evaluiert. Der Proband deckte ein Auge mit dem Occluder ab, am Gulden-Stick wurde mit dem anderen Auge das kleinste mögliche Sehzeichen fixiert und dieser langsam angenähert. Ein Akkommodometer (Maßband) wurde an der Stirn des Probanden angehalten und der Gulden-Stick entlang des Akkommodometers angenähert, bis der Proband das Sehzeichen nicht mehr scharf wahrnahm und dieses verbalisierte. Dieser Vorgang wurde 5- bis 10-mal wiederholt und der Kehrwert der in den durchschnittlichen letzten 3 bis 5 Wiederholungen in Meter gemessenen Distanz notiert²⁹.

Die Einstellgeschwindigkeit der Zielakkommodation wurde mittels Accommodative Facility Test monokular und binokular mit $+2.00/-2.00$ Flipp-Lens

gemessen. Dabei fixierte der Proband ein Wort der »Rock-Chart«, es wurde der Flipper mit +2,00 binokular vorgehalten. Unmittelbar nach Vorhalten des Flipper +2,00 wurde das vorher gelesene Wort nicht mehr deutlich oder sogar doppelt wahrgenommen. Der Proband verbalisierte mit »Halt« wenn das Wort wieder deutlich und keinesfalls doppelt gesehen wurde. Dann drehte der Prüfer den Flipper zügig auf -2,00, auch hier wurde das Wort undeutlich oder doppelt gesehen und der Proband verbalisierte, wenn das Wort wieder deutlich gesehen und einfach gesehen wurde. Dieser Vorgang wurde eine Minute lang wiederholt, die Zyklen per Minute ($1 \text{ cycle/minute} = 1 \times +2,00 / 1 \times -2,00$) und das vorgehaltene Glas, welches länger zur Kompensation benötigte (fail by +/ or -), wurden notiert. Der gleiche Vorgang wurde monokular vollzogen³⁰.

Mittels der »Monocular Estimation Method« (MEM)-Skioskopie wurde der »lag of accommodation« – also jener Betrag an Akkommodation ermittelt, um den der Proband auf eine bestimmte Nahentfernung weniger Akkommodation aufwendete, als er für diese Entfernung aufwenden sollte. Dabei fixierte das Kind ein möglichst kleines Sehzeichen am Skioskop, der Skioskopierabstand wurde nicht kompensiert und befindet sich in der Lesedistanz des Kindes. Wurde, natürlich mit eventueller Fernkorrektur, Mitläufigkeit in divergenter Beleuchtung beobachtet, dann wurde in +0,25 D-Stufen durch kurzes Vorhalten geprüft, ob »Flackerpunkt« erkannt wird. Das stärkste Plusglas, mit dem Flackerpunkt erkannt wurde, ist der »lag of accommodation«³¹.

Der AC/A-Quotient ermittelt sich mittels durchgeführtem »Alternating Cover Test« in 40 cm und der Wiederholung des »Alternating Cover Testes« mit den vorgehaltenen -2,00D des Flippers. Die Differenz beider evaluierten Cover-Werte dividiert durch 2 entspricht dem AC/A-Quotienten.

Konvergenz

Die Durchführung des »Near point of convergence« (NPC) ermittelt die maximale Konvergenz. Die Evaluierung des

NPC wurde zur Durchführung an Kindern etwas modifiziert. Das Kind fixiert die Stablampe in 40 cm Entfernung, diese wird langsam angenähert. Der Prüfling soll mitteilen, wenn die Lampe doppelt gesehen wird (subjektiv), und der Prüfer beobachtet den Lichtreflex in der Pupillenmitte beider Augen und kann sofort die Aufgabe der Fixierung beobachten (objektiv). Mittels an der Stirn des Kindes angehaltenem Messband wird der Abstand gemessen, bei welchem der »Break Point« erreicht wurde. Danach wird die Stablampe wieder langsam vom Probanden entfernt, bis der »Recovery Point« erreicht wird. Dieser Vorgang wird 5- bis 10-mal wiederholt und der durchschnittliche Abstand der letzten 3 bis 5 Messungen des »Break Point« und »Recovery Point« wurde notiert^{32, 33}.

Die Einstellgeschwindigkeit oder Kompensationsgeschwindigkeit der Konvergenz (Vergence Facility) wurde mit einem speziellen Prisma 3ΔBI/12ΔBO (3cm/m innen; 12 cm/m außen) ermittelt. Der Proband fixiert ein kleines Sehzeichen (oder Sehzeichenreihe) und wurde angewiesen, das Sehzeichen deutlich und einfach zu halten. Beim Vorhalten von 3Δ B innen wird eine Exophorie induziert, es wird kurz doppelt gesehen, der Proband verbalisiert, wenn das Sehzeichen wieder deutlich und einfach gesehen wird. Danach wird prompt 12Δ B außen vorgehalten, es entsteht kurz ein Doppelbild und der Proband verbalisiert, wenn er das Sehzeichen wieder deutlich und einfach sieht. Dieser Vorgang wird eine Minute lang wiederholt, die Zyklen pro Minute ($1 \text{ cycle/minute} = 1 \times 3\Delta \text{ B innen und } 1 \times 12\Delta \text{ B außen}$) und das Prisma, welches längere Zeit zur Kompensation benötigt (fail by In oder fail by Out), werden notiert³⁴.

Akkommodative Konvergenz System

Der AC/A-Quotient ermittelt sich mittels durchgeführtem »Alternating Cover Test« in 40 cm und der Wiederholung des »Alternating Cover Testes« mit den vorgehaltenen -2,00D des Flippers. Die Differenz beider evaluierten Cover-Werte dividiert durch 2 entspricht dem AC/A-Quotienten³⁵.

Lesegeschwindigkeit und Lesefehler

Lesegeschwindigkeit und Lesefehler wurden mit einem standardisierten Lesetest, dem »Salzburger Lesetest« evaluiert. Der Lesetest wurde in einem separaten, ruhigen Raum durchgeführt. Um die optimale und normgerechte Sitzposition zu gewährleisten, wurde ein höhenverstellbarer Sessel und ein höhenverstellbarer Tisch mit inklinierbarer Arbeitsfläche bereitgestellt. Jedes Kind las 26 häufige Wörter und 22 wortunähnliche Fantasiewörter, die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen und die Lesefehler evaluiert².

Pupillen-Screening

Zur Sicherheit und als möglicher Ausschlussgrund von der Teilnahme an der Studie und gegebenenfalls sofortigen Überweisung zum Ophthalmologen wurde ein Pupillen-Screening zur Feststellung eventueller ungleicher Pupillen, wie zum Beispiel »Marcus Gunn Pupil«, »Argyll-Robertson Pupil«, »Adie's Syndrome« oder eines »Relativen Afferenten Pupil Disease« (RAPD), durchgeführt³⁶⁻³⁹.

Resultate

Es wurden von 1153 Kindern Daten retrospektiv ausgewertet.

Erhebung der Symptome

Den Studienteilnehmern beider Gruppen wurden alle Fragen in der gleichen Weise und Reihenfolge gestellt. Die statistische Analyse zeigt, dass Kinder der Untersuchungsgruppe signifikant öfter folgende Symptome zeigen als Kinder der Kontrollgruppe: Augenbrennen und/oder Tränen der Augen, Müdigkeit nach schulischen Nahaufgaben wie Lesen oder Schreiben, Anstrengungsgefühl bei Blick von der Tafel zur Nahdistanz, Unschärfe bei Blick in die Ferne, Doppeltsehen ($p < 0.01$). Bei den anderen Fragen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p > 0.05$).

Refraktive Abweichungen der Augen

Die statistische Analyse mittels »Independent t-test« zeigt keine statistisch

	Sphere (D)		Cylinder (D)	
	K-Gruppe	U-Gruppe	K-Gruppe	U-Gruppe
Mean	+ 0.38	+ 0.30	– 0.18	– 0.13
Standard deviation	± 1.56	± 1.17	± 0.56	± 0.39
Range	– 8.00 to + 8.00	– 5.75 to + 9.50	– 3.00 to 0.00	– 3.50 to 0.00

Tab. 2: Refraktive Abweichungen der Kontrollgruppe und Untersuchungsgruppe.

signifikante Differenz der refraktiven Abweichung (sphäre, cylinder) zwischen rechten und linken Auge in beiden Gruppen ($p > 0.05$). Deshalb wurden für die weiteren statistische Analysen nur die Werte der rechten Augen ausgewertet.

Tabelle 2 zeigt mean (arithmetischer Mittelwert), standard deviation (Standardabweichung) und range (Bereich) der sphärischen und cylindrischen refraktiven Abweichungen beider Gruppen. Eine statistische Analyse mittels ANOVA (one way analysis of variance) zeigt keine statistisch signifikante Differenz von sphärischen und cylindrischen refraktiven Abweichungen zwischen beiden Gruppen ($p = 0.307$ und $p = 0.069$).

Sehschärfe

Die statistische Analyse mittels ANOVA zeigt eine signifikante Differenz des binokularen Visus zwischen den Gruppen, Kinder der Kontrollgruppe zeigen einen geringeren Visus gegenüber Kindern der Untersuchungsgruppe ($p < 0.01$) (Abb. 5).

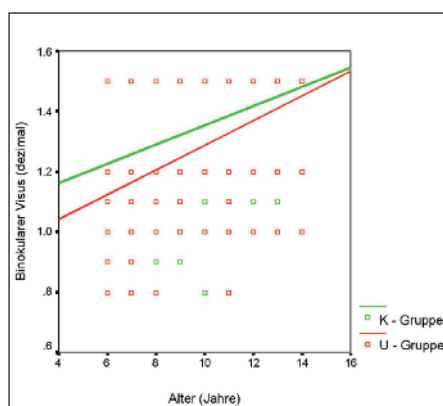


Abb. 5: Binokularer Visus Ferne.

Phorien

Abb. 6 und 7 zeigten die Ergebnisse des Cover Tests in beiden Gruppen.

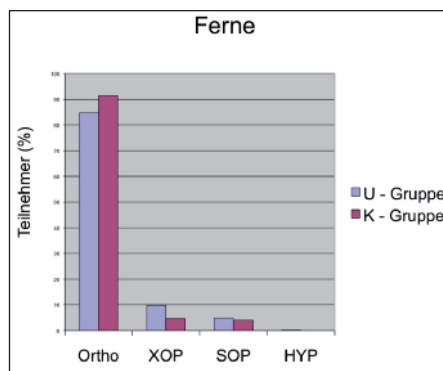


Abb. 6: Dissoziierte Phorien beider Gruppen (Ferne) (Ortho = Orthophorie, XOP = Exophorie, SOP = Esophorie, HYP = Hypo-Hyperphorie).

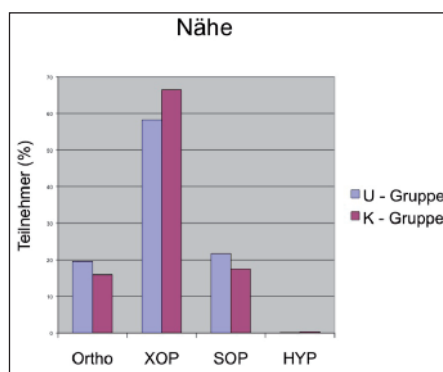


Abb. 7: Dissoziierte Phorien beider Gruppen (Nähe) (Ortho = Orthophorie, XOP = Exophorie, SOP = Esophorie, HYP = Hypo-Hyperphorie).

Die statistische Analyse mittels t-test zeigt keine signifikante Differenz der prismatischen Größe und Abweichungsrichtung (Eso-, Exophorie) dissoziierter Phorien in der Ferne zwischen Kontrollgruppe und Untersuchungsgruppe ($p = 0.275$ und $p = 0.484$) (Tab. 3).

Weitere Analysen zeigen keine signifikante Differenz in der Größe der dissoziierten Esophorie in der Nähe zwischen beiden Gruppen ($p = 0.48$), aber eine signifikante Differenz dissoziierter Exophorien in der Nähe, Kinder der Untersuchungsgruppe zeigen eine größere Abweichung (< 0.005).

Eine signifikante assoziierte Phorie (größer als 0,5 cm/m vertikal und 2 cm/m horizontal) wurde bei 2 von 328 (0,6 %) Kindern in der Kontrollgruppe und bei 9 von 825 (1,1 %) Kindern in der Untersuchungsgruppe evaluiert, diese Differenz ist nicht statistisch signifikant ($p = 0.738$).

Akkommodation

Maximale Akkommodation: Die maximale Akkommodation (Amplitude der Akkommodation) wurde bei 308 Teilnehmern der Kontrollgruppe und bei 810 Teilnehmern der Untersuchungsgruppe gemessen. Die teilnehmenden Kinder, bei denen keine maximale Akkommodation gemessen wurde, zeigten sich bei dieser Messung nur bedingt kooperativ.

Die maximale Akkommodation ergab mean $13.29D \pm 2.05$ in der Kontrollgruppe und mean $12.54D \pm 2.60$ in der Untersuchungsgruppe und zeigt eine range 6-20D in der Kontrollgruppe und 4-20D in der Untersuchungsgruppe. Statistische Analyse mittels ANOVA zeigt eine signifikante Differenz zwischen beiden Gruppen ($p < 0.001$), Kinder der Untersuchungsgruppe tendieren zu einer niedrigeren maximalen Akkommodation als Kinder der Kontrollgruppe (Abb. 8).

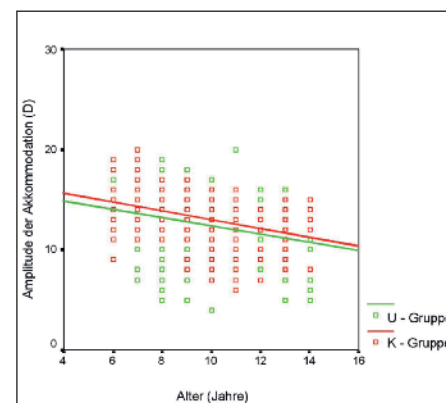


Abb. 8: Amplitude der Akkommodation beider Gruppen.

	Exophoria				Esophoria			
	Distance		Near		Distance		Near	
	Control	Referred	Control	Referred	Control	Referred	Control	Referred
Number (n)	15	81	217	481	13	40	57	179
Mean prism	0.87	1.25	3.53	5.41	0.69	1.69	4.33	4.95
Standard deviation	2.1	2.85	3.27	4.68	1.7	3.76	3.63	4.49
Percentage of subjects	4.6	9.8	66.5	58.3	4	4.8	17.4	21.7
T Test p=	0.484		<0.001		0.275		0.48	

Tab. 3: Dissoziierte Phorien beider Gruppen.

Accommodative facility: »Binocular Accommodative Facility« wurde vollständig bei 275 Teilnehmern der Kontrollgruppe und bei 783 Teilnehmern der Untersuchungsgruppe evaluiert. Statistische Analyse mittels »independent t-test« zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen ($p=0.008$). Die Ergebnisse ergaben in der Untersuchungsgruppe $\text{mean } 6.51 \pm 3.83$ Zyklen pro Minute und in der Kontrollgruppe 9.00 ± 3.46 Zyklen pro Minute.

Die statistische Analyse der Ergebnisse des »Monocular Accommodative Facility Test« zeigen eine signifikante Differenz zwischen beiden Gruppen ($p < 0.001$). Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe lagen bei $\text{mean } 12.00 \pm 3.28$ Zyklen pro Minute und in der Kontrollgruppe bei $\text{mean } 12.76 \pm 1.93$ Zyklen pro Minute.

Weiters ergab die statistische Analyse einen prozentuell größeren Anteil an Akkommodativer Insuffizienz in der Untersuchungsgruppe (4,4 %) als in der Kontrollgruppe (0,6 %) (Chi-Square $p=0.001$). Ein Exzess der Akkommodation wurde nur bei 2 von 825 (0,2 %) Teilnehmern der Untersuchungsgruppe evaluiert.

Vergence facility: Der »Vergence Facility Test« konnte bei 247 Teilnehmern der Kontrollgruppe und bei 776 Teilnehmern der Untersuchungsgruppe vollständig evaluiert werden. Der Indepen-

dent t-test zeigt eine statistisch signifikante Differenz der Ergebnisse zwischen beiden Gruppen ($p < 0.001$), ($\text{mean } 7.43 \pm 4.53$ Zyklen pro Minute in der Untersuchungsgruppe und $\text{mean } 10.68 \pm 3.42$ Zyklen pro Minute in der Kontrollgruppe).

AC/A-Quotient: Der AC/A-Quotient konnte bei 328 Teilnehmern der Kontrollgruppe und bei 825 Teilnehmern der Untersuchungsgruppe vollständig evaluiert werden. Dabei ergab sich eine normale AC/A-Quotient bei 277 Kindern der Kontrollgruppe (84,5 %) und bei 496 Kindern der Untersuchungsgruppe (60,1 %). Ein »Low AC/A ratio« ergab sich bei 24 Kindern der Kontrollgruppe (7,3 %) und bei 183 Kindern der Untersuchungsgruppe (22,2 %). Ein »High AC/A ratio« wurde bei 27 Studienteilnehmern der Kontrollgruppe (8,2 %) und 146 Teilnehmern der Untersuchungsgruppe (17,7 %) evaluiert (Abb. 9).

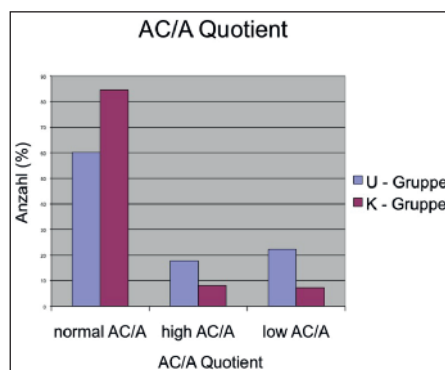


Abb. 9: AC/A-Quotient beider Gruppen.

Kinder mit normalem AC/A-Quotient: Werden alle Studienteilnehmer mit normalem AC/A-Quotient genauer analysiert, dann ergeben sich weitere erhebliche Unterschiede der Diagnose zwischen Kontrollgruppe und Untersuchungsgruppe. Die Ergebnisse dreier Messungen sind zur Aufdeckung weiterer Dysfunktionen der Akkommodation, Konvergenz und akkommodativen Konvergenz maßgeblich, die Ergebnisse des monokularen und binokularen »Accommodative Facility Test« und des »Vergence Facility Test«. Die statistische Auswertung zeigt einen signifikanten Unterschied der Ergebnisse des monokularen und binokularen »Accommodative Facility Test« zwischen beiden Gruppen ($p < 0.001$ und $p < 0.001$). Kinder der Untersuchungsgruppe zeigen eine geringere accommodative facility (binokular $\text{mean } 7.15 \pm 3.89$ Zyklen pro Minute, monokular $\text{mean } 12.16 \pm 3.18$ Zyklen pro Minute) als Kinder der Untersuchungsgruppe (binokular $\text{mean } 9.49 \pm 3.30$ Zyklen pro Minute, monokular $\text{mean } 12.76 \pm 1.98$ Zyklen pro Minute) (Abb. 10).

Die Ergebnisse des »Vergence Facility Test« zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen ($p < 0.001$ t-test). Die vergence facility ist bei Kindern der Untersuchungsgruppe geringer ($\text{mean } 8.38 \pm 4.55$ Zyklen pro Minute) als bei Kindern der Kontrollgruppe ($\text{mean } 11.15 \pm 3.07$ Zy-

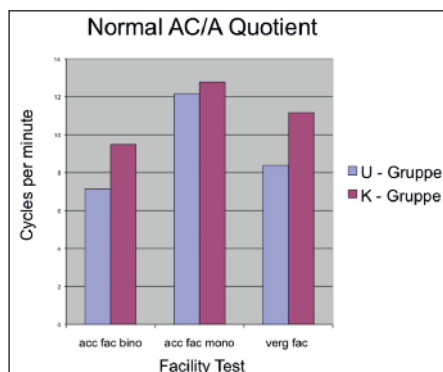


Abb. 10: Accommodative und Vergence Facility test (Zyklen pro Minute) bei Kindern mit normalem AC/A-Quotient beider Gruppen.

klen pro Minute). Eine Dysfunktion der akkommodativen Konvergenz wurde bei 49 von 328 (14.9 %) Kindern der Kontrollgruppe und bei 280 von 825 (33.9 %) Kindern der Untersuchungsgruppe evaluiert (Abb. 13). Die statistische Analyse zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen (Chi-Square $p < 0.001$).

Konvergenz

NPC wurde bei 324 Kindern der Kontrollgruppe und bei 801 Kindern der Untersuchungsgruppe gemessen. NPC mean 3.41 ± 4.62 cm bei Kindern der Kontrollgruppe und mean 4.74 ± 5.59 cm in der Untersuchungsgruppe, der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist statistisch signifikant ($p < 0.001$).

Konvergenz Exzess (convergence excess) wurde als Hauptdiagnose bei 27 von 328 (8.2 %) Kindern der Kontrollgruppe und bei 140 von 825 (17 %) in der Untersuchungsgruppe evaluiert. (Abb. 13). Die statistische Analyse ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden (Chi-Square $p < 0.001$).

Konvergenz Insuffizienz (convergence insufficiency) wurde bei 17 von 328 (8.2 %) Kindern der Kontrollgruppe und bei 150 von 825 (18.2 %) Kindern der Untersuchungsgruppe evaluiert (Abb. 13). Auch dieser Unterschied ist signifikant (Chi-Square $p < 0.001$).

Lesegeschwindigkeit und Lesefehler (Salzburger Lesetest)

Die Messung der Lesegeschwindigkeit wurde bei insgesamt 764 teilnehmenden Kindern durchgeführt (285 in der

	Untersuchungsgruppe		Kontrollgruppe	
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
Lesezeit »Einfache Wörter«	35.57	30.21	26.14	15.95
Lesezeit »Fantasiewörter«	66.45	37.21	48.53	20.16
Lesezeit Total	108.64	61.72	75.98	32.78
Lesefehler »Einfache Wörter«	1.22	1.27	0.76	1.01
Lesefehler »Fantasiewörter«	2.8	2.7	1.49	1.47
Lesefehler Total	4.28	3.77	2.29	2.18

Tab. 4: Lesezeit und Lesefehler einfacher Wörter, Fantasiewörter und Total beider Gruppen.

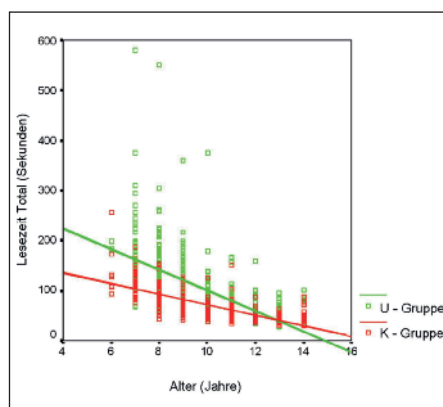


Abb. 11: Lesezeit Total mit Salzburger Lesetest beider Gruppen.

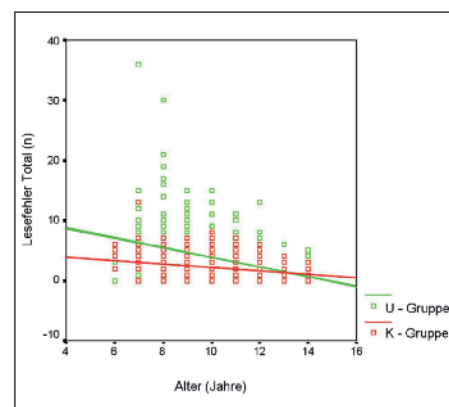


Abb. 12: Lesefehler Total mit Salzburger Lesetest beider Gruppen.

Kontrollgruppe und 479 in der Untersuchungsgruppe).

Die Lesezeit/Lesefehler Total ergibt sich aus der Summe der Lesezeit/Lesefehler der »Einfachen Wörter« und der Lesezeit/Lesefehler »Fantasiewörter«. Die statistische Analyse mittels independent t-test zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen, Kinder der Untersuchungsgruppe zeigen eine signifikant längere Lesezeit (Untersuchungsgruppe Lesezeit total mean 108.64 ± 61 Sekunden, Kontrollgruppe Lesezeit total mean 75.98 ± 32.78 Sekunden) ($p < 0.001$) und eine signifikant höhere Anzahl an Lesefehlern (Untersuchungsgruppe Lesefehler total mean 4.28 ± 3.77 , Kontrollgruppe Lesefehler total 2.29 ± 2.18) ($p < 0.001$) (Tab. 4 sowie Abb. 11 und 12).

Keinerlei signifikante Störungen des visuellen Systems wiesen 186 von 328 Kindern in der Kontrollgruppe auf (56,7%). In der Untersuchungsgruppe war dies nur bei 127 von 825 Kindern der Fall (15,4 %) (Abb. 13).

Diskussion

Standardisierte Fragen zur Evaluierung visuell verursachter asthenopischer Beschwerden finden häufige Anwendung in der optometrischen Praxis⁴⁰⁻⁴³. Die Auswertung und Analyse der in dieser Studie gestellten Fragen zeigen, dass Kinder mit Lesestörung deutlich öfter Ermüdungserscheinungen und asthenopische Störungen im Zusammenhang mit schulischer Nahtätigkeit haben als Kinder ohne Lesestörung.

Die Ergebnisse und die daraus resultierenden primären Diagnosen zeigen bei Kindern mit Lesestörung wesentlich öfter binokulare Störungen wie Exophorie und binokulare Nahstörungen wie Konvergenz Insuffizienz, Konvergenz Exzess, Störungen der akkommodativen Konvergenz sowie reduzierte Lesegeschwindigkeit und erhöhte Rate an Lesefehlern.

Es wird weitgehend akzeptiert, dass Kinder mit Lesestörung und teilweise auch Kinder assoziiert mit Dyslexie öfter in Zusammenhang mit visuellen Beeinträchtigungen gebracht werden als Kinder ohne Lese- oder Lernstörungen. Trotzdem bleiben die meisten tatsächlich auftretenden visuellen Störungen oft unentdeckt, weil der zur Aufdeckung binokularer Nahstörungen notwendige Messumfang meist nicht vollständig vollzogen wird. Eine auf die Ferne bezogene Prüfung der Sehschärfe, Skiaskopie sowie eine eventuell unter Zykloplegie durchgeführte Refraktionsprüfung decken keine Störungen der Akkommodation, Konvergenz oder der akkommodativen Konvergenz auf. Die Auswertung der vorliegenden Studienergebnisse zeigen, dass so gut wie alle teilnehmenden Kinder über eine sehr gute monokulare und binokulare Sehschärfe verfügten. Weiters hatten so gut wie alle Kinder eine hervorragende Stereopsis. Es zeigt sich zwar bei Symptome wie Augenbrennen, Anstrengung beim Lesen, Asthenopia, Unscharfsehen in Ferne und Nähe sowie Doppeltsehen ein

statistisch signifikant größerer Anteil bei Kindern mit Lesestörung, aber nicht in dem zu erwartenden Ausmaß. Ähnliches zeigte sich in einer Studie an schwedischen Schulkindern im Alter zwischen 5,8 und 9,8 Jahren. Obwohl keines der Kinder als lesegestört eingestuft wurde, berichtete etwa ein Drittel der Studienteilnehmer ähnliche Symptome im Zusammenhang mit schulischer Naharbeit. Bemerkenswert erscheint in der schwedischen Studie, dass Kinder jünger als 7,5 Jahre über keine Symptome berichteten⁹.

Der Stellenwert der binokularen Prüfung und im Speziellen der binokularen Nahsysteme wie Akkommodation, Konvergenz und akkommodative Konvergenz muss aufgrund der vorliegenden Ergebnisse besonders hervorgehoben werden. Bei normaler Fernfunktion des visuellen Systems können Funktionsstörungen der Akkommodation, der Konvergenz und der akkommodativen Konvergenz zu einer reduzierten Leseperformance führen. Reduzierte Lesegeschwindigkeit und Neigung zu sogenannten »Flüchtigkeitsfehlern« beim Lesen werden oft mit Leseübungen verbessert und können manchmal in der Volksschule gut maskiert werden. Bei steigender Anforderung an die Lesegenauigkeit wie bei Textaufgaben in der Mathematik oder Leseaufgaben in Englisch und Ähnlichem kann sich die Neigung zu Flüchtigkeitsfehlern für den betroffenen Schüler fatal in der Leistungsbeurteilung niederschlagen. Oft

spiegelt sich der von den betroffenen Kindern durchgeführte zusätzliche Übungsaufwand nicht in den Leistungsbeurteilungen wider und kann die Bildungskarriere eines Kindes negativ beeinflussen.

Trotz der Annahme, dass Störungen der Akkommodation oder der Konvergenz relativ einfach zu beheben sind, werden die notwendigen Korrekturmaßnahmen nicht in der notwendigen Häufigkeit vollzogen. Weiters ist festzustellen, dass sich zwar viele Studien mit dem Zusammenhang zwischen Lesestörung und visuellen Störungen beschäftigen, aber so gut wie keine Studien existieren, welche sich mit der Auswirkung gesetzter Korrekturen auf die Leseperformance befassen. Einige Studien setzen sich zwar mit bestimmten Aspekten des binokularen Sehens und deren Zusammenhang mit Lesestörungen auseinander, lassen aber die Prüfung aller relevanten binokularen Funktionen missen. Eine Studie aus Spanien setzt sich nur mit der akkommodativen Funktion von 87 Kindern mit Lesestörung und 32 Kindern ohne Lesestörung auseinander¹⁰. Die Ergebnisse der spanischen Studie unterstützen die vorliegende Studie und zeigen, dass Kinder mit Lesestörung assoziiert sind mit reduzierter maximaler Akkommodation. Leider blieben andere binokulare Variablen unberücksichtigt. Eine polnische Studie mit 76 Schulkindern im Durchschnittsalter von 8,75 Jahren beschäftigt sich mit akkommodativer Infaclität im Zusammenhang mit Schul- und Sportleistung¹¹. Es wurde kein Zusammenhang zwischen Störungen der Akkommodation und schulischer respektive sportlicher Leistung festgestellt, allerdings hatten die teilnehmenden Kinder keine Lese- oder Lernstörungen. Eine frühe Studie aus Dänemark¹² prüfte zusätzlich zur Refraktionsprüfung bestimmte binokulare Funktionen (Sehschärfe, Phorien, Tropien, fusionale Amplituden und Stereopsis) bei 42 Volksschülern mit reduzierter Leseperformance und 200 Normalschülern. Es wurde keine statistisch signifikante Differenz zwischen diesen beiden Gruppen gefunden. Es fehlten allerdings die Mes-

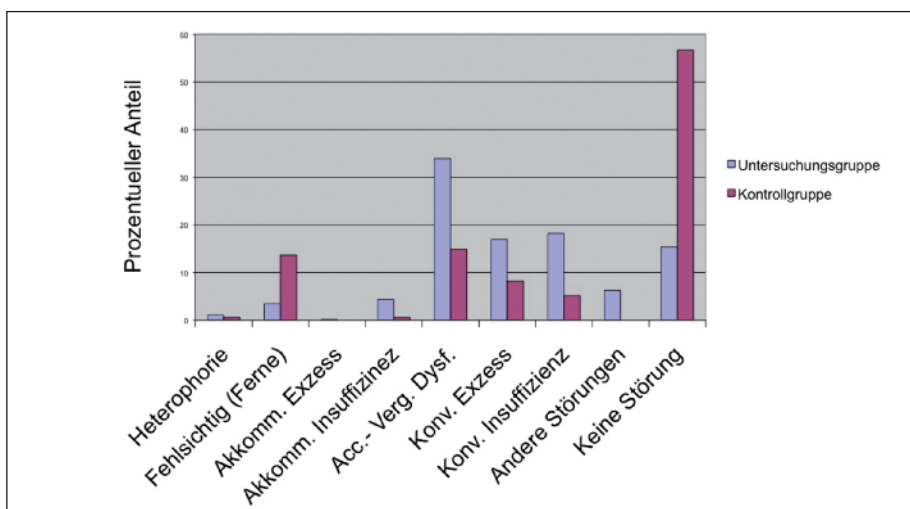


Abb. 13: Störungen der visuellen Funktion.

sungen der akkommodativen Amplitude und der akkommodativen facility sowie der convergence facility.

Dennoch gibt es nicht genug Studien, welche einen umfangreichen Messumfang zur Evaluierung der monokularen und auf die Ferne bezogenen Sehfunktionen, der binokularen und auf die Ferne bezogenen Sehfunktionen sowie der nahbezogenen Funktionen der Akkommodation, Konvergenz und akkommodativen Konvergenz berücksichtigen und mit einer ausreichenden Anzahl an Kindern mit und ohne Lesestörung durchgeführt wurden und gleichzeitig die Grundparameter der Leseperformance ermitteln. Diese Studie ist die Erste dieser Art in Österreich. Weitere Auswertungen beschäftigen sich mit dem Vergleich unterschiedlicher Korrekturen und deren Auswirkung auf die Leseperformance bei Kindern mit Lesestörung und Konvergenz Insuffizienz, Konvergenz Exzess sowie einer Dysfunktion der akkommodativen Konvergenz. ■

Literaturhinweise

1. HOFMANN, B. (1998): Lese-Rechtschreibschwäche, Legasthenie / Oldenbourg Schulbuchverlag, 2. Aufl. / 3-486-02441-8.
2. LANDERL, K., H. WIMMER, E. MOSER: SLRT Salzburger Lese- und Rechtschreibtest. Verlag Hans Huber, Hogrefe AG Bern, 2006: p. 75.
3. GOLDSTAND, S., K. C. KOSLOWE, S. PARUSH: Vision, visual-information processing, and academic performance among seventh-grade schoolchildren: a more significant relationship than we thought? *Am J Occup Ther*, 2005. 59(4): p. 377-389.
4. ETHAN, D., C. E. BASCH: Promoting healthy vision in students: progress and challenges in policy, programs, and research. *J Sch Health*, 2008. 78(8): p. 411-416.
5. CASS, H. D., P. M. SONKSEN, H. R. MCCONACHIE: Developmental setback in severe visual impairment. *Arch Dis Child*, 1994. 70(3): p. 192-196.
6. NANDAKUMAR, K., S. J. LEAT: Dyslexia: a review of two theories. *Clin Exp Optom*, 2008. 91(4): p. 333-340.
7. LEHMKUHL, S., R. P. GARZIA, L. TURNER, T. HASH, J. A. BARO: A defective visual pathway in children with reading disability. *N Engl J Med*, 1993. 328(14): p. 989-996.
8. SHOVMAN, M. M., M. AHISSAR: Isolating the impact of visual perception on dyslexics' reading ability. *Vision Res*, 2006. 46(20): p. 3514-3525.
9. STERNER, B., M. GELLERSTEDT, A. SJOSTROM: Accommodation and the relationship to subjective symptoms with near work for young school children. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2006. 26(2): p. 148-155.
10. PALOMO-ALVAREZ, C., M. C. PUELL: Accommodative function in school children with reading difficulties. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2008. 246(12): p. 1769-1774.
11. KEDZIA, B., G. TONDEL, D. PIECZYRAK, W. C. MAPLES: Accommodative facility test results and academic success in Polish second graders. *Journal of the American Optometric Association*, 1999. 70: p. 110-116.
12. BLIKA, S.: Ophthalmological findings in pupils of a primary school with particular reference to reading difficulties. *Acta Ophthalmologica*, 1982. 60: p. 927-934.
13. SNELL, R. S., M. A. LEMP (1998): *Clinical Anatomy of the Eye* / Blackwell Science Ed. 2nd / ISBN 0-632-04344-X.
14. BURDE, R. M., P. J. SAVINO, J. D. TROBE (2002): *Clinical Decisions in Neuro-Ophthalmology* / Mosby Ed. 3th / ISBN 0-323-01707-X.
15. NIEUWENHUY, R., J. VOOGD, C. VAN HUIJZEN (2008): *The Human Central Nervous System* / Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Ed. 4th / 978-3-540-34684-5.
16. SAUDE, T. (1993): *Ocular Anatomy and Physiology* / Wiley-Blackwell Ed. / ISBN-13: 978-0632035991.
17. SAUNDERS, K. J., J. F. MCCLELLAND, P. M. RICHARDSON, M. STEVENSON: Clinical judgement of near pupil responses provides a useful indicator of focusing ability in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2008. 50(1): p. 33-37.
18. ROHKAMM, R. (2003): *Taschenatlas Neurologie* / Georg Thieme Verlag, 2. Aufl. / 3-13-124192-6.
19. MAIDOWSKY, W. (1980): *Anatomie des Auges* / Neues Optikerjournal Heinz Postenrieder GmbH, 1. Aufl. / ISBN 3-9800378-0-0.
20. DUSEK, W., B. K. PIERSCIONEK, J. F. MCCLELLAND: A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. *BMC Ophthalmol*, 2010. 10: p. 16.
21. HAASE, H. J.: Binocular testing and distance correction with the Berlin Polatest (transl. Baldwin, W.). *J. Am. Optometric Assoc.*, 1962. 34: p. 115-125.
22. BAUMAN, H. E.: Use of the polatest in practice. *Ophthalmologica*, 1969. 158: p. 612-621.
23. BRAUTASET, R. L., J. A. JENNINGS: Associated phoria and the measuring and correcting methodology after H.-J. Haase (MKH). *Strabismus*, 2001. 9(3): p. 165-176.
24. BORSCH, I. M. (2002): *Clinical Refraction 1+2* / Fairchild Publications Ed. / ISBN 0-87873-008-7.
25. DIEPES, H. (1975): *Refraktionsbestimmung* / Verlag Bode GmbH & Co. KG, Pforzheim, 2. Aufl.
26. HAASE, H. J. (1999): *Winkelfehlsichtigkeiten und Fixationsdisparation* / Verlag Bodel, 1. Aufl. / ISBN 3-9800378-7-8.
27. WILLIAMS, C., K. NORTHSTONE, M. HOWARD, I. HARVEY, R. A. HARRAD, J. M. SPARROW: Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. *Br J Ophthalmol*, 2008. 92(7): p. 959-964.
28. VON NORDEN, G. K. (1979): *Atlas der Schiel-diagnostik* / Schattauer Verlag Ed. / ISBN-13: 978-3794506507.
29. GOSS, D. A.: Clinical accommodation testing. *Curr Opin Ophthalmol*, 1992. 3(1): p. 78-82.
30. ZELLERS, J. A., T. L. ALPERT, M. W. ROUSE: A review of the literature and a normative study of accommodative facility. *J Am Optom Assoc*, 1984. 55(1): p. 31-37.
31. LOCKE, L. C., W. SOMERS: A comparison study of dynamic retinoscopy techniques. *Optom Vis Sci*, 1989. 66(8): p. 540-544.
32. GALLAWAY, M., M. SCHEIMAN, K. MALHOTRA: The effectiveness of pencil pushups treatment for convergence insufficiency: a pilot study. *Optom Vis Sci*, 2002. 79(4): p. 265-267.
33. SCHEIMAN, M., M. GALLAWAY, K. A. FRANTZ, R. J. PETERS, S. HATCH, M. CUFF, G. L. MITCHELL: Nearpoint of convergence: test procedure, target selection, and normative data. *Optom Vis Sci*, 2003. 80(3): p. 214-225.
34. GALL, R., B. WICK, H. BEDELL: Vergence facility: establishing clinical utility. *Optom Vis Sci*, 1998. 75(10): p. 731-742.
35. COOPER, J., J. KENNETH, CIUFFREDA, P. B. KRUGER: Stimulus and response AC/A ratios in intermittent exotropia of the divergence-excess type. *Br J Ophthalmology*, 1982. 66: p. 398-404.
36. PEARCE, J.: The Marcus Gunn pupil. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1996. 61(5): p. 520.
37. THOMPSON, H. S., R. H. KARDON: The Argyll Robertson pupil. *J Neuroophthalmol*, 2006. 26(2): p. 134-138.
38. GOTZ-WIECKOWSKA, A., J. KOCIECKI: Bilateral Adie's syndrome in child. *Klin Oczna*, 2006. 108(10-12): p. 450-451.
39. LEVATIN, P., P. F. PRASLOSKI, M. F. COLLEN: The swinging flashlight test in multiphasic screening for eye disease. *Can J Ophthalmol*, 1973. 8(2): p. 356-360.
40. ABDI, S., A. RYDBERG: Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. *Doc Ophthalmol*, 2005. 111(2): p. 65-72.
41. BORSTING, E., M. W. ROUSE, P. N. DELAND, S. HOVETT, D. KIMURA, M. PARK, B. STEPHENS: Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry*, 2003. 74(1): p. 25-34.
42. BORSTING, E. J., M. W. ROUSE, G. L. MITCHELL, M. SCHEIMAN, S. A. COTTER, J. COOPER, M. T. KULP, R. LONDON: Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in children aged 9 to 18 years. *Optom Vis Sci*, 2003. 80(12): p. 832-838.
43. SCHEIMAN, M., S. COTTER, M. ROUSE, G. L. MITCHELL, M. KULP, J. COOPER, E. BORSTING: Randomised clinical trial of the effectiveness of base-in prism reading glasses versus placebo reading glasses for symptomatic convergence insufficiency in children. *Br J Ophthalmol*, 2005. 89(10): p. 1318-1323.