

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde
Direktor: Prof. Dr. G. Richard

**Augenfunktionsprüfungen bei sechs- und siebenjährigen Kindern
in der Stadt Hamburg**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

dem Fachbereich der Medizin der Universität Hamburg vorgelegt von
Norina Weber aus Hamburg

Hamburg 2007

Angenommen von dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg am:

Veröffentlicht mit der Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
Hamburg

Prüfungsausschuss: die/der Vorsitzende:

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in:

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in:

gewidmet meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Arbeitshypothese und Fragestellung	6
2. Einleitung	7
2.1 Sehschärfe	7
2.1.1 Definition der Sehschärfe	7
2.1.2 Definition der Stereosehschärfe	7
2.2 Reihenuntersuchungen	8
2.3 Lebensalter und Entwicklung der Sehschärfe	10
2.4 Strabismusprävalenz	12
2.5 Psychologische Aspekte bei Kindern	13
2.6 Fragestellungen und Hypothesen dieser Arbeit	14
3. Probanden und Methoden	17
3.1 Probanden	17
3.2 Untersuchungsmethoden	19
3.2.1 Verwendete Tests	19
3.2.2 Untersuchungsraum	32
3.2.3 Durchführung der Messungen	33
3.3 Allgemeine Methodik	35
3.3.1 Sehschärfewerte und deren Skalierung	35
3.3.2 Schwellenwertbestimmung	37
3.3.3 Mittelwertbildung	38
4. Ergebnisse	39
4.1 Ergebnisse der Visusprüfung	41
4.1.1 Einzeloptypen monokular rechts (Eod)	41
4.1.2 Einzeloptypen monokular links (Eos)	42
4.1.3 Einzeloptypen binokular (Ebin)	43
4.1.4 Reihenoptotypen monokular rechts (Rod)	44
4.1.5 Reihenoptotypen monokular links (Ros)	45
4.1.6 Reihenoptotypen binokular (Rbin)	46
4.2 Ergebnisse des Stereosehens	48

4.3	Ergebnisse der Heterophorien	50
4.4	Ergebnisse der Heterotropien	50
4.5	Ergebnisse der Amblyopien	50
4.6	Ergebnisse der Refraktion.....	50
4.6.1	Myopie	51
4.6.2	Hyperopie.....	52
4.6.3	Myopie, Hyperopie, Astigmatismus und Anisometropie	53
4.7	Ergebnisse der Probanden in Gruppe 2.....	54
4.8	Vergleiche innerhalb der Gruppe 1	55
4.8.1	Vergleich der Sehschärfe des rechten mit der des linken Auges	55
4.8.2	Vergleich der Sehschärfe des rechten Auges mit der binokularen Sehschärfe.....	57
4.8.3	Vergleich der Sehschärfe für Einzeloptotypen mit der für Reihen- optotypen	59
4.9	Vergleiche Gruppe 1 mit Gruppe 1+2	61
4.10	Vergleiche mit anderen Untersuchungen	62
4.10.1	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit 6 und 7jährigen einer ländlichen Region in Mecklenburg-Vorpommern (<i>HEINS</i>)	62
4.10.2	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen bei 9-11jährigen in der Stadt Hamburg (<i>STAIGER</i>)	63
4.11	Validierung der Tests	65
5.	Diskussion	68
6.	Zusammenfassung	80
7.	Anhang	82
	Tabellenverzeichnis	82
	Abbildungsverzeichnis	83
	Literaturverzeichnis	84
	Lebenslauf	94
	Erklärung.....	95

1. Arbeitshypothese und Fragestellung

Diese Arbeit umfasst eine gründliche Augenfunktionsprüfung bei 6 und 7jährigen Kindern der ersten und zweiten Schulklasse, sowie der Vorschule. Sie enthält die Prüfung der Sehschärfe und zwar sowohl die mon- als auch die binokulare für Einzel- und Reihenoptotypen, wie auch die Prüfung des räumlichen Sehens, des Richtungssehens und der Augenbeweglichkeit der Kinder mit verschiedenen Tests. Die verwendeten Sehzeichen, die Landoltringe in Einzelposition wie auch in Reihe, wurden bereits validiert, jedoch für dieses Alter noch nicht mit der heute international geforderten Schwellenbestimmung von knapp über 50% richtigen (und von der Ratewahrscheinlichkeit korrigierten) Werten. Wir haben uns entschieden, viele Sehtests durchzuführen, um physiologische Bezugswerte zu erhalten, damit gesund und krank mit möglichst geringer Überlappung zu trennen ist.

Ziel dieser Untersuchung ist es aufzuzeigen, welche Sehschärfe und welche binokularen Leistungen augengesunde Kinder im Alter von 6-7 Jahren erreichen. Die Kenntnis physiologischer Werte ist zur Abgrenzung zur Pathologie unbedingt erforderlich. Die bisher verfügbaren Daten wurden zumeist in Kliniken oder Augenarztpraxen ermittelt und sind deshalb wahrscheinlich bereits durch funktionsmindernde Faktoren beeinflusst. Hinzu kommen methodische Prüfprobleme durch die unterschiedlichen verwendeten Sehzeichen.

Ebenso soll die Prävalenz von besonders häufigen und in der Kindheit als Risikofaktoren für Sehschwächen bekannten Augenerkrankungen, wie Refraktionsanomalien (Myopie, Hyperopie, Astigmatismus, Anisometropie), sowie Heterophorien und Heterotropien (Strabismus) als Nebeneffekt dieser Untersuchungen abgeschätzt werden.

Außerdem werden Vergleiche mit anderen Untersuchungen durchgeführt. Es soll untersucht werden, ob es einen signifikanten Unterschied der Sehschärfe für Kinder des gleichen Alters in der Stadt Hamburg und einer ländlichen Region Mecklenburg-Vorpommerns (*HEINS*) gibt. In Mecklenburg könnte die ehemals wirksame Vorsorge noch nachwirken. Falls ja, sollte es dort weniger Sehschwächen und evtl. auch weniger Schiefälle geben.

Ebenso soll geprüft werden, ob ein signifikanter Unterschied der Sehschärfe zur nächst höher untersuchten Altersgruppe, den 9-11jährigen (*STAIGER*), vorhanden ist.

2. Einleitung

2.1 Sehschärfe

2.1.1 Definition der Sehschärfe

Unter Sehschärfe verstehen wir das anguläre Auflösungsvermögen, welches definiert wird, als Fähigkeit zwei dicht beieinander liegende Punkte als getrennte Objekte wahrzunehmen. Die Sehschärfe ist der Kehrwert der Auflösungsschwelle, die den minimalen Winkel der zwei auseinander liegenden Punkte darstellt. Als Visus, der in Winkelminuten angegeben wird, bezeichnet man den Kehrwert des minimalen Seh winkels. Zur vergleichbaren Messung des Visus wurde 1909 ein internationales Standardsehzeichen, der Landoltring, eingeführt. Mit ihm kann die klinische Sehschärfe bestimmt werden.

Das **Minimum separabile (MAR)**, das auch als anguläre Sehschärfe oder Visus bezeichnet wird, dient als Testgrundlage dieser Arbeit. Es wird der kleinste Seh Winkel angegeben unter dem zwei Objekte noch getrennt voneinander wahrgenommen werden können. Wir geben den Visus laut Definition als Kehrwert des Seh winkels in Winkelminuten an.

2.1.2 Definition der Stereosehschärfe

Binokulares Sehen wird von den meisten Menschen mit räumlichem Sehen gleichgesetzt. Dies ist sehr verkürzt und lässt z.B. das gemeinsame Richtungssehen, den Vorteil der binokular kürzeren Reaktionszeit, außer Acht. Obwohl wir aus beiden Augen Informationen erhalten, ermöglicht uns das binokulare Sehen, die Wahrnehmung unserer Umwelt als ein einziges Bild.

Beide Augen fixieren ein Objekt. Alle, auf korrespondierende Netzhautstellen fallende, Objektpunkte werden einfach gesehen. Alle diese Objektpunkte liegen auf einer imaginären gekrümmten Linie, die als Horopter bezeichnet wird.

Liegen Objekte näher/ferner oder oberhalb/unterhalb des Horopters, wird das Objekt auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen der Augen abgebildet. Die leicht unterschiedlich lokalisierten Bilder die entstehen, bezeichnet man als querdysparate Abbildungen. Durch diese kommt es zu einer Tiefenwahrnehmung.

Das querdysparate Tiefensehen nimmt aus geometrischen Gründen, bedingt durch den Augenabstand, mit der absoluten Entfernung der Objekte ab. Die Querdysparation kommt jenseits einer Entfernung des 7000fachen Pupillenabstandes von ca. 420 m nicht mehr zum Tragen [71].

2.2 Reihenuntersuchungen

Zur Prüfung der Sehschärfe kommt das Standardsehzeichen, der Landoltring, zur Anwendung. Es kommen aber auch andere Sehzeichen zur Verwendung, beispielsweise die Snellen-Haken. Weniger exakt sind Zahlen, Buchstaben oder Zeichnungen. In Frankreich findet das Goldmann-Sehzeichen, dort bekannt als Foulcault-Zeichen, Verwendung [32]. *WESEMANN* [102] führte eine Sehschärfebestimmung mit dem Freiburger Visustest (FVT), einer Landoltring-Tafel mit vier Orientierungen, und der Bailey-Lovie-Tafel durch. Ergebnis dieser Studie ist eine Äquivalenz von FVT und Landoltring-Tafel.

Bei Kleinkindern und Säuglingen prüft man das Vorhandensein von Sehstörungen mit dem Verfahren des Preferential Looking. Bei dieser Untersuchung mit Gittermustern lässt die Reaktion des Kindes bei unterschiedlicher Streifenbreite erste Rückschlüsse auf die Sehschärfe zu. Die Sehschärfe ist im Kindesalter für Streifenmuster etwas besser als für Landoltringe.

Im ersten Lebensjahr bevorzugen Kinder strukturierte optische Reize gegenüber homogenen unstrukturierten [26, 27], bei beiden handelt es sich um die gleiche Helligkeit. Die Prüfung erfolgt mit sogenannten Teller-Acuity-Cards. Diese sind graue Papptafeln, die einseitig mit schwarz-weißen Streifen versehen sind. Mit dieser Methode erhält man zuverlässige Ergebnisse, sie ist eine gute Grundlage zur Ermittlung der Sehschärfe bei Kleinkindern [13, 14, 86]. Im Alter von 6-16 Monaten reagieren Kinder besonders auf diesen Test. Im Alter von 2,5-6 Jahren werden häufig der Kolt-Test nach *LITHANDER* (1984) oder der davon abgeleitete H-Test nach *HOHMANN und HAASE* angewendet. *LITHANDER* fand in ihrer Studie heraus, dass bei gleichgroßen Optotypen die Sehzeichen des Kolt-Tests etwas leichter zu erkennen waren als der Landoltring [7].

OPPEL [8] prüfte (1964) bei 3-6jährigen mit dem Einzeloptotyp E-Haken. Der E-Haken ist aufgrund seiner drei parallelen Balken bereits ein Gittermuster von drei Perioden. Diese Periodik erlaubt bei Amblyopie eine gewisse Summation und damit besseren Visus als für Einzelsehzeichen.

Es wurden in den letzten Jahrzehnten viele Reihenuntersuchungen zur Ermittlung der Sehschärfe durchgeführt. Jedoch ist ein Vergleich dieser Untersuchungen aus vielfältigen Gründen nicht möglich. Zum einen schwanken die Altersgruppen, auch die Anzahl der Probanden schwankt und liegt zwischen 67 und 24000, aber vor allem finden sich viele unterschiedliche Untersuchungsmethoden.

SLATAPER [90] untersuchte 1950 mittels E-Haken sowie *OPPEL* [68] 1964, *FRANCESCHETTI* [23] 1966, *KÖHLER und STIGMAR* [51] 1978 und *JENSEN und GOLDSCHMIDT* [47] 1986. *DE DECKER und TESSMER* [11] 1973 mit dem Abdecktest nach Holland. *SCHÜTTE, GROTEN, LEYMANN und LIZIN* [85] 1976 mit Löhleinschen Kindertafeln und Abdecktest in 30 cm Entfernung. *HAASE und MÜHLIG* [30] untersuchten 1979 Sehschärfe, räumliche Wahrnehmung und Heterophorie mit dem R-5-Gerät der Firma Rodenstock. *LAATIKAINEN und ERIKKLÄ* [53] prüften 1980 mit Snellen-Tafeln und Covertest, 1995 verwendeten auch *TURACLI, AKTAN und DÜRÜK* [97] Snellen-Tafeln. *FRISËN und FRISËN* [25] prüften 1981 anhand von Buchstaben. 1983 untersuchte *LITHANDER* [56] mit eigens

entwickelten geometrischen Figuren wie Kreuz, Kreis, Viereck und Dreieck. Diese Figuren stimmen in Gesamtgröße und Strichbreite jeweils mit den vergleichbaren Größen eines Landoltringes überein. *HAASE* [27] untersuchte 1986 den Fernvisus mit Landoltringen für Einzeloptotypen, *STUKENBROCK* [96] mit derselben Methodik 1988. Ebenfalls 1988 prüfte *STUKENBROCK* [96] mit dem Gittervisus für die Ferne. *HOHMANN* [44] untersuchte 1990 mittels C-Test also mit Landoltringen sowohl Einzel- als auch Reihenoptotypen. *CARL* [5] 1994 verwendete Landoltringe für den Nahvisus Reihenoptotypen (C-Test), R-5-Gerät, Cover-Test und Titmus-Test. *KÖNIG* [52] untersuchte 1994 mit R-5-Gerät, Lang-Test, DeKa-Stereotest, 4-Prismendioptrien-Basis-Aussen-Test, Abdecktest für Ferne und Nähe, Skiaskopie, Fixationsprüfung. *HAUTZINGER und HAASE* [34] verwendeten 1997 einen Computersehtest und den C-Test als Auflichttafeln. *STAIGER* [93] untersuchte 2000 mittels C-Test, Computertest, Lang-Test und Cover-Test. 2001 untersuchte *HEINE* [36] mit C-Test, Lang-Test, Sheridan-Gardiner-Buchstabentest, Cover-Test und Skiaskopie. *EGGERT* [18] verwendete 2003 auch ein Computerverfahren. *DONNER* [16] untersuchte 2005 mit C-Test, Lang-Test, Titmus-Test, Cover-Test und Bagolini-Test. Die seit *HAUTZINGER et al.* benutzte Methodik behielten wir für diese Arbeit bei (siehe Abschnitt Methoden).

Es ist ersichtlich, dass in den letzten Jahren durch verschiedene Tests innerhalb einer Untersuchung die Bandbreite der Untersuchungen zunimmt. Wir wollen mehr als Sehschärfe prüfen. Dies dient dazu, mit Sicherheit die Kranken innerhalb der Probanden zu finden. Nur so ist eine physiologische Bandbreite der Sehschärfe zu bestimmen. Außerdem entsprach die frühere Abfragemethode, die vielfach verwendet wurde, nicht den heutigen Forderungen nach Schwellenwertbestimmung.

2.3 Lebensalter und Entwicklung der Sehschärfe

Der Einfluss des Lebensalters auf die **Sehschärfe** ist prinzipiell seit langem bekannt. Das Auflösungsvermögen entwickelt sich in den ersten Lebensmonaten sehr schnell. Die Sehschärfe Neugeborener liegt in der Größenordnung 0,01 (Preferential Looking Verfahren). Die Sehschärfe verzehnfacht sich bis zum Alter von 6 Monaten auf 0,1, für die nächste Verzehnfachung werden etwa 14 Jahre benötigt [27]. Bis 12 Monaten steigt die Sehschärfe auf etwa 0,25 - 0,3 [13, 14, 15, 25]. In den ersten beiden Lebensjahrzehnten kommt es zu einem Anstieg der Sehschärfe und danach wahrscheinlich zu einer Stabilität für etwa 2-3 Jahrzehnte, danach zu einem Abfall, der jenseits des 6. Lebensjahrzehnts noch markanter wird [25].

Auf der Suche nach einem Normwert für die Sehschärfe haben *FRISÈN und FRISÈN* [25] in einer Untersuchung von 1981 klare Untersuchungskriterien festgelegt, die auch Grundlage dieser Arbeit sind, um nur eine Aussage über die Sehschärfe augengesunder Probanden zu machen. Sie untersuchten 100 augengesunde Probanden im Alter von 10 bis 75 Jahren und stellten einen Anstieg des Visus bis zum 25. Lebensjahr und einen anschließenden Abfall, der sich nach dem 60. Lebensjahr noch verstärkte, fest. Mit 1,77 für 25-Jährige lag der Visus deutlich über 1,0.

Die 4-5-jährigen erreichen einen Visus von 1,0 – 1,25, etwa 90% der Kinder arbeiten mit [63].

Anlehnend an die Untersuchungskriterien von *FRISÈN und FRISÈN* [25] wurden verschiedene Altersgruppen untersucht.

STAIGER [93] untersuchte zwei Probandengruppen, sie erhielt für die 6-7-jährigen einen monokularen Einzeloptotypenvisus von 1,31 und für die 9-11-jährigen einen Visus von 1,52. *DONNER* [16] untersuchte ebenfalls 2 Altersgruppen, für die 12-14-jährigen erhielt sie einen Visus von 1,56 und für die 15-17-jährigen einen Visus von 1,63. Bei den 12-14-jährigen ermittelte *EGGERT* [18] einen monokularen Einzeloptotypenvisus von 1,62 (für das linke Auge). *CHANG* [8] untersuchte die 15-19-jährigen und ermittelte einen monokularen Einzeloptotypenvisus von 1,72. *HAUTZINGER* [34] erhielt bei einer Untersuchung von 100 Probanden im Alter von 20 bis 30 Jahren einen Visus von 1,61.

Viele Autoren sind sich einig, dass es nach der Geburt zu einem raschen Anstieg der Sehschärfe kommt [6, 42, 59, 60].

Über das Alter, bei dem das Auflösungsvermögen seinen Höhepunkt erreicht, herrschen allerdings unterschiedliche Meinungen. Nennt *FRISÈN und FRISÈN* [25] das Alter von 25 Jahren, sind *PICK und PICK*, sowie *PITTS* der Meinung, dass der höchste erreichbare Visuswert zu Beginn der Pubertät vorliegt [73, 74].

Nach *PALIAGA* steigt die Sehschärfe von Geburt bis zur Pubertät um das 40-50-fache, bedingt durch die Größenzunahme des Bulbus und einer zunehmenden Zapfendichte [70]. Auch bei *SLATAPER* liegt der Höhepunkt des Auflösungsvermögens schon vor dem 25. Lebensjahr. In seiner Untersuchung ist das Visusmaximum mit 18 Jahren erreicht [90].

Der Beginn des **binokularen Sehens** ist in der Literatur unterschiedlich beschrieben, da die Tiefensehschärfe stark abhängig von der Prüfmethode ist. Bei subjektiven Testverfahren ist die Mitarbeit der Kinder und somit eine gewisse geistige Reife und das Vorhandensein manueller Fähigkeiten erforderlich.

Die Ableitung visuell evozierter kortikaler Potentiale (VECP) ist eine objektive Methode mit der gezeigt werden konnte, dass das ZNS der Kinder schon im Alter von zwei bis fünf Monaten die Fähigkeit entwickelt, retinale Disparitäten zu erkennen [22, 38, 72]. Die Fähigkeit gekreuzte Disparitäten zu entdecken, ließ sich schon mit etwa 12 Wochen, ungekreuzte erst ab 17 Wochen nachweisen [4].

Die Arbeiten von *FOX* [22], mit der Preferential Looking Methode gemacht, zeigen mit 6 Monaten bereits ein sehr gutes räumliches Sehen. Stereopsientwicklung korreliert hoch mit der „Explosion“ der Synapsenbildung mit 3-11 Monaten.

Über den Zeitpunkt der Ausdifferenzierung des binokularen Sehens gibt es in der Literatur auch unterschiedliche Angaben. Viele Autoren nehmen einen Abschluss der binokularen Entwicklung mit dem sechsten Lebensjahr an. *SIMONS* [89] verglich verschiedene Stereotestmethoden an 3-5jährigen Kindern und kam zu dem Schluss, dass im Alter von fünf Jahren die Entwicklung der Stereosehschärfe noch nicht abgeschlossen ist.

Es wurde mit dem Drei-Stäbchentest bei 6jährigen Kindern ein Stereosehvermögen nachgewiesen, dass sich nicht signifikant von dem Erwachsener unterscheidet [77]. Auch *LYLE* [57] nimmt an, dass die Entwicklung des beidäugigen Sehens etwa mit dem 6. Lebensjahr abgeschlossen ist. *SACHSENWEGER* [79] hingegen fand eine kontinuierliche Zunahme des Stereosehens bis zum 9. Lebensjahr. *ANDRÉE* [2] und *SCHUBERT* [84] gehen sogar davon aus, dass das Stereosehen erst mit 11 bis 13 Jahren voll ausgebildet ist.

VAUPEL und *HOHMANN* [98] ermittelten mit Titmus-Test und Randot-Stereotest, dass normalsichtige Kinder im Alter von 6 Jahren vollständiges Stereosehen, bei Benutzung dieser Testvorlagen, besitzen.

2.4. Strabismusprävalenz

Für Strabismus finden sich in Deutschland Werte zwischen 5-6% (Hamburg, Schleswig-Holstein, 70iger Jahre, *HAASE und MÜHLIG* [30]; *DE DECKER und TESSMER* [11]) und knapp 4% (Saarland, *KÄSMANN et al* [49, 50]).

In der internationalen Literatur finden sich sehr unterschiedliche Angaben zur Prävalenz des Strabismus.

Unter 5% gaben verschiedene Autoren an:

Die niedrigste Angabe machten 1965 *MARQUARDT und WEBER-CAUSÈ* [58] und 1969 *SIMONI* [88] beide in Deutschland mit 2%. 1972 ermittelte *SCHILDWÄCHTER* [81] in Deutschland 3,5%.

1960 *FRANSEN* [24] in Dänemark und 1990 *HAASE und HOHMANN* und *STEINHORST* [94] in Deutschland mit 4,5% auch *FRANCESSCHETTI* [23] liegt mit 4,7% in der Schweiz in diesem Bereich.

Über 5% ermittelten auch einige Autoren:

1964 *CÜPPERS* [10] und *JOEST* [48] 5,4%, *DE DECKER und TESSMER* [11] 1973 5,3%, 1990 *RÜSSMANN et al.* [78] 5,5% und *MÜHLIG und HAASE* [30] 1979 6,3%, alle erhoben in Deutschland.

Stärker davon abweichend finden sich auch Angaben über 10%:

1976 *SCHÜTTE* [85] mit 10%, *MÜHLENDYK* [62] 1972 mit 10,6% beide in Deutschland. 11,8% ermittelte 1986 *JENSEN und GOLDSCHMIDT* [47] in Dänemark. Die höchste Prävalenz mit 12% beschreiben *SCHENK und HAYDN* [80] 1969 in Deutschland.

Es ist anzunehmen, daß der Anteil heute eher geringer geworden ist, seitdem Augenärzte größere Aufmerksamkeit auf die Vorsorge richten.

2.5 Psychologische Aspekte bei Kindern

Da Kinder auf fremde Personen und Neues oft ängstlich reagieren, sollte dafür gesorgt werden, sie gut durchdacht zu untersuchen, um einen möglichst hohen Wert für die Sehschärfe in der Untersuchung zu erzielen.

Dazu zählen die Wahl des Untersuchungsraumes in einer ihnen bekannten Umgebung und ein einfacher Ablauf. Es ist sinnvoll mit Tests die eine hohe Konzentration fordern zu beginnen und am Ende mit einfachen Tests abzuschließen.

Die Sehschärfe hängt bei Kindern von der Motivation ab. So gilt es für den Untersucher die Motivation des Kindes zu steigern, wenn dies meint, nichts mehr erkennen zu können. Die Motivation kann sowohl durch gutes Zureden als auch durch das Hinweisen auf eine Belohnung erfolgen. Ebenso kann man sich die Neugierde von Kindern, bei ihnen unbekanntem Dingen, zu Nutzen machen.

Um die Aufmerksamkeit von Kindern auf die entfernten Sehtafeln zu richten, kann es nützlich sein, ein Stofftier an Ihnen zu platzieren und die Kinder darauf anzusprechen.

Der Untersucher sollte zwar motivierend, aber nicht mit Hilfestellungen auf das Kind einwirken.

Da wir die Untersuchung in einer Schule durchführten, war es sinnvoll die Untersuchungszeit nicht in die Pausenzeit zu legen, da es leicht zu einer Beeinflussung der Konzentration durch die lauten Geräusche auf dem Schulhof kommen kann.

2.6 Fragestellungen und Hypothesen dieser Arbeit

1. Wie gut ist die physiologische Sehschärfe für Einzel- und auch für Reihen-Landoltringe bei 6-7jährigen Schulkindern unter Berücksichtigung der heute international üblichen Schwellenkriterien?

Die Antwort erfordert eine relativ umfangreiche Funktionsprüfung auch des binokularen Sehens, um Probanden mit klinisch bekannten Erkrankungen, die zu Funktionsminderungen führen können, abzugrenzen. Diese Erkrankten werden durch eine eigene Probandengruppe dargestellt (Gruppe 2).

2. Die Ergebnisse der motorischen Prüfung (Ab- und Aufdecktest, Blickrichtungen) müssen, genauso wie die Ergebnisse der sensorischen Binokularprüfungen (Bagolini-Streifenglastest, Titmus-Stereotest, Lang-Stereotest), jeder für sich mit den Ergebnissen der anderen Messungen, vor allem des Visus, verglichen werden. So sind mangelnde Stimmigkeit zu entdecken. Dahinter verbirgt sich Pathologie oder, in diesem Alter selten, mangelnde Kooperation.

3. Die statistische Bearbeitung der Daten sollte folgende Parameter enthalten: Visus, geometrische Mittelwerte aller Arten des Visus und Konfidenzintervall (95%), Median und Konfidenzintervall (95%). Geometrischer Mittelwert und Standardabweichung in Visus-stufen (umgerechnet in Decibel-Visus-Werte).

Für die Ergebnisse des Titmustests sind nur die Ringe erforderlich, da diese eine hinreichende quantitative Abstufung enthalten.

4. Zu Prüfen ist auf jeden Fall, ob unter den nicht pathologischen Fällen rechtes und linkes Auge gleiche Sehschärfeleistungen erreichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass normalerweise die Sehschärfe bei wiederholten Prüfungen um +/- eine Stufe variiert.

5. Bislang sind wenige Daten über die binokulare Sehschärfe, beide Augen sehen gemeinsam, bei Kindern bekannt.

Hypothese: Bei Kindern könnte der Effekt der binokularen Überlegenheit größer sein, da die Erfahrung, die in jede Wahrnehmung eingeht, noch geringer ist und so der Vorteil zweier Sehkanäle stärker hervortritt.

6. Welcher Unterschied besteht zwischen der Sehschärfe für Einzel- und der für Reihenoptotypen?

Es ist zu erwarten, dass sich dieser Wert nicht wesentlich von demjenigen unterscheidet, der bisher mit anderen Schwellenkriterien ermittelt wurde.

7. Die Zahl der Untersuchten erlaubt auch eine Ermittlung des Anteils von Sehminderungen verschiedenen Ausmaßes und verschiedener Ursachen. Wie hoch ist der Anteil amblyoper Kinder, wenn man Amblyopie nach der Sehschärfe definiert. Leider ist man sich international keineswegs einig über das Maß an Funktionseinbuße, welches für pathologisch eingeschätzt werden soll. Eine physiologisch durch die Sehschärfewerte begründete Definition ist erst nach Kenntnis der altersspezifischen Leistungen und nach Ausschluss der Kinder mit bekannten Erkrankungen/Behinderungen möglich.

8. Wie hoch ist der Anteil von Kindern, die latent (Heterophorie) oder manifest schielen, auch intermittierend (Heterotropie=Strabismus)?

Es ist anzunehmen, dass der Anteil geringer geworden ist als die Angaben in der Literatur besagen, da Augenärzte in letzter Zeit größere Aufmerksamkeit auf die Vorsorge richten.

Die Breitbanduntersuchung mit unterschiedlicher Methodik erlaubt in Grenzfällen eine Abgrenzung des Physiologischen zum Pathologischen mit höherer Wahrscheinlichkeit, als bei Benutzung nur einer oder zweier verschiedener Untersuchungsmethoden.

9. Eine Betrachtung der Gruppe 2 (visuell auffällige Kinder), die nicht die bisher bekannte, mittlere Sehschärfe des Alters erreichen, soll die möglichen Ursachen dafür herausarbeiten. Sofern keine organischen Schäden vorliegen oder keine höheren Refraktionsfehler (siehe Kriterien *FRISËN und FRISËN* Methodikkapitel) ist die Amblyopie die wahrscheinlichste Ursache für Visusminderung.

10. Es soll hier auch geprüft werden, inwieweit das Einbeziehen der Augenerkrankten, die Sehschärfeergebnisse statistisch (signifikant?) beeinflusst. Aus dem Ergebnis kann man bis zu gewissem Grade auf die Verwertbarkeit früherer Arbeiten schließen, die an Kliniken oder in Augenarztpraxen durchgeführt wurden.

11. Besteht ein Unterschied der Sehschärfe zwischen Hamburger Erstklässlern und solchen in der Schweriner Region (*HEINS*)? Gibt es einen Unterschied zwischen Stadt- und Landbevölkerung?

These: Eher ist kein Unterschied zu erwarten. Jedoch wirkt im Gebiet der ehemaligen DDR die Pflichtvorsorge evtl. nach, da viele Augenärzte in der ehemaligen DDR ausgebildet wurden und dort weiterhin tätig sind. Daher sollte die Häufigkeit von Amblyopien und von Strabismus dort eher geringer sein.

12. Sind die Sehschärfeleistungen mit 6-7 Jahren signifikant geringer als mit 9-11 Jahren? Vergleich mit Resultaten von *STAIGER*.

13. Es soll eine Validierung der Tests erfolgen, die Zahl der Fälle reicht aus. Allerdings wäre bei relativ geringer Anzahl pathologischer Fälle das Ergebnis mit Vorsicht zu bewerten.

3. Probanden und Methoden

3.1 Probanden

Die Untersuchungen einschließlich Nachuntersuchungen fanden von Februar bis April 2003 statt.

Untersucht wurden 156 Kinder in 2 verschiedenen Schulen Hamburgs: Dabei kommen auf die Grundschule Bindfeldweg in Niendorf 70 Kinder der ersten und zweiten Klasse und der Vorschule. Die meisten Kinder gehören der Mittelschicht an.

Auf die Grundschule An der Isebek in Eimsbüttel kommen 86 Kinder der ersten und zweiten Klasse. Die meisten Kinder dieser Schule gehören der Mittelschicht an, es gibt eine erhebliche Anzahl allein erziehender Mütter und Väter. Der Anteil ausländischer Kinder liegt seit Jahren unter 10%, sie verfügen mehrheitlich über gute deutsche Sprachkenntnisse.

Es wurden 6 und 7jährige Kinder der ersten und zweiten Klasse nach vorherigem Einverständnis der Eltern untersucht. An der Schule An der Isebek wurden von 106 möglichen Kindern 86, an der Schule Bindfeldweg von 89 möglichen 70 untersucht.

Im Vorwege wurde von allen Eltern ein Anamnesebogen ausgefüllt. Auch wenn aus dieser Anamnese schon ersichtlich war, dass das Kind aus unserem augengesunden Probandenkollektiv herausfallen würde, wurde die Untersuchung durchgeführt.

Eine Aufteilung in die Gruppe der augengesunden und erkrankten Kinder nach den Kriterien von *FRISÈN und FRISÈN* [25] wurde erst später vorgenommen.

Um in die Gruppe 1, der Augengesunden zu kommen, müssen die Auswahlkriterien nach *FRISÈN und FRISÈN* [25] erfüllt werden:

Von den Augengesunden fallen alle heraus, die organische Beeinträchtigungen, Strabismus, Amblyopie, verminderte Augenbewegungen, Zustände nach Trauma, Ametropien von sphärisch mehr als 5 dpt oder zylindrisch mehr als 2 dpt oder Anisometropien von mehr als 1,25 dpt aufweisen, diese gelangten nach der Untersuchung in Gruppe 2.

Von den insgesamt 156 untersuchten Kindern gelangten so in Gruppe 1 (augengesund) 147 Kinder und in die Gruppe 2 (erkrankt) insgesamt 9 Kinder.

Die genauen Untersuchungsergebnisse dieser 9 Kinder sind in Kapitel 4 in einer Tabelle dargestellt.

Es wurden alle Kinder, die die von uns gesetzten Limits nicht erreichten, nachuntersucht. Zu den Limits zählten, das Erreichen einer Sehschärfe von 1,25 für Einzeloptotypen und von 0,8 für Reihenoptotypen, außerdem durfte das rechte und das linke Auge nicht mehr als eine Visusstufe voneinander abweichen. Ebenso

wurde nachuntersucht, wenn kein volles Stereosehen nachweisbar war oder bei der Erstuntersuchung Schielen entdeckt wurde.

3.2 Untersuchungsmethoden

3.2.1 Verwendete Tests

Die Sehschärfepfung wurde mit dem C-Test nach *HOHMANN und HAASE* [29] mon- und binokular sowohl mit, als auch ohne vorhandene Korrektur durchgeführt. Zur Prüfung des Stereosehens kamen der Titmus-Test und der Lang-Stereotest zur Anwendung. Zur Auffindung von Heterotropien, Heterophorien und zur Prüfung des Richtungssehens wurden der Bagolini- Streifenglastest und der Ab-/ Aufdeck-Test durchgeführt.

a.) Prüfung der Sehschärfe

Die Prüfung der Sehschärfe erfolgt in der Regel subjektiv. Man verwendet Sehzeichen, sogenannte Optotypen. Das Standardzeichen ist der Landoltring.

Wir verwenden den C-Test nach *HOHMANN und HAASE* [29] für Einzeloptotypen und Reihenoptypen, mit genügend Sehzeichen pro Stufe und normierten Abständen.

Die für Augenarztpraxen verfügbaren Sehzeichen werden vorwiegend projiziert und können nicht in der eigentlich nötigen Anzahl pro Stufe geboten werden. Auf Nahtafeln ist dies möglich, jedoch sind dann die Abstände der Zeichen nicht normiert.

Diese Untersuchung umfasst neben der Erkennbarkeit eines Objektes (Minimum visibile) und der Erkennbarkeit von Unterschieden zweier Objekte (Minimum discriminabile) noch weitere Anforderungen. Damit eine Trennung wahrgenommen werden kann, muss sich auf der Netzhaut zwischen den Leuchtdichte-Minima oder Leuchtdichte-Maxima eine ausreichend große Differenz der Leuchtdichten ausbilden.

Das Normsehzeichen

Das internationale Standardsehzeichen ist seit 1909 der Landoltring. Es handelt sich um einen Kreis, dessen innere Öffnung das Dreifache und dessen äußerer Umfang das Fünffache seiner Strichstärke beträgt. An einer Seite besteht eine quadratische Öffnung, deren Orientierung acht Richtungen haben kann. Die Öffnung erscheint unter dem prüfenden Sehwinkel. Für den Normvisus von $V=1,0$ beträgt der Sehwinkel eine Winkelminute, das ist bei einer Prüfdistanz von 5 m eine Öffnung von 1,49 mm des Landoltringes. Der Landoltring wird in verschiedenen Größen angeboten, wobei die Öffnung jeweils unter dem zu messenden Sehwinkel erscheint. Der Visus einer Person ist der Kehrwert des in Winkelminuten gemessenen kleinsten

Sehwinkels, den sie noch erkennt. Der vordere Knotenpunkt des Auges wird als Scheitel des Sehwinkels gewählt.

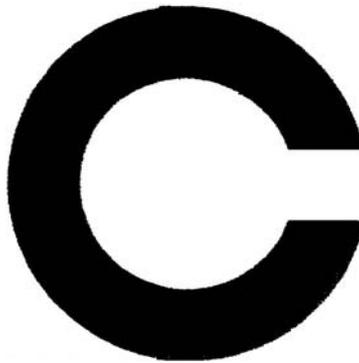


Abb. 1 Landoltring

Der Vorteil des Landoltringes gegenüber anderen Sehzeichen besteht darin, dass er durch seine einfache geometrische Form nicht mit Hilfe der Mustererkennung des Gehirns richtig identifiziert werden kann, dass die Lesefähigkeit keine Voraussetzung ist und, dass durch die Orientierung in acht Richtungen die Messaussage erhöht wird. Außerdem ist seine Verwendung bei Astigmatismen durch die schrägen Richtungen von Vorteil. Die schrägen Richtungen kommen allerdings in dieser Arbeit nicht zur Anwendung, weil sie die Kinder überfordern würden.

Als Nachteil ist zu nennen, dass der Landoltring, im Vergleich zur Prüfung mit Buchstaben, erst erläutert werden muss und, dass es zu rechts/links sowie oben/unten Vertauschungen [75] und damit zu falschen Ergebnissen kommen kann. Allerdings kann durch das Anzeigen der Richtung mit dem Finger, besonders bei Kindern, eine weitgehende Eliminierung dieser Fehlerquelle erreicht werden.

Es gibt jetzt eine Reihe von Sehzeichen die an den Landoltring angeschlossen sind. So findet der Pflüger-Haken bei Kindern im Vorschulalter seine Verwendung, in der täglichen Praxis hingegen werden bei Erwachsenen oder älteren Kindern Buchstaben und Zahlen bevorzugt.

Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass die Buchstaben nach *HARTMANN* [32] einer Reihenfolge in der Lesbarkeit nachkommen.

A W M L I P C V E F T Z N Y U O D K R H G X S Q B

Da zusätzlich auch der Schrifttyp eine Rolle spielt, wurden Bedingungen für ein Anschlussverfahren an den Landoltring in der ISO/DIN 5896 festgelegt. Diese gewährleisten eine Äquivalenz der angeschlossenen Sehzeichen mit dem Landoltring.

Der Abstand der Aussenkanten der Sehzeichen muss 20 Winkelminuten betragen und sie müssen eine Entfernung von $0,5^\circ$ zum Rand des Prüffeldes haben. Andernfalls kommt es zu Kontureninteraktionen, die im englischen Sprachraum auch als „crowding phenomenon“ [100] bezeichnet werden. Im ausgereiften visuellen System kann es so zu einer Verminderung der Sehschärfe um eine Visusstufe kommen [9, 28, 64]. Bei Kindern führen diese Trennschwierigkeiten allerdings zu

einer Abweichung der Sehschärfe von drei bis vier Visusstufen nach unten [19, 20 43], je nach Alter des Kindes. Besonders hoch liegen diese Trennschwierigkeiten bei Amblyopen. Im Gegensatz zu Normalsichtigen, die eine Kontureninteraktion in einem Bereich von 2 bis 4 Winkelminuten aufweisen [21], liegt der Bereich bei Amblyopen bis zu 30 Winkelminuten [21].

Dies führte zu der Einführung des C-Testes von *HOHMANN und HAASE* [29]. Durch die engere Anordnung, von 2,6 Winkelminuten bei Reihensehzeichen und 35 Winkelminuten bei Einzelsehzeichen, der Landoltringe, wird eine Lesesituation bei den engstehenden Landoltringen simuliert. Mit diesem Test kann eine Vermutung über Amblyopie bereits diagnostiziert werden, sofern organische und refraktorische Ursachen ausgeschlossen wurden.

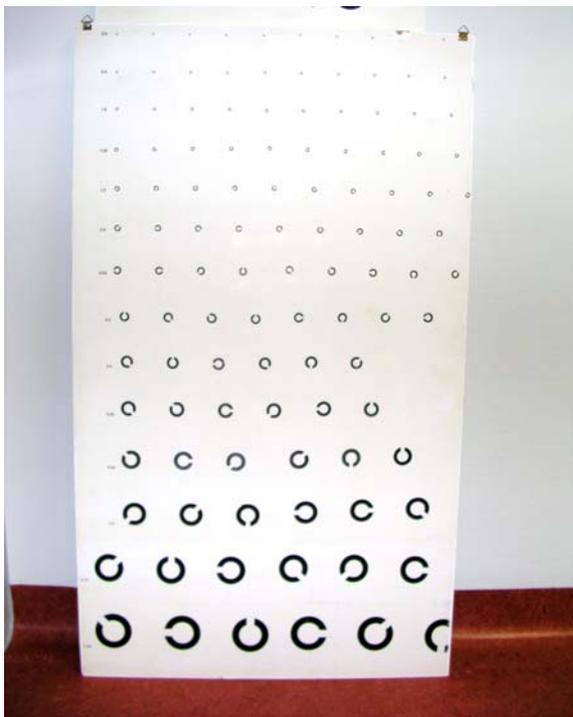


Abb. 2 Sehtafel C-Test Einzeloptypen

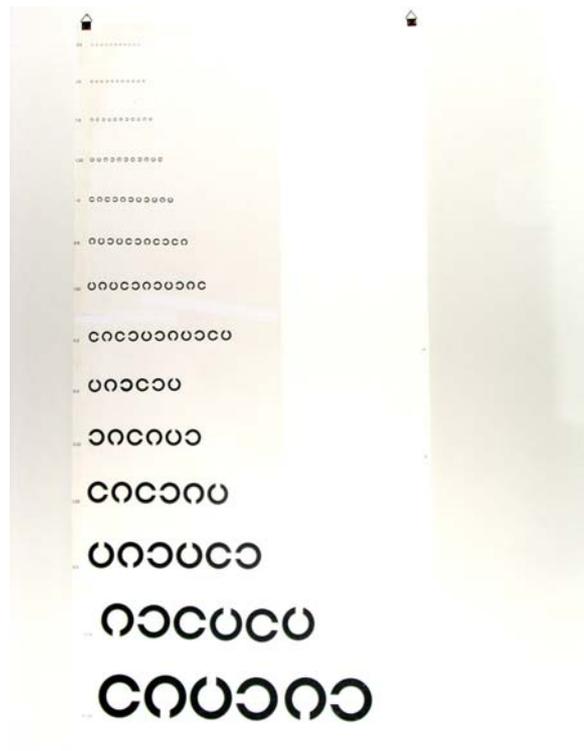


Abb. 3 Sehtafel C-Test Reihenoptypen

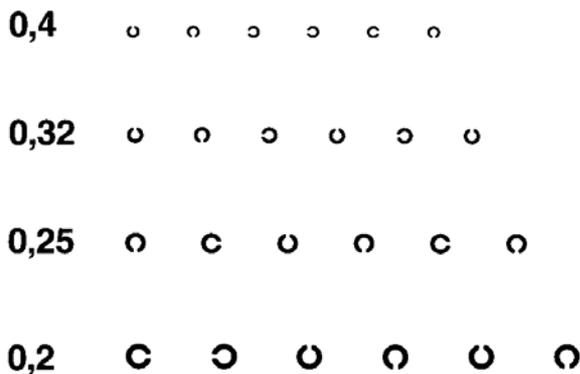


Abb. 4 Ausschnitt C-Test Einzeloptypen



Abb. 5 Ausschnitt C-Test Reihenoptypen

Die Sehschärfe wird auch vom Probanden durch mehrere Faktoren beeinflusst:

Fehlsichtigkeiten (**Ametropien**) führen zu einer Verminderung des Visus.

Bei einer sphärischen Ametropie von $\pm 0,5$ dpt kommt es zu einer Visusreduktion auf etwa die Hälfte [31], allerdings erheblich modifiziert durch Akkommodation und auch durch Pupillenweite.

Ebenso führt eine zylindrische Ametropie zu einem verminderten Visus. In der Regel führt ein Astigmatismus von einer Dioptrie zu einem etwa auf die Hälfte reduzierten Visus [31]. Nach *REINER* [76] ist die Visusreduktion von der Achslage des Astigmatismus abhängig. Kleine Zylinderwerte reduzieren erst bei großen Achsenfehlern den Visus deutlich. Anders verhält es sich bei großen Zylinderwerten, hier macht sich schon ein kleiner Achsenfehler deutlich bemerkbar.

Der **Durchmesser der Pupille** hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Visus. Durch eine enge Pupille wird die Tiefenschärfe eines Bildes verbessert, wohl auch dadurch bedingt, dass bei kleineren Pupillendurchmessern sphärische und chromatische Abberationsphänomene in einem geringeren Maße auftreten, als bei größeren Pupillendurchmessern.

Deshalb ist ein Pupillendurchmesser von 3 mm für die Erreichung eines hohen Visus anzustreben [82]. Im Bereich von 2,5 bis 6 mm sinkt der Visus nur relativ gering ab [54].

Die Sehschärfe ist im Zentrum der Fovea centralis am stärksten und nimmt zur Peripherie hin ab [101].

Die Hornhaut, die Linse, das Wasser der Vorderkammer und der Glaskörper zählen zu den optisch brechenden Medien des Auges. **Trübungen dieser Medien** erhöhen den Streulichtanteil auf der Netzhaut und führen zu unschärferen Abbildungen auf dieser. Bei geringen Medientrübungen kann der Proband aber durchaus eine sinnvolle Sehschärfe erreichen, wenn ein hoher Kontrast des Testobjektes und eine hohe Leuchtdichte vorliegen [31].

Es kommt bei diffusen Beleuchtungsverhältnissen zu einer beeinträchtigten Wahrnehmung des Kontrastes und einer deutlich verminderten Sehschärfe [31].

Bei der Fixation eines Objektes kommt es nicht zu einer Fixation des Auges. Ein starres Netzhautbild führt zu einer Lokaladaptation und es scheint, als verschwände das Bild auf der Netzhaut [35]. Zur Vermeidung einer Adaptation kommt es zu **Mikrobewegungen** des Auges, die der Erreichung einer hohen Sehschärfe dienen.

Die Sehschärfe wird bei der Messung von verschiedenen Faktoren beeinflusst, so dass es wichtig ist eine Norm für die Messbedingungen festzulegen, um möglichst bei verschiedenen Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. In den Messbedingungen können folgende Faktoren berücksichtigt werden, die die Sehschärfe beeinflussen: Normsehzeichen, Darbietung, Prüfdistanz, Leuchtdichte und Kontrast.

Die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft [12] hat in der DIN 58220 „Sehschärfeprüfung“ einheitliche Kriterien für die Bestimmung der Sehschärfe festgelegt. Seit 1996 besteht eine internationale ISO/DIN 5896. Durch diese Norm ist es möglich, vergleichbare Ergebnisse bei der Sehschärfeprüfung bei verschiedenen

Untersuchern, zu unterschiedlichen Zeitpunkten, zu erzielen. Unsere Sehschärfebestimmung folgte nach den Vorgaben der DIN NORM.

Die Darbietung des Sehzeichens

Hier ist es wichtig, wieviele Sehzeichen der gleichen Größe (Visusstufe) sind abzufragen, wieviele davon müssen richtig benannt werden?

Bei der Darbietung des Sehzeichens spielt sowohl die Zeit, die Anzahl als auch die Erkennungsrate eine Rolle.

Die **Zeit**, in der einem Probanden ein Sehzeichen angeboten wird, ist nicht in der Norm festgelegt. Jedoch sollte dieser Zeitraum nicht unter 1 Sekunde liegen. Oft führt gerade bei kleinen Optotypen ein Weg- und erneutes Hinblicken dazu, dass ein Sehzeichen, welches zuvor durch starres Hingucken nicht erkannt wurde, doch erkannt wird.

Die **Erkennungsrate** bezeichnet das Verhältnis von der Anzahl richtig erkannter Sehzeichen einer Visusstufe zu der Gesamtzahl der in dieser Stufe angebotenen Sehzeichen. Wie unter Punkt Schwellenwertbestimmung näher erläutert, ist eine Erkennungsrate von möglichst gering über 50% richtigen Antworten heute gefordert. Also 4 von 6 oder 7 von 11 bei vier Richtungen des Landoltringes und bei acht Richtungen 3 von 5 oder 6 von 10, dann kann eine Visusstufe als erkannt gewertet werden.

Die Prüfdistanz

Die Sehschärfe ist rein physikalisch nicht von der Prüfdistanz abhängig, da sie über den entfernungsunabhängigen Sehwinkel definiert ist [31]. Jedoch vermindern, bei Messungen mit größeren Entfernungen außerhalb geschlossener Räume, die sich in der Luft befindlichen Staubteilchen, Aerosole oder vergleichbares den Kontrast, es wird so für weiter entfernte Objekte eine schlechtere Auflösung als für nahe Objekte erreicht.

In der ISO/DIN 5896 ist für die Prüfungen des Fernvisus eine Distanz von mindestens 4 m (zwecks praktischer Ausschaltung akkommodativer Einflüsse) und für den Nahvisus 0,4 m festgelegt ist.

In der Praxis wird für den Fernvisus in Deutschland eine Distanz von 5 m gewählt, da hier nahezu keine Akkommodation mehr stattfindet [31]. Im angelsächsischen Sprachraum hingegen, werden die bekannten 20 Fuß (entsprechend etwa 6 m) verwendet.

Die Leuchtdichte

Die Leuchtdichte L ist definiert als Quotient aus Lichtstärke I und leuchtender Fläche A . Die Maßangabe erfolgt in Candela pro Quadratmeter.

$$L = \frac{I}{A} \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

Die Norm legt fest:

- Die Leuchtdichte des Prüffeldes muss nach der internationalen Normung im Bereich von 80 bis 320 $\frac{cd}{m^2}$ liegen.

Unsere Leuchtdichte betrug 169 $\frac{cd}{m^2}$.

Je höher die Leuchtdichte ist, desto höher sind die Visuswerte [1, 87, 91], allerdings:

Durch eine Steigerung der Leuchtdichte von 100 $\frac{cd}{m^2}$ auf 1000 $\frac{cd}{m^2}$ kann die Sehschärfe um 1 Stufe erhöht werden, doch kommt es gleichzeitig zu einer Refraktionsunsicherheit im Bereich von $\pm 0,4$ dpt, bedingt durch die Verengung der Pupillen [32, 33, 93, 75].

SCHÖBER und MUNKER [83] stellten eine Verschlechterung von etwa einer Visusstufe bei Verringerung der Leuchtdichte auf 10% der Ausgangsleuchtdichte fest.

Der Kontrast

Der Kontrast K ist für kleine Sehzeichen definiert als Quotient aus der Differenz ΔL der Leuchtdichten des Prüffeldes und des Prüfzeichens und der Leuchtdichte des Prüffeldes L . Die Maßangabe erfolgt in Prozent.

$$K = \frac{\Delta L}{L} [\%]$$

Die in der Norm für das Prüfzeichen festgelegte maximale Leuchtdichte von 15% des Prüffeldes bedeutet, dass der Mindestkontrast 85% beträgt. Bei diesem Kontrast kann die Sehschärfe Kontrastunabhängig geprüft werden [75].

Die von uns verwendeten Sehtafeln wurden mit 169 $\frac{cd}{m^2}$ ausgeleuchtet, die

Leuchtdichte der Optotypen lag bei 6,6 $\frac{cd}{m^2}$. Mit der Formel ergibt sich folgender

$$\text{Kontrast: } K = \frac{169 - 6,6}{169} = 96,1\% .$$

Wir liegen somit über dem von der Norm geforderten Wert.

Aus der Kontrastempfindlichkeitsfunktion kann man ablesen, dass mit einer Kontrastreduzierung die Sehschärfe sinkt [31, 83].

b.) Prüfung der Stereopsis

Zur Prüfung des Stereosehens bietet man jedem Auge separate Bildvorlagen, die etwas querverschieden (disparat) sind. Beim Fusionieren im visuellen Kortex lösen sie Stereoempfinden aus. Dazu kann das Synoptophor, das Stereoskop nach Charles Wheatstone oder polarisiertes Licht (Polarisationshaploskopie) im freien Raum dienen.

Man unterscheidet zwei Arten von Stereopsis. Erstens die sog. lokale Stereopsis oder auch figurale Stereopsis genannt, bei der das zu erkennende Muster bereits monokular gesehen wird, jedoch nicht tiefenverschieden. Zur Anwendung kommt der Titmus-Test mit dem Fliegen-Muster, den anderen Tiermustern und den Ringen. Und zweitens die sog. globale Stereopsis. Hierbei wird ein Zufallspunktmuster (Random Dot) angeboten. Erst die Umsetzung eines Teils der Punkte (Submatrix) im Kortex führt zur Wahrnehmung einer neuen Ebene. Diesem Prinzip folgt der Lang-Stereotest.

Bei manifestem Schielen ist das Stereosehen immer herabgesetzt oder gar nicht nachweisbar.

Ebenso wie die Sehschärfe, ist auch die Stereosehschärfe von verschiedenen Faktoren abhängig, auf die jetzt genauer eingegangen werden soll.

Die **Darbietung** der Teststimuli muss simultan erfolgen. Werden Bilder zeitlich versetzt dargeboten, so erlaubt dies nur eine grobe Beurteilung, näher oder weiter als der Fixierpunkt. Die gleichzeitige Stimulation disparater Netzhautelemente ist für den wahren Eindruck räumlicher Tiefe nötig [65, 104].

Auch die Darbietungszeit ist ein beeinflussender Faktor. Auch bei stroboskopischer Darbietung des Objekts von sehr kurzer Dauer, ist noch Stereosehen möglich [17, 39, 92]. *OGLE* und *WEIL* fanden eine um das vierfache ansteigende Stereosehschärfe, bei einer Verlängerung der Darbietungszeit von 6 Millisekunden bis zu einer Sekunde [67].

Die Stereosehschärfe nimmt mit der **Beleuchtung** des Testhintergrundes zu [65]. Bei zunehmender Beleuchtungsdifferenz beider Augen stellte *LIT* [55] eine Abnahme der Stereosehschärfe fest. Abweichend davon zeigte sich bei Versuchen von *OGLE* und *GROCH* [66] eine konstante Stereosehschärfe.

OSOUBENI und *O'LEARY* [69] prüften das Stereosehen bei verschiedenen Beleuchtungsdifferenzen zwischen Testobjekt und Hintergrund. Sie fanden bei minimalem Beleuchtungsunterschied ein dreifach schlechteres Stereosehen, als bei maximalem **Kontrast**.

In dieser Arbeit tatsächlich verwendete Tests:

- **Der Titmus-Test**

Beim Titmus-Test wird eine polarisierende Brille verwendet unter der eine Fliege, Tiere und Ringe dreidimensional erscheinen. Die 7,5 mm disparaten Flügelspitzen, der sog. house fly, erscheinen in 40 cm unter einer Disparation von 3800 Winkelsekunden.

Dieser Test ist aufgrund seiner Einfachheit [41] sehr gut für kleine Kinder geeignet, weil sie versuchen, einige Zentimeter über der Bildvorlage nach den Flügeln zu greifen, womit der Test sehr aussagekräftig ist. Problem: Auch bei nicht zu großem Schielwinkel von etwa bis zu 5° kann diese Figur räumlich gesehen werden.

Allerdings wird das Aufsetzen einer Brille nicht immer akzeptiert. Recht gut jedoch ist der Ringtest zu verwenden. Hier wird von Ring zu Ring die Querdisparation geringer, andere Parameter bleiben konstant, wie das bei einem wissenschaftlich sauberen Test der Fall sein soll.

Fliege	Tier	Ringe	Querdisparation in Winkelsekunden
+			3800
		1	800
	A	2	400
	B	3	200
		4	140
	C	5	100
		6	80
		7	60
		8	50
		9	40

Tab. 1 Querdisparation Titmus-Test



Abb. 6 Titmus-Test

- **Der Lang- Stereotest**

Bei dem Lang-Stereotest beruht die haploskopische Trennung auf dem Zylinderrasterverfahren von *W.R. HESS* [40]. Auf einer Platte mit einem feinen Punktmuster können binokular drei Objekte gesehen werden.

Auch dieser Test ist besonders für kleine Kinder geeignet. Man kann auf die Verwendung einer Brille verzichten und anhand der Augenbewegung auf das Erkennen der Objekte schließen [40]. Sogar Säuglinge erkennen die Objekte. Bei dem Lang-2-Test ist für stereoblinde Kinder ein monokular sichtbarer Stern vorhanden, nicht nur, um einer Frustration vorzubeugen, sondern auch zur Differenzierung mangelnder Kooperationsfähigkeit oder –willen und zur Prüfung, ob ein Kind im präverbalen Alter überhaupt eine Figur wahrnimmt. Als Nachteil des Langtestes im Vergleich zum Titmus-Test ist zu erwähnen, dass Figuren und Konturen unterschiedlicher Größe und gleichzeitig unterschiedlicher Querdisparation angeboten werden.

Wir verwendeten in unserer Untersuchung den Lang-Stereotest 1.

Test	Objekt	Querdisparation in Winkelsekunden
	Katze	1200
Lang 1	Stern	600
	Auto	550

Tab. 2 Querdisparation Lang Test 1

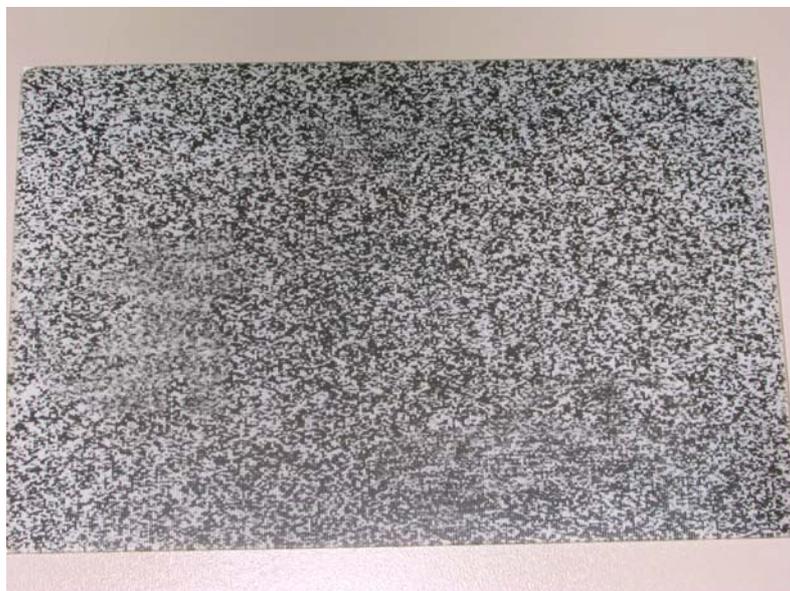


Abb. 7 Lang Test 1

Test	Objekt	Querdisparation in Winkelsekunden
	Elefant	600
Lang 2	Stern	400
	Auto	200
	Halbmond	200

Tab. 3 Querdisparation Lang Test 2

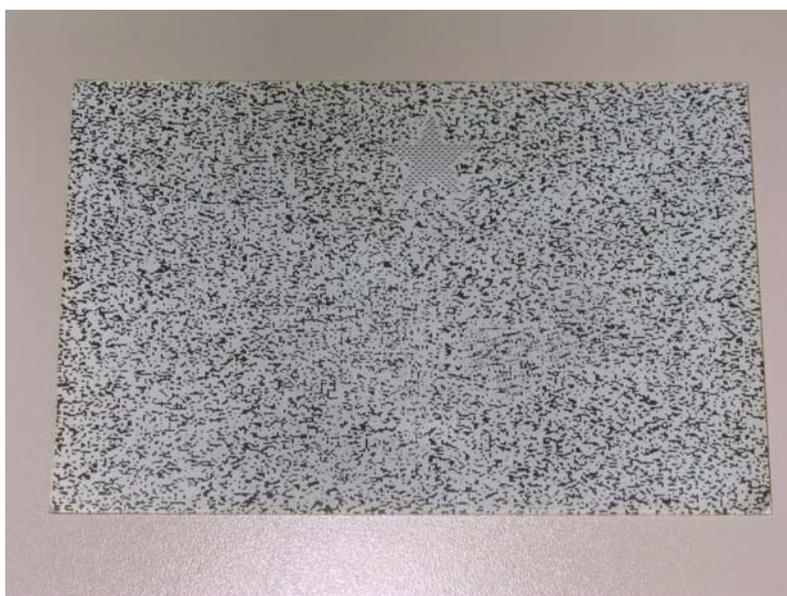


Abb. 8 Lang Test 2

c.) Tests zur Auffindung von Heterotropien und Heterophorien

- **Der Bagolini-Streifenglastest**

Bei diesem Test blickt der Proband durch Bagolini Gläser auf ein Fixierlicht. Die Plangläser weisen eine feine parallel in eine Richtung verlaufende Streifung auf. Die Streifenrichtung des einen Glases beträgt 45° , die des anderen 135° . Durch die Betrachtung des Fixierlichtes durch die Gläser bildet es zwei Lichtschweife, jeweils senkrecht zu der Streifenrichtung des vorgehaltenen Glases. Der große Vorteil liegt darin, Angaben über das Binokularsehen bei natürlichen Umweltbedingungen zu erhalten und so zwischen Fusion, Suppression und Diplopie zu unterscheiden.

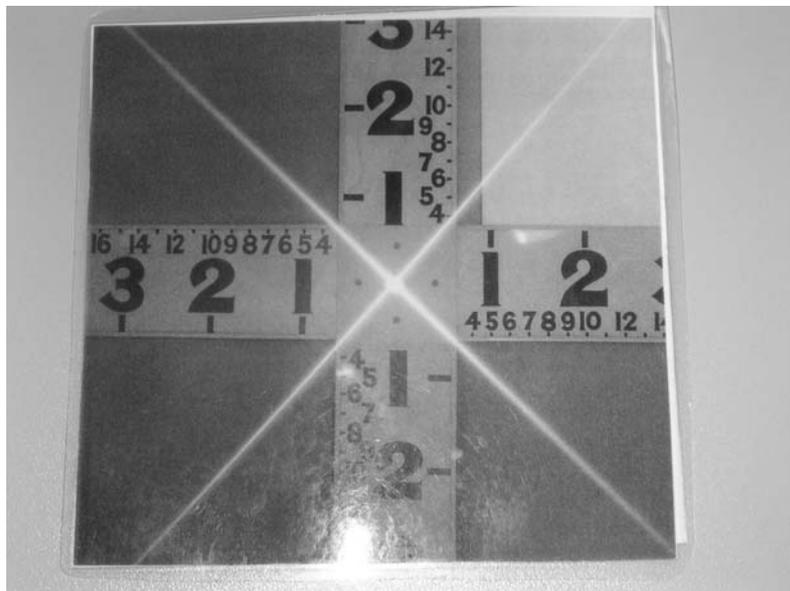


Abb. 9 Bagolini-Streifenglastest

Es können verschiedene Streifenkreuze gesehen werden.

1. Bei normalem Binokularsehen erscheint ein Streifenkreuz mit dem Fixierlicht im Mittelpunkt. Allerdings ist dies auch bei Mikrostrabismus und harmonisch anomaler Korrespondenz möglich.
2. Wird nur ein Lichtschweif erkannt, beruht dies auf einer Suppression des anderen Auges.
3. Wenn zwei Lichtschweife erkannt, einer von diesen jedoch in der Nähe der Lichtquelle unterbrochen ist, liegt eine umschriebene Suppressionszone oder ein Skotom vor, dies kann z.B. bei Anisometropie der Fall sein.

4. Werden zwei Lichtschweife gesehen, von denen nur einer das Licht kreuzt und der andere verschoben ist, zeigt die Verschiebung den subjektiven Schielwinkel, bei Strabismus, an.

Zum Nachweis manifester und latenter Stellungsfehler haben wir ferner den Ab-/Aufdecktest durchgeführt.

- **Abdecktest**

Bei manifestem Schielen liegt keine Orthostellung der Augen vor, beide Augen fixieren nicht dasselbe Objekt. Wird nun das nichtschielende Auge mit einer Abdeckscheibe abgedeckt und der Proband fixiert weiterhin das Objekt, so kommt es zu einer Einstellbewegung des schielenden Auges und zwar genau in der Größe des objektiven Schielwinkels. Für die Prüfung in der Ferne fixiert der Proband ein Objekt in einem Abstand von 5-6 m, für die Prüfung in der Nähe wählt man einen Abstand von 0,3-0,4 m.

Bei Esotropie kommt das freie Auge von innen, bei Exotropie von aussen, bei Hypertropie von oben und bei Hypotropie von unten. Hochgradige Amblyopie erkennt man an unsicheren Suchbewegungen. Bei Säuglingen stellt man anhand der Abwehr gegen die Abdeckscheibe fest, ob das bessere (heftigere Abwehr) oder das schlechtere Auge abgedeckt ist.

- **Aufdecktest**

Beim Aufdecktest beobachtet man nun das Auge, das beim Wegziehen der Abdeckscheibe freigegeben wird.

Hierbei deutet eine fehlende Einstellung auf eine Orthophorie und eine langsame Bewegung auf eine Heterophorie hin. Eine schnelle Bewegung beider Augen ist ein Zeichen für eine monolaterale Heterotropie.

- **Alternierender Abdecktest**

Beim alternierenden Abdecktest, mit wechselseitigem Abdecken der Augen, erkennt man jede latente oder manifeste horizontale oder vertikale Einstellbewegung.

3.2.2 Untersuchungsraum

Die Untersuchungen wurden in Räumen der Schule, die den Kindern durch Spielstunden bekannt waren, während der Unterrichtszeit durchgeführt. Es wurde bewusst auf die Pausenzeit zur Untersuchung verzichtet, um die Konzentration der Kinder nicht unnötig zu erschweren.

Es wurden Räume verwendet, die für die Prüfung des Visus von 2,0 eine Prüfdistanz von 5 m und für den Visus von 2,5 eine Prüfdistanz von 6,25 m zuließen. Außerdem musste gewährleistet sein, dass es zu keiner Störung während der Untersuchung kam.

Es wurde darauf geachtet, dass innerhalb des Gesichtsfeldes der Probanden keine direkten oder indirekten Blendquellen auftraten und Tageslichtbedingungen herrschten.

3.2.3 Durchführung der Messungen

Es wurde eine detaillierte Sehschärfepfung, eine Prüfung des Stereosehens mit dem Titmus-Test und dem Lang-Stereotest sowie eine Prüfung von simultanem Richtungssehen mit dem Bagolini-Streifenglastest und dem Ab-/Aufdecktest zur Untersuchung der Motorik durchgeführt.

Zuerst erfolgte die **Prüfung der Sehschärfe**, nach einer kurzen Einführung an den Landoltsehtafeln. Zuerst wurden die Einzeloptotypen binokular, anschließend monokular für das rechte Auge, dann monokular für das linke Auge geprüft.

Die Kinder zeigten mit dem Finger am ausgestreckten Arm die Richtung der Öffnung an.

Es wurde erst dann zur nächst höheren Visusstufe übergegangen, wenn nicht etwa die ersten vier Ringe richtig erkannt wurden, sondern wenn alle sechs Ringe geprüft wurden, um sicher zu gehen, dass vier erkannt wurden. Wenn die Kinder angaben, nichts mehr zu sehen, wurde dies nicht gelten gelassen, sie mussten raten.

Als einzige Hilfestellung wurde auf Weg- und erneutes Hinschauen hingewiesen.

Bei Kindern, die eine Sehhilfe hatten, wurde zuerst die Prüfung ohne diese und anschließend mit der Sehhilfe durchgeführt.

Die Sehtafeln wurden mit zwei Stehlampen, mit schwenkbarem Kopf, mit $169 \frac{cd}{m^2}$ ausgeleuchtet. Die Leuchtdichte der Optotypen betrug $6,6 \frac{cd}{m^2}$. Der Kontrast ergab somit 96,1%.

Um ein Schummeln der Kinder, bei der monokularen Visusprüfung, unter zu Hilfenahme des anderen Auges zu verhindern, wurde eine Augenklappe verwendet.

Anschließend erfolgte die **Prüfung des Stereosehens** mit dem Lang-Stereotest und dem Titmus-Test.

Danach folgte die **Prüfung von Heterotropien und Heterophorien** mit dem Bagolini-Streifenglastest und dem Ab-/Aufdecktest.

Abschließend wurde die Visusprüfung mit den Reihenoptotypen nach demselben Verfahren wie für die Einzeloptotypen durchgeführt.

Zur Steigerung der Motivation wurden die Kinder verbal gelobt, ebenso diente ein Teddy, der kurz hinter den Landolttafeln saß, als Aufmerksamkeitspunkt.

Wurden, wie oben schon erwähnt, die Limits nicht erreicht, erfolgte eine Nachuntersuchung nach ein bis zwei Wochen.

Die Nachuntersuchung von Prof. Haase umfasste:

- Skiaskopie bei Fernfixation bei unbeeinflusster Pupille. Dies diente dem Nachweis von Astigmatismus, ziemlich zuverlässig der mittleren und höheren Hyperopie ab 2-3 dpt., der Myopie und der Anisometropie
- Fixation im freien Raume
- Fixationsprüfung mit dem Ophthalmoskop am Augenhintergrund
- Beurteilung der Pupille und ihrer Motorik, der Makula, des Sehnervs und des Fundus, sowie der Augenvorderabschnitte.

Konnte die Sehschwäche nicht geklärt werden, erfolgte eine schriftliche Benachrichtigung der Eltern, mit der Aufforderung diese Sehschwäche von einem Augenarzt abklären zu lassen.

3.3 Allgemeine Methodik

3.3.1 Sehschärfewerte und deren Skalierung

Misst man die Lückenbreite des Landoltringes in Winkelminuten und bildet hiervon den Kehrwert, so erhält man die Sehschärfewerte. Hierbei ist der Visus von $V=1,0$ ($=1,0/1$ Winkelminute) der normierte Ausgangswert. Er ist auf den Physiologen *HELMHOLTZ* (1821-1894) und seine experimentellen Untersuchungen, zur Bestimmung der Schwelle für anguläre Sehschärfe, zurückzuführen. Man weiß allerdings, dass er einen um ca 50% zu niedrigen Wert als Auflösungsvermögen angab.

Der Visus von 1,0 dient aber immer noch als Bezugspunkt. Von diesem Bezugspunkt ausgehend werden die Sehschärfewerte logarithmisch gestuft. Um den Bereich von 1,0 bis 0,1 in zehn Stufen gleichen prozentualen Abstandes einzuteilen, wählt man als exakten Stufungsfaktor $\sqrt[10]{10} = 1,2589$. Durch Multiplikation des Ausgangswertes Visus $V=1,0$ mit diesem Stufungsfaktor erhält man nun den nächst höheren Visuswert, durch Division, den nächst geringeren. So erhält man von Stufe zu Stufe gleich bleibende relative Visusänderungen [105], die Steigerung beträgt etwa 25%. Wählt man eine lineare Visusskala, so entspricht die relative Visusänderung im oberen Bereich von Stufe zu Stufe etwa 10%, während im unteren Bereich z.B. der Sprung von der Stufe 0,1 auf 0,2 bereits 100% beträgt. Aus diesen Gründen ist die lineare Visusskala abzulehnen [103].

Es gibt unterschiedliche Schreibweisen. In der folgenden Tabelle kann man die unterschiedlichen Schreibweisen der Sehschärfeskalierungen ansehen.

Dezimal- darstellung	„5-Meter“ Visus	Snellen- Schreibweise	Sehwinkel in Minuten	Visusstufe (Decibel)
0,02	5/250	20/1000	50	0
0,025	5/200	20/800	40	1
0,032	5/160	20/630	32	2
0,04	5/125	20/500	25	3
0,05	5/100	20/400	20	4
0,063	5/80	20/320	16	5
0,08	5/63	20/250	12,5	6
0,10	5/50	20/200	10	7
0,125	5/40	20/160	8	8
0,16	5/32	20/125	6,3	9
0,2	5/25	20/100	5	10
0,25	5/20	20/80	4	11
0,32	5/16	20/63	3,2	12
0,4	5/12,5	20/50	2,5	13
0,5	5/10	20/40	2,0	14
0,63	5/8	20/32	1,6	15
0,8	5/6,3	20/25	1,25	16
1,0	5/5	20/20	1,0	17
1,25	5/4	20/16	0,8	18
1,6	5/3,2	20/12,5	0,63	19
2,0	5/2,5	20/10	0,5	20
2,5	5/2	20/8	0,4	21

Tab. 4 Sehschärfe-Vergleichstabelle

3.3.2 Schwellenwertbestimmung

Der zu bestimmende Sehschärfewert ist keine mathematische Größe. Er unterliegt sowohl bei zeitlich auseinander liegenden, als auch bei unmittelbar wiederholten Mehrfachmessungen physiologischen Schwankungen und damit einer gewissen Streuung.

Im Bereich der Schwelle des Auflösungsvermögens werden bei wiederholten Messungen mit gleich großen Optotypen richtige und falsche Antworten erfolgen.

Bei größeren Optotypen werden mehr richtige, bei kleineren Optotypen mehr falsche Antworten gegeben.

Nun gilt zu klären wie viele der angebotenen Sehzeichen der Proband erkennen muss, um diesen Wert als Visus zu erhalten.

Hierzu benötigen wir die psychometrische Funktion. Man trägt dazu die Häufigkeit der richtigen Antworten in % als Ordinate gegen den Visuswert als Abszisse auf.

Vereinbarungsgemäß wird derjenige Wert als Schwelle, und damit als erreichter Visus gewählt, bei dem 50% der richtigen Antworten gegeben werden.

Die Steigung der psychometrischen Funktion ist hier nämlich am größten und damit der Punkt am genauesten abzulesen.

Der erreichte Visus wäre demnach der Wert, an dem gerade noch 50% der richtigen Antworten gegeben werden. Allerdings wurde hierbei nicht berücksichtigt, dass der Proband eine Ratewahrscheinlichkeit, in unserem Fall mit vier möglichen Richtungen des Landoltringes von 25%, besitzt.

Man kann mit der Hartmann-Formel [32] errechnen wie viele Landoltringe man prüfen muss und wie viele Fehler man durchgehen lassen kann, damit man gerade über 50% richtige Antworten erhält.

$$\text{Korr. Schwelle} = \frac{N \cdot (n-1) - F \cdot n}{N \cdot (n-1)}$$

N = Gesamtzahl der Zeichen pro Visusstufe

n = Zahl der unterschiedlichen Zeichen (oder Positionen)

F = Zahl der zulässigen Fehler

An unserem Beispiel ergibt sich folgende Rechnung:

$$\text{Korr. Schwelle} = \frac{6 \cdot (4-1) - 2 \cdot 4}{6 \cdot (4-1)} = \frac{10}{18} = 0,555 \text{ (gerundet 56\% richtige Antworten)}$$

Demnach muss man bei 4 Richtungen 6 Landoltringe prüfen, von denen 4 richtig erkannt werden müssen.

3.3.3 Mittelwertbildung

In dieser Arbeit wird aus einem Probandenkollektiv von 6 und 7jährigen Kindern der Mittelwert des Visus für EinzeLOPTOTYPEN und ReihenOPTOTYPEN jeweils monokular und binokular gebildet.

Es gibt hierbei grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Bildung des Mittelwertes: das arithmetische Mittel und das geometrische Mittel. *HOLLADAY und PRAGER* [45] empfehlen die Verwendung des geometrischen Mittels.

Diese Meinung ist an folgendem Beispiel gut nachvollziehbar. Betrachtet man das arithmetische Mittel zweier Probanden bei denen einer einen Visus von 1,0 und der andere einen Visus von 0,1 habe, so wäre dies 0,55, gerundet 0,5. Dies bedeutet eine Entfernung von drei Stufen zu dem Wert 1,0, aber eine Entfernung von 7 Stufen zu dem Wert 0,1, bedingt durch den logarithmischen Charakter der Visusskalierung. Bildet man nun das geometrische Mittel indem man die Einzelwerte logarithmiert, aus ihnen dann das arithmetische Mittel bildet und diesen Wert dann wieder entlogarithmiert, so erhalten wir in diesem Fall einen Wert von 0,316, gerundet 0,32. Dieser hat nun zu 1,0 und zu 0,1 jeweils 5 Stufen Abstand.

Ein anderer Weg der zum gleichen Ergebnis führt, ist die Zuordnung einer Zahl (Visusstufen=Decibelstufen) zu jedem Dezimalwert aus denen dann das arithmetische Mittel gebildet werden kann. Der geringste vorkommende Wert erhält die Stufe 0, es folgt eine durchgehende Nummerierung bis zum höchsten vorkommenden Wert mit der Stufe x, jetzt kann das arithmetische Mittel gebildet werden.

4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse in Form von Diagrammen und Tabellen sowie die statistische Auswertung der Daten dargestellt.

Es wurden insgesamt 156 Kinder im Alter von 6 und 7 Jahren an zwei Hamburger Schulen untersucht.

Von den 156 untersuchten Kindern haben 110 die von uns gesetzten Limits bereits bei der ersten Untersuchung erreicht, 46 erreichten diese nicht bei der ersten Untersuchung. Sie wurden in der Nachuntersuchung erneut geprüft, einschließlich einer sowohl mon- als auch binokular vorgesetzten Korrektur, sofern sie erneut die gesetzten Grenzwerte nicht spontan erreichten. Danach ergab sich die Zugehörigkeit in Gruppe 1 (augengesund) oder 2 (erkrankt).

Nach der Nachuntersuchung wurden 21 der 156 Kinder zur ergänzenden Abklärung zum Augenarzt geschickt.

Schließlich wurden 147 (94,2%) in die Gruppe 1 der Augengesunden aufgenommen. 9 (5,8%) Kinder wurden nach den Kriterien von *FRISËN* und *FRISËN* (siehe Abschnitt 3.1) in die Gruppe 2 aufgenommen.

Von den 147 Kindern der Gruppe 1 waren 76 männlich (51,7%) und 71 weiblich (48,3%).

140 (95,2%) von ihnen besaßen keine Brille, 7 (4,8%) hatten bereits eine Brille. Die Prüfung der Werte erfolgte sowohl mit, als auch ohne Korrektur, wobei in die Statistik der besser erzielte Wert einging.

In der Gruppe 2 waren 6 männliche (66,7%) Kinder und 3 weibliche (33,3%). Von ihnen hatten 8 (88,9%) bereits vor der Untersuchung eine Korrektur und ein Kind (11,1%) keine.

Die Ergebnisse werden nach folgender Systematik dargestellt:

Zuerst eine Darstellung der Ergebnisse für die Sehschärfeprüfung für die Gruppe 1 und Gruppe 1+2 nebeneinander. Hieran ist ersichtlich wie die Werte der Augengesunden Gruppe 1 durch das Einbeziehen der schlechteren Werte der Gruppe 2 evtl. beeinflusst werden.

Dann die Ergebnisse für das Stereosehen, Heterophorie, Heterotropie, Amblyopie und die Refraktion.

Eine separate Darstellung der Ergebnisse der Gruppe 2 erfolgt in einer Tabelle.

Die anschließenden Vergleiche der Sehschärfe werden nur innerhalb der Gruppe 1 durchgeführt.

Dann wird geprüft ob es einen signifikanten Unterschied in den Visusergebnissen gibt, wenn man die Gruppe 2 mit einbezieht.

Folgend werden die Ergebnisse für die Vergleiche mit anderen Untersuchungen in Schwerin (*HEINS*) und Hamburg (*STAIGER*) dargestellt.

Und zum Schluß die Validierung der Tests.

4.1 Ergebnisse der Visusprüfung

4.1.1 EinzeLOPTOTYPEN monokular rechts (Eod)

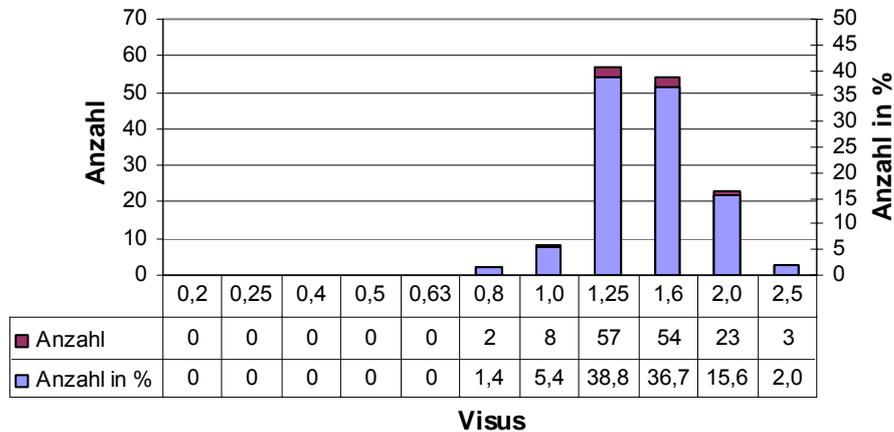


Abb. 10 EinzeLOPTOTYPEN rechts (Eod) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert:	1,47
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[1,41; 1,52]
Median:	1,6
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[1,25; 1,6]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	18,64 +/- 0,925

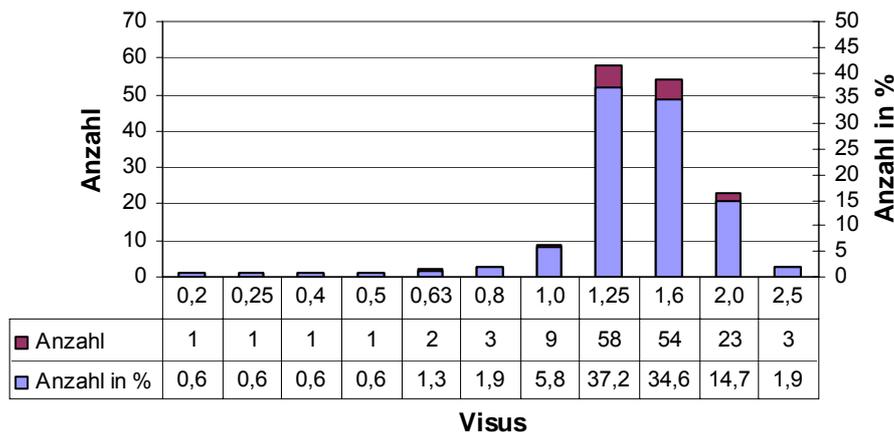
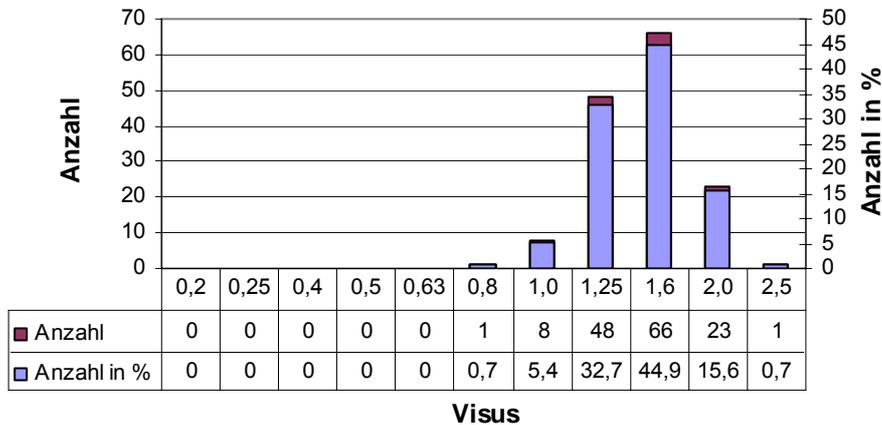


Abb. 11 EinzeLOPTOTYPEN rechts (Eod) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert:	1,39
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[1,31; 1,46]
Median:	1,6
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[1,25; 1,6]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	18,34 +/- 1,48

4.1.2 Einzeloptotypen monokular links (Eos)



Visus

Abb. 12 Einzeloptotypen links (Eos) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert:

1,49

Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:

[1,44; 1,54]

Median:

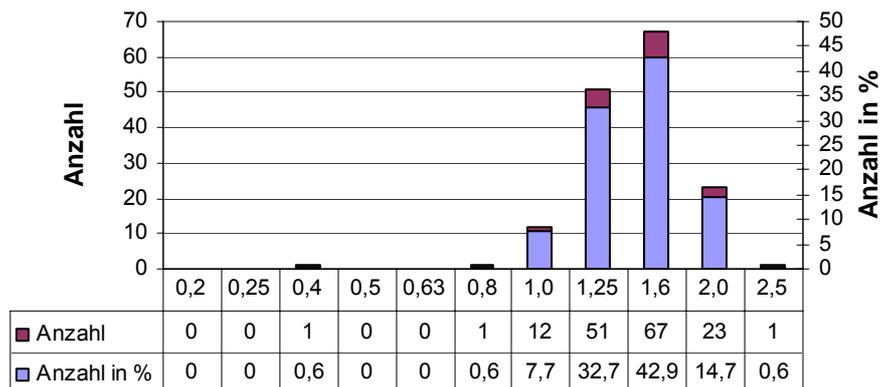
1,6

Konfidenzintervall (95%) des Median:

[1,6; 1,6]

Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:

18,70 +/- 0,844



Visus

Abb. 13 Einzeloptotypen links (Eos) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert:

1,46

Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:

[1,40; 1,51]

Median:

1,6

Konfidenzintervall (95%) des Median:

[1,6; 1,6]

Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:

18,59 +/- 0,98

4.1.3 EinzeLOPTOTYPEN binokular (Ebin)

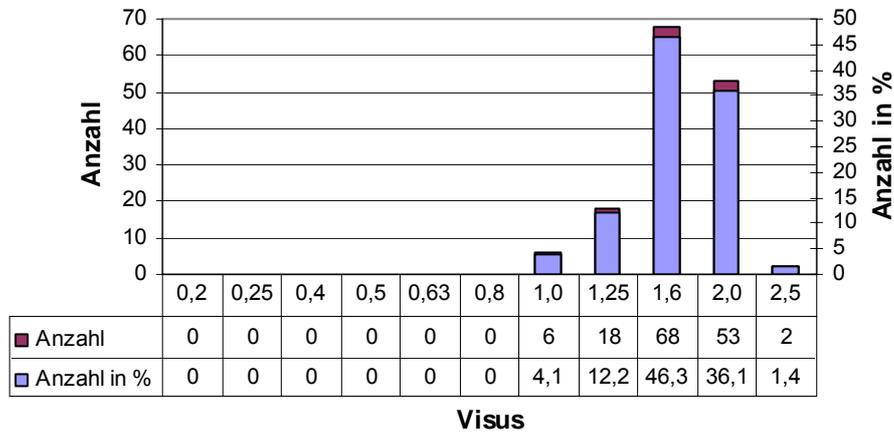


Abb. 14 EinzeLOPTOTYPEN binokular (Ebin) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert:

1,66

Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:

[1,61; 1,71]

Median:

1,6

Konfidenzintervall (95%) des Median:

[1,6; 1,6]

Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:

19,17 +/- 0,819

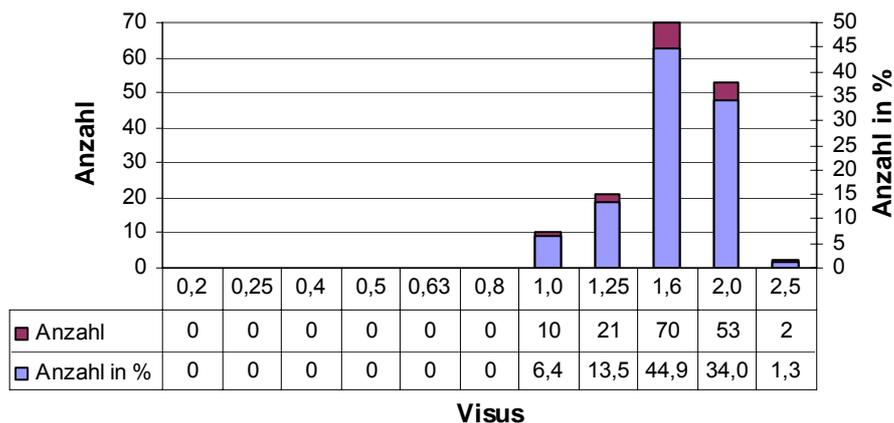


Abb. 15 EinzeLOPTOTYPEN binokular (Ebin) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert:

1,63

Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:

[1,58; 1,68]

Median:

1,6

Konfidenzintervall (95%) des Median:

[1,6; 1,6]

Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:

19,08 +/- 0,88

4.1.4 Reihenoptotypen monokular rechts (Rod)

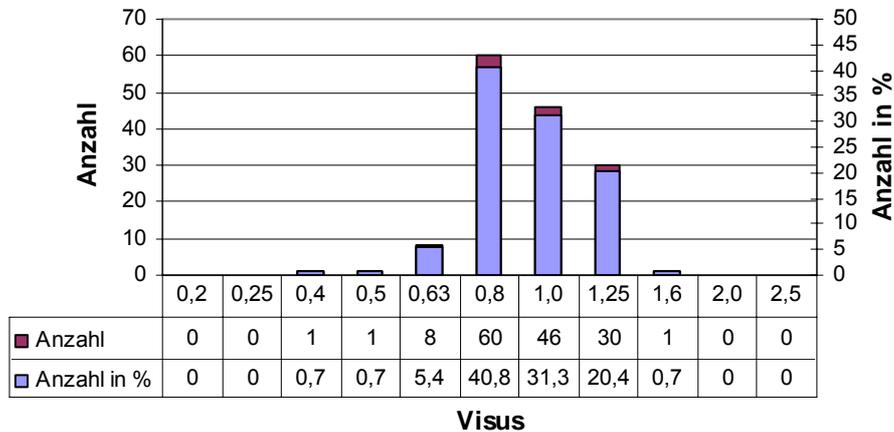


Abb. 16 Reihenoptotypen rechts (Rod) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert:	0,92
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[0,89; 0,96]
Median:	1,0
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[0,8; 1,0]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	16,63 +/- 0,956

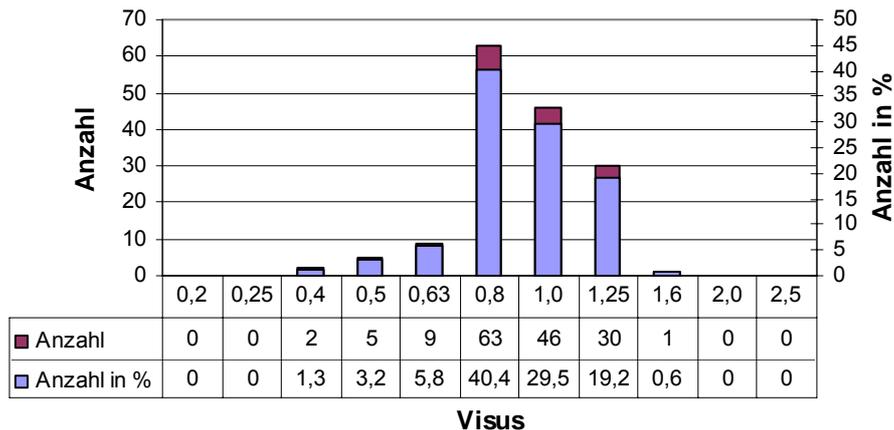


Abb. 17 Reihenoptotypen rechts (Rod) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert:	0,9
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[0,87; 0,94]
Median:	0,8
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[0,8; 1,0]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	16,50 +/- 1,07

4.1.5 Reihenoptotypen monokular links (Ros)

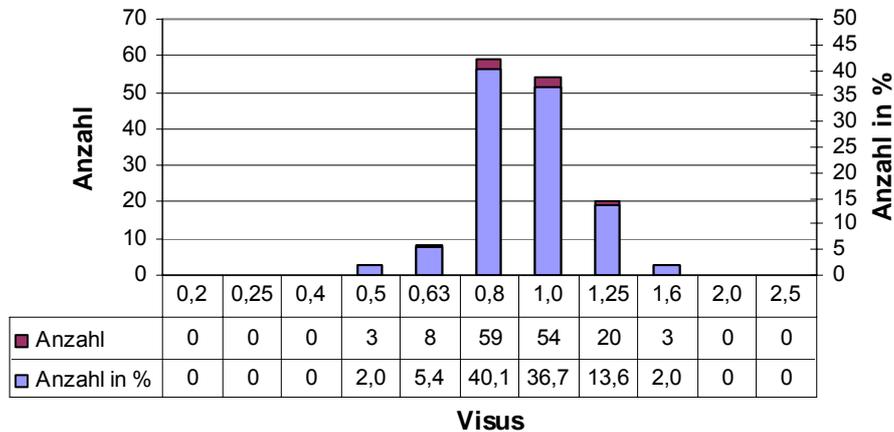


Abb. 18 Reihenoptotypen links (Ros) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert:	0,91
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[0,88; 0,95]
Median:	1,0
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[0,8; 1,0]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	16,58 +/- 0,933

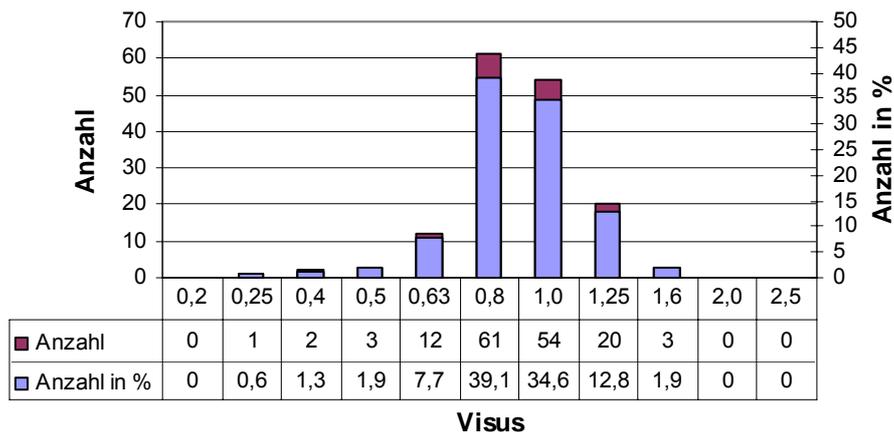


Abb. 19 Reihenoptotypen links (Ros) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert:	0,89
Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts:	[0,85; 0,92]
Median:	0,8
Konfidenzintervall (95%) des Median:	[0,8; 1,0]
Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen:	16,43 +/- 1,12

4.1.6 Reihenoptotypen binokular (Rbin)

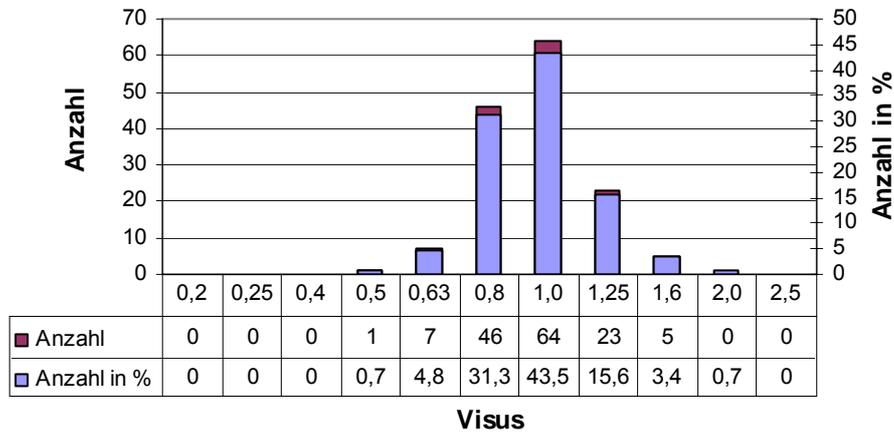


Abb. 20 Reihenoptotypen binokular (Rbin) Gruppe 1

Geometrischer Mittelwert: 0,96
 Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts: [0,93; 0,99]
 Median: 1,0
 Konfidenzintervall (95%) des Median: [1,0; 1,0]
 Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen: 16,79 +/- 0,944

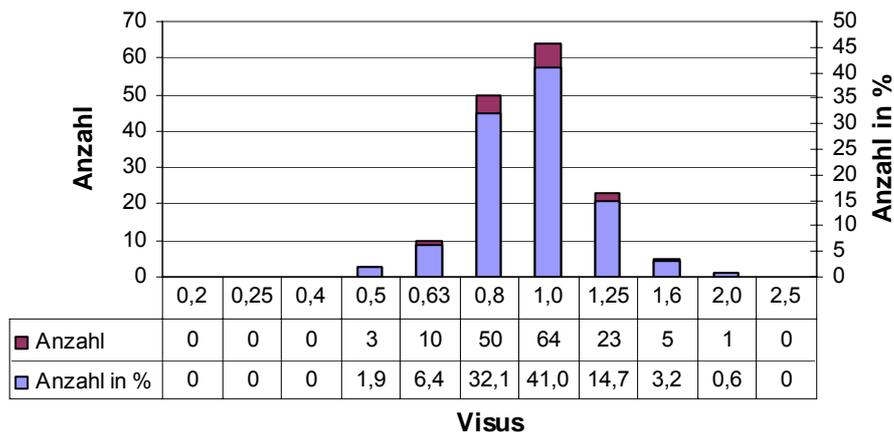


Abb. 21 Reihenoptotypen binokular (Rbin) Gruppe 1+2

Geometrischer Mittelwert: 0,94
 Konfidenzintervall (95%) des Mittelwerts: [0,90; 0,97]
 Median: 1,0
 Konfidenzintervall (95%) des Median: [1,0; 1,0]
 Geom. Mittelwert und Standardabweichung in Visusstufen: 16,69 +/- 1,01

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Ergebnisse.

	E od	E os	E bin	R od	R os	R bin
Gruppe1						
geom. Mittel	1,47	1,49	1,66	0,92	0,91	0,96
Konfidenzintervall	[1,41 ; 1,52]	[1,44 ; 1,54]	[1,61 ; 1,71]	[0,89 ; 0,96]	[0,88 ; 0,95]	[0,93 ; 0,99]
Median	1,6	1,6	1,6	1,0	1,0	1,0
Konfidenzintervall	[1,25 ; 1,6]	[1,6 ; 1,6]	[1,6 ; 1,6]	[0,8 ; 1,0]	[0,8 ; 1,0]	[1,0 ; 1,0]
geom. Mittelwert und Standardabw. in Visusstufen	18,64 +/- 0,925	18,70 +/- 0,844	19,17 +/- 0,819	16,63 +/- 0,956	16,58 +/- 0,933	16,79 +/- 0,944
Gruppe 1+2						
geom. Mittel	1,39	1,46	1,63	0,9	0,89	0,94
Konfidenzintervall	[1,31 ; 1,46]	[1,4 ; 1,51]	[1,58 ; 1,68]	[0,87 ; 0,94]	[0,85 ; 0,92]	[0,9 ; 0,97]
Median	1,6	1,6	1,6	0,8	0,8	1,0
Konfidenzintervall	[1,25 ; 1,6]	[1,6 ; 1,6]	[1,6 ; 1,6]	[0,8 ; 1,0]	[0,8 ; 1,0]	[1,0 ; 1,0]
geom. Mittelwert und Standardabw. in Visusstufen	18,34 +/- 1,48	18,59 +/- 0,98	19,08 +/- 0,88	16,50 +/- 1,07	16,43 +/- 1,12	16,69 +/- 1,01

Tab. 5 Übersicht Ergebnisse Sehschärfe

4.2 Ergebnisse des Stereosehens

Von den insgesamt 156 untersuchten Kindern wurden 46 nachuntersucht. Bei allen 110 (70,51%) nicht nachuntersuchten Kindern bestand ein volles Stereosehen, sowohl der Titmus- als auch der Lang-Stereotest waren bei diesen Kindern positiv.

Bei den 46 nachuntersuchten Kindern zeigten 17 (10,9%) beim Titmus-Test und 4 (2,6%) beim Lang-Stereotest eine Auffälligkeit.

Beim **Titmus-Test** konnten von den 46 nachuntersuchten Kindern alle die Fliege erkennen.

Zwei Kinder erkannten die Tiere nicht. Eins dieser Kinder schießt.

Zwei Kinder konnten keinen der Ringe erkennen. Ein Kind erkannte nur den ersten Ring, eins nur die ersten 2, eins die ersten 3. Drei erkannten die ersten 5 Ringe, eins die ersten 7 Ringe und vier Kinder erkannten die ersten 8 Ringe. Ein Kind erkannte nur den 8. Ring nicht. Alle anderen erkannten die Ringe vollständig.

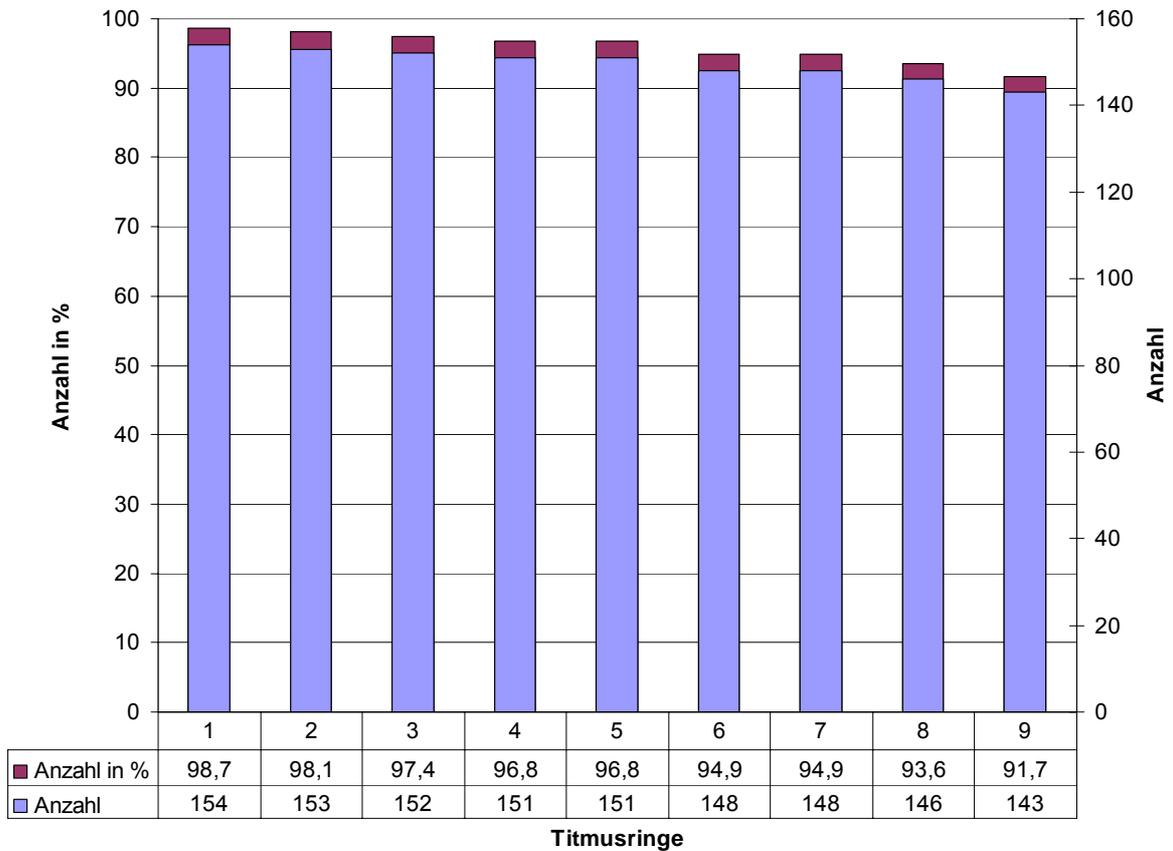


Abb. 22 Titmusringe

Beim **Lang-Stereotest** erkannten zwei Kinder weder Katze, Stern noch Auto. Ein Kind (dieses Kind gehört in die Gruppe 2, ist amblyop) erkannte die Katze und den Stern nicht und ein Kind erkannte nur die Katze nicht. Die anderen 42 Kinder der 46 nachuntersuchten erkannten alles.

Wenn man alle Stereoergebnisse betrachtet, ist keine Korrelation mit einem schlechten Visus und auch nicht mit Heterophorie auszumachen. Demnach ist unter den Heterophorien auch kein Schielen mehr verborgen.

4.3 Ergebnisse der Heterophorien

Von den 156 Kindern wurden 46 nachuntersucht. Die anderen 110 (70,5%) wiesen keine Heterophorien auf. Sowohl der Bagolini-Test als auch der Ab-/Aufdeck-Test waren unauffällig.

Bei den 46 nachuntersuchten Kindern zeigten 15 (9,6%) eine Auffälligkeit beim Ab-/Aufdeck-Test.

Beim **Ab-/Aufdeck-Test** wiesen sieben Kinder (4,5%) eine Exophorie und fünf (3,2%) eine Esophorie auf. Die anderen drei Kinder wiesen eine Exotropie auf und sind unter Heterotropien aufgeführt.

Der **Bagolini-Test** war bei allen nachuntersuchten Kindern unauffällig.

4.4 Ergebnisse der Heterotropien

Bei einem (0,64%) Kind konnte eine Mikroexotropie festgestellt werden. Bei zwei (1,3%) Kindern lag ein Strabismus kombiniert mit einer Amblyopie vor. Bei einem (0,64%) Kind lag eine intermittierende Exotropie vor.

Zusammen also rund 2,6%.

4.5 Ergebnisse der Amblyopien

Es konnte von den 156 Kindern bei zwei (1,3%) Kindern eine Amblyopie und bei zwei (1,3%) eine Amblyopie in Kombination mit einem Strabismus festgestellt werden. Also insgesamt rund 2,6%.

4.6 Ergebnisse der Refraktion

Von den 147 untersuchten Kindern in der Gruppe 1, hatten sieben (4,8%) und von den neun Kindern in der Gruppe 2, bereits acht (88,9%) eine Korrektur.

Bei der Nachuntersuchung wurde festgestellt, dass 24 Kinder (15,4%) eine Refraktionsanomalie aufweisen und mit Korrektur bessere Werte erzielen. Zur Veranschaulichung folgen Tabellen zur Refraktion. Sie zeigen die Werte aller Kinder.

4.6.1 Myopie

In den Tabellen ist das Vorhandensein von Myopie jeweils rechts und links getrennt für das einzelne Auge dargestellt.

Myopie rechts	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 1+2	
	Anzahl (147)	Prozent (100)	Anzahl (9)	Prozent (100)	Anzahl (156)	Prozent (100)
≤ 1,0	19	12,9	1	11,1	20	12,8
1,25 – 2,0	6	4	1	11,1	7	4,5
2,25 – 3,0	3	2	0	0	3	1,9
3,25 – 4,0	0	0	1	11,1	1	0,6
≥ 4,0	0	0	5	55,6	5	3,2

Tab. 6 Myopie rechts

Myopie links	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 1+2	
	Anzahl (147)	Prozent (100)	Anzahl (9)	Prozent (100)	Anzahl (156)	Prozent (100)
≤ 1,0	17	11,6	1	11,1	18	11,5
1,25 – 2,0	7	4,8	0	0	7	4,5
2,25 – 3,0	3	2	0	0	0	0
3,25 – 4,0	0	0	1	11,1	1	0,6
≥ 4,0	0	0	5	55,6	5	3,2

Tab. 7 Myopie links

4.6.2 Hyperopie

Auch hier folgt die Darstellung wieder für das einzelne Auge.

Hyperopie rechts	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 1+2	
	Anzahl (147)	Prozent (100)	Anzahl (9)	Prozent (100)	Anzahl (156)	Prozent (100)
≤ 1,0	9	6,1	3	33,3	12	7,7
1,25 – 2,0	2	1,4	3	33,3	5	3,2
2,25 – 3,0	0	0	2	22,2	2	1,3
3,25 – 4,0	0	0	0	0	0	0
≥ 4,0	0	0	0	0	0	0

Tab. 8 Hyperopie rechts

Hyperopie links	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 1+2	
	Anzahl (147)	Prozent (100)	Anzahl (9)	Prozent (100)	Anzahl (156)	Prozent (100)
≤ 1,0	9	6,1	2	22,2	11	7,1
1,25 – 2,0	0	0	4	44,4	4	2,6
2,25 – 3,0	0	0	1	11,1	1	0,6
3,25 – 4,0	0	0	0	0	0	0
≥ 4,0	0	0	0	0	0	0

Tab. 9 Hyperopie links

4.6.3 Myopie, Hyperopie, Astigmatismus und Anisometropie

Die folgende Tabelle zeigt das Vorhandensein und die Kombinationen von Myopie, Hyperopie, Astigmatismus und Anisometropie, die Zahlen beziehen sich also auf die Kinder und nicht auf die einzelnen Augen. Bei Gruppe 1 wird zuerst von allen Refraktionswerten ausgegangen, die Werte nach dem Schrägstrich beziehen sich auf die Refraktion, wenn man alle Werte $\leq 1,0$ dpt. Myopie und Hyperopie weglässt. Bei Gruppe 2 waren alle Werte für Myopie und Hyperopie $> 1,0$ dpt., deshalb gibt es hier nur einmal Werte.

Refraktion	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 1+2	
	Anzahl (147)	Prozent (100)	Anzahl (9)	Prozent (100)	Anzahl (156)	Prozent (100)
Myopie monokular	0/0	0/0	0	0	0/0	0/0
Myopie binokular	0/0	0/0	0	0	0/0	0/0
Hyperopie monokular	1/0	0,7/0	0	0	1/0	0,6/0
Hyperopie binokular	17/6	11,6/4	1	11,1	18/7	11,5/4,5
Astigmatismus monokular	0/0	0/0	0	0	0/0	0/0
Astigmatismus binokular	0/0	0/0	0	0	0/0	0/0
Myopie und Hyperopie	1/1	0,7/0,7	0	0	1/1	0,6/0,6
Myopie und Astigmatismus	2/0	1,4/0	1	11,1	3/1	1,9/0,6
Hyperopie und Astigmatismus	0/0	0/0	0	0	0/0	0/0
Myopie, Hyperopie und Astigmatismus	9/4	6,1/2,7	7	77,8	16/11	10,3/7,1
Anisometropie < 0,75 dpt	7	4,8	4	44,4	11	7,1
Anisometropie > 0,75 dpt	5	3,4	3	33,3	8	5,1

Tab. 10 Übersicht Refraktion

4.7 Ergebnisse der Probanden in Gruppe 2

Fall Nr	Eod	Eos	Ebin	Rod	Ros	Rbin	Auge	sph	cyl	Achse	Fixation	Weitere Befunde	Lang A S K	Titmus F T R	Bagolini	Ab-/ Aufdeck	Diagnose	
8	1,25	1,25	1,25	0,8	0,8	0,8	re	3,50			foveale, gleiche Fixation	gr. zentr. Excavation, 0,7 bajonettförmige Gefäßabknickung bds.	+	+	+	+	+	Glaukom, Exophorie, Hyperopie
							li	3,50										
31	0,5	1,25	1,0	0,8	0,63	0,8	re	6,50	-2,00	15°		dissoziiertes Höhenschielon bds., Obliquus inf. Überfunktion li	+	-	+	-	-	manif. Schieler re führt, li Mikroexotropie, Hypermetropie, Hyperopie, Astigmatismus
							li	6,00	-1,75	175°								
52	0,4	1,0	1,0	0,5	0,25	0,5	re	4,75	-2,25	175°	knapp nasal, exzen- trische Fixation li	Zentr. Excavation re.: 0,4 – 0,5 li.: 0,3 – 0,4 Obliquus inf. Über- funktion li Trochlearis Unterfunktion li	+	-	+	+	+	Vertikal Strabismus, li Amblyopie, Myopie, Hyperopie, Astigmatismus, Anisometropie
							li	5,75	-2,75	30°								
101	0,25	1,0	1,0	0,4	0,4	0,5	re		-1,50	70°			+	-	+	+	+	Amblyopie, Myopie, Astigmatismus
							li		-1,50	70°								
112	0,8	0,4	1,0	0,5	0,4	0,63	re	1,50	-1,00				+	+	+	+	-	Exotropie, Myopie, Hyperopie, Astigmatismus, Anisometropie
							li											
114	1,0	1,25	1,6	0,5	0,63	0,63	re	5,50	-0,50	0°			+	+	+	+	-	Strabismus, Amblyopie, Myopie, Hyperopie, Astigmatismus
							li	5,00	-0,50	90°								
125	0,63	1,6	1,6	0,63	0,63	0,8	re	5,50	-1,00	15°			+	+	+	+	+	Myopie, Hyperopie, Astigmatismus
							li	6,00	-1,00	15°								
126	0,63	1,0	1,25	0,5	0,63	0,63	re	1,00	-1,75	175°			+	+	+	+	+	Amblyopie, Myopie, Hyperopie, Astigmatismus mixtus
							li	1,00	-2,00	25°								
155	0,2	1,0	1,25	0,8	0,8	0,8	re	4,75	-2,75	27°			+	+	+	+	+	Myopie, Hyperopie, Astigmatismus, Anisometropie
							li	5,00	-2,00	152°								

A = Auto, S = Stern, K = Katze, F = Fliege, T = Tiere, R = Ringe, + = gesehen, - = Auffälligkeit

Tab. 11 Übersicht Befunde Gruppe 2

4.8 Vergleiche innerhalb der Gruppe 1

4.8.1 Vergleich der Sehschärfe des rechten mit der des linken Auges

Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Sehschärfe des rechten Auges und der Sehschärfe des linken Auges?

Für EinzeLOPTOTYPEN (EOD/EOS Vergleich)

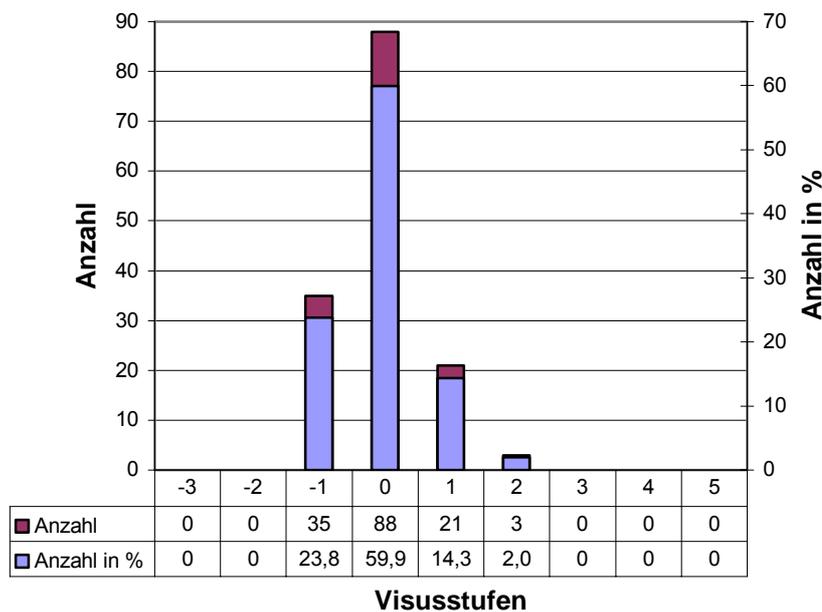


Abb. 23 Visusstufendifferenz des EinzeLOPTOTYPENvisus rechts und links

Die Abbildung ist eine Darstellung der Differenzen zwischen dem EinzeLOPTOTYPENvisus rechts und dem EinzeLOPTOTYPENvisus links. Das negative Vorzeichen bedeutet, EinzeLOPTOTYPENvisus rechts ist kleiner als EinzeLOPTOTYPENvisus links. Die nachfolgenden Abbildungen folgen demselben Prinzip.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 23,8% der Kinder rechts einen um eine Visusstufe kleineren, 59,9% einen gleichen und 16,3% einen rechts größeren EinzeLOPTOTYPENvisus haben als links.

Um zu prüfen, ob der jeweils bessere EinzeLOPTOTYPENvisus des linken Auges statistisch signifikant gegenüber dem EinzeLOPTOTYPENvisus des rechten Auges ist, verwenden wir den Wilcoxon Test. Das Signifikanzniveau soll 5% sein.

Die Nullhypothese lautet: „Die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für das linke Auge zu erhalten, ist gleich der Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für das rechte Auge zu erhalten.“ Die Ergebnisse der nachfolgenden Vergleiche werden nach gleicher Rechnung verglichen.

Bei der statistischen Berechnung der EinzeLOPTOTYPEN erhalten wir für $p=0,643$.
Da $p=0,643 > 0,05$ ist, muss die Nullhypothese auf dem 5% Signifikanzniveau angenommen werden.

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem EinzeLOPTOTYPENVISUS des rechten Auges und des linken Auges.

Für Reihenoptotypen (Rod/Ros Vergleich)

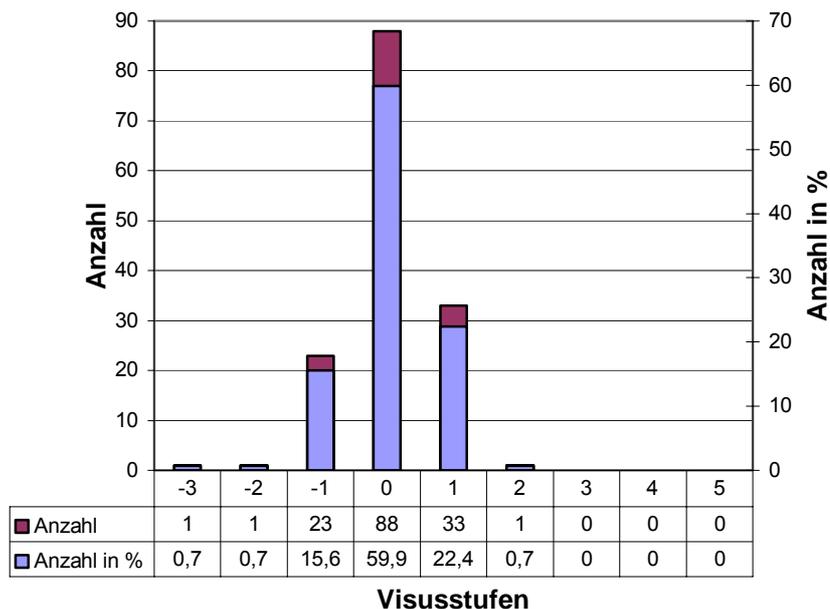


Abb. 24 Visusstufendifferenz des Reihenoptotypenvisus rechts und links

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 17% der Kinder rechts einen kleineren, 59,9% einen gleichen und 23,1% einen rechts größeren Reihenoptotypenvisus haben als links.

Bei der statistischen Berechnung mittels Wilcoxon-Test erhalten wir für $p=0,361$.
Da $p=0,361 > 0,05$ ist, muss die Nullhypothese auf dem 5% Signifikanzniveau angenommen werden.

Es besteht für Reihenoptotypen kein signifikanter Unterschied zwischen der Sehschärfe des rechten und des linken Auges.

4.8.2 Vergleich der Sehschärfe des rechten Auges mit der binokularen Sehschärfe

Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Sehschärfe des rechten Auges und der Sehschärfe beider Augen?

Für EinzeLOPTOTYPEN (Eod/Ebin Vergleich)

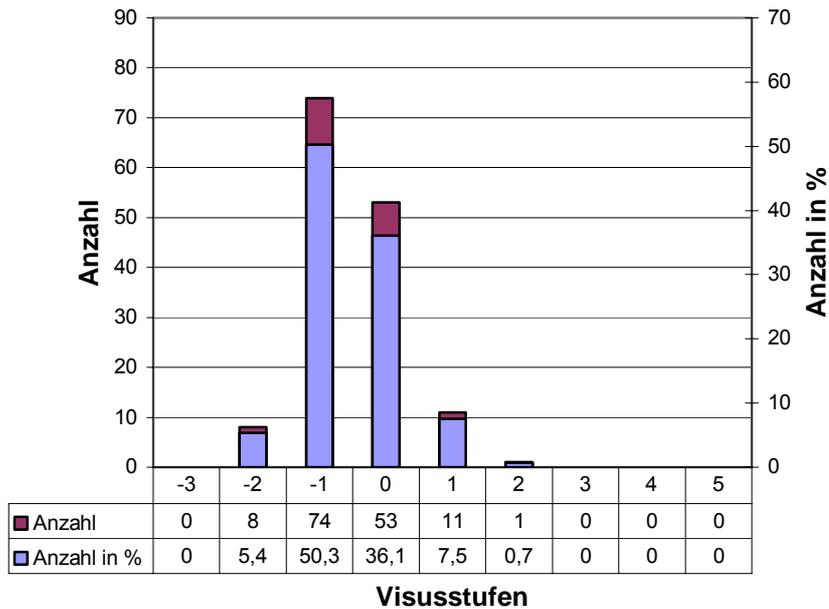


Abb. 25 Visusstufendifferenz des EinzeLOPTOTYPENvisus rechts und binokular

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 55,7% der Kinder rechts einen kleineren, 36,1% einen gleichen und 8,2% einen rechts größeren EinzeLOPTOTYPENvisus haben als binokular.

Die Nullhypothese lautet: „Die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für den EinzeLOPTOTYPENvisus rechts zu erhalten, ist gleich der Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für beide Augen zu erhalten.“

Bei der statistischen Berechnung erhalten wir für $p = 0,000$.

Da $p = 0,000 < 0,05$, muss die Nullhypothese auf dem 5% Signifikanzniveau abgelehnt werden.

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem EinzeLOPTOTYPENvisus rechts und binokular.

Für Reihenoptotypen (Rod/Rbin Vergleich)

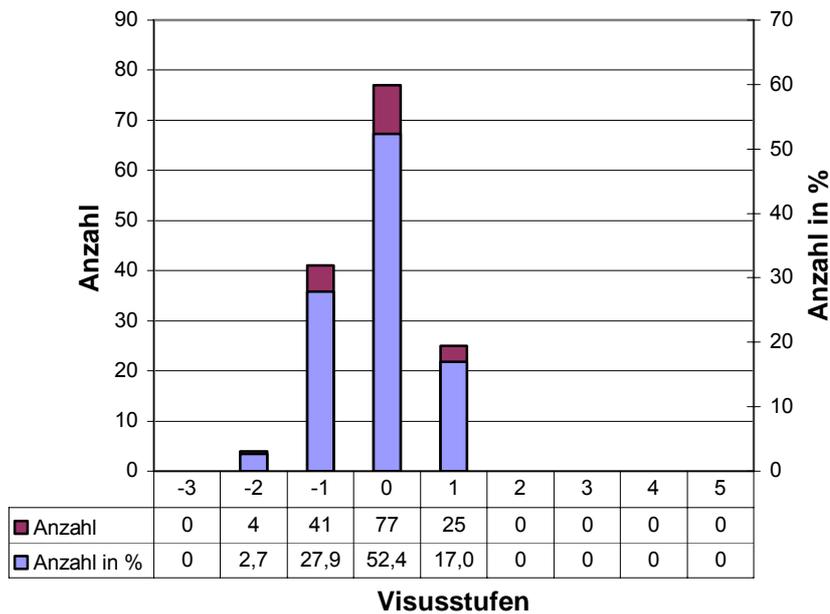


Abb. 26 Visusstufendifferenz des Reihenoptotypenvisus rechts und binokular

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 30,6% einen kleineren, 52,4% einen gleichen und 17% einen rechts größeren Reihenoptotypenvisus haben als binokular.

Bei der statistischen Berechnung mittels Wilcoxontest erhalten wir für $p=0,034$. Da $p=0,034 < 0,05$ ist, muss die Nullhypothese auf dem 5% Signifikanzniveau abgelehnt werden.

Es besteht auch für Reihenoptotypen ein signifikanter Unterschied zwischen der Sehschärfe beider Augen und der des rechten Auges, zugunsten des binokularen Wertes.

4.8.3 Vergleich der Sehschärfe für Einzeloptotypen mit der für Reihenoptotypen

Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Einzeloptotypensehschärfe und der Reihenoptotypensehschärfe?

Für das rechte Auge (Eod/Rod Vergleich)

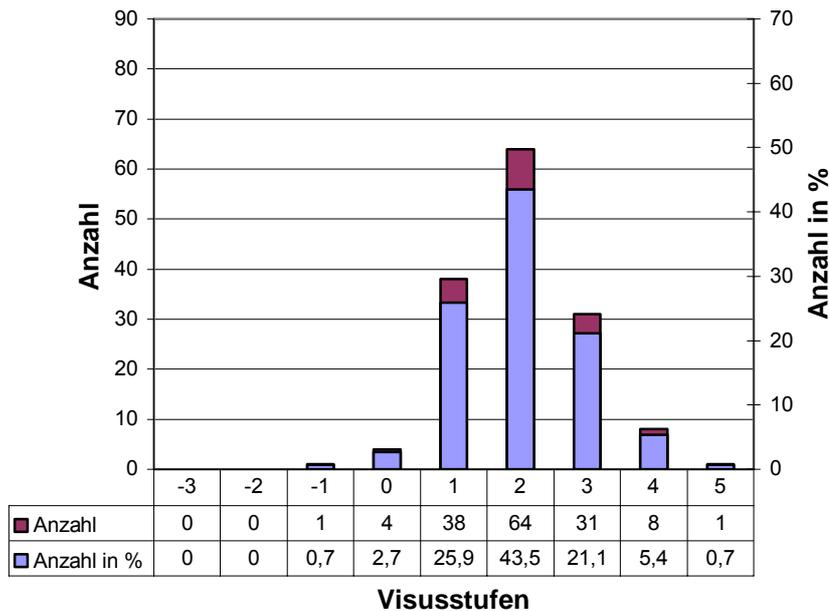


Abb. 27 Visusstufendifferenz des Einzeloptotypen- und Reihenoptotypenvisus rechts

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 0,7% einen kleineren, 2,7% einen gleichen und 96,6% einen größeren Einzeloptotypenvisus rechts haben als einen Reihenoptotypenvisus rechts.

Bei der statistischen Berechnung mittels Wilcoxonstest erhalten wir für $p=0,000$. Die Nullhypothese wird abgelehnt.

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem Einzeloptotypenvisus rechts und dem Reihenoptotypenvisus rechts.

Für beide Augen (Ebin/Rbin Vergleich)

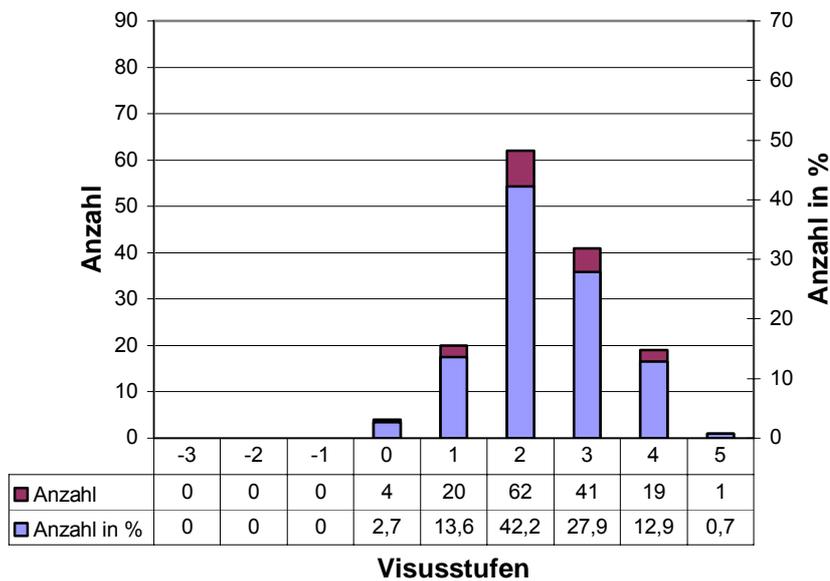


Abb. 28 Visusstufendifferenz des Einzeloptotypen- und Reihenoptotypenvisus binokular

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass 0% einen kleineren, 2,7% einen gleichen und 97,3% einen größeren binokularen Einzeloptotypenvisus haben als einen binokularen Reihenoptotypenvisus.

Wir erhalten für $p=0,000$. Die Nullhypothese wird abgelehnt.

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem Einzeloptotypenvisus binokular und dem Reihenoptotypenvisus binokular.

4.9 Vergleiche Gruppe 1 mit Gruppe 1+2

Zur Übersicht erfolgt noch mal eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Gruppe 1 und Gruppe 1+2.

Untersuchung	Eod	Eos	Ebin	Rod	Ros	Rbin
Gruppe 1	1,47	1,49	1,66	0,92	0,91	0,96
Gruppe 1+2	1,39	1,46	1,63	0,9	0,89	0,94
Asymptotische Signifikanz	0,393	0,526	0,490	0,464	0,442	0,467

Tab. 12 Übersicht Signifikanz beim Vergleich der Gruppe 1 mit Gruppe 1+2

Für die statistischen Vergleiche der Gruppe 1 mit der Gruppe 1+2 kommt der Mann-Whitney-Test auf dem 5% Signifikanzniveau ($p=0,05$) zur Anwendung.

Es soll geprüft werden, ob es einen statistisch signifikanten Unterschied der Sehschärfeergebnisse gibt, wenn man die Gruppe 2 mit in die Berechnung einbezieht.

Vergleich der Einzel- und Reihenoptotypen von Gruppe 1 mit Gruppe 1+2

Die Nullhypothese lautet: „Die Wahrscheinlichkeit, dass Gruppe 1 einen höheren Wert für die Einzeloptotypen bzw. für die Reihenoptotypen erhält als die Gruppe 1+2, ist genauso hoch wie umgekehrt.“

Bei der Berechnung des Mann-Whitney-Testes erhalten wir für die Einzeloptotypen rechts $p=0,393$, für links $p=0,526$ und für binokular $p=0,490$.

Da die jeweiligen Werte $>0,05$ sind, ist die Nullhypothese anzunehmen.

Es besteht jeweils kein signifikanter Unterschied zwischen dem Einzeloptotypenvisus der Gruppe 1 und dem der Gruppe 1+2.

Bei der Berechnung des Mann-Whitney-Testes erhalten wir für die Reihenoptotypen rechts $p=0,464$, für links $p=0,442$ und für binokular $p=0,467$.

Da die jeweiligen Werte $>0,05$ sind, ist die Nullhypothese anzunehmen.

Es besteht auch hier jeweils kein signifikanter Unterschied zwischen dem Reihenoptotypenvisus der Gruppe 1 und dem der Gruppe 1+2.

4.10 Vergleiche mit anderen Untersuchungen

Im folgenden Abschnitt soll ein Vergleich mit anderen Untersuchungen geführt werden. Zuerst ein Vergleich mit 6 und 7jährigen einer ländlichen Region Mecklenburg-Vorpommerns (*HEINS*) und anschließend ein Vergleich mit der nächst höher untersuchten Altersgruppe, den 9-11jährigen in der Stadt Hamburg (*STAIGER*).

Zur Anwendung kommt der Mann-Whitney-Test, um zu prüfen, ob die Ergebnisse statistisch signifikant sind. Die Prüfung erfolgte auf dem Signifikanzniveau von 5%.

4.10.1 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit 6 und 7jährigen einer ländlichen Region in Mecklenburg-Vorpommern (*HEINS*)

Untersuchung	Eod	Eos	Ebin	Rod	Ros	Rbin
6-7jährige Hamburg (<i>WEBER</i>)	1,47	1,49	1,66	0,92	0,91	0,96
6-7jährige Mecklenburg (<i>HEINS</i> [37])	1,43	1,47	1,66	0,95	0,97	1,07
Asymptotische Signifikanz	0,396	0,787	0,832	0,416	0,25	0,000

Tab. 13 Übersicht Signifikanz beim Vergleich *WEBER* mit *HEINS*

Vergleich der Einzeloptotypen und Reihenoptotypen

Die Nullhypothese lautet: „Die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für Einzeloptotypen bzw. für Reihenoptotypen der 6 und 7jährigen in der Stadt Hamburg zu erhalten, ist genauso hoch wie die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für die 6 und 7jährigen Mecklenburg-Vorpommerns zu erhalten.“

Bei den Einzeloptotypen erhalten wir für rechts $p=0,396$, für links $p=0,787$ und für binokular $p=0,832$.

Da alle Werte $>0,05$ sind, muss die Nullhypothese angenommen werden.

Es besteht kein signifikanter Unterschied für Einzeloptotypen zwischen den Ergebnissen der 6 und 7jährigen der Stadt Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern.

Bei den Reihenoptotypen erhalten wir für rechts $p=0,416$, für links $p=0,25$ und für binokular $p=0,000$.

Da die Werte für die Reihenoptotypen rechts und links $>0,05$ sind, muss die Nullhypothese angenommen werden.

Der Wert für Reihenoptotypen binokular ist $<0,05$, daher muss die Nullhypothese hier abgelehnt werden.

Es besteht ein signifikanter Unterschied der Reihenoptotypen binokular der 6 und 7jährigen zwischen der Stadt Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern.

4.10.2 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen bei 9-11jährigen in der Stadt Hamburg (STAIGER)

Untersuchung	Eod	Eos	Ebin	Rod	Ros	Rbin
6-7jährige Hamburg (WEBER)	1,47	1,49	1,66	0,92	0,91	0,96
9-11jährige Hamburg (STAIGER[93])	1,52	1,50	1,78	1,21	1,19	1,40
Asymptotische Signifikanz	0,280	0,924	0,056	0,000	0,000	0,000

Tab. 14 Übersicht Signifikanz beim Vergleich WEBER mit STAIGER

Vergleich der Einzeloptypen und Reihenototypen

Die Nullhypothese lautet: „Die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für Einzeloptypen bzw. für Reihenoptotypen der 6 und 7jährigen in der Stadt Hamburg zu erhalten, ist genauso hoch wie die Wahrscheinlichkeit einen höheren Wert für die 9-11jährigen in der Stadt Hamburg zu erhalten.“

Bei den Einzeloptypen erhalten wir für rechts $p=0,280$, für links $p=0,924$ und für binokular $p=0,056$.

Da alle Werte $>0,05$ sind, muss die Nullhypothese angenommen werden.

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der 6 und 7jährigen und den 9-11jährigen der Stadt Hamburg. (Ein bemerkenswertes Ergebnis).

Bei den Reihenoptotypen erhalten wir für rechts $p=0,000$, für links $p=0,000$ und für binokular $p=0,000$.

Da alle Werte $<0,05$ sind, muss die Nullhypothese abgelehnt werden.

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen für Reihenoptypen der 6 und 7jährigen und den 9-11jährigen der Stadt Hamburg.

4.11 Validierung der Tests

Als Sensitivität versteht man die Fähigkeit eines Tests, Kranke als krank zu erkennen, unter Spezifität die Fähigkeit eines Tests, Gesunde als gesund zu erkennen.

Als Zielkrankheiten haben wir Refraktion, Strabismus und Amblyopie untersucht.

Sensitivität = Test Positive / Kranke	$\frac{a}{a+c} \cdot 100\%$
Spezifität = Diagnose Negative / Gesunde	$\frac{d}{b+d} \cdot 100\%$
Falsch Positive = (1 - Spezifität)Test Positive unter den Gesunden	$\frac{b}{b+d} \cdot 100\%$
Falsch Negative = (1 - Sensitivität)Test Negative unter den Kranken	$\frac{c}{a+c} \cdot 100\%$

Tab. 15 Validierung: Formeln für die Validierung wobei a= Test positiv, b= Test falsch positiv, c= Test falsch negativ, d= Test negativ

C-Test	Pos.: Einzel < 1,25, Reihe < 0,8, re./li. Differenz > eine Visusstufe
	Neg.: Einzel > 1,25, Reihe > 0,8, re./li. Differenz bis einer Visusstufe
Lang-Test	Pos.: Auto, Katze, Stern nicht erkannt
	Neg.: Auto, Katze, Stern erkannt
Titmus-Test	Pos.: Teile oder alles von Fliege, Tiere, Ringe nicht gesehen
	Neg.: Fliege, Tiere, Ringe gesehen
Bagolini-Test	Pos.: Streifenkreuz nicht korrekt gesehen
	Neg.: Streifenkreuz korrekt gesehen
Ab-/Aufdeck-Test	Pos.: Einstellbewegungen erkennbar
	Neg.: keine Einstellbewegungen erkennbar

Tab. 16 Validierung: Kriterien für Test positiv bzw. negativ

Test	Erkrankung	Gesunde	Kranke	Kranke		Gesunde	
				Positiv (a)	Falsch negativ (c)	Negativ (d)	Falsch positiv (b)
C-Test	Refraktion	118	38	24	14	108	10
	Strabismus	152	4	3	1	121	31
	Amblyopie	152	4	4	0	122	30
Lang-Test	Refraktion	118	38	3	37	115	1
	Strabismus	152	4	2	2	150	2
	Amblyopie	152	4	2	3	149	3
Titmus-Test	Refraktion	118	38	13	20	119	4
	Strabismus	152	4	2	2	137	15
	Amblyopie	152	4	2	2	137	15
Bagolini-Test	Refraktion	118	38	0	0	118	38
	Strabismus	152	4	0	0	152	4
	Amblyopie	152	4	0	0	152	4
Ab-/Aufdeck-Test	Refraktion	118	38	13	25	116	2
	Strabismus	152	4	2	2	139	13
	Amblyopie	152	4	1	3	138	14

Tab. 17 Validierung: Anzahl am jeweiligen Test in Bezug auf Erkrankung

Test	Erkrankung	Sensitivität(%)	Spezifität(%)	Falsch Positive(%)	Falsch Negative(%)
C-Test	Refraktion	63,2	91,5	8,5	36,8
	Strabismus	75	79,6	20,4	25
	Amblyopie	100	80,3	19,7	0
Lang-Test	Refraktion	7,5	99,1	0,9	92,5
	Strabismus	50	98,7	1,3	50
	Amblyopie	25	98	2	75
Titmus-Test	Refraktion	39,4	96,7	3,3	60,6
	Strabismus	50	90,1	9,9	50
	Amblyopie	50	90,1	9,9	50
Bagolini-Test	Refraktion	0	75,6	24,4	0
	Strabismus	0	97,4	2,6	0
	Amblyopie	0	97,4	2,6	0
Ab-/Aufdeckt-Test	Refraktion	34,2	98,3	1,7	65,8
	Strabismus	50	91,4	8,6	50
	Amblyopie	25	90,8	9,2	75

Tab. 18 Validierung der Tests in Bezug auf die jeweilige Erkrankung

5. Diskussion

Sehschärfe bei 6-7jährigen Schülern an 2 Hamburger Schulen, Einzel- und Reihenoptotypenvisus, binokulare Sehschärfe, Vergleich mit anderen Altersgruppen

Methodisch sind die Arbeiten von *STAIGER*, *CHANG*, *HAUTZINGER*, *EGGERT*, *HEINS* und *DONNER* mit dieser Arbeit vergleichbar, da die benutzten Tests in allen genannten Fällen identisch waren [93, 8, 34, 18, 37, 16]:

STAIGER [93], *CHANG* [8] und *HAUTZINGER und HAASE* [34], führten ihre Untersuchungen sowohl mit computergestützten Verfahren als auch mit konventionellen Auflichttafeln durch. *EGGERT* [18] nutzte das computerisierte Verfahren. *HEINS* [37] und *DONNER* [16] verwendeten, wie wir, Auflichttafeln. *HAUTZINGER und HAASE* [34] und *CHANG* [8] wiesen nach, dass sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der computerisierten Methode und dem Verfahren der konventionellen Auflichttafeln ergeben.

Ein Vergleich mit diesen verschiedenen Untersuchungen ist gestattet, da alle die gleichen Auswahlkriterien beachteteten. Allerdings handelt es sich um eine Querschnittsuntersuchung, da eine Längsuntersuchung mit denselben Probanden über einen längeren Zeitraum unserer Meinung nach fast unmöglich ist.

Der von uns in dieser Untersuchung ermittelte geometrische Visusmittelwert für Einzeloptotypen, liegt bei 1,47 monokular und bei 1,66 binokular. Er deckt sich mit den ermittelten Werten von *HEINS* [37], die monokular 1,43 und binokular 1,66 erhielt. Die Werte von *STAIGER* [93] für die 6-7jährigen liegen, mit 1,31 monokular und 1,59 binokular, ein wenig unter unseren Werten. Die Zahl ihrer Probanden dieser Altersgruppe, nur 45, war aber relativ gering.

Der von uns ermittelte Wert für Reihenoptotypen liegt bei 0,92 für das rechte Auge und bei 0,96 binokular. *STAIGER* [93] ermittelte für die 6-7jährigen ähnliche Werte, monokular rechts 0,89 und 1,03 binokular.

Mittelwerte von vielen Personen sind fast immer keine ganzen Zahlen, hier ist demgemäß auch kein Mittelwert zu erwarten, der einer Decibel-Visusstufe entspricht. Außerdem ergibt sich das Problem, der nicht immer symmetrischen Verteilung (Normalverteilung) der Visuswerte. Es wird daher auch der Median ermittelt, der auf „schiefe“ Verteilungen weniger reagiert.

Der Median für Einzellandoltringe liegt mit 1,6 für das rechte wie auch für das linke Auge bereits erstaunlich hoch. Wie Vergleiche mit älteren Probanden ergaben, wird für die monokulare Sehschärfe dieser Medianwert nicht mehr überschritten!

Bei der Prüfung der Reihenoptotypensehschärfe, ergab sich sowohl für das rechte/linke Auge als auch für beide Augen ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der Einzeloptotypensehschärfe. Dabei zeigte sich, dass diese schwierigere Leistung gegenüber der Einzeloptotypen-Sehschärfe für das rechte Auge eine um 2,01 und binokular um 2,38 Visusstufen geringer ist. Auch die Medianwerte zeigten für das rechte wie auch für das linke Auge nur einen Wert von 1,0 gegenüber 1,6 für Einzelsehzeichen, also 2 volle Stufen geringerer Leistung.

Da man dieses Verhältnis bei Erwachsenen kennt, mit einer Differenz von höchstens einer Stufe, kann man folgern, dass trotz der bereits anscheinend ausgereiften Sehschärfe für einzeln stehende Optotypen die Entwicklung des visuellen Systems im Alter von 6-7 Jahren noch keineswegs abgeschlossen ist.

Vergleich mit anderen Arbeiten und Altersgruppen:

Der Vergleich mit der nächst höheren Altersgruppe, den 9-11jährigen von *STAIGER* [93], ergab bei den Einzeloptypen, ihre Werte liegen mit monokular 1,52 und binokular 1,78 wie erwartet über unseren Werten (monokular 1,47 und binokular 1,66), keinen signifikanten Unterschied.

Erwartungsgemäß erhielten wir bei den Reihenoptotypen sowohl monokular links und rechts als auch binokular einen signifikanten Unterschied. Unsere Reihenoptotypenwerte lagen mit rechts 0,92, links 0,91 und binokular 0,96 deutlich unter den Werten von *STAIGER* [93] mit rechts 1,21, links 1,19 und binokular 1,40. Das ist auf die noch in diesem Alter (6-7jährige) vorhandenen Trennschwierigkeiten zurückzuführen. Dies bedeutet, dass die Diskriminierung nahe benachbarter Konturen noch nicht die maximal mögliche Leistung erreicht hat. Der cerebrale Prozess dafür ist auch sicher komplexer als für Einzelsehzeichen.

Die Reihenoptotypen von *EGGERT* [18] bei den 12-14 jährigen sind monokular 1,44 und binokular 1,71, sie sind noch besser als die von *STAIGER*.

EGGERT [18] ermittelte einen Einzeloptypenvisus von 1,56 monokular und 1,87 binokular, der Visus steigt also im Vergleich zu *STAIGER* und uns an.

DONNER [16] ermittelte für die 12-14jährigen monokular 1,56 und binokular 1,87 für Einzeloptypen und deckt sich mit den Werten von *EGGERT*. Für die Reihenoptotypen erhielt sie 1,28 monokular und 1,58 binokular und liegen etwas unter den von *EGGERT* ermittelten Werten.

Für die 15-17jährigen erhielt *DONNER* [16] für Einzeloptypen monokular 1,63 und binokular 1,89 und für Reihenoptotypen monokular 1,37 und binokular 1,6.

CHANG [8] ermittelte für die 15-19jährigen noch höhere Werte für Einzeloptypen von monokular 1,72 und binokular 1,88. Für Reihenoptotypen erhielt sie monokular 1,47 und binokular 1,68. Hier ist der Gipfel für Reihenoptotypen, er entspricht Erwachseneniveau.

Dieses Ergebnis spricht dafür, daß 10jährige für Einzeloptypen praktisch ausgereift sind, während die schwierigeren Reihenoptotypen erst mit 15-20-Jahren ihren Erwachsenenwert und auch ihr Maximum erreichen. In der Klinik ist bekannt, daß eine Amblyopie nur noch selten nach dem 10. Lebensjahr entsteht.

FRISÈN und FRISÈN [25] ermittelten ein Visusmaximum für die 25jährigen von monokular 1,69 und binokular 1,77.

HAUTZINGER und HAASE[34] untersuchten die 20-30jährigen und ermittelten einen Einzeloptypenvisus von 1,61 im Mittel.

CHANG [8] ermittelte also ein Visusmaximum im Alter von 15-19 Jahren, dies steht im Gegensatz zu der Untersuchung von *FRISÈN und FRISÈN* [25], die ein Visusmaximum bei 25 Jahren feststellten. Die Untersuchung von *HAUTZINGER und HAASE* [34] liegt unter den von *CHANG* [8] ermittelten Werten.

Man muß hier berücksichtigen, dass *FRISÈN und FRISÈN* [25] für die Altersgruppe der 20-30jährigen nur 20 Personen untersuchten, während *HAUTZINGER und*

HAASE [34] bei 100 Personen geprüft haben. Letztere Werte sind daher vertrauenswürdiger.

An diesen Untersuchungen zur Altersabhängigkeit des Visus, ist ein Anstieg bis zur Altersgruppe der 15-19jährigen ersichtlich, danach kommt es wieder zu einem Abfall des Visus. Auch *SLATAPER* [90] erwartet ein Sehschärfemaximum bei 18 Jahren. Im Gegensatz dazu steht die Feststellung von *PITTS* [74], der ein Maximum der Sehschärfe bereits mit 10 Jahren erwartet. Auch *OPPEL* [68] gibt an, dass eine normale, den Erwachsenen vergleichbare Sehschärfe bei Kindern mit 4-5 Jahren erreicht wird. Als Sehschärfewert für 6jährige erhält er allerdings nur etwa 1,08. Unser Wert liegt also um einiges höher. *OPPEL* [68] hat in seiner Untersuchung mit den E-Haken, gleichzeitig Abstand und Zeichengröße verändert. Diese Anordnung ist heute obsolet, da mehr als ein Parameter geändert wurde. Die Verwendung von Landoltringen mittels C-Test bringt also bessere Visusergebnisse, laut *HAASE* ist auch schon ab dem 4. Lebensjahr eine Prüfung mit Landoltringen möglich. *MOLNAR* [61] fand eine zusätzliche Abnahme der Sehschärfe jenseits des 56. Lebensjahres.

Abschließend lässt sich sagen, dass ein Vergleich der Untersuchungen möglich ist, da sie alle nach DIN Bedingungen durchgeführt wurden und dieselben Ausschlusskriterien für die Augenerkrankten erfolgten.

Allerdings ist die DIN kein gefordertes Muss für die Sehschärfepfung in den Augenarzt-Praxen.

Die DIN fordert ein Vorgehen der monokularen Visusprüfung. Wir sind in dieser Untersuchung davon abgewichen und haben mit der binokularen begonnen. Das Beginnen mit der monokularen Prüfung kann bei Patienten mit Nystagmus zu einer negativen Beeinflussung der binokularen Ergebnisse kommen, denn die Hemmung kann labil sein [75], darüber hinaus haben wir einkalkuliert, dass die bessere Sehschärfe mit beiden Augen den Kindern mehr Erfolgserlebnisse verschafft und ihre Kooperationswilligkeit länger erhält.

Wir sind auf die Faktoren eingegangen, die die Sehschärfe beeinflussen, dies sind natürlich Faktoren, die bei jeder einzelnen Untersuchung der verschiedenen Altersgruppen zum Tragen kommen und die Differenzen in den Ergebnissen der Sehschärfe bedeuten können.

Stereopsis

Beim Titmus-Test zeigten 17 (10,9%) der Kinder eine Auffälligkeit, beim Lang-Test waren es 4 (2,6%). In den anderen Untersuchungen (*STAIGER*, *HEINS*, *EGGERT*, *DONNER*, *CHANG*, *FRISÈN* und *FRISÈN*, *HAUTZINGER* und *HAASE*) wurden diese Tests nicht ausgewertet.

VOKES [99] untersuchte 1980 70 Probanden aller Altersstufen, beginnend mit den 6-9jährigen folgten 6 weitere Gruppen, jeweils für eine Lebensdekade, mit je 10 untersuchten Probanden pro Gruppe. Seine Untersuchung am Stereoeidometer nach Monje konnte keinen Einfluß des Lebensalters auf die Stereopsis zeigen. Danach zu schließen, sollte die Stereopsis mit etwa 6 Jahren ausgereift sein.

Um sicher zu gehen, dass die Kinder das Objekt wirklich erkannten, ließen wir sie ausserdem auf das Objekt auf den Tafeln zeigen.

Der Titmus-Test ist sehr gut für kleine Kinder geeignet, da sie nach der Fliege greifen können. Eigentlich ist der Lang-Test schwieriger, aber die geringste Querdissipation die angeboten wird, ist beim Lang 1 550 Winkelsekunden, beim Lang 2 200 Winkelsekunden, sie liegt also deutlich höher als die geringste Querdissipation, 40 Winkelsekunden, beim Titmus-Test. Ausserdem ist beim Lang-Test zu kritisieren, dass sich in einem abgestuften Test mehrere Parameter von Figur zu Figur ändern. Beim Titmus-Test mit Ringen hingegen verändert sich nur die Querdissipation, alle anderen Parameter bleiben konstant.

Die meisten Kinder konnten also die Testschwelle von 40 sec. Querdissipation (Ring 9) erreichen. Allerdings ist der Test ebensowenig wie der Lang-Test dazu geeignet Sehschärfedefizite, also Amblyopien zu ermitteln. Andererseits dienen Tests für räumliches Sehen durchaus der Mithilfe, Funktionsdefizite zu ermitteln, jedoch nicht als alleiniger Test.

Heterophorien

Von den 46 nachuntersuchten Kindern zeigten 15 (9,6%) eine Auffälligkeit beim Ab-/Aufdeck-Test. Sieben (4,5%) hatten eine Exophorie und fünf (3,2%) eine Esophorie, drei Kinder wiesen eine Exotropie auf und sind unter Heterotropien aufgeführt. Heterophorien sind bei uns also zu 7,7% vertreten.

Der Bagolini-Test war bei allen nachuntersuchten Kindern unauffällig.

STAIGER [93] gibt das Vorliegen einer Heterophorie mit 9,7%, wobei 6,2% eine Exophorie und 3,5% eine Esophorie hatten. Auch bei *HAASE et al.* wurden Exophorien mit 5,1% und Esophorien mit nur 3,4% festgestellt. Diese Werte decken sich ganz gut mit unseren. *VOKES* [99] konnte in seiner Untersuchung keinen Einfluss des Lebensalters auf die Heterophorie feststellen.

Die Verwendung des Ab-/Aufdeck-Tests zeigte bei uns keine Schwierigkeiten. Anders verhielt es sich mit dem **Bagolini-Streifenglastest**. Die Deutung dieses Tests kann gerade bei Kindern sehr schwierig sein. Er ist durch Ort und Art der Lichtschweifkreuzung sehr aussagekräftig, allerdings sind Kinder diesbezüglich oft überfordert. Sie können das Gesehene nur schwer benennen. Die Verwendung von möglichen Bildvorlagen und genaues Hinterfragen durch den Untersucher, wie das Lichtkreuz aussieht, sind unabdingbar. Wir sind sicher, dass die meisten Kinder den Test verstanden haben, möchten aber vorsichtshalber keine verbindliche Beurteilung abgeben.

Heterotropien

Bei unserer Untersuchung liegt bei insgesamt 4 (2,6%) Kindern ein Strabismus vor. Eins (1,3%) hatte eine Mikroexotropie und eines (0,6%) eine intermittierende Exotropie. Bei zwei (1,3%) von ihnen lag ein Strabismus kombiniert mit einer Amblyopie vor.

STAIGER [93] liegt mit ihrem Wert von 3,5% und *DONNER* [16] (2005) mit 3,7% dicht bei unserem. *De DECKER und TESSMER* [11] (1973) ermittelten eine

Schielhäufigkeit, in ihrer Untersuchung von 1525 6-7jährigen Kindern in Schleswig Holstein, von 5,3% und liegen damit etwas höher als wir. *HAASE und MÜHLIG* [30] (1979) untersuchten 830 6-7jährige Kinder und erhielten einen Wert von 6,3% für Strabismus. Unser ermittelter Wert liegt deutlich unter diesem.

Unser Wert deckt sich mit den Werten aus den 60er Jahren, *MARQUARDT und WEBER-CAUSÉ* [58], sowie *SIMONI* [88], die jeweils 2% erhielten. Die hohen Werte der 70er und 80er Jahre von über 10% (*MÜHLENDYCK* [62], *JENSEN und GOLDSCHMIDT* [47], *SCHENK und HAYDN* [80]) werden heute nicht mehr festgestellt.

Unsere Hypothese, der Anteil könnte geringer geworden sein, bestätigt sich. Dies könnte ein Zeichen für inzwischen bessere Vorsorge in Hamburg sein. Ausserdem könnten die Werte von *HEINS* eine Angleichung des ehemaligen DDR Gebiets an Westdeutsches Niveau zeigen.

Amblyopie

Eine Amblyopie wurde von uns an insgesamt vier (2,6%) Kindern diagnostiziert. Zwei (1,3%) von ihnen hatten diese in Kombination mit einem Strabismus.

Auch *DONNER* [16] findet für Amblyopie einen ähnlichen Wert mit 1,9%.

Die Häufigkeit von Amblyopie bei Nichtschielenden wird mit 2% und bei Schielenden mit 60-70% angegeben [11, 30]. In unserem Fall haben zwei von vier Schielern (50%) eine Amblyopie. Leider konnten wir den Anamnesebögen nicht entnehmen, ob jetzt unauffällige Kinder früher mit Okklusion behandelt wurden. Somit ist nicht zu sagen, ob Kinder früher mit einer mäßigen Amblyopie vorhanden waren.

Folgende Tabelle zeigt noch einmal eine Übersicht der Visuswerte der amblyopen Kinder, um den Schweregrad der Amblyopie aufzuzeigen.

Fallnr.	Eod	Eos	Ebin	Rod	Ros	Rbin
52	0,4	1,0	1,0	0,5	0,25	0,5
101	0,25	1,0	1,0	0,4	0,4	0,5
114	1,0	1,25	1,6	0,5	0,63	0,63
126	0,63	1,0	1,25	0,5	0,63	0,63

Tab. 19 Visuswerte der amblyopen Probanden

Refraktion

Wir konnten von den 156 untersuchten Kindern bei einem (0,6%) eine monokulare Hyperopie und bei 18 (11,5%) eine binokulare Hyperopie feststellen. Es konnte bei keinem Kind eine monokulare oder binokulare reine Myopie festgestellt werden. Einen reinen Astigmatismus wies ebenfalls keines der Kinder auf. Eine Myopie mit kombinierter Hyperopie lag bei einem (0,6%) Kind vor. Eine Hyperopie gepaart mit Astigmatismus lag bei keinem Kind vor. Eine Myopie in Kombination mit Astigmatismus lag bei drei Kindern (1,9%) vor. Die Kombination aus Myopie, Hyperopie und Astigmatismus wurde bei 16 (10,3%) Kindern festgestellt. Eine Anisometropie unter 0,75 dpt wiesen 11 (7,1%) und eine Anisometropie über 0,75 dpt wiesen 8 (5,1%) der Kinder auf.

Vernachlässigen wir alle Myopien und Hyperopien $\leq 1,0$ dpt, so wiesen 7 Kinder (4,5%) eine binokulare Hyperopie und jeweils ein Kind (0,6%) eine Kombination von Myopie und Hyperopie und eine Kombination von Myopie und Astigmatismus auf. Und bei 11 Kindern (7,1%) lag eine Kombination von Myopie, Hyperopie und Astigmatismus vor.

Die Angaben anderer Autoren bezüglich der Refraktion sind sehr unterschiedlich. So liegt die Zahl behandlungs- und refraktionsbedürftiger Befunde zwischen 11,8% und 20%, bei untersuchten Probanden im Alter von 4-12 Jahren [5]. [23, 30, 47]

STAIGER [93] ermittelte 9,7% sichere behandlungs- und korrekturbedürftige und 9,7% nicht bestätigte Befunde, da hier eine Nachuntersuchung nicht wahrgenommen wurde, in dem Bereich, der von den verschiedenen Autoren angegeben wird. Unsere Werte für Myopie decken sich mit denen von *STAIGER* [93], sie diagnostizierte keine Myopie. *DONNER* [16] allerdings weist andere Werte für die Refraktion auf als wir. Bei ihr lagen eine Myopie bei 6,6% und eine Hyperopie von 1,9% vor. Die unterschiedlichen Werte können darauf zurückzuführen sein, dass wir bei der Nachuntersuchung bei allen Kindern durch eine Korrektur eine erneute Visusprüfung vornahmen. *DONNERS* Kinder waren erheblich älter, die Refraktion ändert sich noch Myopie nimmt an Zahl und Ausmaß noch zu, Hyperopie geht zurück. *EGGERT* [18] wies in seiner Untersuchung nach, dass trotz eines guten Visus eine Refraktion vorliegen kann und durch eine, wenn auch sehr geringe Korrektur noch ein besserer Visus erreicht werden kann. Somit erhielten wir für viele Kinder eine Refraktion, auch wenn diese gar nicht von den Eltern in der Anamnese angegeben war. In der Anamnese waren 15 Kinder als Brillenträger angegeben, wir entdeckten 24 zusätzliche Kinder mit Refraktionswerten. Dies ist eine erhebliche Anzahl, auch wenn die Refraktionswerte meist gering waren, aber es zeigt wie wichtig eine Refraktionsuntersuchung in diesem Alter ist.

Vergleiche innerhalb unserer Probandengruppe

Vergleich der Sehschärfe des rechten mit der des linken Auges:

Die Prüfung, ob ein **Unterschied zwischen dem Visus des rechten und des linken Auges** besteht, ergab bei unserer Untersuchung sowohl für Einzel- als auch für Reihenoptotypen keinen statistisch signifikanten Unterschied.

HEINS [37], *STAIGER* [93], *EGGERT* [18], *DONNER* [16], *CHANG* [8] und *HAUTZINGER und HAASE* [34] konnten ebenfalls keine Signifikanz bezüglich dieser Fragestellung zeigen. Aus diesem Grund wurde in allen Prüfungen auf das rechte Auge zurückgegriffen und lässt ein Vergleichen der Ergebnisse untereinander zu.

Der Vergleich der monokularen mit der binokularen Sehschärfe brachte ein statistisch signifikant besseres Ergebnis der binokularen Sehschärfe, sowohl für Einzel- als auch für Reihenoptotypen.

Bei der Berechnung der prozentualen Überlegenheit stößt man auf eine Schwierigkeit. Man hat zwei Möglichkeiten für die Berechnung.

1.) Entweder nimmt man an, die monokulare Sehschärfe sei 100%, dann bildet man den Quotienten aus der binokularen und der monokularen Sehschärfe und multipliziert diesen mit 100%, dann subtrahiert man die 100%.

$$1.) \frac{\text{Visus}(\text{binokular})}{\text{Visus}(\text{monokular})} \cdot 100\% - 100\%$$

2.) Oder man geht davon aus, die binokulare Sehschärfe sei 100%, dann subtrahiert man von 100% den Quotienten aus der monokularen und der binokularen Sehschärfe, den man mit 100% multipliziert hat.

$$2.) 100\% - \frac{\text{Visus}(\text{monokular})}{\text{Visus}(\text{binokular})} \cdot 100\%$$

Beide Berechnungen führen allerdings zu einem differenten Ergebnis.

Bei den anderen Untersuchungen ist die Berechnung mal so mal so geführt worden. Dadurch ist ein Vergleich untereinander nur möglich, wenn man die Rohwerte nimmt und neu errechnet.

Um aufzuzeigen, wie unterschiedlich die Ergebnisse je nach Berechnung sein können, wird an dieser Stelle noch einmal die Berechnung mit den zwei Möglichkeiten für die jeweiligen Untersuchungen durchgeführt. Mit einer einheitlichen Berechnung ist dann auch ein Vergleich möglich. Die fett gedruckten Werte verdeutlichen die von dem Untersucher verwendete Methode. Wurde kein Wert fett gedruckt, ist keine der Methoden ersichtlich.

Untersucher	Eod	Ebin	1.) Methode (in%)	2.) Methode (in%)	Angegebener Wert Untersucher
<i>WEBER</i> 6-7jährige	1,47	1,66	12,9	11,4	-
<i>HEINS</i> [37] 6-7jährige	1,42	1,66	16,9	14,5	16,1
<i>STAIGER</i> [93] 6-7jährige	1,31	1,59	21,4	17,6	21,4
<i>STAIGER</i> [93] 9-11jährige	1,52	1,78	17,1	14,6	17,1
<i>EGGERT</i> [18] 12-14jährige	1,56	1,87	19,9	16,6	15,8
<i>DONNER</i> [16] 12-14jährige	1,56	1,87	19,9	16,6	11,7
<i>DONNER</i> [16] 15-17jährige	1,63	1,89	16,0	13,8	12,4
<i>CHANG</i> [8] 15-19jährige	1,72	1,88	9,3	8,5	9,2
<i>HAUTZINGER</i> [34] 20-30jährige	1,61	-	-	-	-

Tab. 20 Berechnung prozentuale Überlegenheit monokular zu binokular

Wir halten das Verwenden der ersten Methode für sinnvoll, da in der Literatur überwiegend die monokulare Sehschärfe angegeben wird, und man für diese dann 100% annehmen kann.

Es ist ersichtlich, dass die prozentuale Überlegenheit der binokularen Sehschärfe gegenüber der monokularen auch bei den verschiedenen Untersuchungen der 6-7jährigen schwankt, so beträgt sie bei uns 12,9%, bei *HEINS* [37] 16,9% und bei *STAIGER* [93] 21,4%. Der Angabe in der Literatur, die binokulare Überlegenheit der Sehschärfe schwankt zwischen 10 und 15% [3, 46], müssen wir in diesen Untersuchungen der Altersklassen korrigieren, sie schwankt zwischen 9 und 20%. Ursache für die binokulare Überlegenheit ist in der Verstärkung der Erregungskonvergenz aus zunächst zwei getrennten Signaleingängen vom rechten und linken Auge zu sehen. Es kommt zu einem beidäugigen Summationseffekt.

Unsere Hypothese, dass der Effekt der binokularen Überlegenheit bei Kindern größer sein könnte, da die Erfahrung, die in jede Wahrnehmung eingeht, noch geringer ist und so der Vorteil zweier Sehkanäle stärker hervortritt, können wir nicht stützen. Fast alle anderen Untersuchungen erhalten höhere prozentuale Werte für die binokulare Überlegenheit des Visus, einzig *CHANG* [8] liegt mit ihrem Wert unter unserem.

Unterschied zwischen Einzel- und Reihensehzeichen:

HEINS [37] erhielt in ihrer Untersuchung monokular einen Unterschied von 1,71 und binokular einen Unterschied von 1,90 Visusstufen. *STAIGER* [93] erhielt für die 6-7jährigen einen Unterschied von 1,69 Visusstufen monokular und 1,87 binokular. Für die 9-11jährigen erhielt sie im Mittel 0,96 Visusstufen monokular und im Mittel 1,02 binokular. Diese Aussage geht mit der Meinung von *HAASE und HOHMANN* [29],

dass in Bezug auf die Reihensehtests das visuelle System mit etwa 10 Jahren fast ausgereift sei, konform. Dies wird auch durch die Werte von *EGGERT* [18] für die 12-14jährigen monokular im Mittel mit 0,51 Visusstufen bestätigt. *DONNER* [16] erhielt monokular einen Unterschied von 0,38 und binokular von 0,30 Visusstufen für die 12-14jährigen und für die 15-17jährigen monokular von 0,32 und binokular von 0,25. *CHANGS* [16] Werte liegen wieder etwas höher mit monokular 0,74 und binokular 0,68 Visusstufen.

STUART und BURIAN [95] stellten fest, dass die Trennschwierigkeiten (Crowding-Phänomen) nicht nur bei amblyopen Patienten zutreffen, sondern ein generelles physiologisches Phänomen darstellen. Das Ergebnis sollte bei entsprechenden Tests allerdings nicht mehr als eine Visusstufe schlechter ausfallen [9, 28, 64]. *HAASE und HOHMANN* [29] beobachteten einen Unterschied zwischen Einzel- und Reihenoptotypensehschärfe von 3-4 Visusstufen bei Kleinkindern. Ab einem Alter von etwa 10 Jahren sollen sich Trennschwierigkeiten auf einen Unterschied von bis zu einer Stufe verbessert haben und sich denen Erwachsener nähern [9, 28, 64]. *HAUTZINGER und HAASE* [34] beschreiben bei Erwachsenen Trennschwierigkeiten zwischen Einzel- und Reihenoptotypen von monokular 0,41 und binokular 0,30 Visusstufen. Diese Aussagen können wir bestätigen, da *HEINS* [37], *STAIGER* [93] und wir einen Unterschied von über eine Visusstufe beobachteten und hier noch Trennschwierigkeiten vorhanden sind. *STAIGER* [93], *EGGERT* [18], *DONNER* [16] und *CHANG* [8] liegen mit ihren Altersgruppen über 10 Jahren und erhielten jeweils Unterschiede von nicht mehr als einer Visusstufe.

Die Kenntnis des Verhältnisses zwischen Einzel- und Reihenoptotypen ist für die Klinik wichtig: Amblyope Augen haben gesteigerte Trennschwierigkeiten und damit eine größere Differenz zwischen beiden Visusarten. Bei einseitiger Amblyopie kann der Unterschied zwischen rechts und links sehr gut zur Therapie verwendet werden.

Vergleich Gruppe 1 mit Gruppe 1+2:

Wir haben, wie die anderen Untersucher auch, unsere Probanden nach den Tests in zwei Gruppen (1 Augengesund, 2 Augenerkrank) aufgeteilt. Um die Frage zu klären, ob die Augenerkrankten das Ergebnis der Augengesunden beeinflussen, wurden die Ergebnisse der Gruppe 1 neben denen der Gruppe 1+2 aufgeführt. Um zu prüfen, ob dies zu signifikanten Unterschieden führt, haben wir den Mann-Whitney-Test durchgeführt. Wir erhielten sowohl mon- als auch binokular keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den Einzel- und Reihenoptotypen. Die Annahme, und damit Anlehnung an die Ausschlusskriterien nach *FRISÈN und FRISÈN* [25], die Erkrankten beeinflussen das Ergebnis für die Sehschärfe der Gesunden negativ, konnten wir nicht bestätigen. Allerdings ist die Anzahl der Augenerkrankten mit 5,8% in unserem Fall sehr gering. Wenn ein größerer Anteil der Augenerkrankten vorliegt, kann dies schon zur Verfälschung der Ergebnisse führen, wodurch es uns besser erscheint, die Augenerkrankten nicht mit in die Ergebnisse der Gruppe mit sogenanntem physiologischem Visus einzubeziehen.

Vergleiche mit einer ländlichen Schweriner Region

Wir führten einen Vergleich der Ergebnisse für die 6-7jährigen in der Stadt Hamburg mit denen der 6-7jährigen einer ländlichen Region in Mecklenburg-Vorpommern (*HEINS*) durch. Bei den Einzeloptotypen gibt es keinen signifikanten Unterschied. Bei den Reihenoptotypen gibt es monokular auch keinen signifikanten Unterschied. Allerdings ist der binokulare Reihenoptotypenvisus der ländlichen Bevölkerung überlegen. Unser Wert für die Reihenoptotypen liegt binokular bei 0,96, der von *HEINS* [37] ermittelte dagegen bei 1,07. Ein zunächst vermuteter Resteffekt der ehemals sehr guten Vorsorge im Gebiet der DDR lässt sich nicht (mehr) nachweisen.

Die These, dass kein Unterschied zu erwarten ist, hat sich also bestätigt, nur der binokulare Reihenoptotypenvisus weicht etwas voneinander ab.

Dass in der ehemaligen DDR die Pflichtvorsorge noch nachwirken könnte und damit die Häufigkeit von Amblyopie und Strabismus geringer ist als in Hamburg, konnten wir nicht bestätigen. *HEINS* [37] ermittelte Strabismus mit 13,1% und Amblyopie mit 9,8%, wir Strabismus und Amblyopie jeweils nur mit 2,6%. Die Ursache dieser großen Differenz ist völlig unklar! Spekulativ ist zu bedenken, dass in vielen Regionen der neuen Bundesländer die ärztliche Versorgung, insbesondere auf dem Lande, sehr zu wünschen übrig lässt! So sind z.B. Augenarzttermine z.T. erst mit 6-monatiger Wartezeit zu haben.

Validierung

Der C-Test zeigt mit einer Sensitivität von 63,2% und einer Spezifität von 91,5% eine mäßige Möglichkeit, Refraktionsfehler aufzufinden. Auch die Zielkrankheit Strabismus lässt sich mit einer Sensitivität von 75% und einer Spezifität von 79,6% mit dem C-Test allein „nicht wirklich gut“ auffinden. Hingegen wird die Zielkrankheit Amblyopie mit einer Sensitivität von 100% und einer Spezifität von 80,3% ermittelt. Nachteil, immerhin in diesem Alter, noch die relativ hohe Zahl falschpositiver Kinder, die alle nachuntersucht werden müssen. Es ist daher zu überlegen, ob man aufgrund dieser Arbeit das Kriterium „verdächtig“ um eine Visusstufe herabsetzt.

Der Lang-Test eignet sich zum Auffinden von Refraktionsfehlern mit einer Sensitivität von 7,5% und einer Spezifität von 99,1% nicht gut. Strabismus ist mit einer Sensitivität von 50% und einer Spezifität von 98,7% festzustellen. Amblyopie ist mit einer Sensitivität von 25% und einer Spezifität von 98% nicht so gut aufzufinden.

Dieser Test ist demnach allenfalls als Ergänzung zu gebrauchen, wird aber bis heute in den Praxen in seiner Nützlichkeit überschätzt.

Der Titmus-Test deckt Refraktionsfehler mit einer Sensitivität von 39,4% nicht gut auf. Die Spezifität ist hier mit 96,7% allerdings etwas höher. Strabismus und Amblyopie lassen sich mit einer Sensitivität von jeweils 50% und einer Spezifität von 90,1% ebenfalls nicht wirklich gut ausmachen, insbesondere nicht bei intermittierendem Schielen. Es zeigt sich, dass man mit Stereotests eben nicht zuverlässig Visusminderungen feststellen kann.

Im Grunde sind die auf dem Markt erhältlichen Stereotests nicht hinreichend geeignet, Amblyopien oder auch Strabismus aufzudecken.

Die Stereotests sind aber Hilfsmittel: Findet man Strabismus z.B mit dem Abdecktest auf und der Titmus-Test ist nicht beeinträchtigt, sollte eine sehr gründliche Überprüfung erfolgen, ob die Strabismusdiagnose wirklich stimmt! Mit Ausnahme des Mikrostrabismus, bis höchstens 5° Schielwinkel, sollten aber motorische Diagnose und erhöhte Schwelle oder gar fehlende Stereopsis direkt korrelieren. Bei Amblyopie kann die Stereopsis für figurale Muster weitgehend erhalten sein, sofern die Amblyopie nicht schwerwiegend ist. Der Lang-Test als Zufallspunktmuster-Test ist hinsichtlich der Querdisparation sehr grob und kann allein ebenfalls nicht als Amblyopietest benutzt werden.

Der Bagolini-Test hat in keiner der drei Zielkrankheiten Refraktion, Strabismus und Amblyopie einen Kranken aufgefunden. Er eignet sich also nicht gut.

Beim Ab-/Aufdeck-Test ist die Refraktion mit einer Sensitivität von 34,2% und einer Spezifität von 98,3% ähnlich, wie beim Titmus-Test, aufzufinden. Dieser Test ist dafür allerdings nicht konzipiert worden und ungeeignet. Strabismus ist mit einer Sensitivität von 50% und einer Spezifität von 91,4% aufzufinden, aber nur weil wir manifesten Strabismus und intermittierenden Strabismus zusammen als Strabismus-Gruppe benannt haben. Stets manifestes Schielen wird sehr sensitiv entdeckt mit nahe 100% Trefferquote, Ausnahme bilden nur die sehr wenigen Fälle mit sog. identischem Mikrostrabismus. Amblyopie ist mit einer Sensitivität von 25% und einer Spezifität von 90,8% aufzufinden. Hier verhält er sich ähnlich wie der Lang-Test.

Zum Auffinden von Refraktionsfehlern eignet sich also am besten der C-Test, weniger gut der Titmus-Test und der Ab-/Aufdeck-Test. Der Lang-Test und der Bagolini-Test sind nicht geeignet. Mit Sicherheit werden kleinere, manchmal auch mittlere Refraktionsfehler nur skioskopisch, am besten unter Zykloplegie, entdeckt. Beim Strabismus finden Lang-Test, Titmus-Test und Ab-/Aufdeck-Test jeweils die Hälfte der Kranken. Der Bagolini-Test ist ungeeignet.

Amblyopie lässt sich am besten mit dem C-Test ausmachen, gefolgt vom Titmus-Test, der immerhin noch die Hälfte der Kranken findet. Der Lang-Test und der Ab-/Aufdeck-Test finden nur ein Viertel der Erkrankten. Der Bagolini-Test ist auch hier wieder ungeeignet.

Da die Kranken mit einer Häufigkeit für Strabismus und Amblyopie jeweils mit nur vier Kindern (2,6%) vorhanden waren, ist die Validierung bei diesen Zielkrankheiten, in dieser Arbeit weniger aussagekräftig. Hier wäre eine Möglichkeit weiterer Untersuchungen, einer Validierung mit mehr Kranken und Mehrfachmessungen an denselben Probanden, gegeben.

Keiner der verwendeten Tests gibt 100% Sensitivität und gleichzeitig 100% Spezifität. Daher ist gut ersichtlich, dass mehrere Tests nötig sind, um die pathologischen Fälle von den physiologischen abzugrenzen. Deshalb haben wir auch so viele Tests durchgeführt.

Nur der C-Test ergibt 100% entdeckte Amblyopien, da diese nach dem Visus definiert sind.

So wie wir verfahren sind, alle mit einem EinzeLOPTOTYPENVISUS unter 1,25 und/oder einem REIHENOPTOTYPENVISUS unter 0,8 und/oder einer Differenz zwischen rechtem und linkem Auge größer einer Visusstufe, als für Amblyopie positiv zu werten, ergibt

eine 100% Sensitivität. Eine Kombination des C-Tests für Einzeloptotypen mit dem C-Test für Reihenoptotypen ist also für das Auffinden einer Amblyopie sinnvoll.

6. Zusammenfassung

Es wurden insgesamt 156 Kinder im Alter von 6 und 7 Jahren an zwei Hamburger Schulen untersucht. 147 Kinder konnten in die Gruppe der Augengesunden aufgenommen werden, da bei ihnen Augenerkrankungen und hohe Refraktionswerte ausgeschlossen werden konnten. In dieser Gruppe wurde der physiologisch beste Visus mon- und binokular mit Hilfe von Landoltringsehtafeln (C-Test), sowohl für Einzeloptotypen als auch für Reihenoptotypen, ermittelt. Bei Kindern mit Sehhilfe wurde der Visus mit bestmöglicher Korrektur verwendet. Das Stereosehen wurde mit Hilfe des Lang-Stereotests 1 und des Titmus-Tests geprüft. Zur Überprüfung von Heterophorien kamen der Ab-, der Aufdecktest, der alternierende Abdecktest, sowie der Bagolini-Streifenglastest zur Anwendung.

Wir erhielten folgende Mittelwerte/Medianwerte für den Einzeloptotypenvisus. monokular rechts 1,47/1,6, monokular links 1,49/1,6 und binokular 1,66/1,6. Für den Reihenoptotypenvisus erhielten wir monokular rechts 0,92/1,0, monokular links 0,91/1,0 und für binokular 0,96/1,0.

Es konnte zwischen dem rechten und dem linken Auge, sowohl für Einzeloptotypen als auch für Reihenoptotypen, kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Sehschärfe des rechten Auges und der binokularen Sehschärfe nachgewiesen werden. Sowohl bei Einzel- als auch bei Reihenoptotypen geht dies zugunsten des binokularen Visus.

Ausserdem konnte ein Nachweis von statistischer Signifikanz der Prüfung von Unterschieden zwischen Einzel- und Reihenoptotypenvisus, zu Gunsten des Einzeloptotypenvisus, erbracht werden, was das Vorhandensein von Trennschwierigkeiten in diesem Alter verdeutlicht.

Das Einbeziehen der Gruppe 2 (Augenerkrankt) in die Ergebnisse der Gruppe 1 (Augengesund) gab sowohl mon- als auch binokular für Einzel- und Reihenoptotypen keinen statistisch signifikanten Unterschied, da der Anteil pathologischer Fälle gering war und diese nicht sehr schwerwiegend waren.

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Sehschärfe für Einzeloptotypen der 6-7jährigen in Hamburg und in Mecklenburg-Vorpommern, allerdings konnten wir einen signifikanten Unterschied der binokularen Sehschärfe für Reihenoptypen feststellen. Dieser Befund ist fast erratisch! Wahrscheinlich Folge einer statistischen Drift. Klinisch und vom Wert her, kann man die festgestellte Differenz in diesem konkreten Fall nicht hoch bewerten.

Der Vergleich mit der nächst höheren Altersgruppe, den 9-11jährigen in Hamburg ergab für die Einzeloptotypen keinen signifikanten Unterschied, allerdings besteht ein signifikanter Unterschied bei den Reihenoptypen, sowohl rechts, links als auch binokular.

Für das Auffinden der Zielkrankheiten Refraktion, Strabismus und Amblyopie eignete sich am besten der C-Test. Die anderen Tests fanden nur einen geringeren Teil der Kranken. Allerdings ist die Validierung aufgrund der nur wenigen pathologischen Fälle eher nicht aussagekräftig.

7. Anhang

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Querdisparation Titmus-Test
Tabelle 2	Querdisparation Lang Test 1
Tabelle 3	Querdisparation Lang Test 2
Tabelle 4	Sehschärfe-Vergleichstabelle
Tabelle 5	Übersicht Ergebnisse Sehschärfe
Tabelle 6	Myopie rechts
Tabelle 7	Myopie links
Tabelle 8	Hyperopie rechts
Tabelle 9	Hyperopie links
Tabelle 10	Übersicht Refraktion
Tabelle 11	Übersicht Befunde Gruppe 2
Tabelle 12	Übersicht Signifikanz beim Vergleich der Gruppe 1 mit Gruppe 1+2
Tabelle 13	Übersicht Signifikanz beim Vergleich <i>WEBER</i> mit <i>HEINS</i>
Tabelle 14	Übersicht Signifikanz beim Vergleich <i>WEBER</i> mit <i>STAIGER</i>
Tabelle 15	Validierung: Formeln für die Validierung
Tabelle 16	Validierung: Kriterien für Test positiv bzw. negativ
Tabelle 17	Validierung: Anzahl am jeweiligen Test in Bezug auf Erkrankung
Tabelle 18	Validierung der Tests in Bezug auf die jeweilige Erkrankung
Tabelle 19	Visuswerte der amblyopen Probanden
Tabelle 20	Berechnung prozentuale Überlegenheit monokular zu binokular

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Landoltring
Abbildung 2	Sehtafel C-Test Einzeloptotypen
Abbildung 3	Sehtafel C-Test Reihenoptotypen
Abbildung 4	Ausschnitt C-Test Einzeloptotypen
Abbildung 5	Ausschnitt C-Test Reihenoptotypen
Abbildung 6	Titmus-Test
Abbildung 7	Lang-Stereotest 1
Abbildung 8	Lang-Stereotest 2
Abbildung 9	Bagolini-Streifenglastest
Abbildung 10	Einzeloptotypen rechts (Eod) Gruppe 1
Abbildung 11	Einzeloptotypen rechts (Eod) Gruppe 1+2
Abbildung 12	Einzeloptotypen links (Eos) Gruppe 1
Abbildung 13	Einzeloptotypen links (Eos) Gruppe 1+2
Abbildung 14	Einzeloptotypen binokular (Ebin) Gruppe 1
Abbildung 15	Einzeloptotypen binokular (Ebin) Gruppe 1+2
Abbildung 16	Reihenoptotypen rechts (Rod) Gruppe 1
Abbildung 17	Reihenoptotypen rechts (Rod) Gruppe 1+2
Abbildung 18	Reihenoptotypen links (Ros) Gruppe 1
Abbildung 19	Reihenoptotypen links (Ros) Gruppe 1+2
Abbildung 20	Reihenoptotypen binokular (Rbin) Gruppe 1
Abbildung 21	Reihenoptotypen binokular Gruppe 1+2
Abbildung 22	Titmusringe
Abbildung 23	Visusstufendifferenz des Einzeloptotypenvisus rechts und links
Abbildung 24	Visusstufendifferenz des Reihenoptotypenvisus rechts und links
Abbildung 25	Visusstufendifferenz des Einzeloptotypenvisus rechts und binokular
Abbildung 26	Visusstufendifferenz des Reihenoptotypenvisus rechts und binokular
Abbildung 27	Visusstufendifferenz des Einzeloptotypen- und Reihenoptotypenvisus rechts
Abbildung 28	Visusstufendifferenz des Einzeloptotypen- und Reihenoptotypenvisus binokular

Literaturverzeichnis

- 1 Adler F.H. (1953) Physiology of the eye, 2nd ed. Mosby, St.Louis
- 2 Andreè G. (1977) Leistungsfähigkeit des beidäugigen Sehens, Wehrmed. Mschr. 21: 304
- 3 Bárány W. (1946) A theory of binokular visual acuity and an analysis of the variability of visual acuity, Acta Ophthalmol. (Copenh.) 24: 62-92
- 4 Birch E.E., Gwiazda J., Held R. (1982) Stereoacuity development for crossed and uncrossed disparities in human infants, Vision Res. 22: 507-513
- 5 Carl H. (1994) Vergleichende ophthalmologische Untersuchungen von Vorschulkindern im Hinblick auf Reihenuntersuchungen mit dem C-Test (nach Hohmann und Haase), Med. Diss. Universität Hamburg
- 6 Catford G.V., Oliver A. (1973) Development of visual acuity, Arch. Dis. Chil. 48: 47-50
- 7 Cavazos H., Schulz E., Rassow B., Wesemann W. (1990) Vergleich des Kindersehschärfetests nach Lithander (Kolt-Test) mit dem standardisierten Landoltring, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 197: 324-328
- 8 Chang K.M. (1996) Bestimmung des physiologischen Fernvisus augengesunder Jugendlicher im Alter zwischen 15 und 19 Jahren nach EN ISO 8596, Med. Diss. Universität Hamburg
- 9 Cibis L., Hurtt J. Rasicovici A. (1968) A clinical study of separation difficulty in organic and functional amblyopia, Am. Orthopt. J. 18: 66-72
- 10 Cüppers C. (1966) Zum Problem der Augenreihenuntersuchungen im Kindesalter, Sonderdruck der Fa. Rodenstock, Werkzeitschrift "Gute Sicht" Nr 23
- 11 de Decker W., Tessmer J. (1973) Occurence of squint and effency of treatment in Schleswig Holstein, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 162: 34-42

-
- 12 DIN 58220 (1988-1990) Normausschuß Feinmechanik und Optik im DIN58220, Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin, Beuth Verlag
 - 13 Dobson V., Mc Donald M.A., Teller D.Y. (1985) Visual Acuity of Infants and Young Children forced choiced preferential looking procedures, Am. Othoptic Journal 35: 118-125
 - 14 Dobson V., Teller D.Y. (1978) Visual acuity in human infants: A review and comparison of behavioral and electrophysiological studies, Vision Res. 18: 1469-1483
 - 15 Donald Mc M, Sebris S.L., Mohn G., Teller D., Dobson V., (1986) Monocular Acuity in Normal Infants: The Acuity Card Procedure, Amer. J. Optom. and Physiol. Optics 63: 127-134
 - 16 Donner A. (2005) Bestimmung des physiologischen Fernvisus augengesunder Jugendlicher im Alter zwischen 12 und 17 Jahren unter Einhaltung der EN ISO 8596, Med. Diss. Universität Hamburg
 - 17 Dove H.W. (1860) Über Stereoskopie, Ann. Phys. Series 2, 110: 494-498
 - 18 Eggert K. (2003) Bestimmung des physiologischen Fernvisus augengesunder Jugendlicher im Alter zwischen 12 und 14 Jahren unter Verwendung eines computergestützten Sehtests, Med. Diss. Universität Hamburg
 - 19 Fern K.D., Manny R.E. (1986) Visual acuity of preschool child: a critical review, Am. J. Optom. Physiol. Opt. 63: 319-345
 - 20 Fern K.D., Manny R.E., Davis J.R., Roy R.G. (1986) Contourinteraction in the preschool child, Am. J. Optom. Physiol. Opt. 63: 313-318
 - 21 Flom M.C., Weymouth F.W. Kahneman. n D. (1963) Visual resolution and contourinteraction, J Opt. Soc. Am. 53 (9): 1026-1032
 - 22 Fox R., Aslin R.N., Shea S.L., Dumais S.T. (1980) Stereopsis in human infants, Science 207: 323-324
 - 23 Franceschetti A., Franceschetti A.T., Hudson-Shaw S. (1966) Detection of eye disorder in children of pre-school age, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 149: 657-662

- 24 Frandsen A. D. (1960) occurrence of Squint. A clinical statistical study on the prevalence of squint and associated signs in different groups and ages of the Danish population, Copenhagen. Acta Ophthalmol. Suppl. 62, 158
- 25 Frisén L., Frisén M. (1981) How good is normal visual acuity? A study of letter acuity thresholds as a function of age. Albrecht, Von. Graefes. Arch. Klin. Exp. Ophthalmol. 215:149-157
- 26 Gstalter R. J., Green D. G. (1971) Laser-Interferometric Acuity in Amblyopia, J. Pediatr. Ophthalmol. 8: 251-256
- 27 Haase W. (1986) Sehschärfe. In Kaufmann (Hrsg.): Strabismus 1, Auflage. Enke, Stuttgart
- 28 Haase W. (1995) Amblyopie, In: Kaufmann H.(Hrsg.) Strabismus, Enke, Stuttgart
- 29 Haase W., Hohmann A. (1982) Ein neuer C-Test zur quantitativen Prüfung der Trennschwierigkeiten, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 180: 210-215
- 30 Haase W., Mühlig H.P. (1979) Schielhäufigkeit bei Hamburger Schulanfängern, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 174: 232-235
- 31 Haase W., Rassow B. (1995) Sehschärfe, In : Kaufmann H. (Hrsg) Strabismus, 2. Auflage. Enke, Stuttgart: 86-117
- 32 Hartmann E. (1987) Sehschärfebestimmung, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 191: 62-68
- 33 Hartmann E. (1988) Zur Bestimmung der Sehschärfe, Optometrie 1: 13-20
- 34 Hautzinger S. (1997) Bestimmung der physiologisch möglichen Sehschärfe von gesunden Probanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren unter Verwendung eines neuen Computersehtests. Etablierung des neuen Verfahrens durch Vergleichsmessungen mit Aufsichttafeln(konventionelle Methode), Med. Diss. Universität Hamburg
- 35 Heckenmueller E.G. (1965) Stabilization of the retinal image: a review of the method, effects and theory, Psychological. Bulletin 63: 157-169

- 36 Heine M. (2001) Screeninguntersuchung auf Amblyopie, Strabismus und Refraktionsanomalie bei 1030 Kindergartenkindern, Med. Diss Universität Saarbrücken
- 37 Heins J. persönliches Gespräch und Einsicht in die Daten der Untersuchung von Fr. Heins, die zu diesem Zeitpunkt an der Universität Hamburg noch nicht veröffentlicht ist.
- 38 Held R., Birch E., Gwiazda J. (1980) Stereoacuity of human infants, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 77: 5572-5574
- 39 Hering E. (1865) Die Gesetze der binokularen Tiefenwahrnehmung, Arch. Anat. Physiol. (Lpz.): 152-165
- 40 Hess W.R. (1909) Eine Untersuchungsmethode bei Doppelbildern, Arch. Augenheilkd. 62: 233-238
- 41 Hirmann E. (1982) Stereotest in der Praxis, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 180: 314
- 42 Hof van Duin J. (1989) Development and study of visual acuity, Dev. Med. Child. Neurol. 31(4): 547-552
- 43 Hohmann A., Haase W. (1982) Development of visual line acuity, Ophthalmic Res. 14: 107-112
- 44 Hohmann A., Haase W., Steinhorst U. (1990) Die Validierung eines neuen Sehschärfetests für Vorschulkinder, Spektrum Augenheilkd. 4: 240-244
- 45 Holladay J.T., Prager T.C. (1991) Mean visual acuity, Am. J. Ophthalmol. 111(3): 372
- 46 Horowitz M.W. (1949) Analysis of superiority of binocular over monocular visual acuity, J. Exp. Psychol. 39: 581-596
- 47 Jensen H., Goldschmidt E. (1986) Visual acuity in Danish school children, Acta Ophthal. (Copenh.) 64: 187-191

-
- 48 Joest D. (1967) Der Stand der augenärztlichen Versorgung von Schulkindern in Hessen, dargestellt an Reihenuntersuchungen in den Landkreisen Eschwege und Lauterbach, Inaugural-Dissertation Justus Liebig Universität Gießen
 - 49 Käsmann-Kellner B., Heine M., Pfau B., Singer A., Ruprecht K.W. (1998), Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 213: 166-173
 - 50 Käsmann-Kellner B., Ruprecht K.W. (2000) Vision screening survey of all children starting primary school in 1998 in the federal state of Saarland Germany, Strabismus 2000 8: 201-207
 - 51 Köhler L., Stigmar G. (1978) Visual disorders in 7-years children with and without previous screening, Acta Paediatr.Scand. 67: 373-377
 - 52 König U. Brechungsfehler, Schielen und Schwachsichtigkeit im Vorschulscreening Erfahrungen mit Sehtests im Kindergarten, Med. Diss. Universität Köln
 - 53 Laatikainen L., Erkkilä H. (1980) Refraktion errors and other ocular findings in school children, Acta Ophthalmol. 58: 129-135
 - 54 Leibowitz H. (1952) The effect of pupil size on visual acuity for photometrically equated test fields at various levels of luminance, J. Opt. Soc. Am. 42: 416
 - 55 Lit A. (1959) Depth-Discrimination thresholds as a function of binocular differences of retinal luminance at scotopic and photopic levels, J. Opt. Soc. Am. 49: 746-752
 - 56 Lithander J. (1984) Kolt-Test. Prüfung der Sehschärfe bei 2jährigen, Z. prakt. Augenheilkd 4: 258
 - 57 Lyle T. K., Bridgemann G. J. O. (1959) Worth and Charasse`s squint, 9 Ed. London
 - 58 Marquardt R., Weber-Causè A. (1965) Untersuchungen von Kindergartenkindern mit dem Rodenstock-Sehtestgerät R4, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 146: 421-425

-
- 59 Mayer D.L., Beisler A.S., Warner A.F., Pratt E.M., Raye K.N., Lang J.M. (1995) Monocular acuity norms for the Teller acuity cards between ages one month and four years, *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* 36(3): 671-685
- 60 Mc Donald M.A., Dobson L., Teller D.Y., Sebris S.L., Mohn G. (1986) Monocular acuity in normal infants: the acuity card procedure, *Am. J. Optom. Vis. Sci.* 63(2): 127-134
- 61 Molnár L. (1973) Ophthalmologische Veränderungen im Senium, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 162: 827-830
- 62 Mühlendyck H. (1972) Vergleichende Untersuchungen über die Möglichkeit einer Prüfung der Sehschärfe, der Phorien und des stereoskopischen Sehens bei Vorschulkindern im Hinblick auf Reihenuntersuchungen mit dem Sehtestgerät R4 und R5, Inaugural-Dissertation Universität Gießen
- 63 Mühlendyck H. (1973) Über die Verwendbarkeit kindertümlicher Sehproben, *Schielerbehandlung* 5: 99
- 64 Müller P. (1951) Über das Sehen des Amblyopen, *Ophthalmologica* 121: 143-149
- 65 Ogle K.N. (1962) Spatial localisation through binocular vision. In: *The Eye. Vol.4: Visual Optics and Optical Space Sense*, edited by Davson H., pp 289-290. New York: Academic Press Inc.
- 66 Ogle K.N., Groch J. (1956) Stereopsis and unequal luminosities of the images in the two eyes, *Arch. Ophthalm.* 56: 878-895
- 67 Ogle K.N., Weil N.P. (1958) Stereoscopic vision in the duration of the stimulus, *Arch. Ophthalm.* 59: 4-17
- 68 Oppel O. (1964) Über die Entwicklung der Sehschärfe bei Kindern im Vorschulalter, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 145: 358-371
- 69 Osuobeni E.P., O'Leary D.J. (1986) Chromatic and luminance difference contribution to stereopsis, *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 63: 970-977
- 70 Paliaga G.P. (1993) Die Bestimmung der Sehschärfe, Quintessenz, München

-
- 71 Parks M.M. (1980) Single binocular vision. In: Clinical Ophthalmology, edited by Duane t., Vol. 1 pp1-13. Hagerstown/Md.: Harper and Row Publ. Inc.
- 72 Petrig B., Julesz B., Kropfl W., Baumgartner G., Anliker M. (1981) Development of stereopsis and cortical binocularity in human infants: Electrophysiological evidence, Science 213:1402-1405
- 73 Pick H.L., Pick A.D. (1970) zit. Nach Fischer H. (1995) Entwicklung der visuellen Wahrnehmung. Beltz, Weinheim, S. 43
- 74 Pitts D.G. (1982) zit. Nach Berschke A., Muenschke P. (1996) Screening Prüfmethode der Optometrie, Verlag der Deutschen Optikerzeitung, Heidelberg
- 75 Rassow B.; Haase W. (1995) Sehschärfe, In: Straub W., Kroll P., Küchle H.J. (Hrsg.) Augenärztliche Untersuchungsmethoden, Enke, Stuttgart
- 76 Reiner J. (1970) Einfluß des Achsenfehlers astigmatischer Brillengläser auf die Sehschärfe, Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 157: 259-262
- 77 Röhmhild H. (1985) Zur Entwicklung von Sehschärfe und Tiefensehschärfe im Kindesalter, Pädiatrie Grenzgeb. 24: 451-455
- 78 Rüssmann W., König U., Schlimmbach K. (1990) Brechungsfehler, Schielen und Schwachsichtigkeit im Vorschulscreening – Erfahrungen mit Sehtests im Kindergarten, Öff. Gesundh. Wes. 52: 77-84
- 79 Sachsenweger R. (1956) Das stereoskopische Sehen normalsichtiger Kinder, Ophthalmol. 132: 109
- 80 Schenk H., Haydn M. (1969) Erfahrungen mit dem Rodenstock-Sehtestgerät R5 für Kinder, Sonderdruck aus Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 154: 739-746
- 81 Schildwächter K. (1972) Erfahrungen bei Reihenuntersuchungen mit dem R5 Gerät in Hessen, Arbeitskreis Schielen 4: 102-112
- 82 Schober H., Jung H. (1936) Die Ursachen von verschiedenen Sehschärfen des normalen Auges bei weißem und farbigem Licht, Z. Techn. Physik 17:84

-
- 83 Schober H., Munker H. (1965) Die Bestimmung der Sehschärfe und ihre Reproduzierbarkeit, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 146:210-216
- 84 Schubert G. (1967) Die Physiologie des Binokularsehens, *Doc. Ophthalmol.* 23: 1
- 85 Schütte E., Groten H., Leymann J., Lizin F. (1979) Augenärztliche Reihenuntersuchungen im Kindergarten, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 168: 585-590
- 86 Sebris S. L., Dobson V., Donald Mc. M. A., Teller D. (1987) Acuity Cards for Visual Acuity Assesments of Infants and Children in Clinical Settings. *Clin. Vision Sci.* 2: 45-58
- 87 Sheedy J.E., Bailey I.L., Raasch T. W. (1984) Visual acuity and chart luminance, *Am. J. Optom. Pysiol. Opt.* 61:595-600
- 88 Simoni S. (1969) Untersuchungen an Kleinkindern mit dem Rodenstock-Sehtestgerät R5, *Med Klin.* 64 Nr. 50: 2339-2342
- 89 Simons K. (1981) Stereoacuity norms in young children, *Arch. Ophthal.* 99: 439-445
- 90 Slataper F.J. (1950) Age norms of refraction and vision, *Arch. Ophthal.* 43: 468-481
- 91 Sloan L.L. (1951) Measurement of visual acuity: a critical review, *Arch. Ophthal.* 45: 704-725
- 92 Smith S. (1946) The essential stimuli in stereoscopic depth perception, *J. Exp. Physiol.* 36: 518-521
- 93 Staiger D. (2000) Bestimmung der physiologisch möglichen Sehschärfe von augengesunden Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren und im Alter von 9 bis 11 Jahren unter Verwendung eines neuen, computergestützten Sehtests, *Med. Diss. Universität Hamburg*
- 94 Steinhorst U., Hohmann A., Haase W. (1991) Der H-Test, ein nonverbales Verfahren zur Prüfung der Sehschärfe bei Kleinkindern, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 198: 308

-
- 95 Stuart J.A., Burian H.M. (1962) A study of separation difficulty, *Am. J. Ophthal.* 53: 471-477
- 96 Stukenbrock U. (1988) Bestimmung des Fernvisus mit Streifenmustern unterschiedlicher Feldgröße bei 4-12jährigen, *Med. Diss. Universität Hamburg*
- 97 Turacli M. E., Aktan S. G., Duruk K. (1995) Ophthalmic screening of school children in Ankara, *Eur.J.Ophthalmol.* 5: 181-186
- 98 Vaupel R., Hohmann A. (1981) Stereosehschärfe bei 4-11jährigen Kindern (Titmus- und Randot-Stereotest), *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 180: 178-179
- 99 Vokes E. (1980) Auge und Alter- Untersuchung von Heterophorie, Stereopsis und Zyklofusion an 70 Probanden aller Altersstufen, *Med. Diss. Universität Bonn*
- 100 von Hofe K. (1930) Untersuchungen über das Sehen in Fällen von Schielamblyopie, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 85: 79-80
- 101 Wertheim T. (1894) Über die indirekte Sehschärfe, *Z. Psychol.* 7: 172
- 102 Wesemann W. (2002) Sehschärfetest mit Freiburger Visustest, Bailey-Lovie-Tafel und Landoltring-Tafel, *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 219: 660-667
- 103 Westheimer G (1975) Visual acuity and hyperacuity, *Invest. Ophthal.* 14: 570-572
- 104 Westheimer G (1979) The spatial sense of the eye, *Invest Ophthal. Vis. Sci.* 18(9): 893-912
- 105 Westheimer G. (1979) Scaling of visual acuity measurements, *Arch. Ophthal.* (Chicago) 97: 327-330

Danksagung

An erster Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. W. Haase für die freundliche Überlassung des Themas und für die hervorragende Betreuung bei der Durchführung dieser Untersuchung.

Ein Dank geht auch an Herrn Supplieth, der mir eine sehr gute Einführung in das Statistik Programm SPSS gegeben hat.

Weiterhin möchte ich mich bei den Schulleitern und Lehrern der zwei Schulen für ihre Unterstützung, welche zu einer unkomplizierten Durchführung der Untersuchung führte, bedanken. Ebenso bedanke ich mich bei allen teilnehmenden Kindern und deren Eltern.

Danken möchte ich auch meinen Eltern, meinen Brüdern Maik und Lennart und meinen Freunden für ihre Unterstützung.

Lebenslauf

Name	Weber
Vorname	Norina Valeska
Geburtsdatum	23.04.1979
Geburtsort	Hamburg

Schulbildung

1985-1989	Grundschule Sethweg in Hamburg
1989-1998	Gymnasium Ohmoor in Hamburg
16.06.1998	Abitur am Gymnasium Ohmoor

Berufsausbildung

Oktober 1998	Beginn des Studiums der Zahnmedizin in Hamburg
05.10.1999	Naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte in Hamburg
09.10.2001	Zahnärztliche Vorprüfung in Hamburg
14.07.2004	Zahnärztliche Prüfung in Hamburg
05.08.2004	Approbation als Zahnärztin
seit Oktober 2004	Tätigkeit als Assistenz Zahnärztin in der Praxis Dr. Wulf Meyer in Hamburg
seit Oktober 2006	Beendigung der Assistenzzeit und Weiterbeschäftigung in der Praxis Dr. Wulf Meyer

Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Norina Weber