

Der Leseabstand bei Schulkindern im Alter 7 bis 14 mit und ohne Lesestörung und seine Auswirkung auf die Konvergenz

Im ersten Teil dieser Serie »Kinderoptometrie bei Kindern mit Lese- und Schreibstörung« in der Optometrie 4/2011¹ verwies ich auf die besondere Häufung von Störungen der Akkommodation, Konvergenz und der akkommodativen Konvergenz bei Kindern mit Lese- und Schreibstörung im Alter vom 7. bis 14. Lebensjahr. In dieser Studie der University of Ulster² wurden normative Daten für den Leseabstand und Schreibabstand bei Kindern im Alter vom 7. und 14. Lebensjahr evaluiert. Zweitens wird der Frage nachgegangen, ob Kinder mit Lesestörung einen anderen Leseabstand oder Schreibabstand einnehmen, verglichen mit Kindern ohne Lesestörung. Als drittes Ziel hat diese Studie die Aufgabe, zu klären, ob der gemessene Leseabstand mit anderen humanbiologischen Werten wie zum Beispiel der Armlänge im Zusammenhang steht. Und viertens soll untersucht werden, ob eventuell eine andere Lese- oder Schreibdistanz eine Auswirkung auf die Akkommodation, Konvergenz oder die akkommodative Konvergenz hat. Zu guter Letzt soll geklärt werden, ob übliche Formeln zur Berechnung von eventuell notwendigen Korrekturen von binokularen Nahstörungen (Sheard-Kriterium) bei Kindern im gleichen Maße anzuwenden sind wie bei Erwachsenen.

Grundlagen der Physiologischen Optik

Zum besseren Verständnis dieser Studie werden ein paar Grundlagen der physiologischen Optik erläutert. Je näher sich ein Objekt vor dem Augenpaar befindet, desto mehr Brechkraftzuwachs mittels akkommodativen Systems, Ziliarkörper und Augenlinse muss generiert werden, um dieses Objekt scharf auf der Netzhaut abzubilden³. Weiters müssen die beiden inneren geraden Bewegungsmuskeln der Augen innerviert werden, um eine Einwärtsbewegung zu generieren, damit sich die Sehachsen beider Augen im angeblickten Objektpunkt kreuzen und das angeblickte Objekt binokular einfach gesehen wird^{3,4}. Die aufzubringende Akkommodation, um das Objekt deutlich zu erkennen, ist von der Objektentfernung (Objekt–Auge) und von der Größe des Objektes (Buchstabengröße) abhängig^{4,5}. Üblicherweise wird der Brechwertzuwachs, also die Akkommo-

modation in Dioptrien »D« ausgedrückt, die Bezeichnung für den Gesamtwinkel der Konvergenz ist in der ISO 8429 definiert und lautet im deutschsprachigen Raum »cm/m«. International wird aber der Konvergenzwinkel, meist als »prism« oder »prism dioptr« bezeichnet. Der notwendig aufzubringende Konvergenzwinkel, um das Objekt binokular einfach zu sehen, ist einerseits von der Objektentfernung und der Pupillendistanz (PD) des Betrachters abhängig^{4,5} (Abb. 1, 2, 3). Abbildung 1 zeigt ein Augenpaar mit einer PD von 50 mm, es wird ein Objektpunkt in einem Meter Distanz angeblickt. Jedes Auge führt eine Einwärtsbewegung von 2,5 cm aus, um das angeblickte Objekt binokular einfach zu

sehen, daraus ergibt sich ein Konvergenzwinkel von 5 cm/m (5 prism). Weiters muss jedes Auge einen Akkommodationsaufwand von 1 D generieren, um das angeblickte Objekt deutlich zu sehen. In Abbildung 2 wird der Objektstand auf 50 cm verkürzt, daraus ergibt sich ein Konvergenzwinkel von 10 cm/m und ein Akkommodationsaufwand von 2 D. Bei einer weiteren Verkürzung des Arbeitsabstandes auf 25 cm

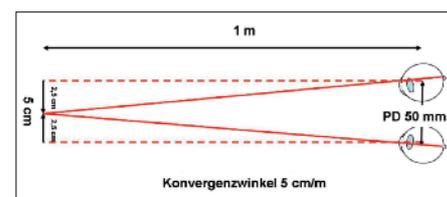


Abb. 1: Schematische Darstellung (nicht maßstabsgetreu) eines Augenpaares mit 50 mm PD. Es wird ein Objekt in einem Meter Abstand fixiert, der aufzubringende Konvergenzwinkel beträgt 5 cm/m, der Akkommodationsaufwand beträgt 1 D (Grafik: W. Dusek).

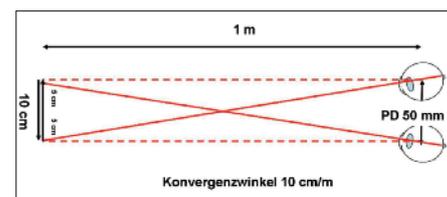


Abb. 2: Schematische Darstellung (nicht maßstabsgetreu) eines Augenpaares mit 50 mm PD. Es wird ein Objekt in 50 cm Abstand fixiert, der aufzubringende Konvergenzwinkel beträgt 10 cm/m, der Akkommodationsaufwand beträgt 2 D (Grafik: W. Dusek).



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.

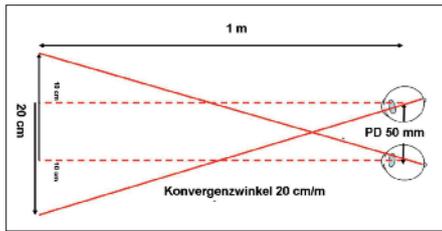


Abb. 3. Schematische Darstellung (nicht maßstabsgetreu) eines Augenpaares mit 50 mm PD. Es wird ein Objekt in 25 cm Abstand fixiert, der aufzubringende Konvergenzwinkel beträgt 20 cm/m, der Akkommodationsaufwand beträgt 4 D (Grafik: W. Dusek).

ergeben sich ein Konvergenzwinkel von 20 cm/m und ein Akkommodationsaufwand von 4 D (Abb. 3).

Für Kinder der ersten und zweiten Klasse Grundschule im Alter 6 bis 8 Jahre beginnt im Zusammenhang mit dem Erlernen des Lesens und Schreibens eine erhöhte Anforderung an die Genauigkeit der Akkommodation, der Konvergenz und der akkommodativen Konvergenz. Die Anforderungen an das Nahsystem des Augenpaares waren vor der Grundschule meist nicht in der gleichen Qualität gefordert, weil die meisten Spielobjekte des Kindes größer sind als die zu lesenden Buchstaben und weil diese meist dreidimensional sind. Zweidimensionale Buchstaben auf einem zweidimensionalen Blatt Papier sind oft schwieriger zu fusionieren als dreidimensionale Objekte⁶.

Zusammenhang zwischen Leseabstand und Akkommodation, Konvergenz sowie akkommodativer Konvergenz

Die Akkommodation, also die Fähigkeit des Auges, Objekte in unterschiedlichen Distanzen zu fokussieren, wird in Dioptrien (D) angegeben, und dies entspricht dem Kehrwert der in Metern gemessenen Objektentfernung (Leseentfernung). Es wird allgemein akzeptiert, dass Kinder in einer geringeren Objektentfernung oder besser formuliert Spiel- oder Leseentfernung arbeiten, aber trotzdem bleiben die Auswirkungen auf Akkommodation und Konvergenz meistens unbedacht.

Als Beispiel stelle man sich einen Erwachsenen vor, der in einer Entfernung zwischen 50 cm und 40 cm liest, die dazu nötige Akkommodation beträgt 2,0 D

bis 2,5 D, also eine Akkommodationsveränderung von 0,5 D. Ein Kind, welches in einer Entfernung zwischen 35 cm und 25 cm liest (malt, spielt), muss eine Akkommodation von 2,85 D bis 4,0 D aufbringen, also eine Akkommodationsveränderung von 1,15 D.

Für die zweite Nahfunktion, die Konvergenz, gilt Ähnliches. Je näher sich ein Objekt vor dem Augenpaar befindet, desto mehr Konvergenz muss aufgebracht werden, damit dieses Objekt binokular einfach gesehen wird. Der Gesamtwinkel der Konvergenz ergibt sich aber nicht nur durch die Objektentfernung, sondern auch durch die PD. Je größer der Abstand beider Augen (PD) ist, desto größer ist der nötige Konvergenzwinkel, damit ein Nahobjekt binokular einfach gesehen wird. Als Beispiel stellt man sich wieder einen Erwachsenen mit einer PD von 65 mm und einer Leseentfernung zwischen 50 cm und 40 cm vor. Für die Objektentfernung von 50 cm ergibt sich ein Konvergenzwinkel von 13 cm/m (13 prism) und für die Objektentfernung von 40 cm ergibt sich ein Konvergenzwinkel von 16,25 cm/m (16,25 prism), also eine Konvergenzänderung von 3,25 cm/m. Für ein Kind mit einer PD von 55 mm und einer Arbeitsentfernung zwischen 35 cm und 25 cm errechnet sich eine Konvergenzänderung von 6,3 cm/m.

Konvergenz Insuffizienz ist eine Störung des binokularen Sehens, welche bei Kindern mit Lesestörung häufig vorkommt⁷. Trotz der Häufigkeit dieser Binokularstörung findet sich in der wissenschaftlichen Literatur wenig Einigkeit über die Effektivität von Korrektionsmaßnahmen auf die Leseentwicklung bei Kindern mit Störungen des Erlernens des Lesens⁸⁻¹⁰. Einige Studien empfehlen die Durchführung geeigneter orthoptischer Maßnahmen (Visualtraining oder Vision Therapy¹¹⁻¹³). Andere Studien beschreiben die Benutzung von Nahkorrekturen mittels Prismen mit Basis-Innen¹⁰. Bei näherer Betrachtung der meisten Studien im Zusammenhang mit Konvergenz Insuffizienz und Lesestörung wird allerdings die Auswirkung der getroffenen Maßnahme auf die Konvergenz Insuffizienz

oder die subjektive Befindlichkeit des Betroffenen untersucht und nicht die Auswirkung auf die Leseperformance des betroffenen Kindes. Obwohl mehrheitliche Übereinstimmung darüber herrscht, dass die Durchführung eines geeigneten Visualtrainings asthenopische Beschwerden herabsetzt¹⁴⁻¹⁶ und sich die Konvergenzfähigkeit verbessert^{17,18}, muss man gleichzeitig auch zur Kenntnis nehmen, dass es sich bei dieser Maßnahme um eine sogenannte Langzeitmethode handelt^{8,14,19}. Es braucht eben einige Wochen, üblicherweise mindestens drei Monate an Durchführungszeit bis diese positiven Effekte eintreten. Die Korrektur von Konvergenz Insuffizienz mit einer prismatischen Nahkorrektur Basis-Innen führt zu einer sofortigen reduzierten Konvergenzaufbringung. Bedenkt man die Situation eines Kindes mit Lesestörung dann zeigt sich, dass die meisten dieser betroffenen Kinder bereits mit erheblichen zusätzlichen, meist auch notwendigen Arbeiten überhäuft wurden. Legasthenieunterricht, Nachhilfeunterricht, Förderstunden, Bewegungstherapiestunden und vieles mehr könnte hier genannt werden. Für zusätzliches Visualtraining, drei- bis viermal die Woche, mit einer Dauer bis zu je 20 bis 60 Minuten, fehlt dann oft die notwendige Mitarbeit des Kindes. Die »Sofortwirkung« einer prismatischen Nahkorrektur erscheint unter der Betrachtung des Zeitmanagements des Kindes mit Lesestörung als geeigneter. Allerdings erhebt sich die Frage, wie diese prismatische Wirkung zu ermitteln ist. Es gibt unterschiedliche Berechnungsmethoden zur Evaluierung einer prismatischen Korrektur zum Ausgleich einer Störung des binokularen Sehens. Das Sheard-Kriterium in Verbindung mit der Benutzung des Mallett-Tests ist international eine der weitverbreitetsten Berechnungsmöglichkeiten^{20,21}. Grundsätzlich besagt das Sheard-Kriterium für komfortables binokulares Sehen, dass die kompensierende fusionale Vergenz mindestens doppelt so groß sein sollte wie eine eventuell gemessene Phorie. Wie auch immer man zum Sheard-Kriterium stehen mag, ur-

sprünglich wurde diese Regel jedenfalls zur Korrektur von auf die Ferne bezogenen Heterophorien entwickelt, und aus heutiger Sicht ist die Frage zulässig, ob diese Art der Prismenberechnung auch zur prismatischen Korrektur von Kindern mit Konvergenz Insuffizienz herangezogen werden kann^{22, 23, 24}.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Erstellung normativer Daten für die Lesentfernung bei Schulkindern im Alter vom 7ten bis 14ten Lebensjahr, zum Zweiten gilt es herauszufinden, ob ein signifikanter Unterschied in der Lesentfernung bei Kindern mit Lesestörung verglichen mit Kindern ohne Lesestörung vorliegt, und drittens, ob es eine Berechnungsmöglichkeit zur Korrektur von Konvergenz Insuffizienz für Kinder mit Lesestörung gibt.

Teilnehmer der Studie

Es nahmen 376 Kinder im Alter von 7 bis 14 (mean 9.7 ± 1.99 Jahre) an der Studie teil. 173 Teilnehmer waren Kinder mit Lesestörung^{2,7} (Untersuchungsgruppe) und 203 Teilnehmer waren normale Schüler ohne Lesestörungen (keine schulischen Probleme) und bildeten die Kontrollgruppe. Die statistische Analyse, berechnet mit one-way ANOVA (SPSS 19), zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied des durchschnittlichen Alters und der Altersverteilung im Vergleich beider Gruppen ($p=0.24$) (Abb. 4). 132 von 376 (35%) Teilnehmern waren weiblich und 244 von 376 (65%) waren männlich. Alle teilnehmenden Kinder beider Gruppen besuchten normale Schulen (keine Sonderschulen).

Diese Studie ist Teil der PhD Thesis von Wolfgang Dusek², die Freigabe sowie die laufende Kontrolle dieser Studie wurde von der University of Ulster, Research Ethics Committee, im Einklang mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Alle Studienteilnehmer wurden vor Beginn der Messungen über den Messablauf informiert und aufgeklärt, eine Einverständniserklärung wurde unterfertigt.

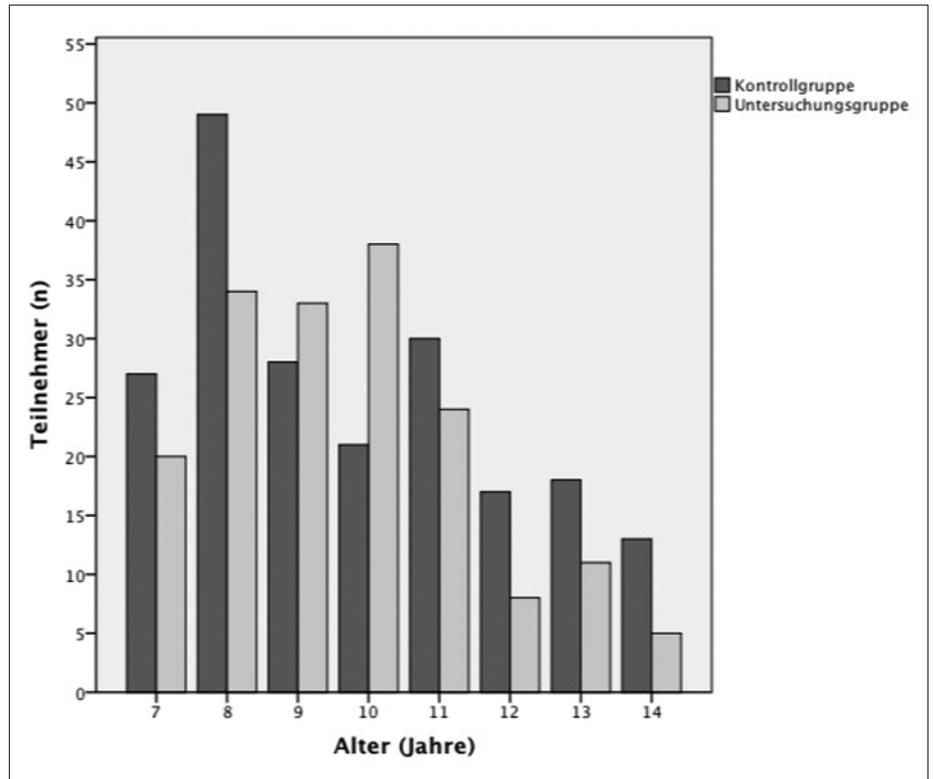


Abb. 4: Anzahl der teilnehmenden Kinder beider Gruppen in jeder Altersgruppe (Grafik: W. Dusek).

Alter

Die Kontrollgruppe von 203 Teilnehmern ohne Lesestörung hatte ein Durchschnittsalter von 9.8 ± 2.15 Jahren und die 173 Teilnehmer der Untersuchungsgruppe mit Lesestörung hatten

ein Durchschnittsalter von 9.6 ± 1.79 Jahren (Abb. 4).

Geschlecht

In der Kontrollgruppe waren 78 (38%) weibliche und 125 (62%) männliche

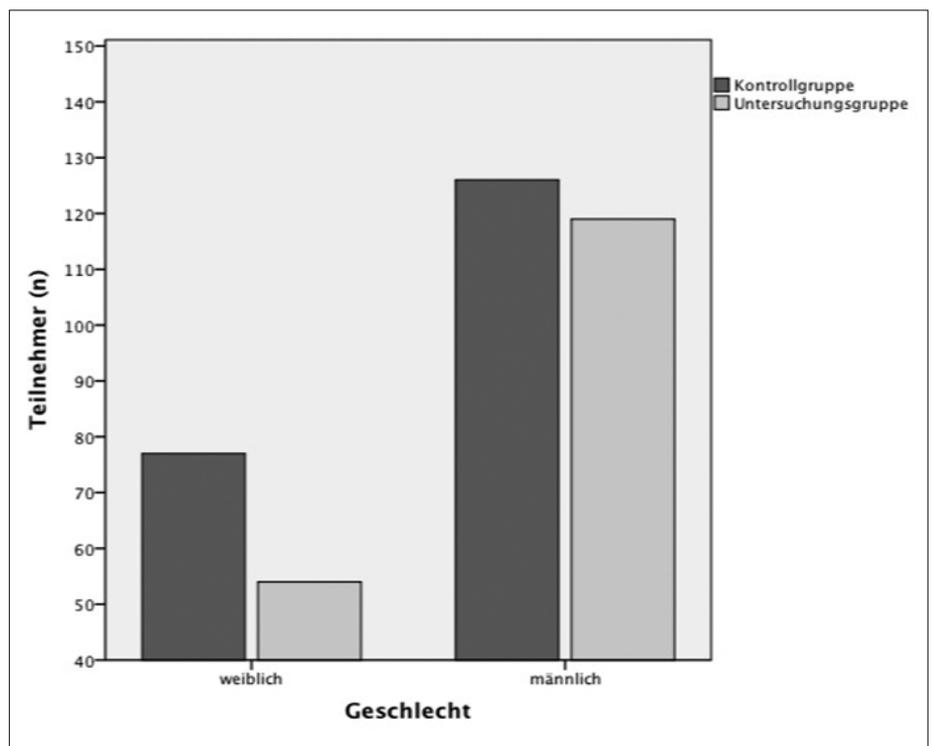


Abb. 5: Geschlechtsverteilung in beiden Gruppen (Grafik: W. Dusek).

Teilnehmer und in der Untersuchungsgruppe waren 54 (31 %) weibliche und 119 (69 %) männliche Teilnehmer (Abb. 5).

Messungen

Messablauf

Alle folgenden Messungen wurden bei jedem Studienteilnehmer in der gleichen Reihenfolge und unter standardisierten Messbedingungen vom Autor (WD) durchgeführt. Ein Elternteil des Kindes war während des gesamten Messablaufes anwesend.

Pupillendistanz (PD)

Die PD wurde mit dem Essilor Digital Corneal Reflection Principle (CRP) Pupillometer in der Ferneinstellung evaluiert, die Gesamt-PD notiert.

Ideale ergonomische Arbeitshaltung für Schulkinder

Die ideale ergonomische Arbeitshaltung bei Lese- und Schreiarbeiten ist in der Educational Furniture Standard EN1729 definiert, diese Norm ist primär für Schulmöbelhersteller und Schulausstatter bindend. Dieser Standard sieht für Schulkinder einen höhenverstellbaren Schulsessel und einen höhenverstellbaren Schultisch²⁵ oder die Auswahl von mindestens sechs unterschiedlichen fixen Schulsessel und fixen Schultischen, welche für jeden Schüler in der richtigen Kombination zusammengestellt werden, vor. Die EN1729 stellt den geringsten Standard dar, welcher für alle EU-Staaten Gültigkeit hat. Teil 1 dieser Norm (EN1729-part 1) reguliert die Größe und Form von Schulmöbeln und Teil 2 (EN1729-part 2) definiert die Anforderung an die Stabilität der Möbel. Die Furniture Industry Research Association (FIRA) evaluierte 2001 an 1500 Kindern unterschiedliche Körpermaßdaten (Körpergröße, Armlänge, Armreichweite, Sitzhöhe u. Ä.) und verglich diese Messdaten mit der vorherigen Evaluierung von 1971. Im Datenvergleich wurde unter anderem festgestellt, dass die Körpergröße um etwa 1 cm pro 10 Jahre zugenommen hat. In manchen EU-Staaten ist ein höherer Standard für



Abb. 6: Sitzposition der Studienteilnehmer während der Messung der Lese- und Schreibdistanzen (Grafik: W. Dusek).

Schulmöbel gefordert, in Österreich wird zusätzlich beim Schultisch eine bis zu 16° inkludierbare Tischfläche gefordert (ÖNORM A 1650).

Die Evaluierung der Lese- und Schreibabstände wurde bei allen Teilnehmern an einem der ÖNORM A 1650 entsprechenden höhenverstellbaren Sessel und höhenverstellbaren Tisch mit 16° inkludierter Arbeitsfläche durchgeführt, sodass jedem teilnehmenden Kind eine ideale und entspannte Sitzposition möglich war. Bei der Einstellung der Sitzhöhe wurde darauf Bedacht genommen, dass beide Füße vollflächig

am Boden standen, während sich zwischen Ober- und Unterschenkel ein Winkel von etwa 90° ergab. Rumpf und Oberschenkel nahmen ebenfalls einen Winkel von etwa 90° zueinander ein, die Tischhöhe wurde so eingestellt, dass die Arbeitsfläche bequem erreichbar war, Oberarm und Unterarm hatten in dieser Sitzposition zueinander einen Winkel von etwa 90°. Die Winkel wurden mittels eines Tafel-Dreiecks kontrolliert (Abb. 6).

Biometrischer Abstand Auge–Handfläche

Die an der Studie teilnehmenden Kinder wurden gebeten, sich seitlich gerade vor dem Prüfer aufzustellen und in die Handfläche zu blicken. Oberarm und Unterarm bildeten dabei einen Winkel von 90°, dieser wurde mittels Tafeldreieck kontrolliert. Es wurde mit einem Lasermessgerät der Abstand Auge–Handfläche gemessen und in Zentimeter (cm) notiert (Abb. 7 links).

Leseabstand

Die Teilnehmer der Studie wurden angewiesen, den Testteil »Häufige Wörter A« des Salzburger Lesetestes laut vorzulesen, der Leseabstand Auge–Lesetest wurde mittels Lasermessgerät evaluiert und in Zentimeter (gerundet) notiert (Abb. 7 rechts).

Schreibabstand

Die Wörter des Testteiles »Häufige Wörter B« des Salzburger Lesetestes wurden



Abb. 7: Das linke Bild zeigt die Körperhaltung während der biometrischen Messung Auge–Handfläche. Das rechte Bild zeigt die Körperhaltung während der Messung des Leseabstandes und des Schreibabstandes (Bilder: W. Dusek, mit schriftlicher Einwilligung des Erziehungsberechtigten).

angesagt und die Teilnehmer der Studie wurden angewiesen, die angesagten Wörter aufzuschreiben, der Schreibabstand Auge–Papier wurde mittels Lasermessgerät evaluiert und in Zentimeter (gerundet) notiert (Abb. 7 rechts).

Resultate

Alter

one-way ANOVA zeigt keine statistisch signifikante Differenz des Alters zwischen beiden Teilnehmergruppen (Kontrollgruppe n=203 mean Alter 9.8±2.15 Jahre, Untersuchungsgruppe n=173 mean Alter 9.6±1.79 Jahre) (p=0.239).

Pupillendistanz (PD)

Tabelle 1 zeigt den Durchschnittswert (mean) und die Standardabweichung (SD) der Pupillendistanz in jeder Altersgruppe beider Teilnehmergruppen. one-way ANOVA zeigt keine statistisch signifikante Differenz der PD zwischen beiden (p=0.148).

Alter (Jahre)	n	Durchschnitt und +/- SD der PD (mm)
7	47	53.60 ± 1.67
8	83	53.98 ± 1.44
9	61	54.81 ± 1.91
10	59	54.44 ± 2.07
11	54	55.48 ± 1.39
12	25	55.72 ± 1.41
13	29	55.72 ± 1.41
14	18	56.88 ± 1.67

Tab. 1: Durchschnittliche Pupillendistanz und Standardabweichung in jeder Altersgruppe in mm.

Die statistische Analyse mittels one-way ANOVA zeigt im Vergleich beider Testgruppen in keiner der untersuchten Altersgruppen einen signifikanten Unterschied zwischen dem biometrischen Abstand Auge–Handfläche, der gemessenen Lesedistanz und der gemessenen Schreibdistanz (p>0.05). Tabelle 2 zeigt die detaillierten Durchschnittswerte und Standardabweichungen der Mess-

Alter (Jahre)	n	Mean Auge–Hand +/- SD (mm)	Mean Lesedistanz +/- SD (mm)	Mean Schreibdistanz +/- SD (mm)
7	47	304.28 ± 19.12	306.13 ± 17.53	303.68 ± 21.01
8	83	306.04 ± 20.19	305.78 ± 22.38	306.75 ± 21.79
9	61	320.28 ± 19.16	321.08 ± 20.93	321.20 ± 18.85
10	59	324.29 ± 20.88	324.51 ± 21.64	323.73 ± 21.27
11	54	340.57 ± 21.23	341.13 ± 23.26	339.87 ± 22.20
12	25	349.05 ± 26.59	347.96 ± 27.96	348.48 ± 27.00
13	29	357.62 ± 22.37	359.69 ± 24.38	355.62 ± 25.94
14	18	373.98 ± 20.55	374.61 ± 22.86	372.33 ± 22.26

Tab. 2: Durchschnittswerte der biometrischen Distanz Auge–Handfläche, Lesedistanz und Schreibdistanz in jeder Altersgruppe.

werte Auge–Handfläche, Leseabstand und Schreibabstand in jeder Altersgruppe.

Lesedistanz (alle Altersgruppen)

Die statistische Analyse aller Kinder der Kontrollgruppe (n=203) ergibt einen Leseabstand von mean 326.14±31.4 mm und der Untersuchungsgruppe (n=173) von mean 327.09±28.1 mm. Independent samples t-test zeigt keine statistisch

signifikanten Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen (p=0.759 2-tailed) (Abb. 8).

Schreibdistanz (alle Altersgruppen)

Die statistische Berechnung ergibt einen Schreibabstand von mean 325.44±31.2 mm in der Kontrollgruppe (n=203) und von mean 326.25±26.7 mm in der Untersuchungsgruppe (n=173). Auch hier zeigt die statistische Berech-

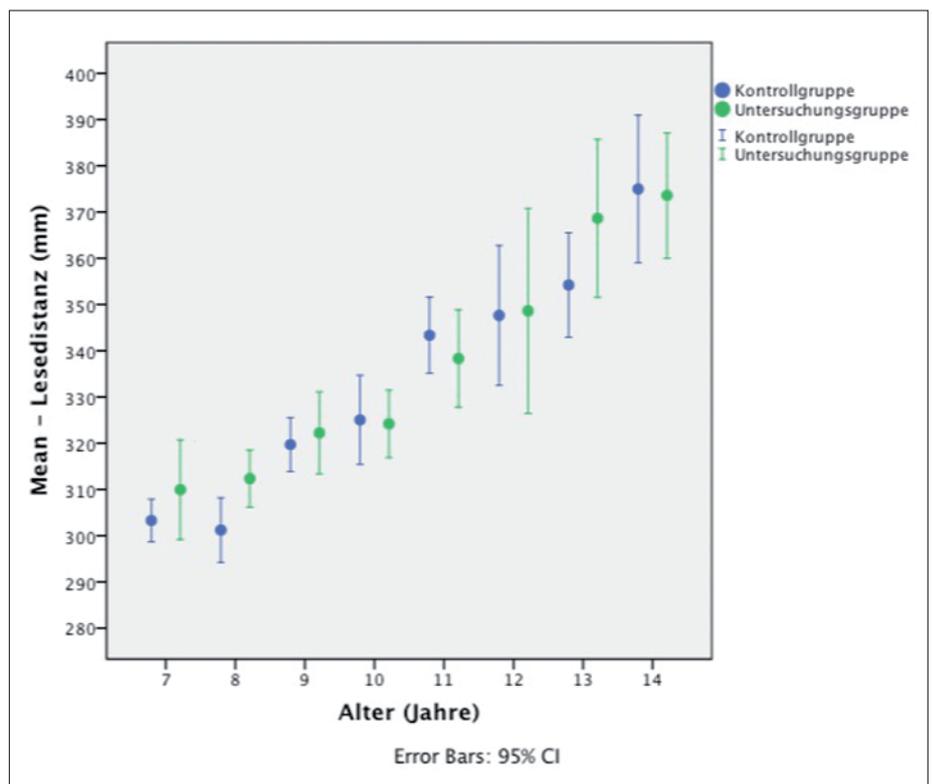


Abb. 8: Lesedistanz beider Teilnehmergruppen.

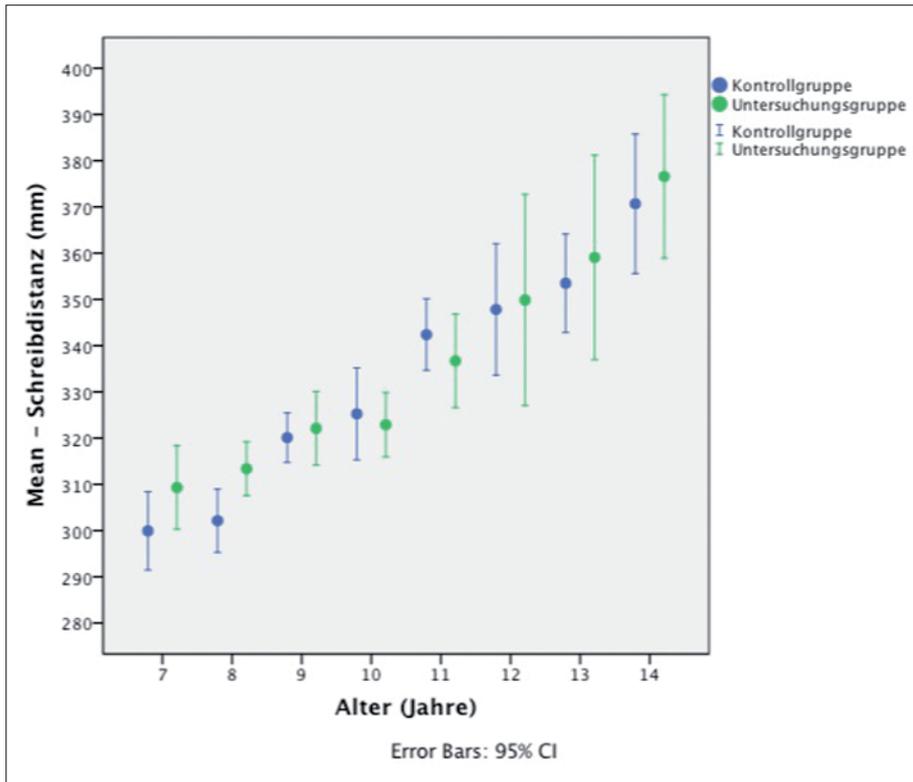


Abb. 9: Schreibdistanz beider Teilnehmergruppen.

nung mittels independent samples t-test keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0.759$ 2-tailed). (Abb. 9).

Lese- und Schreibdistanz in jeder Altersgruppe

Tabelle 3 zeigt detailliert den mean Lesedistanz und mean Schreibdistanz für jede Altersgruppe. Alle Altersgruppen,

bis auf die Altersgruppe 8 Jahre, zeigen keinen statistisch signifikanten Unterschied der Distanzen zwischen beiden Teilnehmergruppen (one way ANOVA) ($p>0.05$). Ein signifikanter Unterschied zeigt sich nur in der Altersgruppe der 8-jährigen Teilnehmer sowohl in der Lesedistanz als auch in der Schreibdistanz ($p=0.03$ und $p=0.02$) (Abb. 8 und 9).

Age	Mean Lesedistanz (mm)				p value	Mean Schreibdistanz (mm)				p value
	Kontr.	n =	Unters.	n =		Kontr.	n =	Unters.	n =	
7	303.29	27	309.95	20	0.20	299.92	27	309.30	20	0.13
8	301.22	49	312.35	34	0.03*	302.14	49	313.38	34	0.02*
9	319.71	28	322.24	33	0.64	320.10	28	322.12	33	0.68
10	325.04	21	324.21	38	0.88	325.23	21	322.89	38	0.68
11	343.36	30	338.33	24	0.43	342.40	30	336.70	24	0.35
12	347.64	17	348.62	8	0.93	347.82	17	349.87	8	0.86
13	354.22	18	368.63	11	0.12	353.50	18	359.09	11	0.58
14	375.00	13	373.60	5	0.91	370.69	13	376.60	5	0.62

Tab. 3: Vergleich des mean Lesedistanz und mean Schreibdistanz jeder Altersgruppe zwischen Kontrollgruppe und Untersuchungsgruppe. Das * Symbol zeigt den statistisch signifikanten p-value zwischen den Teilnehmergruppen.

Konvergenzaufwand nach Altersgruppen

Berechnung des Konvergenzwinkels

Der Konvergenzaufwand ergibt sich aus der Objektentfernung sowie aus dem Abstand beider Augen zueinander, der daraus resultierende Winkel beider Sehachsen zueinander ergibt den Konvergenzwinkel und errechnet sich aus der PD in Zentimeter (cm) dividiert durch den Objektabstand in meter (m). Das Resultat wird in cm/m (oder prism) ausgedrückt. In der vorliegenden Studie dienen zur Berechnung des Konvergenzwinkels die bei jedem Teilnehmer gemessene PD und die jeweiligen Lese- oder Schreibabstände. Als Beispiel ergaben sich bei einem teilnehmenden Kind eine PD von 55 mm und eine Lesedistanz von 32 cm, daraus errechnete sich ein Konvergenzwinkel von 17,18 cm/m (5,5 dividiert durch 0,32).

In vielen Lehrbüchern wird aber meist auch bei Kindermessungen von einem Messabstand zur Evaluierung der Funktion von Akkommodation, Konvergenz und akkommodativer Konvergenz von 40 cm ausgegangen oder die evaluierten Werte mit »Normalwerten« verglichen, welche in einem Nahabstand von 40 cm gemessen wurden. Dabei ergeben sich aber erhebliche Differenzen bei Akkommodations- und Konvergenzwerten. Berechnen wir den Konvergenzwinkel unseres Beispiels für den Nahabstand von 40 cm, dann ergibt sich ein Konvergenzwinkel von 13.75 cm/m (5,5 dividiert durch 0,4), also eine Differenz von annähernd 3,5 cm/m für die Bewertung des Konvergenzaufwandes.

Nachdem sich in der statistischen Berechnung im Vergleich des gemessenen biometrischen Abstandes Auge-Handfläche, Lesedistanz und Schreibdistanz keine signifikante Differenz ergab, wird für die weiteren Betrachtungen nur mit den Werten des evaluierten Leseabstandes gearbeitet. Tabelle 4 zeigt in jeder Altersgruppe die Werte des Konvergenzwinkels, basierend auf der tatsächlich gemessenen PD und des tatsächlich gemessenen Leseabstandes, sowie die Werte für den Konvergenzwinkel mit einer »Standardisierten Arbeitsentfernung« von 40 cm.

Alter (Jahre)	n	Mean PD +/- SD (mm)	Mean gemessene Lesedistanz +/- SD (mm)	Tatsächlicher Konvergenzwinkel Δ	Konvergenzwinkel für »Standardisierten Arbeitsabstand« von 40 cm Δ	Differenz zwischen tatsächlichem und »Standard 40 cm« Konvergenzwinkel Δ
7	47	53.60 ± 1.67	306.13±17.53	17.57±1.02	13.40±0.41	4.16
8	83	53.98 ± 1.44	305.78±22.38	17.75±1.40	13.49±0.36	4.25
9	61	54.81 ± 1.91	321.08±20.93	17.13±1.17	13.70±0.47	3.43
10	59	54.44 ± 2.07	324.51±21.64	16.82±0.96	13.61±0.51	3.22
11	54	55.48 ± 1.39	341.13±23.26	16.33±1.06	13.87±0.34	2.46
12	25	55.72 ± 1.41	347.96±27.96	16.25±1.16	14.07±0.54	2.18
13	29	55.72 ± 1.41	359.69±24.38	15.55±1.05	13.93±0.35	1.62
14	18	56.88 ± 1.67	374.61±22.86	15.22±0.84	14.22±0.41	1.01

Tab. 4: Mean und SD von PD, gemessener Lesedistanz, tatsächlichem Konvergenzwinkel in der gemessenen Lesedistanz, Konvergenzwinkel für einen Arbeitsabstand von 40 cm und der Unterschied des Konvergenzwinkels zwischen tatsächlichem Lesedistanz und einer Lesedistanz von 40 cm.

Berechnung der prismatischen Wirkung für dioptrische-prismatische Lesebrillen für Kinder mit Lesestörung und Konvergenz Insuffizienz

Im folgenden Beispiel wird der Betrag der prismatischen Wirkung für eine Nahbrille für ein Kind im Alter von 7 Jahren mit Lesestörung und Konvergenz Insuffizienz unter der Annahme eines AC/A Quotienten von 2:1 berechnet. Üblicherweise wird eine Konvergenz Insuffizienz als »Low AC/A Ratio Condition« gewertet und als »Low AC/A« gilt üblicherweise (sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen) ein Quotient kleiner als 2:1²⁶⁻²⁸.

Als Grundlage für die Berechnung einer prismatischen Vollkorrektur zur Korrektur von Konvergenz Insuffizienz bei Kindern mit Lesestörung fließen folgende Überlegungen ein: Ziel einer Korrektur von Konvergenz Insuffizienz bei Kindern mit Lesestörung ist die größtmögliche Unterstützung des Konvergenzsystems für die tatsächliche Arbeitsentfernung und der Arbeitsfläche des Schultisches. Der Abstand vom Auge bis Ende der Arbeitsfläche des Schultisches ergab bei allen Kindern etwa 60 cm.

Errechnet man einen Mittelpunkt (MP) aus dem Abstand Auge-Ende Arbeitsfläche (EA 60 cm) und tatsächlicher gemessener Lesedistanz LD (in unse-

rem Beispiel 30,6 cm), ergibt sich ein Abstand von 45,3 cm = 0.453 m.

Für die weitere Berechnung des Konvergenzwinkels für die Distanz MP setzt man die tatsächlich gemessene PD (cm) ein und dividiert diese durch den Abstand MP (m). Um eine mögliche Überkorrektur durch einen möglichen AC/A Quotienten von 2:1 zu vermeiden, zieht man den daraus resultierenden Winkel ab.

Beispiel:
 $PD(cm) / MP (m) - (2x(1/MP)) =$
 $5,36/0,453 - (2x(1/0,453)) =$
 $11,83 - 4,42 = 7,42 \Delta$

Tabelle 5 zeigt die Durchschnittswerte in jeder Altersgruppe, welche mit dieser Formel berechnet wurden.

Diskussion

Die durchgeführte Literaturrecherche zeigt auf, dass sich nur sehr wenige wissenschaftliche Arbeiten mit dem Leseabstand (Arbeitsabstand,

Schreibabstand) bei Schulkindern auseinandersetzen^{29, 30}. Rosenfield et al. (2001) zeigen in ihrer Studie eine durchschnittliche Lesedistanz bei Kindern im Alter von 7 bis 10 von 26.8 ± 0.95 cm 7-jährig, 27.6 ± 0.83 cm 8-jährig, 26.3 ± 0.5 cm 9-jährig und 27.8 ± 0.96 cm 10-jährig. Rouse et al. (2001) zeigen eine durchschnittliche Arbeitsdistanz von 33,5 cm bei Kindern im Alter von 7 bis 14 Jahre. All diese Messresultate sind deutlich geringer als eine angenommene Lesedistanz von 40 cm für Schulkinder dieses Alters³¹.

Die Ergebnisse dieser Studie führen zu vier wesentlichen Schlussfolgerun-

Alter (Jahre)	n	Mittelpunkt-entfernung (mm)	Prismatische Korrektur neu Δ
7	46	0.453	7,42
8	83	0.453	7.50
9	61	0.463	7.44
10	59	0.471	7.32
11	54	0.474	7.49
12	25	0.474	7.54
13	29	0.480	7.44
14	18	0.488	7.57

Tab. 5: Durchschnittliche prismatische Vollkorrektur je Altersgruppe.

gen. Zum Ersten wurde durch die biometrische Messung des Abstandes Auge–Handfläche (Abb. 7, linkes Bild) eine einfache Möglichkeit zur Ermittlung der Lesedistanz eines Kindes ohne Vorhandensein eines normgerechten Schultisches oder Schulsessels erarbeitet, denn dieser Abstand ist statistisch gleich dem tatsächlichen Leseabstand und dem tatsächlichen Schreibabstand.

Zweitens wurden die tatsächlichen Lese- und Schreibabstände bei Kindern von 7 bis 14 Jahren evaluiert, und diese Distanzen sind deutlich geringer als eine angenommene standardisierte Lesedistanz von 40 cm. Dies stellt für weitere wissenschaftliche Arbeiten manche »Normalwerte« der Akkommodation, Konvergenz und akkommodativen Konvergenz, mit welchen die individuell gemessenen Messwerte von Probanden verglichen werden sollen, in Frage.

Drittens ergab sich beim Vergleich von Kindern mit Lesestörung gegenüber Kindern ohne Lesestörung aus den Ergebnissen der Lesedistanz und der Schreibdistanz kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen. Ein zu großer oder zu geringer Leseabstand ist also demzufolge keine Auffälligkeit oder ein Hauptmerkmal einer Lesestörung. Abweichende Lese- und Schreibabstände kommen statistisch bei Kindern mit Lesestörung genauso oft vor wie bei Kindern ohne Lesestörung.

Und viertens zeigt eine neue Kalkulation einer prismatischen Vollkorrektur zur Nahversorgung bei Kindern mit Konvergenz Insuffizienz und Lesestörung, dass im Alter von 7 bis 14 mit einem Wert von 8 cm/m Basis innen (rechts und links aufgeteilt) korrigiert werden kann. Prismatische Lesebrillen mit Basis innen zur Korrektur von Konvergenz Insuffizienz basierend auf der Berechnung nach dem Sheard-Kriterium führen zu deutlich geringeren Werten, meist zwischen 1 cm/m bis 4 cm/m Basis innen (rechts und links aufgeteilt)^{9,24,32}. Die mittels Sheard-Kriterium evaluierten prismatischen Werte führten bei Konvergenz Insuffizienz zu keiner Verbesserung der in einem Fragebogen ermittelten Befindlichkeiten der

Studienteilnehmer gegenüber einer Placebo-versorgten Gruppe³³.

In einer weiteren Studie (nächste Ausgabe) wird bei Kindern mit Konvergenz Insuffizienz und Lesestörung die Auswirkung unterschiedlicher Korrekturen auf die Lesegeschwindigkeit und auf die Lesefehlerhäufigkeit geprüft. Eine Gruppe von Kindern versorgt mit einer prismatischen Lesebrille mit 8 cm/m (rechts und links aufgeteilt), eine weitere Gruppe versorgt mit Visual Training und eine Kontrollgruppe ohne optometrische Versorgung werden miteinander verglichen und die Ergebnisse präsentiert. ■

Literaturhinweise:

1. DUSEK, W.: Störungen visueller binokularer Fern- und Nahfunktionen bei Schulkindern mit und ohne Lese- und Schreibstörung in Österreich. 2011, WVAO-Optometrie 4, 0030-4123 G13683 p. 18–28
2. DUSEK, W.: Treatment of Binocular Vision Anomalies that Underlie Reading and Writing Difficulties, in Life and Health Science. 2012, University of Ulster: Coleraine. p. 302.
3. MAIDOWSKY, W. (1980): Anatomie des Auges / Neues Optikerjournal Heinz Postenrieder GmbH Ed. 1st / ISBN 3-9800378-0-0
4. SNELL, R. S. and LEMP M. A. (1998): Clinical Anatomy of the Eye / Blackwell Science Ed. 2nd / ISBN 0-632-04344-X
5. DIEPES, H. (1975): Refraktionsbestimmung / Verlag Bode GmbH. & Co. KG, Pforzheim Ed. 2nd Book
6. HAASE, H. J.: Binocular testing and distance correction with the Berlin Polatest (transl. Baldwin, W.). 1962, J. Am. Optometry Assoc. 34, p. 115–125
7. DUSEK, W., PIERSCIONEK, B. K. and MCCLELLAND J. F.: A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. 2010, BMC Ophthalmol 10, p. 16
8. COOPER, J. and FELDMAN, J.: Reduction of symptoms in binocular anomalies using computerized home therapy-HTS. 2009, Optometry 80(9), p. 481–486
9. SCHEIMAN, M., COTTER, S., ROUSE, G. L., MITCHELL, M., KULP, M., COOPER, J. and BORSTING, E.: Randomised clinical trial of the effectiveness of base-in prism reading glasses versus placebo reading glasses for symptomatic convergence insufficiency in children. 2005, Br J Ophthalmol 89(10), p. 1318–1323
10. STAVIS, M., MURRAY, M., JENKINS, P., WOOD, R., BRENHAM, B. and JASS, J.: Objective improvement from base-in prisms for reading discomfort associated with convergence insufficiency type exophoria in school children. 2002, Binocul Vis Strabismus Q 17(2), p. 135–142
11. COHEN, A. H. and SODEN, R.: Effectiveness of visual therapy for convergence insufficiencies for an adult population. 1984, J Am Optom Assoc 55(7), p. 491–4
12. BOWAN, M. D.: Learning disabilities, dyslexia, and vision: a subject review--a rebuttal, literature review, and commentary. 2002, Optometry 73(9), p. 553–575
13. GRISHAM, J. D.: Visual therapy results for convergence insufficiency: a literature review. 1988, Am J Optom Physiol Opt 65(6), p. 448–54
14. COOPER, J. and DUCKMAN, R.: Convergence insufficiency: incidence, diagnosis, and treatment. 1978, J Am Optom Assoc 49(6), p. 673–680
15. COOPER, J. and FELDMAN, J.: Operant conditioning of fusional convergence ranges using random dot stereograms. 1980, Am J Optom Physiol Opt 57(4), p. 205–213
16. ABDI, S. and RYDBERG, A.: Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. 2005, Doc Ophthalmol 111(2), p. 65–72
17. SCHEIMAN, M., ROUSE, M. W., KULP, M. T., COTTER, S. A., HERTLE, R. and MITCHELL, G. L.: Treatment of convergence insufficiency in childhood: a current perspective. 2009, Optom Vis Sci 74, p. 25–34
18. CITTSG, Convergence Insufficiency Treatment Trail Study Group. Randomized clinical trial of treatment for symptomatic convergence insufficiency in children. 2008, Acta Ophthalmologica 126, p. 420–428
19. COOPER, J., SELENOW, A., CIUFFREDA, K. J., FELDMAN, J., FAVERTY, J., HOKODA, S. C. and SILVER, J.: Reduction of asthenopia in patients with convergence insufficiency after fusional vergence training. 1983, Am J Optom Physiol Opt 60(12), p. 982–989
20. O'LEARY, C. I. and EVANS, B. J.: Double-masked randomised placebo-controlled trial of the effect of prismatic corrections on rate of reading and the relationship with symptoms. 2006, Ophthalmic Physiol Opt 26(6), p. 555–565
21. WORELL, BURTON, HIRSCH, MONROE, and MORGAN: An evaluation of prism prescribed by Sheard's criterion. 1971, American Journal of Optometry, p. 373–375
22. GOERSCH, H., KRUGER, R., STOLLENWERK, G. and WULFF, U.: Is determination of fixation disparity with the H.-J. Haase measurement and correction method reliable? 2000, Klin Monbl Augenheilkd 217(5), p. 312–314
23. HAASE, H. J. (1999): Winkelfehlsichtigkeiten und Fixationsdisparation / Verlag Bodel Ed. 1st / ISBN 3-9800378-7-8
24. O'LEARY, C. I. and EVANS, B. J.: Double-masked randomised placebo-controlled trial of the effect of prismatic corrections on rate of reading and the relationship with symptoms. 2006, Ophthalmic Physiol Opt 26(6), p. 555–565
25. BREITHECKER, D.: »Federal Working Group on the Development of Posture and Exercise« (Registered Association) on the ergonomic design of pupils' work places. 2000, Handlungs- und Bewegungsförderung, Wiesbaden, Germany

26. DUSEK, W., PIERSCIONEK, B. K. and MCCLELLAND, J. F.: Prismatic correction of convergence insufficiency in a group of European school children with reading difficulties. 2011, European Academy of Optometry and Optics, Prague, Research Poster
27. SCHEIMAN, M. and WICK, B. (2002): *Clinical Management of Binocular Vision* / Lippincott Williams & Wilkins Ed. 2nd 2 / ISSN 0-7817-3275-1
28. BIRNBAUM, M. H.: *Optometric Management of Nearpoint Vision Disorders*. 1993, Butterworth-Heinemann 416, ISBN 0-7506-9193-x
29. ROSENFELD, M., WONG, N. N. and SOLAN, H. A.: Nearwork distances in children. 2001, *Ophthalmic Physiol Opt* 21(1), p. 75–76
30. ROUSE, M. W., HUTTER, R. F. and SHIFLETT, R.: A normative study of the accommodative lag in elementary school children. 1984, *Am J Optom Physiol Opt* 61(11), p. 693–7
31. RAH, M. J., WALLINE, J. J., LYNN MITCHELL, G. and ZADNIK, K.: Comparison of the experience sampling method and questionnaires to assess visual activities in pre-teen and adolescent children. 2006, *Ophthalmic Physiol Opt* 26(5), p. 483–489
32. SCHEIMAN, M., MITCHELL, G. L., COTTER, S., COOPER, J., KULP, M., ROUSE, M., BORSTING, E., LONDON, R. and WENSVEEN, J. (2005): A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children / Ed. 123
33. SCHEIMAN, M., MITCHELL, G. L., COTTER, S., COOPER, J., KULP, M., ROUSE, M., BORSTING, E., LONDON, R. and WENSVEEN, J.: A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. 2005, *Arch Ophthalmol* 123(1), p. 14–24
-