

Aus dem Bereich Pleoptik und Orthoptik (Direktor i. R. Prof. Dr. med. Wolfgang Haase)
der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde des Kopf- und Hautzentrums
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. Gisbert Richard

**Funktionelle Augenuntersuchungen unter besonderer
Berücksichtigung der Sehschärfe bei drei- und vierjährigen
Kindergartenkindern in Hamburg und Schleswig- Holstein**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg
vorgelegt von

Christine Mirzakhania
aus Teheran, Iran

Hamburg, 2008

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg am: 23.07.2008

Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende/r: Prof. Dr. W. Haase

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: PD Dr. A. Hassenstein

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: Prof. Dr. J. Schwarz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Probanden & Methoden	12
2.1 Methoden und Durchführung der Untersuchungen	12
2.2 Die untersuchten Kinder	17
2.3 Altersgruppen	18
2.4 Ausschlusskriterien	19
2.5 Augengesunde Kinder	20
2.6 Die Kinder der Ausschlussgruppe	21
3. Ergebnisse	22
3.1 Visuswerte der normalsichtigen Dreijährigen, n= 17 Kinder	22
3.1.1 EinzeLOPTOTYPEN rechtes Auge	22
3.1.2 EinzeLOPTOTYPEN linkes Auge	22
3.1.3 EinzeLOPTOTYPEN binokular	23
3.1.4 ReihenOPTOTYPEN rechtes Auge	23
3.1.5 ReihenOPTOTYPEN linkes Auge	23
3.1.6 ReihenOPTOTYPEN binokular	24
3.2 Visuswerte der normalsichtigen Vierjährigen, n= 96 Kinder	24
3.2.1 EinzeLOPTOTYPEN rechtes Auge	24
3.2.2 EinzeLOPTOTYPEN linkes Auge	24
3.2.3 EinzeLOPTOTYPEN binokular	25
3.2.4 ReihenOPTOTYPEN rechtes Auge	25
3.2.5 ReihenOPTOTYPEN linkes Auge	25
3.2.6 ReihenOPTOTYPEN binokular	26
3.3 Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen, n= 113 Kinder	27
3.3.1 Titmus-Stereotest	27
3.3.2 Lang-Stereotest I	27
3.3.3 Bagolini-Streifenglastest	27

3.4 Ergebnisse der Tests der Augenstellung der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen, n= 113 Kinder	28
3.4.1 Abdecktest	28
3.4.2 Aufdecktest	28
3.5 Visuswerte, Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion und des Stereosehens der dreijährigen Kinder der Ausschlussgruppe, n= 0 Kinder	28
3.6 Visuswerte, Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion und des Stereosehens der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe, n= 8 Kinder	28
3.6.1 Visuswerte der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe	28
3.6.2 Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe	29
3.6.3 Ergebnisse der Tests der Augenstellung der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe	30
3.6.4 Ergebnisse der Ausschlussgruppe tabellarisch zusammengefasst	30
3.7 Vergleiche der Visuswerte innerhalb der Gruppen der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen	32
3.7.1 Vergleich rechtes und linkes Auge, Einzeloptotypen, Dreijährige	32
3.7.2 Vergleich rechtes Auge und binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige	33
3.7.3 Vergleich rechtes und linkes Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige	34
3.7.4 Vergleich rechtes Auge und binokular, Reihenoptotypen, Dreijährige	35
3.7.5 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen rechtes Auge, Dreijährige	36
3.7.6 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen binokular, Dreijährige	37
3.7.7 Vergleich Einzeloptotypen rechtes und linkes Auge, Vierjährige	38
3.7.8 Vergleich Einzeloptotypen rechtes Auge und binokular, Vierjährige	39
3.7.9 Vergleich Reihenoptotypen rechtes und linkes Auge, Vierjährige	40
3.7.10 Vergleich Reihenoptotypen rechtes Auge und binokular, Vierjährige	41
3.7.11 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen, rechtes Auge, Vierjährige	42
3.7.12 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen binokular, Vierjährige	43

3.8	Vergleiche der Visuswerte mit anderen Altersgruppen, normalsichtige Kinder	44
3.8.1	Vergleich der Dreijährigen mit den Vierjährigen rechtes Auge	44
3.8.2	Vergleich der Dreijährigen mit den Vierjährigen binokular	44
3.8.3	Vergleich der Dreijährigen mit Fünf- und Sechsjährigen rechtes Auge	45
3.8.4	Vergleich der Dreijährigen mit Fünf- und Sechsjährigen binokular	45
3.8.5	Vergleich der Vierjährigen mit Fünf- und Sechsjährigen rechtes Auge	46
3.8.6	Vergleich der Vierjährigen mit Fünf- und Sechsjährigen binokular	46
4.	Diskussion	47
4.1	Einleitung	47
4.2	Mitarbeit und psychologische Aspekte bei Sehtests von Kleinkindern	49
4.3	Erläuterung der Ergebnisse und Diskussion	51
4.3.1	Einzeloptotypen	51
4.3.2	Reihenoptotypen und Trennschwierigkeiten	53
4.3.3	Vergleich des Visus monokular zu binokular	54
4.3.4	Vergleiche der Drei-, Vier-, Fünf- und Sechsjährigen	55
4.4	Prävalenz von Visusminderungen, Strabismus, Amblyopie und Ametropien	55
4.4.1	Visusminderungen	55
4.4.2	Strabismus und Amblyopie	56
4.4.3	Refraktionsanomalien	57
4.5	Stereotests	59
4.6	Bestimmung der Augenstellung	61
5.	Zusammenfassung	62

6. Statistische Methoden	64
6.1 Der Geometrische Mittelwert	64
6.2 Der Median	64
6.3 Die Standardabweichung in Visusstufen	65
6.4 Konfidenzintervall	65
6.5 Wilcoxon-Test	66
6.6 Mann-Withney-U-Test	66
7. Anhang Untersuchungsbogen	67
8. Literaturverzeichnis	68
9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	73
Lebenslauf	76
Danksagung, Erklärung	77

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit dient der Ermittlung der bestmöglichen Sehschärfe bei augengesunden Vierjährigen. Da die Gelegenheit bestand, in den betreffenden Kindergärten ebenfalls einige Dreijährige zu untersuchen, wurde auch bei 17 Kindern diesen Alters die Sehschärfe bestimmt.

Sehschärfedaten von Kindern aller Altersgruppen sind in der Literatur zu finden, jedoch fehlt die einheitliche Methodik.

Die Sehschärfe (Visus, minimum separabile, Fernvisus) beschreibt die Fähigkeit des Auges, zwei dicht beieinander liegende Punkte als zwei getrennte Objekte wahrzunehmen. Der minimale Winkel zwischen diesen beiden Punkten, der die Differenzierung gestattet, stellt die Auflösungsschwelle (minimum angle of resolution, MAR) dar, sein Kehrwert ist die Sehschärfe [26].

Der Visus wird anatomisch betrachtet von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Er ist abhängig von der Transparenz der brechenden Medien des Auges (Hornhaut, Linse, Glaskörper), dem Pupillendurchmesser, dem Vorliegen von Ametropien (Fehlsichtigkeit), der Fixation und der Größe des Netzhautbildes. Außerdem wird der Visus vom Aufbau der Netzhaut und der Sehrinde (Kortex) bestimmt. Am Ort des schärfsten Sehens auf der Netzhaut, der Foveola, ist die Zapfendichte am höchsten. Jeder Zapfen ist hier mit einer Ganglienzelle verschaltet, beide zusammen stellen eine Rezeptoreinheit dar. In der Peripherie der Netzhaut sind mehrere Zapfen mit einer einzigen Ganglienzelle verschaltet, die eine Rezeptoreinheit (rezeptives Feld) bilden. Betrachtet man zwei getrennte Objekte, müssen verschiedene rezeptive Felder stimuliert werden, um diese Objekte als getrennt voneinander wahrzunehmen. Je dichter die Rezeptoreinheiten beieinander liegen, umso höher ist die Auflösung. Ein Objekt, z.B. ein Punkt wird nicht als solcher auf der Netzhaut abgebildet, sondern als Zerstreungskreis dessen Durchmesser bei 35 Winkelsekunden liegt. Nähern sich zwei dieser Punkte um mehr als 30- 35 Winkelsekunden, so verschmelzen sie zu einem Seheindruck. Außerdem wird die Wahrnehmung noch durch den durchschnittlichen Abstand der Zapfen auf der Netzhaut begrenzt, der bei etwa 30 Winkelsekunden liegt. Die Schwelle zur Wahrnehmung zweier getrennter Punkte wird also vom optischen Apparat und vom Abstand der Zapfen auf der Netzhaut bestimmt und liegt bei etwa 30 Winkelsekunden, was einer Sehschärfe von 1,3- 2,0 entspricht.

Diese Erklärung kann nicht auf alle Arten der Sehschärfe übertragen werden. Ein Beispiel ist die Noniussehschärfe (Positionsbestimmung), bei der die Schwelle der Auflösung unter dem Abstand

der Zapfen liegt. Dies wird erklärt durch das Phänomen der Überauflösung, die eine Leistung des visuellen Kortex ist [17].

Außerdem ist der Visus vom Alter des Individuums abhängig [22], worauf wir in dieser Arbeit besonderes Augenmerk legen wollen.

Die Bestimmung der Sehschärfe stellt eine grundlegende Funktionsprüfung des visuellen Systems dar [26, 16, 41]. Sie sollte laut Hartmann [27] vor und nach der Korrektur der Refraktion monokular und binokular ermittelt werden. In der augenärztlichen Praxis wird der Visusbestimmung aber oft zu geringe Aufmerksamkeit geschenkt, da die genaue quantitative Bestimmung für das Refraktieren nicht nötig ist. Hierbei wird nur die Korrektur anhand einer Linse eingestellt [27], mit der eine ausreichende Sehschärfe, häufig nur 1,0 oder 1,25, erreicht werden kann.

Die Bedeutung der Sehschärfebestimmung liegt besonders in der Aufdeckung pathologischer Prozesse, die mit einer Visusveränderung einhergehen oder im Bereich therapeutischer Entscheidungen, bei denen eine Verbesserung des Visus den Therapieerfolg bestätigt. Sie ist auch im Rahmen von Schadensersatzansprüchen nach Unfällen, Rentenansprüchen, bei der Erlangung der Fahrerlaubnis oder als Eignungskriterium beim Ausüben bestimmter Berufe von großer Wichtigkeit [51]. Im medizinisch-diagnostischen Bereich ließen sich die häufigsten Erkrankungen der Augen im Kindesalter, Strabismus (Schielen) und Amblyopien (Sehschwäche, häufigste Folge des Schielens im Kindesalter) oder Amblyopie ohne Strabismus frühzeitig durch eine Visusuntersuchung und die Prüfung des räumlichen Sehens aufdecken und durch eine früher beginnende Therapie die Erfolge verbessern [6, 33, 34, 42, 44, 55, 64]. Bei der Visusuntersuchung z.B. im Rahmen einer Screeninguntersuchung könnte ein auf einem Auge verminderter Visus auf eine durch einen Strabismus hervorgerufene Amblyopie hindeuten, ein beidseitig verminderter Visus auf eine Ametropie (Fehlsichtigkeit), und ein einseitig oder beidseitig verminderter Visus auf eine Anisometropie (Ungleichsichtigkeit) aufmerksam machen [44]. Eine frühzeitige Korrektur von Hyperopien (Weitsichtigkeit) ab +3 D und Astigmatismus führt außerdem zu einer verbesserten Entwicklung des Visus [21]. Erfolgt die Diagnose einer Amblyopie bis spätestens zum vierten Lebensjahr, kann die Therapie sehr günstig beeinflusst werden [33] und dadurch negative Folgen in Schulalltag, Berufsleben und auf sozialer Ebene auf lange Sicht vermieden werden.

Aus diesen Gründen werden von vielen Autoren Screeninguntersuchungen der Augen bei Vorschulkindern gefordert [5, 35, 38, 40, 42, 44, 54], unter anderem auch von Organisationen wie der AAO (American Academy of Ophthalmology), AAP (American Academy of Pediatrics) und AAPOS (Association of Pediatric Ophthalmology and Strabismus), die in diesem Zusammenhang ein Screening der Augen von drei- bis vierjährigen Kindern empfehlen [40].

Um die sichere Entdeckung der erwähnten Erkrankungen in solchen Untersuchungen zu gewährleisten, sind die Kenntnisse zum einen des Visuswertes, der die Schwelle zum Pathologischen abgrenzt, und zum anderen des bestmöglichen Visuswertes für das jeweilige Alter notwendig.

Außerdem sind weitere Funktionsuntersuchungen wie die Prüfung der Binokularfunktionen des räumlichen Sehens (Stereopsis), der Augenmotorik und eine Untersuchung auf organische Schäden nötig. Die Untersuchung der Binokularfunktion von Kindern ist wichtig, da hierdurch eine herabgesetzte Sehschärfe, Strabismus, Amblyopie und Anisometropie aufgedeckt werden können [59]. Zum beidäugigen Sehen gehören die Stereopsis (Fähigkeit zum binokularen Tiefensehen) und eine physiologische Fusion der Seheindrücke beider Augen, wobei durch gängige Untersuchungen eine Diplopie (Doppelbilder) oder gar Suppression (Unterdrückung von Seheindrücken) aufgedeckt werden können. Eine pathologische Motorik und organische Schäden der Augen müssen ausgeschlossen werden, um aussagekräftige Ergebnisse über die Sehschärfe zu erhalten. Der Erfassung dieser Werte haben wir uns in unserer Studie gewidmet.

Die Erhebung der Daten muss möglichst genau und unter reproduzierbaren Bedingungen vorgenommen werden, wozu die strikte Einhaltung der internationalen und nationalen Normen für die Sehschärfebestimmung (EN ISO 8596 und DIN 58220) [9,11] beiträgt. Die Sehschärfeprüfung darf auch nicht bei 1,0 abgebrochen werden. Die teilweise noch übliche Zuordnung eines normalen, physiologischen Visus zu dem Wert 1,0 ist laut Velasco [61] geschichtlich begründet und geht auf Helmholtz [30] zurück. Dieser Wert entspricht aber keineswegs dem bestmöglichen Visus und stellt auch nicht den durchschnittlichen Schwellenwert der Bevölkerung dar [61], weshalb 1,0 nicht mit 100% gleichgesetzt werden soll. Wird die Sehschärfeprüfung bei 1,0 abgebrochen, besteht die Gefahr, dass bei Patienten, die normalerweise einen höheren Visus erreichen, pathologische Befunde nicht erkannt werden. Vier- bis fünfjährige Kinder erreichen oft bereits einen Visus von 1,0 der mit zunehmendem Alter noch steigt [25].

Die erste Studie, die mit Reihenlandoltrigen durchgeführt wurde, stammt von Hohmann und Haase [32]. Sie zeigt auf, dass der gemessene Sehschärfewert nicht nur von der Größe der Optotypen abhängt, sondern auch vom Abstand der Sehzeichen zueinander beeinflusst wird.

Bereits 1964 wurden von Oppel [49] Sehschärfeermittlungen bei Vorschulkindern (24.-80. Lebensmonat) durchgeführt. Er verwendete dafür Kinderbilder und Pflügersche Haken und stellte eine altersabhängige Entwicklung des Visus fest, diskutierte aber auch die damals schon bekannte Unzulänglichkeit der Kinderbilder als Sehzeichen und die Schwierigkeiten der Kinder bei der Deutung der Pflügerschen Haken. Ferner wurden die oben genannten Normen erst später erarbeitet, so dass Oppels Studie nur als Leitfaden gesehen und nicht zu Vergleichen herangezogen werden sollte.

Käsmann-Kellner [38] untersuchte 1998 die Prävalenz von Amblyopie, Strabismus, reduziertem Visus, Refraktionsanomalien, reduziertem Stereosehen, reduziertem Farbsehen und schweren Sehbeeinträchtigungen in einer Screeninguntersuchung an 12.192 Erstklässlern im Saarland. Neben den Augen wurde auch eine allgemeine Gesundheitsuntersuchung durchgeführt. Eine hohe Anzahl von Kindern (41,7%) wiesen laut dieser Studie pathologische Augenbefunde auf, einen verringerten Visus stellten die Untersucher bei 30,8 % der Kinder fest. Die Visusuntersuchungen wurden mit E-Haken durchgeführt, für die Prüfung des Stereosehens wurde der Lang-Test angewandt. Als Grenze zum Pathologischen wurde ein Visus von $\leq 0,7$ angesehen, außerdem mehr als eine Visusstufe Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge, pathologischem Lang- und Ishihara-Test (Farbsehen). Pathologische Befunde der Augen wurden in dieser Studie im Verhältnis zum generellen Gesundheitszustand am häufigsten festgestellt. Schlussfolgernd wurde dargelegt, dass flächendeckende präventive Augenuntersuchungen bei Zwei- bis Dreijährigen sinnvoll wären, um die hohe Prävalenz pathologischer Augenbefunde im Alter von sechs Jahren zu verhindern.

Der Frage nach dem Wert des physiologischen bestmöglichen Visus sind mehrere Studien nachgegangen, um einen Schwellenwert zum Pathologischen abzustecken. Als unsere Leitstudie kann die Untersuchung von Frisén und Frisén [22] bezeichnet werden. Sie führten Visusuntersuchungen anhand einer Buchstabentestprobe an 100 Personen im Alter zwischen 10 und 75 Jahren unter definierten Testbedingungen durch, wobei für das Einfließen der Daten in die Studie strenge Ausschlusskriterien galten. Die Ergebnisse zeigten auf, dass die Sehschärfe eine altersabhängige Entwicklung durchläuft. Nach den Erkenntnissen von Frisén und Frisén [22] vollzieht der Visus einen monotonen Anstieg bis zum Alter von 25 Jahren, danach einen

monotonen Abstieg. Elliott und Mitarbeiter et al. [15], die Visusuntersuchungen an 18-80 jährigen auswerteten, kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie Frisén und Frisén [22].

Unsere Studie, wie auch die im Folgenden erwähnten Studien wurden unter Berücksichtigung der von Frisén und Frisén [22] gewählten Ausschlusskriterien durchgeführt. Chang [10] untersuchte die Sehschärfe von 91 Jugendlichen im Alter von 15-19 Jahren, wobei die durchschnittliche Sehschärfe 1,73 monokular betrug. Donner [12] untersuchte 12-17jährige Jugendliche und hat Werte von 1,56-1,63 monokular ermittelt. Eggert [14] untersuchte die Sehschärfe von 91 Jugendlichen im Alter von 12-14 Jahren, die bei 1,56 monokular lagen. Staiger [57] wertete Daten von 113 untersuchten, augengesunden Kindern im Alter von 6-7 Jahren und 9-11 Jahren aus und ermittelte Werte für Kinder von 6-7 Jahren von 1,31 monokular und 1,52 für 9-11jährige.

Heins [29] untersuchte sechs- bis siebenjährige Schulkinder; der geometrische Mittelwert für den monokularen Visus lag bei 1,43. Anderssohn [2] ermittelte Visuswerte von 0,97 für Fünf- und 1,05 für Sechsjährige bei insgesamt 226 Kindergartenkindern.

Lithander [45] benutzte für ihre Visusuntersuchung an 86 augengesunden Zwei- bis Vierjährigen, die sie in vier Gruppen nach dem Alter einteilte, den O-Test und den Kolt-Test. Letzterer ist einer der wenigen Tests, der an den Landoltring angeschlossen wurde, so dass ein Vergleich der Daten möglich ist, zumal dieselben Ausschlusskriterien wie in unserer Untersuchung berücksichtigt wurden. Die Visuswerte lagen bei 0,48 (Gruppe I, zwei-zweieinhalb Jahre), 0,55 (Gruppe II, zweieinhalb-drei Jahre), 0,67 (Gruppe III, drei-dreieinhalb Jahre) und 0,77 (Gruppe IV, dreieinhalb-vier Jahre). Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen drei der vier Altersgruppen, lediglich zwischen den Visuswerten der Gruppe III und Gruppe IV war kein signifikanter Unterschied festzustellen.

Van Hof-Van Duin [31] stellte eine Verbesserung der Sehschärfe in den ersten fünf Lebensjahren fest, zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr erreicht der Visus einen Wert von 1,0.

Folgend eine Tabelle zur Übersicht über die eben erwähnten Studien.

Studie	Testverfahren	Monokularer Visus	Alter der Probanden
Frisén, Frisé [22]	Buchstabentestprobe	1,20-1,80 1,20-1,53	10-75 Jahre 10-21 Jahre
Elliot [15]	Bailey-Lovie, ETDRS, Waterloo	1-1,3	18-80 Jahre
Chang [10]	Landoltringe	1,73	15-19 Jahre
Donner [12]	Landoltringe	1,56-1,63	12-17 Jahre
Eggert [14]	Landoltringe	1,56	12-14 Jahre
Heins [29]	Landoltringe	1,43	6-7 Jahre, 1. Klasse
Staiger [57]	Landoltringe	1,31 1,52	6-7 Jahre, 1. Klasse 9-11 Jahre
Anderssohn [2]	Landoltringe	0,97	5-6 Jahre, Kindergartenkinder ohne Lesevermögen
Van Hof -Van Duin [31]	Preferential looking, acuity cards	1,0	3-5 Jahre
Lithander [45]	O-Test, Kolt-Test	0,48 0,55 0,67 0,77	2- 2,5 Jahre 2,5- 3 Jahre 3- 3,5 Jahre 3,5- 4 Jahre

Tab. 1: Übersicht der zitierten Studien zum Visus

Diese Arbeiten bestätigen eine Altersabhängigkeit des Visus. Die Frage nach Werten, die für jüngere Kinder gültig sind, bleibt in der Literatur jedoch unzureichend beantwortet, da die angegebenen Sehschärfewerte für Vorschulkinder stark variieren [18]. Dies liegt an der unterschiedlichen Methodik und Durchführung der Studien, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Die Messbedingungen beeinflussen den ermittelten Visuswert erheblich [50]. Beispielsweise wurden in einigen Studien Werte von Probanden verwandt, deren Refraktionsanomalien unkorrigiert waren [18], z.B. bei Barry und König [5], deren Studie die Testcharakteristika von augenärztlichen Screeninguntersuchungen zum Aufdecken von Amblyopien und Amblyopie-

Risikofaktoren in Kindergärten analysierte, und in der nur die unkorrigierten Refraktionswerte von Kindern mit bekannter Sehschwäche verwandt wurden.

Aus diesen Gründen haben wir uns im Folgenden der Beantwortung dieser Fragen gewidmet, wobei uns die Altersspanne von drei bis vier Jahren interessiert.

Die Fragestellung lautet zusammengefasst:

- 1) Wie hoch ist der durchschnittliche physiologische Fernvisus bei drei- und vierjährigen Kindern, ermittelt anhand von isoliert stehenden Landoltringen (Einzellandoltringe, Einzeloptotypen) und in Reihe stehenden Landoltringen (Reihenlandoltringe, Reihenoptotypen)?
- 2) Ist in diesem Alter der binokulare (beidäugige) Visus besser als der monokulare (einäugige) Visus? Wenn ja, um wie viel unterscheiden sich beide Werte?
- 3) Fallen die Ergebnisse der Prüfung mit Einzellandoltringen besser aus als diejenigen mit Reihenlandoltringen, bestehen Trennschwierigkeiten („crowding“)? Falls ja, um wie viel unterscheiden sich die Werte?
- 4) Wie entwickelt sich der Visus ab dem dritten und vierten Lebensjahr, wie stellen sich die Werte im Vergleich zu fünf- und sechsjährigen Kindern dar?
- 5) Wie fallen die Ergebnisse der Binokularprüfung, getestet anhand von Titmus-Stereotest nach Wirt, Lang-Stereotest I und Bagolini-Streifenglastest, aus? Wie sind die Ergebnisse des Tests der beidäugigen Motorik geprüft anhand von Abdeck- und Aufdecktest? Wie ist die Prävalenz von Visusminderungen, Strabismus, Amblyopie und Ametropien?

2. Methoden & Probanden

2.1 Methoden und Durchführung der Untersuchungen

Der Hauptteil unserer Untersuchungen, die Bestimmung der Sehschärfe von Kindergartenkindern, wurde nach der Europäischen Norm (EN ISO 8596) [9] und der 1997 novellierten Fassung der DIN 58220 (Teil 3, 5 und 6) [11] mit dem Landoltring als Normsehzeichen durchgeführt. Der Landoltring soll angewandt werden, um die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu ermöglichen. Beim Vergleich von Untersuchungen, die anhand von Buchstabentests oder Landoltringen durchgeführt werden, resultieren voneinander abweichende Ergebnisse, weshalb empfohlen wird, den Visus stets nur mit Landoltringen zu testen [16]. Außerdem sind Voraussetzungen, wie die Lesefähigkeit bei Buchstabentests und das Finden der richtigen Bezeichnung wie bei der Prüfung anhand von Kinderbildern, nicht nötig [18].

Die Größe des Sehzeichens, der Abstand zwischen den Landoltringen und der Abstand zum Prüffeldrand entsprechen den Vorgaben der europäischen Norm. Der Betrachtungsabstand zwischen Kind und Prüftafel betrug 5 m. Die Abstufung der Sehzeichen von einer Größe zur nächsten erfolgte logarithmisch und veränderte sich um den Faktor $1,2589 = \sqrt[10]{10}$.

Die kreisförmige innere Öffnung des Landolt-Ringes beträgt das Dreifache und der äußere Umfang das Fünffache seiner Strichstärke. Die quadratische Lücke des Landolt-Ringes erscheint unter dem zu prüfenden Sehwinkel. Der Kehrwert des in Winkelminuten gemessenen kleinsten zu erkennenden Sehwinkels einer Person entspricht deren Visus. Für einen Visus von 1,0 beträgt a (siehe Abb.1) eine Winkelminute, was in einer Prüferfernung von 5 m einem Sehwinkel, also einer Öffnung des Landolt-Ringes, von 1,49 mm beträgt [26].

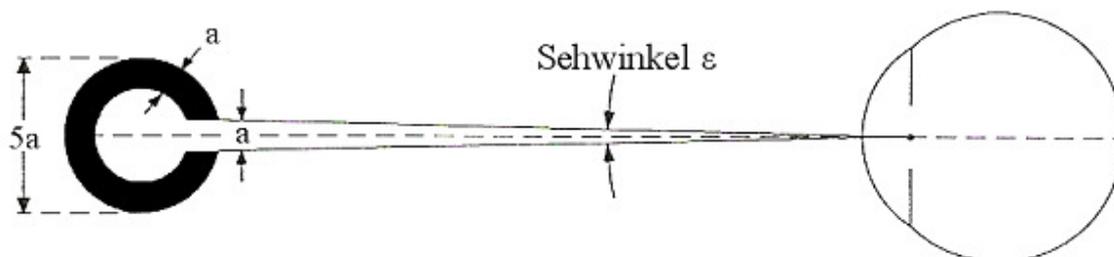


Abb. 1: Der Landolt-Ring und der Sehwinkel

Die Leuchtdichte entsprach den Anforderungen der europäischen Norm, sie wurde mit dem Luminance-Meter der Firma Minolta gemessen. Die Landolttafeln wurden mit zwei Zusatzlampen beleuchtet, so dass die von der Norm geforderten Werte erreicht, bzw. sogar ein wenig überschritten wurden (150 cd/m^2). Der Einfluss der Leuchtdichte auf den Visus ist in niedrigen Leuchtdichtebereichen hoch. Ab Leuchtdichtewerten von $50\text{-}100 \text{ cd/m}^2$ ist die Verbesserung des Visus vernachlässigbar [50]. Es gab keine Blendquellen, Fenster haben wir bei Sonneneinstrahlung abgedunkelt.

Der Landoltring wurde in vier verschiedenen Orientierungen, oben, unten, links und rechts dargestellt, die schrägen Öffnungsrichtungen der Landoltringe wurden bewusst nicht angewandt, da jüngere Kinder bei diagonalen Richtungsangaben leicht überfordert sind [28].

Vier von sechs dargebotenen Sehzeichen mussten erkannt werden, um den Sehschärfewert zu bestehen, das Minimum an richtig erkannten Sehzeichen betrug somit 60 % der Gesamtzahl [62]. Hiermit wird die Ratewahrscheinlichkeit berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Landoltringen (Einzellandoltringe) wurde der Visus anhand von Reihenlandoltringen jeweils monokular und binokular getestet. Der Unterschied zwischen diesen Optotypen besteht im Abstand der Sehzeichen zueinander. Bei Einzeloptypentafeln sind die Optotypen im Abstand von >30 Winkelminuten voneinander abgebildet, bei Reihenoptotypentafeln im Abstand von 2,6 Winkelminuten. Auch bei der vertikalen Ausrichtung der Optotypenreihen besteht ein definierter Abstand. Die Visusprüfung mit Reihenlandoltringen dient zum Aufdecken von Trennschwierigkeiten, d.h. dass bei der Prüfung des Visus anhand von Reihenoptotypen niedrigere Werte gemessen werden, als bei der Visusprüfung mit Einzellandoltringen. Dieses Phänomen wird unter dem Begriff „crowding“ oder Trennschwierigkeit insbesondere beim Vorliegen einer Amblyopie und bei kleinen Kindern beschrieben, tritt in geringerer Ausprägung aber auch bei augengesunden Personen auf [32]. Wir untersuchten den Visus aller Kinder mit beiden Optotypentafeln, um diese Trennschwierigkeiten nachzuweisen. Der Visus wurde mit Einzeloptyptypen und Reihenoptotypen jeweils monokular und binokular getestet, so dass für jedes Kind sechs Visuswerte vorliegen.

Entgegen der Empfehlung der Europäischen Norm [9] haben wir aus folgendem Grund zuerst den binokularen Visus bestimmt. Das binokulare Ergebnis liegt z. B. bei Vorliegen eines Nystagmus weit über dem monokular gemessenen Visus. Diese Tatsache ermöglicht die Entdeckung des Nystagmus. Misst man jedoch, wie laut Norm empfohlen, zuerst den monokularen Visus, ist es möglich dass bei Kindern mit Nystagmus binokular kein besseres Ergebnis erzielt wird. Dies

liegt daran, dass die Hemmung des Nystagmus oft labil ist und auch von psychischen Faktoren abhängt [26].

Für die monokulare Visusuntersuchung wurde eine Augenklappe verwendet, um Schummeln zu vermeiden. Bei Kindern, die eine Sehhilfe trugen, wurde die Untersuchung mit der Brille durchgeführt. In der Regel wurden die Sehschärfeuntersuchungen lückenlos hintereinander durchgeführt und anschließend mit dem Bagolini-Streifenglastest, Titmus-Stereotest, Lang-Stereotest, Auf- und- Abdeck-Test fortgeföhren. Nur bei Nachlassen der Aufmerksamkeit wurde zwischen Einzel- und Reihenoptotypentafel der Titmus-Stereotest durchgeführt, da viele Kinder diesen Test spannender fanden und somit die Aufmerksamkeit wieder geweckt werden konnte. Der Ablauf der Untersuchung stellte sich wie folgt dar. Die Kinder wurden kollektiv von ihren Erzieherinnen auf die Untersuchung eingestimmt, in einer Stuhlrunde wurde über das Auge gesprochen und die Untersucherin vorgestellt. Dann wurden die Kinder paarweise oder zu dritt in den separaten Untersuchungsraum geführt. Es wurde darauf geachtet, dass der Behandlungsraum von den Kindergartengruppen getrennt und mit einer Tür versehen war, um eine ruhige und konzentrierte Atmosphäre herzustellen. Außerdem musste der Untersuchungsabstand von 5 m gewährleistet sein, was mit Markierungen auf dem Fußboden sichergestellt wurde.

Als erstes fand die **Visusuntersuchung** statt, die mit Landoltringen durchgeführt wurde. Die Landoltringe wurden dem Kind in der Nähe erklärt, ausführlich auf die horizontale, vertikale, und die seitlichen Öffnungsrichtungen hingewiesen. Außerdem wurde darauf eingegangen, wie das Kind die gesehene Öffnungsrichtung der Optotypen mit dem Finger anzuzeigen und verbal anzugeben habe (nicht „links/rechts“ sondern z.B. „zur Wand/zur Decke“ etc.), damit es nicht zu Verwechslungen der Öffnungsrichtung der Landoltringe kam. Ein Testlauf mit den größten Ringen wurde in der Nähe durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Kind den Ablauf und die Anforderung verstanden hat. Es wurde das 60% Kriterium für die Ermittlung des Fernvisus angewandt [62], d.h. 60% der dargebotenen Sehzeichen eines Visuswertes mussten richtig erkannt werden, um diese Sehschärfe nachweisen zu können, was vier aus sechs dargebotenen Sehzeichen entspricht. Bei der ersten Optotypenreihe, bei der nicht vier aus sechs Sehzeichen erkannt wurden, wurde die Untersuchung beendet und die vorhergehende bestandene Optotypenreihe als Visuswert festgehalten. Es wurde nur eine eindeutige Antwort akzeptiert, was als „forced choice“ Methode bezeichnet wird. Bei ausweichenden Antworten wie z.B.: „Das kann

ich nicht erkennen“, wurde das Kind motiviert und aufgefordert noch einmal hinzuschauen, da bei erneutem Wiederhinblicken das Sehzeichen oft doch noch erkannt wird [25].

Die Darbietungszeit der Sehzeichen wurde nicht begrenzt [25]. Generell wurde beim Nachlassen der Konzentration versucht zu motivieren, außerdem zwischendurch immer wieder gelobt, um die Kinder zum Mitmachen zu bewegen. Auf die Vergabe von Süßigkeiten wurde verzichtet, da dies von Seiten der Erzieherinnen nicht erwünscht war.

Nach der Sehschärfeprüfung wurde die **Binokularfunktion**, also das simultane Sehen beider Augen (Stereosehen) geprüft, um eine herabgesetzte Sehschärfe, Strabismus, Amblyopie und Anisometropie aufzudecken [59]. Hierfür haben wir den Titmus-Stereotest nach Wirt, den Lang-Stereotest I und den Bagolini-Streifenglastest durchgeführt.

Der **Titmus-Stereotest** zur Prüfung der Stereopsis besteht aus drei Teilen mit verschiedenen Querdisparationen (Die Querdisparation beschreibt geringe Abweichungen in Winkelsekunden bis Winkelminuten von der idealen Ortsidentität (Korrespondenz) im rechten und linken Auge). Den ersten Teil des Testes bilden neun Rhomben, die je mit vier Ringen ausgefüllt sind, von denen einer querdisparat abgebildet ist, den zweiten Teil bilden drei Reihen mit jeweils fünf verschiedenen Tieren und der dritte Teil besteht aus einer postkartengroßen Fliege, anhand derer das räumliche Wahrnehmungsvermögen getestet wird. Die verschiedenen Tiere bzw. Kreise erscheinen beim Aufsetzen der dazugehörigen polarisierenden Brille dreidimensional. An der Reaktion des Kindes kann abgelesen werden, ob das dargebotene Bild räumlich erscheint. Reagiert das Kind unspezifisch, wurde es zum Berühren der abgebildeten Tiere aufgefordert. Wurde dem Folge geleistet und das Kind griff in die Luft, so galt der Test als bestanden. Die Querdisparation variiert zwischen den drei Teilen des Tests. Die Fliege ist am einfachsten dreidimensional zu erkennen, die Querdisparation liegt bei 3000 Bogensekunden, die zweite Schwierigkeitsstufe bilden die in Reihen angeordneten Tiere, die eine Querdisparation von 100, 200 und 400 Bogensekunden erfordern, am schwierigsten ist das Ringmuster mit Querdisparationen von 800 bis 40 Bogensekunden dreidimensional zu erkennen [60].

Der **Lang-Stereotest I** dient ebenfalls zum Test der Stereopsis und somit zum Ausschluss eines Mikrostrabismus. Er beruht auf dem Zylinderrasterverfahren. Das Bild besteht aus einem System von feinen parallel stehenden Zylindern, unter denen zwei feine Bildstreifen stehen, von denen jeweils eins vom rechten und eins vom linken Auge gesehen werden. Es werden auf einer postkartengroßen Testkarte die in 40 cm Abstand vom Untersucher gehalten wird, drei

verschieden disparate Bilder (Auto mit Querdissipation von 550 Bogensekunden, Stern mit 600 und Katze mit 1200 Bogensekunden) dargeboten, die nur bei normalem Stereosehen erkannt werden [7]. Diese Bilder setzen sich aus verteilten Punkten, den so genannten Random-Dots, zusammen, wobei einige dieser Punkte die zu erkennenden Bilder formen.

Der Vorteil dieses Tests besteht darin, dass keine Brille nötig ist, die besonders kleinere Kinder vom Mitmachen abschreckt. Außerdem kann das Testergebnis an der Reaktion der Augenbewegungen abgelesen werden [43].

Der **Bagolini-Streifenglastest** dient ebenfalls zur Prüfung des Binokularsehens und wird zum Aufdecken von Suppression und Strabismus (Fehllokalisation) angewandt. Beim Blick auf eine Lichtquelle durch die Streifengläser mit Winkeln von 45° und 135° wird im Normalfall ein Lichtkreuz gesehen, dessen Strahlen senkrecht zur Ausrichtung der Streifengläser stehen. Die Kinder wurden aufgefordert, das Lichtkreuz mit dem Finger in die Luft zu malen.

Außerdem überprüften wir die **Augenstellung**. Dies wurde anhand des **Abdecktests und Aufdecktests (Cover-Test, Uncover-Test)** geprüft und jeweils einseitig und alternierend durchgeführt. Der Abdecktest dient dem Nachweis manifester Stellungsfehler (manifestes Schielen, Heterotropie), der Aufdecktest dem Nachweis latenter Stellungsfehler (latentes Schielen, Heterophorie).

Die gesamte Untersuchung dauerte pro Kind ca. 20-30 Minuten, wobei ein deutlicher Zeitunterschied zwischen den Drei- und Vierjährigen bestand. Die jüngeren Kinder benötigten einen deutlich nachsichtigeren Umgang, längere Erklärungen und mehr Motivation.

Alle ermittelten Daten wurden auf Befundbögen notiert und durchnummeriert. Nach Ablauf der Untersuchungen wurden diejenigen Probanden zur Nachuntersuchung bestellt, deren Werte nicht die oben genannten Schwellen erreichten, sowie alle Kinder, die eine Brille trugen, um die Brillenwerte auszumessen und ggf. die Kinder mit zu großen Refraktionsfehlern herauszufiltern. Außerdem wurden diejenigen Kinder nachuntersucht, die in irgendeiner Art und Weise auffällig waren (Strabismus etc.). Die Nachuntersuchungen fanden etwa im Abstand von ein bis zwei Wochen zur Erstuntersuchung in denselben Räumen statt. Nun wurde entschieden, welche Eltern hinsichtlich einer nötigen eingehenden augenärztlichen Untersuchung ihres Kindes benachrichtigt werden mussten. Gleichzeitig wurde die schriftliche Erlaubnis zum Einholen der Befunde erbeten, welche nicht alle Eltern erteilten.

2.2 Die untersuchten Kinder

Die Visusuntersuchungen wurden an vier Hamburger Kindergärten in den Stadtteilen Sasel, Barmbek, Bramfeld, Hoheluft und in sechs Schleswig-Holsteinischen Kindergärten in Ahrensburg und Norderstedt durchgeführt.

Die Untersuchungen fanden sowohl in Stadtteilen mit höherem Einkommensniveau der Eltern wie Sasel und Ahrensburg, als auch in sozial schwächeren oder gemischten Gebieten wie Barmbek, Bramfeld, Hoheluft und Norderstedt statt.

Die Teilnahme war freiwillig. Die Eltern wurden durch eine schriftliche Mitteilung über die Untersuchung informiert und mussten ihr schriftliches Einverständnis für die Teilnahme ihres Kindes erteilen, was in den allermeisten Fällen geschah. Da dieser Vorgang aus administrativen Gründen vom Kindergartenpersonal durchgeführt wurde, liegen uns keine genauen Zahlen darüber vor, wie viele Eltern ihr Einverständnis verweigerten.

In der ausgehändigten Information über die Untersuchung wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sowohl Kinder ohne als auch mit bekannter Augenschwäche an der Untersuchung teilnehmen sollten, um eine Verteilung der Studie zugunsten von Kindern mit Problemhintergrund der Augen oder gesunden Kindern zu vermeiden und somit die Repräsentativität der Studie zu bewahren.

2.3 Altersgruppen

Die Einteilung der Kinder in die Altersgruppen erfolgte nach ihrem Alter am Tag der ersten Untersuchung. In die Gruppe der Dreijährigen wurden Kinder im Alter von zwei Jahren und sieben Monaten bis drei Jahren und sechs Monaten eingeteilt, in die Gruppe der Vierjährigen Kinder von drei Jahren und sieben Monaten bis vier Jahren und sechs Monaten zugeordnet.

Das Probandenkollektiv von 121 Kindern setzt sich zusammen aus 17 Dreijährigen und 104 Vierjährigen (60,3% Jungen und 39,7% Mädchen).

Der Altersdurchschnitt in der Gruppe der Dreijährigen beträgt 3,3 Jahre, der Median drei Jahre und vier Monate, die Geschlechterverteilung liegt bei 59% Jungen und 41% Mädchen, keines dieser Kinder trug zu Beginn der Untersuchung eine Brille. In der Gruppe der Vierjährigen beträgt der Altersdurchschnitt genau vier Jahre, der Median vier Jahre und zwei Monate, es haben 61% Jungen und 39% Mädchen in dieser Gruppe teilgenommen und 6,7% davon trugen zu Beginn der Untersuchung eine Brille.

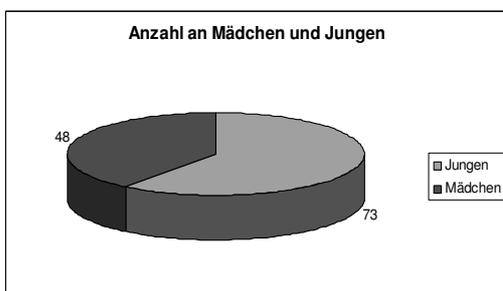


Abb. 2.1: Verteilung der Probanden auf das Geschlecht



Abb. 2.2: Verteilung der Probanden auf das Alter

2.4 Ausschlusskriterien

Die Daten der 121 untersuchten Kinder flossen nicht alle in die Studie ein. Es galten besondere Ausschlusskriterien, anhand derer die Kinder in eine augengesunde Gruppe und eine Ausschlussgruppe eingeteilt wurden.

Die Auswahlkriterien für das Einfließen der Visuswerte in die Studie wurden zum einen von Frisé und Frisé [22] übernommen. Ausgeschlossen wurden demnach Daten der Kinder, die eine Ametropie über 5 D sphärisch und 2 D zylindrisch aufwiesen, außerdem Daten von Kindern mit beeinträchtigter Augenbeweglichkeit und geistiger Behinderung, organischen Augenschäden, Amblyopie, Strabismus und Schädigungen des zentralnervösen Systems. Zum anderen galt die Sehschärfe von 0,4 bei Dreijährigen und 0,8 bei Vierjährigen für Einzellandoltringe monokular als Schwelle für die Gruppe der Augengesunden. Kinder, die diese Werte um eine Visusstufe unterschritten und keine weiteren Auffälligkeiten zeigten, wurden dennoch der Gruppe der Augengesunden zugeordnet. Bestand jedoch zusätzlich eine Differenz von mehr als einer Visusstufe zwischen rechtem und linkem Auge, wurde das Kind nochmals in einer Nachuntersuchung geprüft um herauszufinden, ob eine Erkrankung des Auges bestand. Ähnliche Grenzwerte, einen Visus von 0,6 für Dreijährige und 0,8 für Vierjährige, fanden wir auch in der Literatur [35].

Nach der Visusuntersuchung wurden die Kinder, die die Auswahlkriterien nicht erfüllten, nachuntersucht. Erreichten die nachuntersuchten Kinder trotz Korrektur einer Fehlsichtigkeit diese Werte immer noch nicht oder wurde ein anderes Ausschlusskriterium diagnostiziert, so wurden ihre Daten in der Ausschlussgruppe (Augenranke) erfasst. Die Eltern dieser Kinder wurden schriftlich informiert, ihnen wurde eine eingehende augenärztliche Untersuchung ihres Kindes nahe gelegt. Gleichzeitig wurde um das Einverständnis zum Erfragen der Befunde des Augenarztes gebeten.

2.5 Augengesunde Kinder

Von den 121 untersuchten Kindern waren 113 augengesund. Diese Gruppe setzt sich zusammen aus 96 vierjährigen Kindern und allen untersuchten 17 Dreijährigen.

Drei der augengesunden Kinder trugen bereits eine Brille, weitere fünf Kinder benötigten eine Sehhilfe, was bei der augenärztlichen Nachuntersuchung durch uns oder den niedergelassenen Augenarzt herausgefunden wurde. Somit wiesen insgesamt 7% der augengesunden Kinder eine korrekturbedürftige Refraktion auf.

Die Brillenwerte betragen:

- Das erste Kind mit Brille wies eine Hyperopie von +2 D sphärisch rechts und +2,5 D sphärisch links ohne Astigmatismus auf.
- Das zweite Kind wies eine Hyperopie von +4,75 D sphärisch beiderseits ohne Astigmatismus auf.
- Das dritte Kind hatte eine Hyperopie von +0,50 D sphärisch beidseits mit einem Zylinder von -1 D beidseits.
- Das erste Kind, welches zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine Brille trug, wies eine Hyperopie von +2,5 D sphärisch rechts, +3 D sphärisch links mit einem Zylinder von -0,5 D beiderseits auf.
- Zwei dieser Kinder ohne Brille wiesen eine Hyperopie von +1,0 D sphärisch beiderseits auf.
- Das vierte Kind ohne Brille hatte eine Hyperopie von +2,25 D sphärisch und -0,50 D zylindrisch beiderseits.
- Das fünfte Kind, das eine Sehhilfe benötigte wies eine Hyperopie von +3,0 D sphärisch und -0,5 D zylindrisch beiderseits auf.

2.6 Die Kinder der Ausschlussgruppe

Von den 121 untersuchten Probanden wurden acht der Ausschlussgruppe zugeordnet. Diese acht Kinder, davon sechs Jungen und zwei Mädchen, waren alle in der Gruppe der Vierjährigen. Sechs dieser Kinder wurden aufgrund der Ausschlusskriterien in die Ausschlussgruppe eingeordnet, zwei sind trotz Aufforderung nicht augenärztlich nachuntersucht worden, weswegen keine Befunde vorliegen. Damit galten für unsere Untersuchung alle acht Kinder als nicht augengesund. Bei 50% dieser Kinder war ein Problemhintergrund der Augen schon vor Studienbeginn bekannt, sie waren bereits in augenärztlicher Behandlung.

Anzahl der Probanden	Diagnose
1	Exotropie (permanentes Außenschielen eines Auges)
1	Entzündliche Erkrankung am Augenlid
2	Astigmatismus 2,5 D beidseits, beide Kinder waren schon in augenärztlicher Behandlung
1	Amblyopie links, partielle Opticusatrophie, Vertikalstrabismus, Esotropie, Nystagmus rechts foveolär, links exzentrisch, bereits in augenärztlicher Behandlung
1	Stereotests negativ, kein Augenarztbefund vorliegend
2	Keine Augenarztbefunde vorliegend Eines dieser Kinder wies eine Exophorie auf, starke Venen, Visus auffällig $\leq 0,63$, dieses Kind war bereits in augenärztlicher Behandlung. Das zweite Kind wies beim Refraktionieren eine Ametropie auf, es wurde zum Augenarzt geschickt, uns lagen keine Befunde vor.

Tab. 2: Diagnosen für die Zuordnung zur Ausschlussgruppe

Vier Kinder trugen eine Brille, ein weiteres Kind benötigte eine Sehhilfe, was fünf Kinder (62,5%) mit korrekturbedürftiger Refraktion in der Ausschlussgruppe ausmacht. Die Werte der Refraktion betragen:

- Zwei Kinder wiesen Hyperopien von +2 D sphärisch rechts, +1,50 D sphärisch links und -2,50 D zylindrisch beiderseits auf.
- Ein Kind hatte +1 D sphärisch beiderseits.
- Das Letzte dieser vier Kinder hatte Werte von +1,75 D sphärisch und -1 D zylindrisch beiderseits.
- Ein Kind benötigte eine Sehhilfe, da eine Hyperopie von +2,0 D sphärisch beidseitig vorlag

3. Ergebnisse

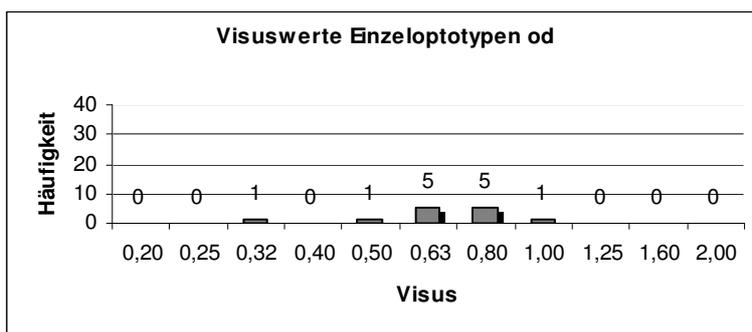
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Visusprüfungen mit Landoltringen dargelegt. Dies geschieht getrennt für die Gruppe der Augengesunden und der Ausschlussgruppe.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wurden die Daten in Form von Balkendiagrammen ausgearbeitet, außerdem wurden das geometrische Mittel, die Standardabweichung in Visusstufen, der Median und das 95% Konfidenzintervall angegeben. Nicht alle Kinder haben jede Untersuchung vollständig mitgemacht, weshalb die Zahl n der Kinder schwankt.

3.1 Visuswerte der normalsichtigen Dreijährigen, n= 17 Kinder

Trotz der kleinen Anzahl der untersuchten dreijährigen Kinder haben wir das geometrische Mittel, die Standardabweichung in Visusstufen, den Median und das 95 % Konfidenzintervall des Mittelwertes der Vollständigkeit halber berechnet.

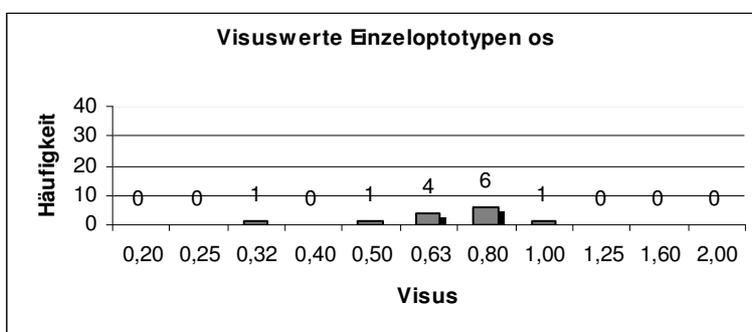
3.1.1 Einzeloptotypen rechtes Auge



Geometrisches Mittel	0,67
Standardabweichung	
in Visusstufen	1,24
Median	0,63
95% Konfidenzintervall	
des Mittelwertes	0,56;0,79

Abb. 3.1: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, rechtes Auge, n= 13 Kinder

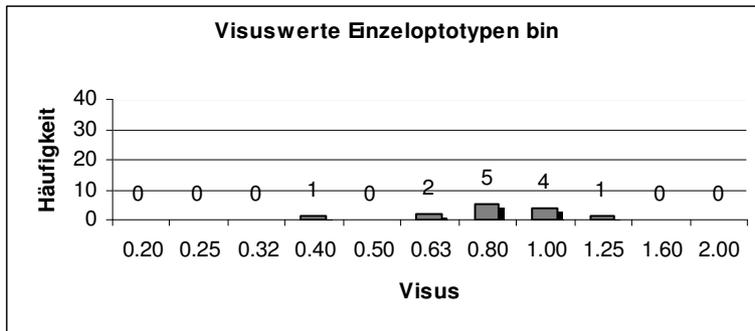
3.1.2 Einzeloptotypen linkes Auge



Geometrisches Mittel	0,68
Standardabweichung	
in Visusstufen	1,25
Median	0,80
95% Konfidenzintervall	
des Mittelwertes	0,57;0,81

Abb. 3.2: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, linkes Auge, n= 13 Kinder

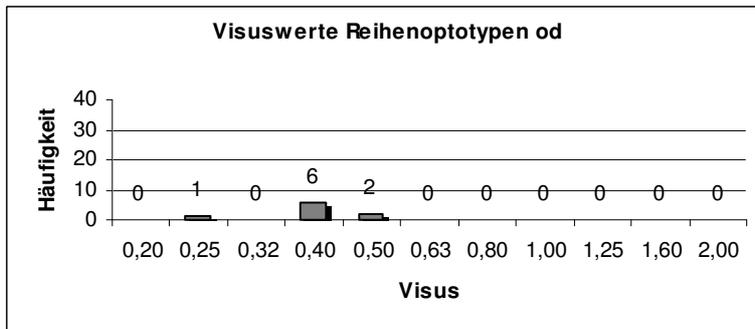
3.1.3 Einzeloptotypen binokular



Geometrisches Mittel 0,81
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,26
 Median 0,80
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,68;0,96

Abb. 3.3: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, binokular, n= 13 Kinder

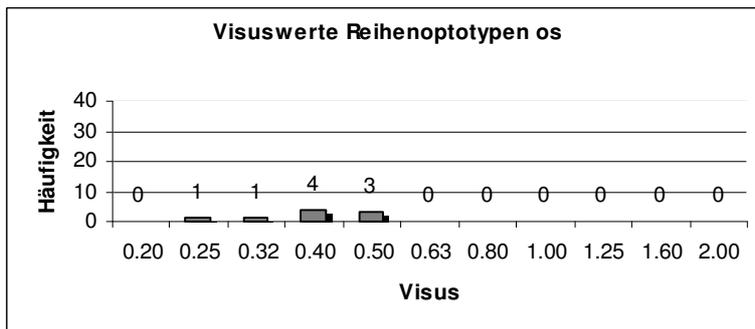
3.1.4 Reihenoptotypen rechtes Auge



Geometrisches Mittel 0,40
 Standardabweichung
 in Visusstufen 0,87
 Median 0,40
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,34;0,47

Abb. 3.4: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, rechtes Auge, n= 9 Kinder

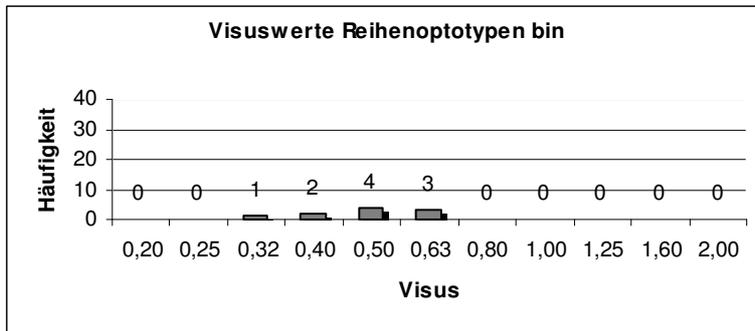
3.1.5 Reihenoptotypen linkes Auge



Geometrisches Mittel 0,40
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,00
 Median 0,40
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,33;0,48

Abb. 3.5: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, linkes Auge, n= 9 Kinder

3.1.6. Reihenoptotypen binokular

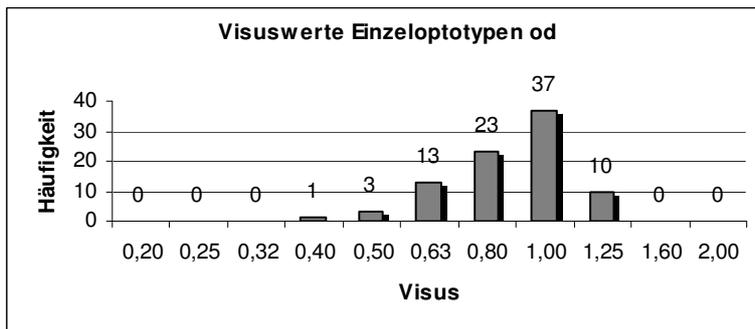


Geometrisches Mittel 0,49
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,00
 Median 0,50
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,42;0,58

Abb. 3.6: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, binokular, n= 10 Kinder

3.2 Visuswerte der normalsichtigen Vierjährigen, n= 96 Kinder

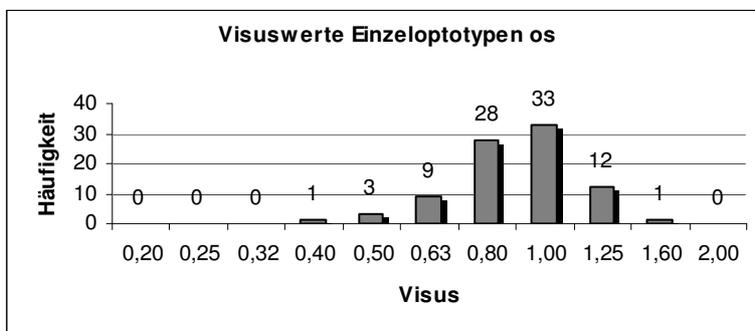
3.2.1 Einzeloptotypen rechtes Auge



Geometrisches Mittel 0,87
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,06
 Median 1,00
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,83;0,92

Abb. 3.7: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, rechtes Auge, n= 87 Kinder

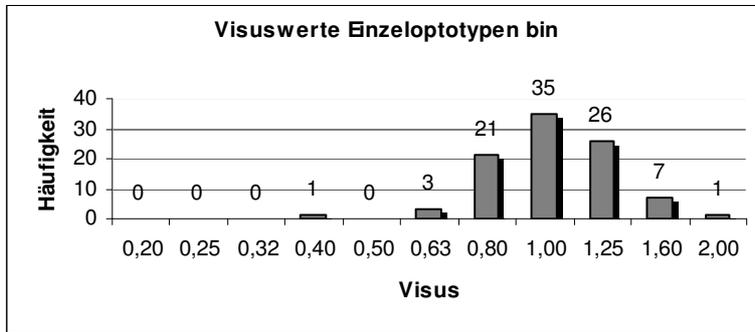
3.2.2 Einzeloptotypen linkes Auge



Geometrisches Mittel 0,89
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,08
 Median 1,00
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,84;0,94

Abb. 3.8: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, linkes Auge, n= 87 Kinder

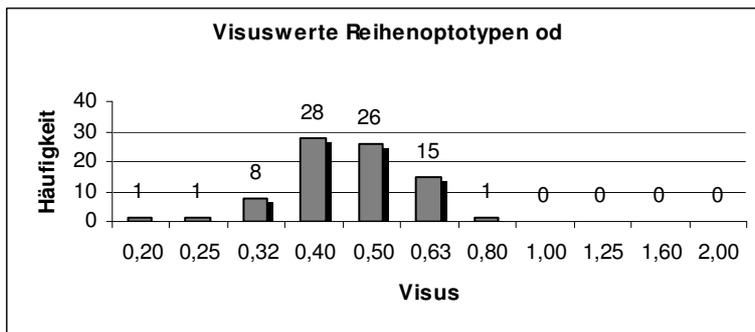
3.2.3. Einzeloptotypen binokular



Geometrisches Mittel 1,03
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,09
 Median 1,00
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,98;1,08

Abb. 3.9: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, binokular, n= 94 Kinder

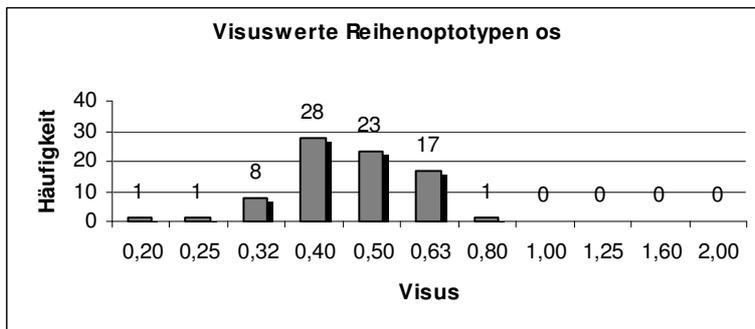
3.2.4 Reihenoptotypen rechtes Auge



Geometrisches Mittel 0,46
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,07
 Median 0,50
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,43;0,48

Abb. 3.10: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, rechtes Auge, n= 80 Kinder

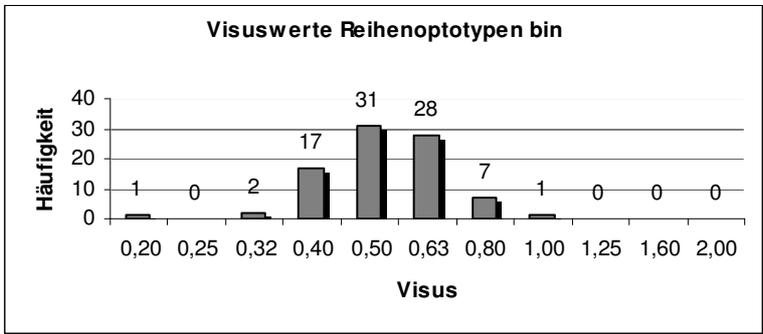
3.2.5 Reihenoptotypen linkes Auge



Geometrisches Mittel 0,46
 Standardabweichung
 in Visusstufen 1,09
 Median 0,50
 95% Konfidenzintervall
 des Mittelwertes 0,43;0,48

Abb. 3.11: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, linkes Auge, n= 79 Kinder

3.2.6 Reihenoptotypen binokular



Geometrisches Mittel 0,53

Standardabweichung

in Visusstufen 1,09

Median 0,50

95% Konfidenzintervall

des Mittelwertes 0,50;0,56

Abb. 3.12: Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, binokular, n= 87 Kinder

3.3 Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen, n= 113 Kinder

3.3.1 Titmus-Stereotest

Titmus-Ringe:

Anzahl erkannter Titmus-Ringe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keine Ergebnisse
n= 17 Dreijährige	0	0	1	0	3	0	2	1	2	8
n= 96 Vierjährige	0	0	6	2	11	14	5	17	30	11

Tab. 3: Anzahl der gesehenen Titmus-Ringe, normalsichtige Drei- und Vierjährige

Titmus-Tiere: Von 113 augengesunden Kindern haben sieben aus mangelnder Compliance den Test nicht mitgemacht. Ein Kind, welches nur schwer zu motivieren war, hat nur eine Reihe gesehen, sechs Kinder haben zwei Reihen und 99 haben alle drei Reihen dreidimensional erkannt.

Titmus-Fliege: Ein Kind hat diesen Test aus mangelnder Kooperation nicht mitgemacht. 112 Kinder haben den Test erfolgreich absolviert und die Fliege dreidimensional gesehen.

3.3.2 Lang-Stereotest

Von 113 augengesunden Kindern haben zwei den Test nicht bestanden, sie gaben an, auf der Testkarte nichts zu erkennen. Diese Kinder wurden von uns nachuntersucht und wiesen beide korrekturbedürftige Refraktionen auf, die bis dahin unerkant waren. Beide Kinder haben im Titmus-Test die Fliege dreidimensional erkannt, was darauf schließen lässt, dass die Mitarbeit (Compliance) nachließ.

3.3.3 Bagolini-Streifenglastest

Von 113 Kindern hat ein Kind den Test nicht bestanden. Da dieses Kind alle anderen Tests inklusive des Cover- und Uncovertests mit positivem Ergebnis absolvierte, ist das negative Ergebnis im Bagolini-Streifenglastest vermutlich auf nachlassende Konzentration zurückzuführen.

3.4 Ergebnisse der Tests der Augenstellung der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen, n= 113 Kinder

3.4.1 Abdecktest

Bei zwei der augengesunden Kinder war die Durchführung des Tests aufgrund mangelnder Kooperation nicht möglich. Alle anderen Kinder hatten ein unauffälliges Testergebnis.

3.4.2 Aufdecktest

Dieselben zwei Kinder, die den Abdecktest nicht durchgeführt haben, wiesen auch hier mangelnde Kooperation auf. Zwei weitere Kinder zeigten eine Exophorie (verstecktes, latentes Außenschielen), welche nicht zu den Ausschlusskriterien zählt.

3.5 Visuswerte, Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion und des Stereosehens der dreijährigen Kinder der Ausschlussgruppe, n= 0 Kinder

Von den 17 untersuchten Dreijährigen waren alle Kinder augengesund, somit wurde kein dreijähriges Kind der Ausschlussgruppe zugeordnet.

3.6 Visuswerte, Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion und des Stereosehens der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe, n= 8 Kinder

In der Gruppe der 104 Vierjährigen wurden acht Kinder der Ausschlussgruppe zugeordnet.

3.6.1 Visuswerte der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe

Von den acht Kindern der Ausschlussgruppe haben aus unterschiedlichen Gründen nicht alle die Sehschärfeuntersuchungen vollständig absolviert. Ein Kind war im Verhalten stark auffällig und hat nur einen Durchgang der Visusprüfung durchgehalten, es wurde aber hauptsächlich aufgrund einer entzündlichen Erkrankung am Augenlid aus der Studie ausgeschlossen. Bei drei weiteren Kindern wurden wegen nachlassender Mitarbeit die Visusprüfungen nicht vollständig durchgeführt, was nicht unbedingt auf die Gründe, die zum Ausschluss aus der Studie führten, zurückzuführen ist. Die vollständigen Ergebnisse der Visusprüfungen sind Tabelle 3 zu entnehmen.

3.6.2 Ergebnisse der Prüfung der Binokularfunktion der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe

Titmus-Stereotest

Titmus-Ringe: Drei der Kinder aus der Ausschlussgruppe erkannten alle neun Ringe, ein Kind hat nicht mitgearbeitet, je ein Kind hat acht, sechs, fünf und vier Ringe erkannt.

Titmus-Tiere: Sieben der acht Kinder der Ausschlussgruppe haben alle drei Tierreihen gesehen. Ein Kind hat gar kein Tier erkannt, dieses Kind wurde aufgrund einer Amblyopie links, partieller Opticusatrophy, Esotropie (permanentes, manifestes Innenschielen), und eines Nystagmus rechts foveolär, links exzentrisch (Augenzittern) der Ausschlussgruppe zugeordnet.

Titmus-Fliege: Sechs von acht Kindern dieser Gruppe haben die Fliege dreidimensional erkannt. Zwei Kinder der Ausschlussgruppe haben die Fliege nicht erkannt. Ein Kind davon litt an Astigmatismus. Es gab an, die Flügel der Fliege nicht aus dem Bild hervorstehend zu erkennen. Bei einem weiteren Kind mit Amblyopie, welches bereits im Titmus-Tier-Test auffiel, hat die Mitarbeit nachgelassen, weswegen keine klare Aussage zu der Titmus-Fliege zu deuten war.

Lang-Stereotest

Aus der Gruppe der augenkranken Kinder haben drei Kinder den Test nicht bestanden. Das erste der Kinder hatte auch den Titmus-Test nicht bestanden und war u.a. deswegen der Ausschlussgruppe zugeordnet worden. Das zweite Kind hatte schon im Titmus-Test schlecht abgeschnitten und wurde wegen beidseitigem Astigmatismus $> 2,5$ der Ausschlussgruppe zugeordnet. Das dritte Kind wurde aufgrund eines negativen Ergebnisses beim Lang-Stereotest der Ausschlussgruppe zugeordnet.

Bagolini-Streifenglastest

Alle acht Kinder dieser Gruppe haben den Test bestanden und die sich kreuzenden Lichtstrahlen beschrieben.

3.6.3 Ergebnisse der Tests der Augenstellung der vierjährigen Kinder der Ausschlussgruppe

Abdecktest

Drei Kinder der Ausschlussgruppe waren auffällig. Das erste Kind wies eine Exotropie (permanentes Außenschielen) auf, das zweite Kind eine Esotropie (permanentes, manifestes Innenschielen), beim dritten Kind war die Durchführung des Tests aufgrund mangelnder Mitarbeit nicht möglich, dieses Kind wurde aufgrund eines beidseitigen Astigmatismus von $> 2,5$ der Ausschlussgruppe zugeordnet.

Aufdecktest

Drei Kinder der Ausschlussgruppe waren auch hier auffällig. Ein Kind wies eine Exophorie (verstecktes, latentes Außenschielen) auf, welche nicht zu den Ausschlusskriterien zählt, jedoch hatte dieses Kind den geforderten Visus von 0,8 für Vierjährige stark unterschritten und wies in der Nachuntersuchung starke Venen auf. Es lagen zum Zeitpunkt der Datenverarbeitung keine weiteren Befunde vom Augenarzt vor, weswegen das Kind der Ausschlussgruppe zugeordnet wurde. Zwei Kinder konnten nicht zur Untersuchung motiviert werden, eines davon hatte im Abdecktest eine Esotropie aufgezeigt, das andere Kind hatte den Abdecktest auch nicht mitgemacht.

3.6.4 Ergebnisse der Ausschlussgruppe tabellarisch zusammengefasst

Die Ergebnisse und Diagnosen der Kinder der Ausschlussgruppe werden folgend tabellarisch dargestellt. Auf Balkendiagramme, Median und geometrisches Mittel wurden aufgrund der geringen Kinderanzahl verzichtet. Freie Felder bedeuten, dass diese Untersuchung nicht mitgemacht wurde.

Diagnosen der Kinder der Ausschlussgruppe	Kind Nr. 1 Exotropie	Kind Nr. 2 entzündl. Augenerkrankungen	Kind Nr. 3 Astigmatismus > 2,5 D	Kind Nr. 4 Astigmatismus > 2,5 D	Kind Nr. 5 Amblyopie partielle Opticusatrophie, Vertikalstrabismus, Esotropie, Nystagmus re foveolär, li zentrisch	Kind Nr. 6 Stereotest negativ, kein Augenarztbefund vorliegend	Kind Nr. 7 kein Augenarztbefund vorliegend	Kind Nr. 8 kein Augenarztbefund vorliegend
Altersgruppe	4	4	4	4	4	4	4	4
Visuswert Einzeloptotypen rechts	1	0,32	0,63		0,25	0,8	1	0,5
Visuswert Einzeloptotypen links	0,8		0,8	0,63		0,8	1	0,63
Visuswert Einzeloptotypen binokular	1,25			0,8	0,63	0,8	1,25	0,63
Visuswert Reihenoptotypen rechts	0,4		0,4	0,32	0,2	0,4	0,4	0,32
Visuswert Reihenoptotypen links	0,4		0,4	0,32		0,4	0,4	0,32
Visuswert Reihenoptotypen binokular	0,5			0,4	0,25	0,63	0,5	0,32
Titmus Ringe, Anzahl erkannter Ringe	9		9	3		keine	9	6
Titmus Tiere, Anzahl erkannter Reihen	3	3	3	3		3	3	3
Titmus Fliege, erkannt (ja) oder nicht erkannt (nein)	ja	ja	ja	nein		ja	ja	ja
Lang Stereotest	positiv	positiv	positiv	negativ	negativ	negativ	positiv	positiv
Bagolini Streifenglastest	positiv	positiv	positiv	positiv	positiv	negativ	positiv	positiv
Aufdecktest	normal	normal	normal			normal	normal	Exophorie
Abdecktest	Exotropie	normal	normal		Esotropie	normal	normal	normal
Foveolare Fixation	nicht bestimmt	ja	ja	ja	rechts ja, links nein	ja	ja	ja
Brille	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein, aber benötigt	Ja
Brillenwert re Auge sphärisch			2	2	1,75		2	1
Brillenwert re Auge zylindrisch			-2,5	-2,5	-1			
Brillenwert li Auge sphärisch			0,5	1,5	1,75		2	
Brillenwert li Auge zylindrisch			-1	-2,5	-1			1

Tab. 4: Kinder der Ausschlussgruppe (n= 8 Kinder), Übersicht der Ergebnisse

3.7 Vergleiche der Visuswerte innerhalb der Gruppen der normalsichtigen Drei- und Vierjährigen

Zum Vergleich der Ergebnisse innerhalb der Jahrgänge wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben angewandt.

Verglichen wurden die Visuswerte von rechtem und linkem Auge, sowie von rechtem Auge und binokular, jeweils für Einzeloptotypen und für Reihenoptotypen. Außerdem wurde ein Vergleich zwischen Einzeloptotypen und Reihenoptotypen jeweils vom rechten Auge und binokular durchgeführt.

3.7.1 Vergleich rechtes und linkes Auge, Einzeloptotypen, Dreijährige

Für n= 13 Dreijährige ergab der Wilcoxon-Test beim Vergleich der Visuswerte des rechten und linken Auges $p= 0,317$, es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge.

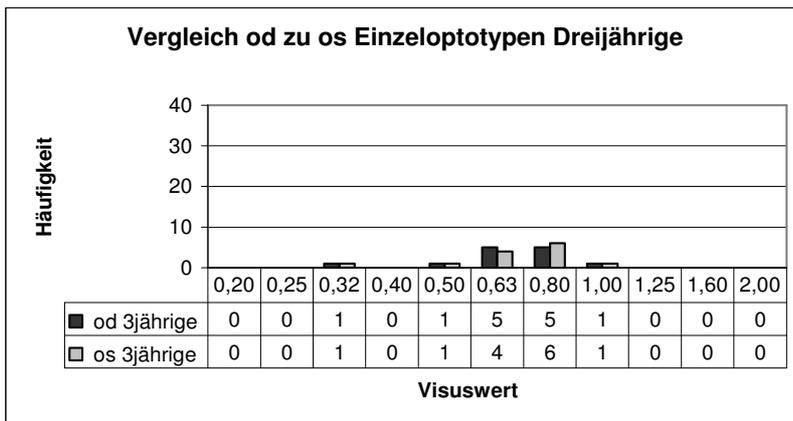


Abb. 3.13: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder

3.7.2 Vergleich rechtes Auge und binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige

Für n= 13 Dreijährigen ergab der Wilcoxon-Test beim Vergleich der Visuswerte des rechten Auges und binokular $p= 0,008$. Es besteht damit ein signifikanter Unterschied zwischen dem monokularen und binokularen Visus, da $p < 0,05$.

Wir errechneten die Differenz in Visusstufen. Bei vier Kindern bestand kein Unterschied zwischen rechtem Auge und beidäugigem Visus. Die Differenz betrug bei sieben Kindern eine und bei zwei Kindern zwei Visusstufen. Die durchschnittliche Differenz in Visusstufen betrug 0,85.

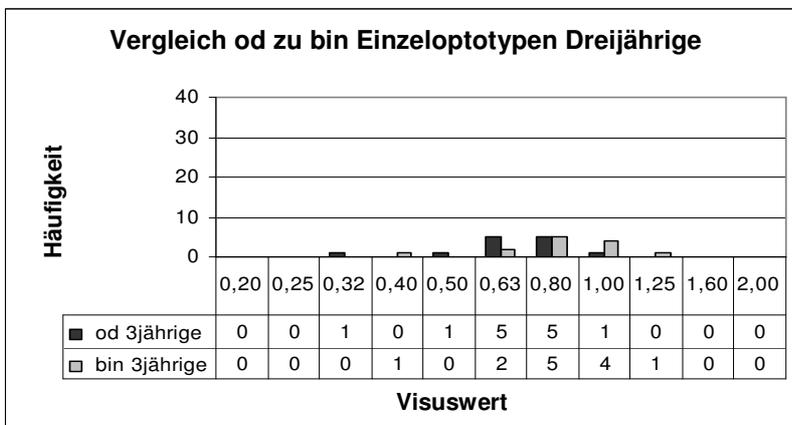


Abb. 3.14: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge und binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder

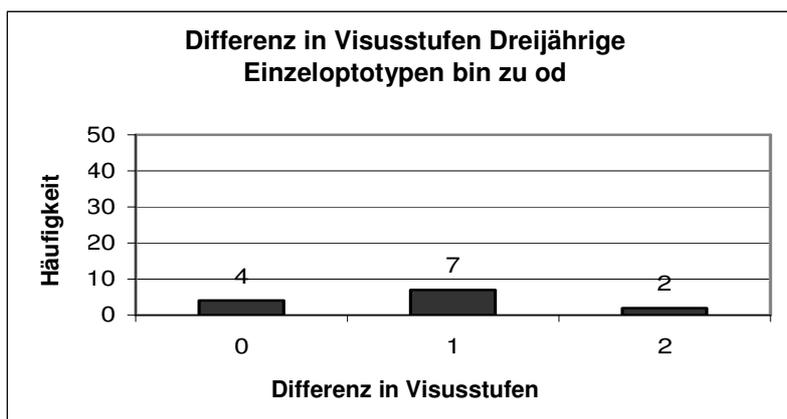


Abb. 3.15: Differenz in Visusstufen rechtes Auge zu binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder

3.7.3 Vergleich rechtes und linkes Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige

Der Wilcoxon-Test ergab beim Vergleich der Visuswerte des rechten und linken Auges $p= 0,705$. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem anhand von Reihenoptotypen ermittelten Visus des rechten und linken Auges, da $p> 0,05$ ist.

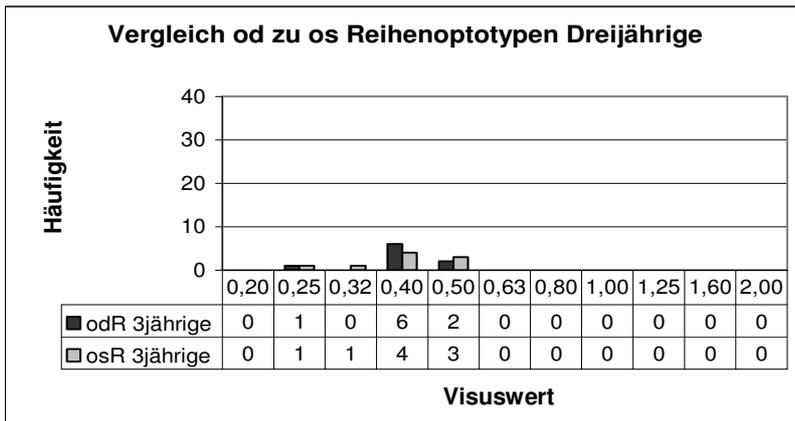


Abb. 3.16: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige, n= 9 Kinder

3.7.4 Vergleich rechtes Auge und binokular, Reihenoptotypen, Dreijährige

Zwischen dem Visus des rechten Auges und dem beidäugigen Visus besteht ein signifikanter Unterschied bei Reihenoptotypen Untersuchung, da $p = 0,017$ beträgt, p also $< 0,05$ ist. Das binokulare Ergebnis fällt signifikant besser aus.

Die Differenz in Visusstufen betrug null bei zwei Kindern, eine Visusstufe bei sechs Kindern und zwei Visusstufen bei einem Kind, die durchschnittliche Differenz betrug 0,9 Visusstufen.

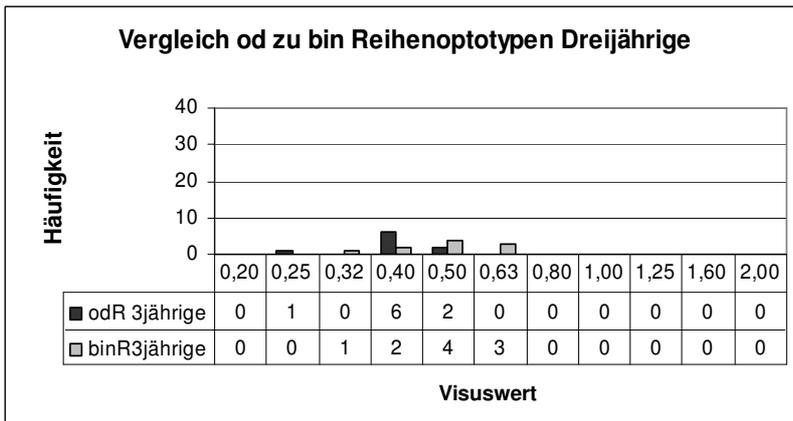


Abb. 3.17: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 9 Kinder) und binokular (n= 10 Kinder), Reihenoptotypen, Dreijährige

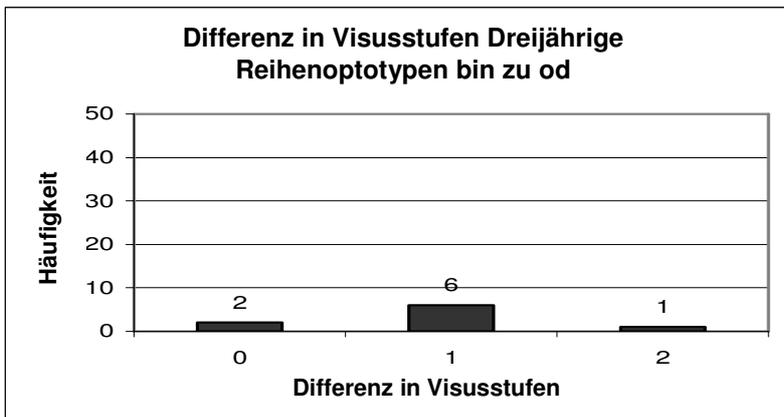


Abb. 3.18: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige, n= 9 Kinder

3.7.5 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen rechtes Auge, Dreijährige

Beim Vergleich der Einzeloptotypenwerte von 13 Kindern zu Reihenoptotypenwerten von neun Kindern ergab der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben $p = 0,007$, es bestand ein signifikanter Unterschied, der Einzeloptotypenvisus des rechten Auges war besser als der Reihenoptotypenvisus.

Die Differenz in Visusstufen betrug eine Visusstufe bei einem Kind, zwei Visusstufen bei drei Kindern, drei Visusstufen bei vier Kindern und vier Visusstufen bei einem Kind. Durchschnittlich betrug die Differenz 2,6 Visusstufen.

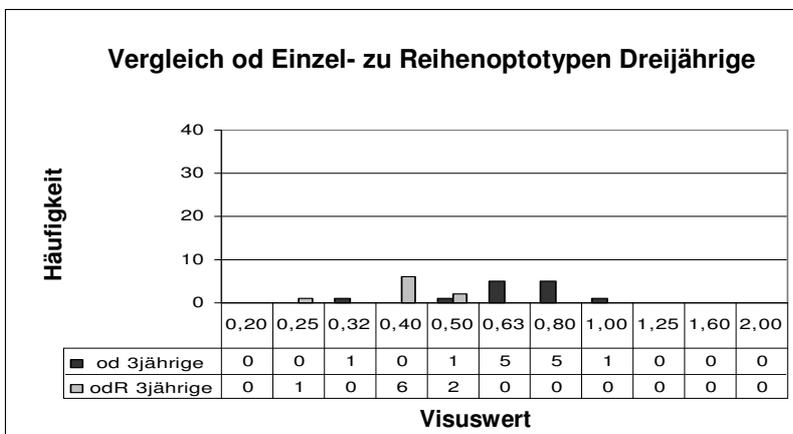


Abb. 3.19: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzel- (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), rechtes Auge, Dreijährige

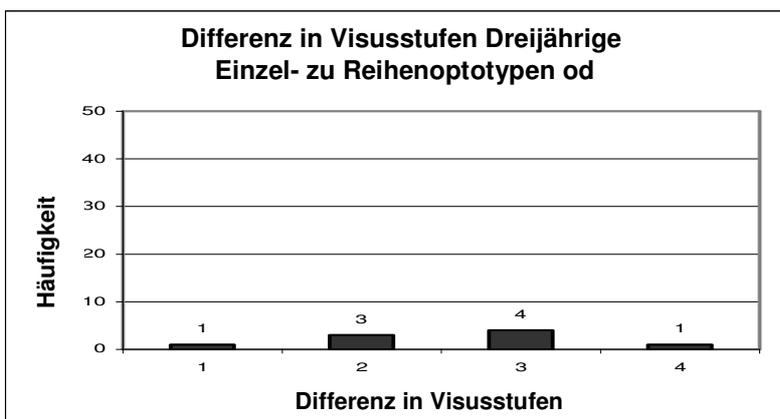


Abb. 3.20: Differenz in Visusstufen zwischen Einzel- (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), rechtes Auge, Dreijährige

3.7.6 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen binokular, Dreijährige

Beim Vergleich dieser Werte ergab der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben $p= 0,005$, es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen dem binokularen Visus von Einzeloptotypen zu Reihenoptotypen. Der Einzeloptotypenvisus war signifikant besser.

Die Differenz in Visusstufen betrug eine und fünf Visusstufen bei jeweils einem Kind, zwei und drei Visusstufen bei je vier Kindern, im Durchschnitt lag die Differenz in Visusstufen bei 2,6.

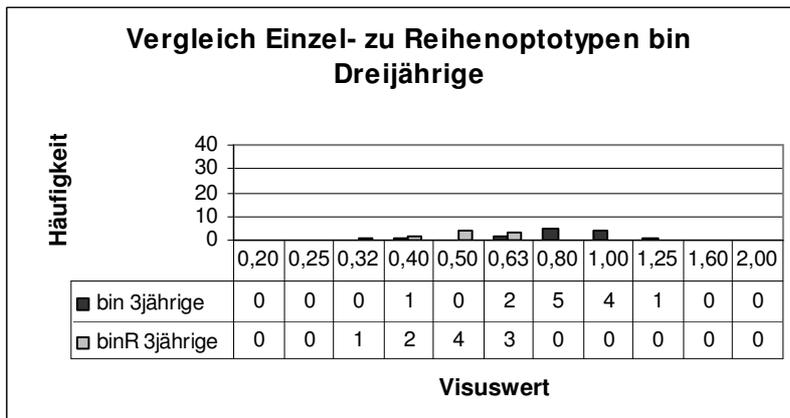


Abb. 3.21: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzeloptotypen (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), binokular, Dreijährige

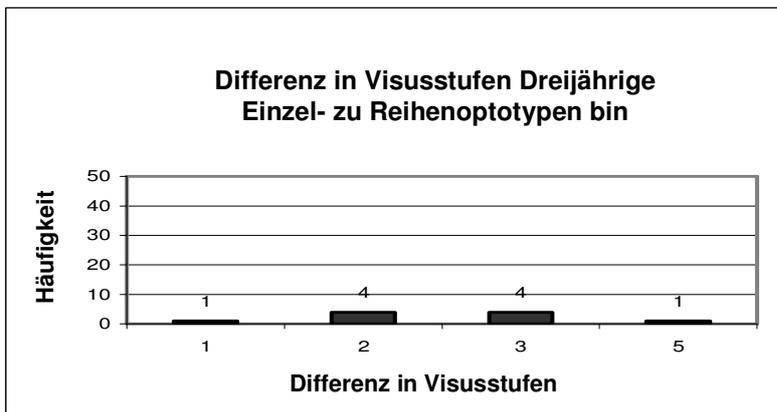


Abb. 3.22: Differenz in Visusstufen zwischen Einzel- und Reihenoptotypen, binokular, Dreijährige, n= 10 Kinder

3.7.7 Vergleich Einzeloptotypen rechtes und linkes Auge, Vierjährige

Für n= 87 Vierjährigen ergab der Wilcoxon-Test beim Vergleich der Visuswerte des rechten und linken Auges $p= 0,190$, es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge.

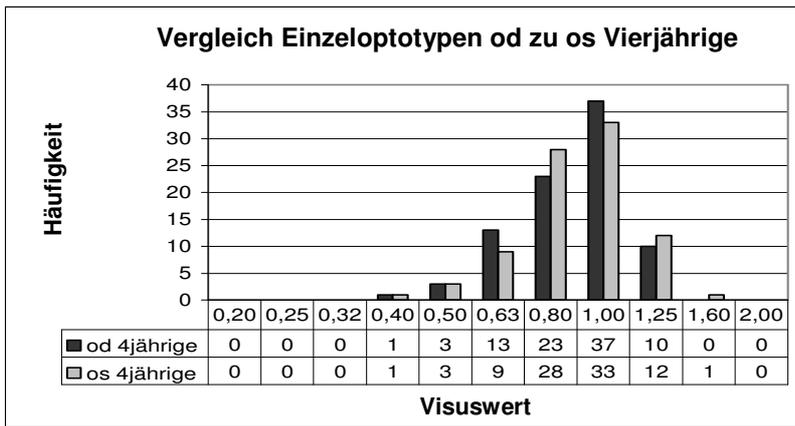


Abb. 3.23: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Einzeloptotypen, Vierjährige, n= 87 Kinder

3.7.8 Vergleich Einzeloptotypen rechtes Auge und binokular, Vierjährige

Beim Vergleich der Visuswerte des rechten Auges (n= 87) und binokular (n= 94) der Vierjährigen ergab der Wilcoxon-Test $p= 0,000$, der binokulare Visus war somit dem monokularen Visus signifikant überlegen. Die Differenz in Visusstufen betrug minus eine Visusstufe bei einem Kind, eine Visusstufe bei 50 Kindern, zwei Visusstufen bei neun Kindern und vier Visusstufen bei zwei Kindern. Im Durchschnitt betrug die Differenz hier 1,2 Visusstufen.

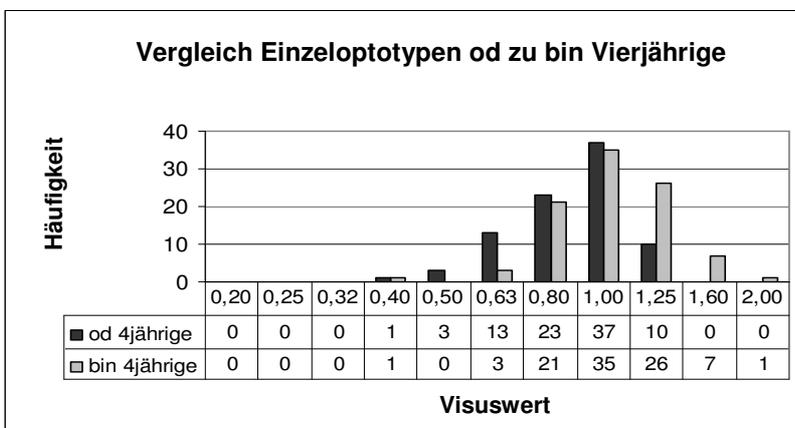


Abb. 3.24: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 87 Kinder) und binokular (n= 94 Kinder), Einzeloptotypen, Vierjährige

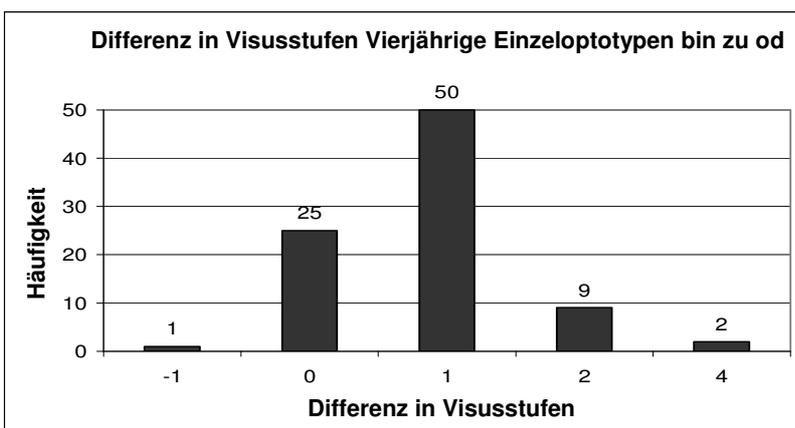


Abb. 3.25: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Einzeloptotypen, Vierjährige, n= 87 Kinder

3.7.9 Vergleich Reihenoptotypen rechtes und linkes Auge, Vierjährige

Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben ergab $p = 0,599$. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge beim Test des Visus anhand von Reihenoptotypen.

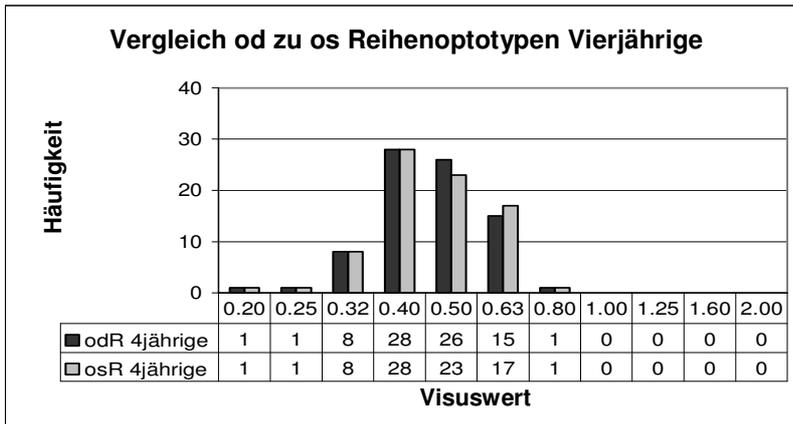


Abb. 3.26: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem (n= 80 Kinder) und linkem Auge (n= 79 Kinder), Reihenoptotypen, Vierjährige

3.7.10 Vergleich Reihenoptotypen rechtes Auge und binokular, Vierjährige

Es bestand ein signifikanter Unterschied des Visus zwischen rechtem Auge und beidäugigem Sehen, da $p= 0,000$.

26 Kindern hatten den gleichen Wert für beidäugiges Sehen und rechtem Auge erreicht, 47 Kindern zeigten eine Differenz von einer, sechs Kinder von zwei Visusstufen auf. Im Durchschnitt lag die Differenz in Visusstufen bei 1,2.

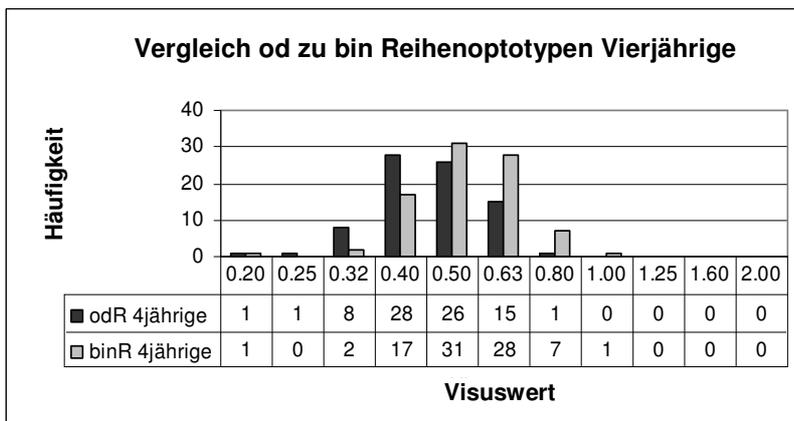


Abb.3.27: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 80 Kinder) und binokular (n= 87 Kinder), Reihenoptotypen, Vierjährige

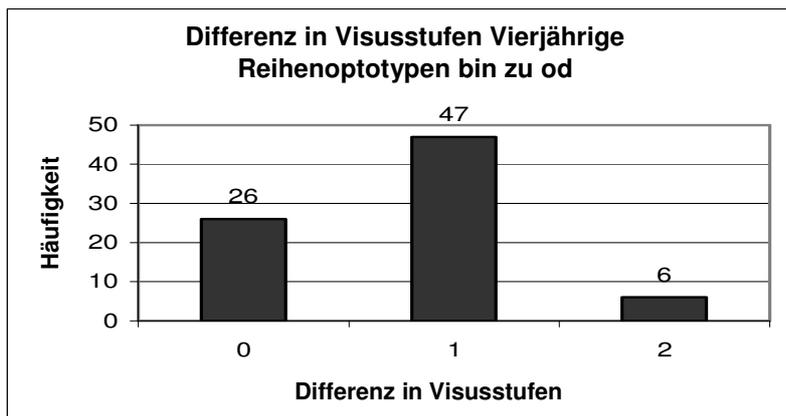


Abb.3.28: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Reihenoptotypen, Vierjährige, n= 79 Kinder

3.7.11 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen rechtes Auge, Vierjährige

Beim Vergleich der Einzeloptotypenwerte von 87 Kindern zu Reihenoptotypenwerten von 80 Kindern ergab der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben $p= 0,000$, es bestand ein signifikanter Unterschied. Der Einzeloptotypenvisus war besser als der Reihenoptotypenvisus. Die Differenz in Visusstufen betrug eine Visusstufe bei sechs Kindern, zwei Visusstufen bei 19 Kindern, drei Visusstufen bei 34 Kindern, vier Visusstufen bei 15 Kindern und fünf Visusstufen bei vier Kindern. Dies ergab eine durchschnittliche Differenz von 2,8 Visusstufen.

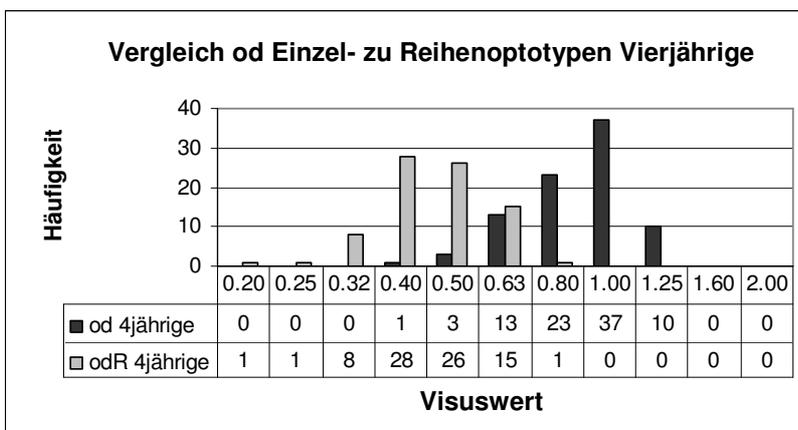


Abb. 3.29: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzeloptotypen (n= 87 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 80 Kinder), rechtes Auge, Vierjährige

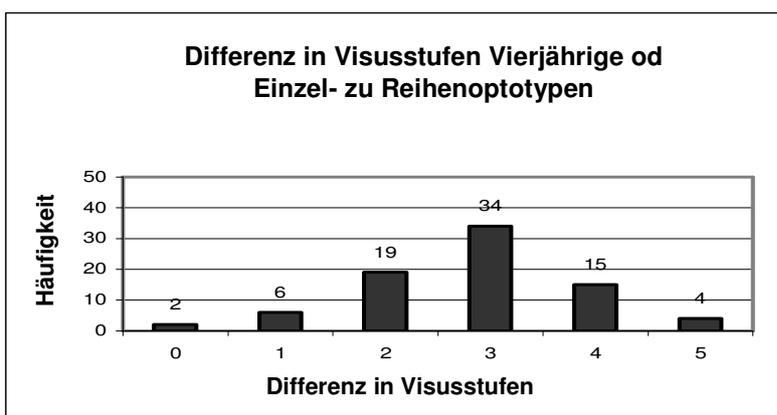


Abb. 3.30: Differenz in Visusstufen zwischen Einzel- und Reihenoptotypen, rechtes Auge, Vierjährige, n= 80 Kinder

3.7.12 Vergleich Einzeloptotypen und Reihenoptotypen binokular, Vierjährige

Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben zeigt, dass der Einzeloptotypenvisus dem Reihenoptotypenvisus signifikant überlegen ist, $p=0,000$.

Die Differenz in Visusstufen betrug eine Visusstufe bei fünf Kindern, zwei Visusstufen bei 22 Kindern, drei Visusstufen bei 32 Kindern, vier Visusstufen bei 21 Kindern und fünf Visusstufen bei sechs Kindern. Im Durchschnitt lag die Differenz bei drei Visusstufen.

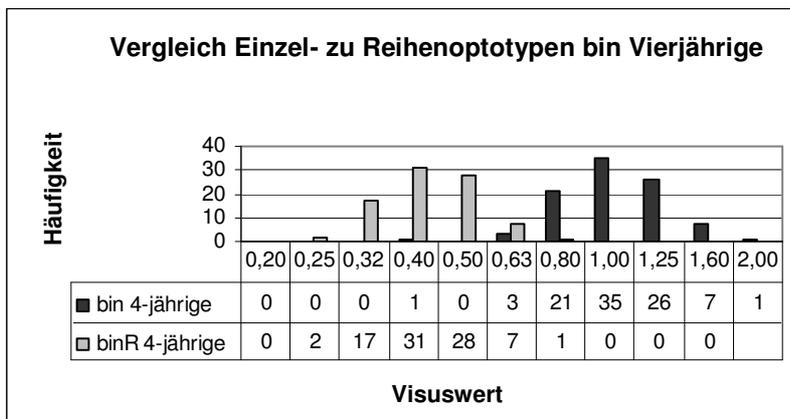


Abb. 3.31: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzeloptotypen (n= 94 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 86 Kinder), binokular, Vierjährige

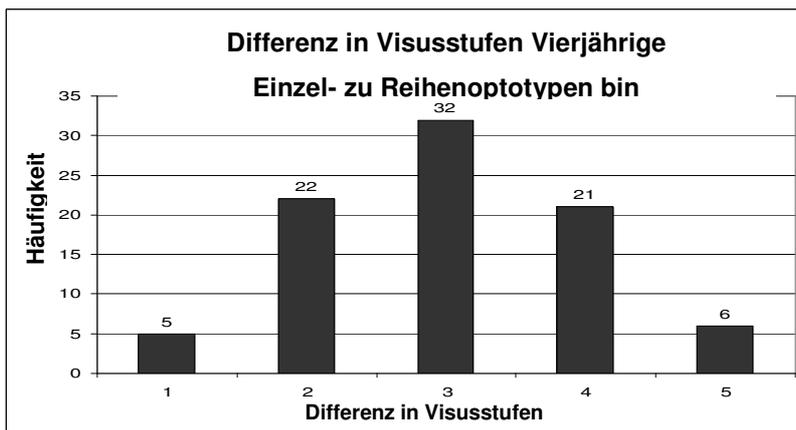


Abb. 3.32: Differenz in Visusstufen, Einzel- zu Reihenoptotypen, binokular, Vierjährige, n= 86 Kinder

3.8 Vergleiche der Visuswerte mit anderen Altersgruppen, normalsichtige Kinder

Zum Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Jahrgänge zueinander wurde der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben angewandt. Trotz der kleinen Gruppengröße der Dreijährigen, haben wir die Daten mit den anderen Altersgruppen verglichen, um eine Tendenz zu besseren Sehschärfewerten mit zunehmendem Alter zu unterstreichen.

3.8.1 Vergleich der Dreijährigen mit den Vierjährigen rechtes Auge

Der Vergleich der rechten Augen der Drei- zu den Vierjährigen ergab mit $p = 0,001$: Die Vierjährigen wiesen einen hochsignifikant besseren Visus des rechten Auges auf.

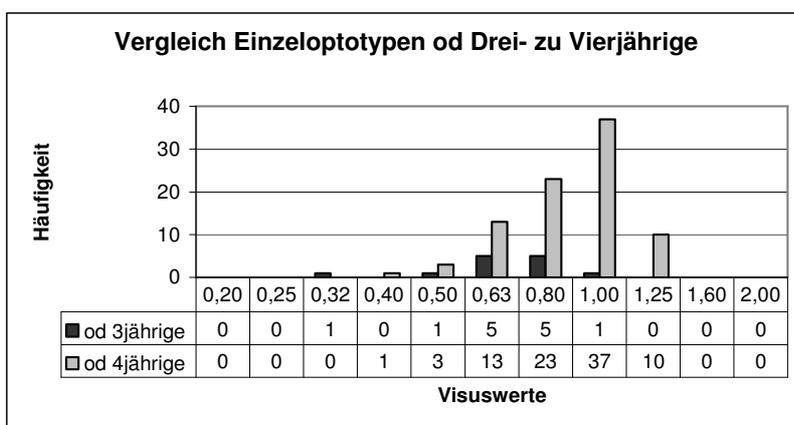


Abb. 3.33: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder) und Vierjährigen (n= 87 Kinder), Einzeloptypen, rechtes Auge

3.8.2 Vergleich der Dreijährigen mit den Vierjährigen binokular

Der Vergleich des binokularen Visus von Drei- zu Vierjährigen ergibt $p = 0,004$. Die Vierjährigen wiesen binokular einen hochsignifikant besseren Visus auf.

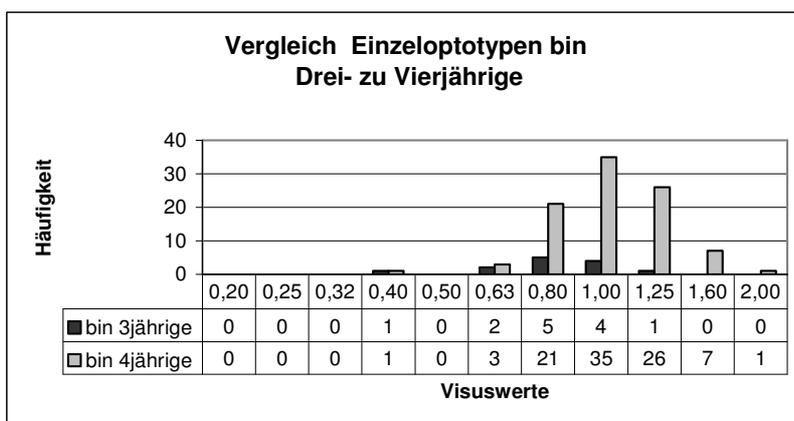


Abb. 3.34: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder) und Vierjährigen (n= 94 Kinder), Einzeloptypen, binokular

3.8.3 Vergleich der Dreijährigen mit Fünf- und Sechsjährigen rechtes Auge

Die Fünfjährigen sowie die Sechsjährigen zeigten hochsignifikant bessere Ergebnisse als die Dreijährigen, $p= 0,000$.

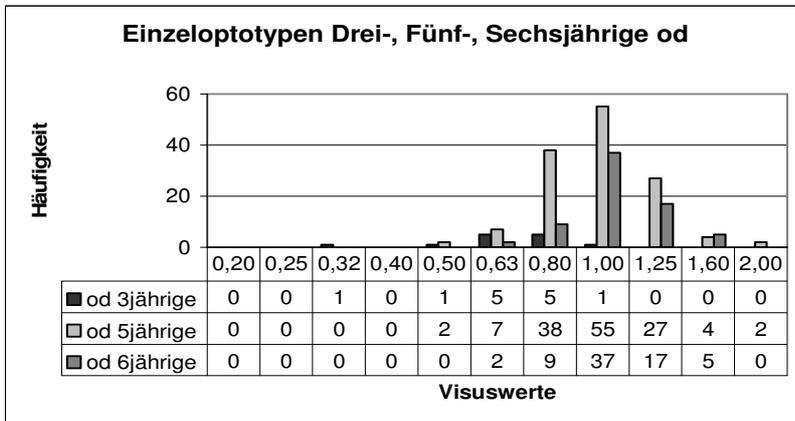


Abb. 3.35: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder), Fünfjährigen (n= 135 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, rechtes Auge

3.8.4 Vergleich der Dreijährigen mit Fünf- und Sechsjährigen binokular

Die Visuswerte der Fünf- und Sechsjährigen waren auch hier hochsignifikant besser als die Werte der Dreijährigen, $p= 0,000$.

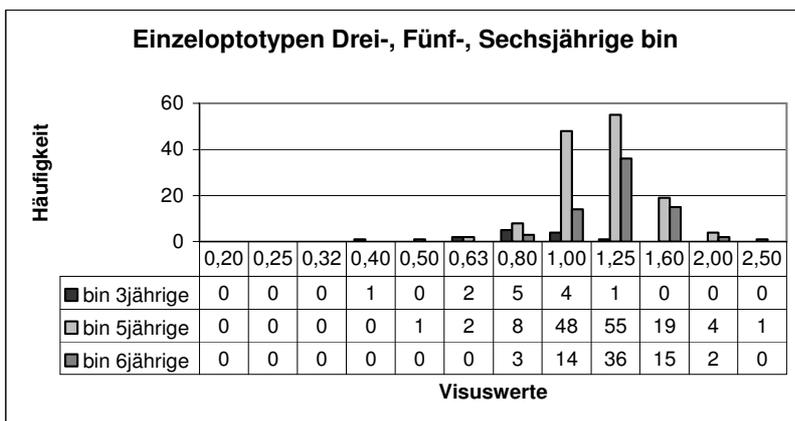


Abb. 3.36: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder), Fünfjährigen (n= 138 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, binokular

3.8.5 Vergleich der Vierjährigen mit Fünf- und Sechsjährigen rechtes Auge

Die Ergebnisse der Fünfjährigen waren hochsignifikant besser als die der Vierjährigen, hier lag $p= 0,005$. Die Sechsjährigen wiesen ebenfalls hochsignifikant bessere Werte auf als die Vierjährigen, $p= 0,000$.

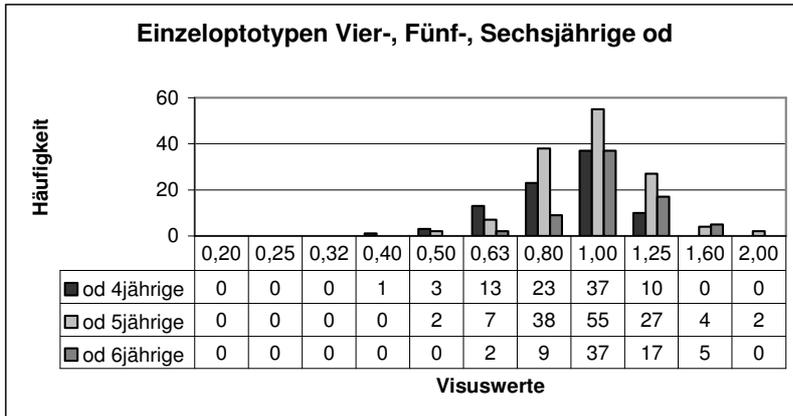


Abb. 3.37: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Vierjährigen (n= 87 Kinder), Fünfjährigen (n= 135 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, rechtes Auge

3.8.6 Vergleich der Vierjährigen mit Fünf- und Sechsjährigen binokular

Mit $p= 0,000$ waren die Werte der Fünf- und Sechsjährigen hochsignifikant besser als die Ergebnisse der Vierjährigen.

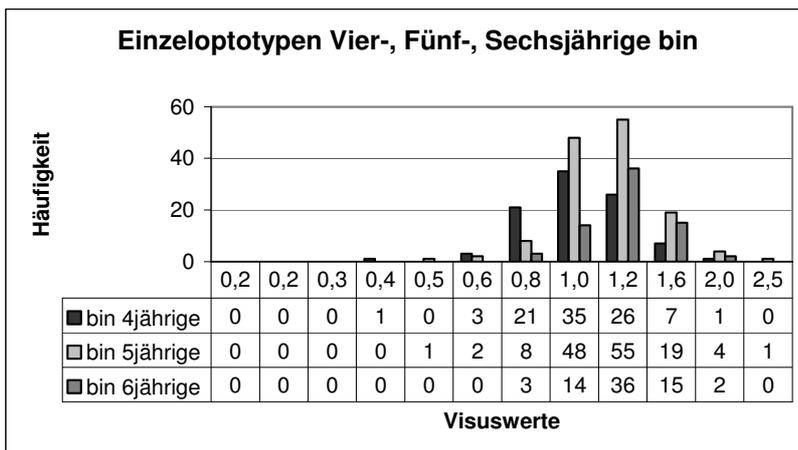


Abb. 3.38: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Vierjährigen (n= 94 Kinder), Fünfjährigen (n= 138 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, binokular

4. Diskussion

4.1 Einleitung

Die von uns durchgeführten Visusprüfungen fanden im Rahmen einer Querschnittsuntersuchung statt, das heißt, wir untersuchten eine bestimmte Gruppe von Kindern innerhalb eines begrenzten Zeitraums. Dabei wurde jedes Kind einmal untersucht, sofern die Befunde keine Auffälligkeiten zeigten. Gerade bei der Prüfung von Kindern mag der Faktor des Konzentrationsabfalls oder der Unlust an der Untersuchung dazu führen, dass schlechtere Ergebnisse erzielt werden, als das Individuum eigentlich zu leisten in der Lage wäre. Diese Störfaktoren nehmen mit zunehmendem Alter ab, was sich auch in den Werten der Standardabweichung des Mittelwertes in Visusstufen widerspiegelt.

Die Angabe unserer Ergebnisse als Visus Referenzwerte für die einzelnen Altersgruppen zwecks Abgrenzung zu pathologischen Werten können dann als Leitwerte betrachtet werden, wenn die interindividuelle Streuung vergleichbar mit der Streuung älterer Kinder ist, man muß jedoch berücksichtigen, dass die interindividuelle Streuung etwas größer ausfällt, je jünger die Kinder sind. Die Standardabweichung des Mittelwertes kann als Maß der Streuung gesehen werden. Die Standardabweichung in Visusstufen betrug in unserer Studie für Dreijährige 1,24, für Vierjährige 1,06. Anderssohn [2] ermittelte Werte für Fünfjährige von 1,03 und für Sechsjährige von 0,86. Die Abnahme dieser Werte mit zunehmendem Alter bedeutet, dass die Streuung der Werte innerhalb der einzelnen Altersgruppen abnimmt, je älter die Kinder werden. Die Werte innerhalb der Gruppen werden homogener. Die Differenz der Standardabweichung zwischen den verschiedenen Altersgruppen ist zwischen den Vier- und Fünfjährigen am geringsten.

Der Anteil an Kindern aus sozial besser gestellten Familien oder Familien, die in sozialen Brennpunkten leben, hielt sich die Waage, da die Untersuchungen sowohl in sozial schwächer gestellten, gemischten als auch wohlhabenderen Gegenden stattfanden. Die Untersuchung wurde sowohl in Vororten von Hamburg als auch in städtischen Gebieten durchgeführt, die untersuchten Kinder waren deutscher und ausländischer Herkunft. Der Anteil dieser beiden Parameter wurde von uns nicht bestimmt, laut Käsmann-Kellner und Mitarbeitern [39] bestehen keine Unterschiede in der Prävalenz pathologischer Befunde oder der augenärztlichen Versorgung sowohl in Vororten und städtischen Gebieten also auch zwischen Kindern verschiedener Nationalitäten.

Um das Hauptziel der Studie, den Visuswert von drei- und vierjährigen augengesunden Kindern und die Entwicklung der Sehschärfe während des Vorschulalters herausarbeiten zu können, muss die Vergleichbarkeit unserer Daten mit denen anderer Studien gewährleistet sein, weshalb wir uns bei der Durchführung der Sehschärfeuntersuchung an die europäischen und deutschen Normen [9, 11] hielten. Studienaufbau und Methodik glichen den Kriterien von der in Kapitel 3 zum Vergleich herangezogenen Studie von Anderssohn [2].

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit weiteren Visusstudien, die sich mit drei- und vierjährigen Kindern befasst, ist kritisch zu bewerten, da häufig nicht der Landoltring sondern andere Testverfahren angewandt werden, wie z.B. geometrische Zeichen bei Prüfungen anhand von O-Test, Kolt-Test (= H-Test) und E-Haken, oder aber Buchstabentests (z.B. Sheridan-Gardiner-Test) und Bilder-Tests (z.B. Räder-Test) oder VECP (Visuell evozierte kortikale Potenziale). In einer Untersuchung von Mildnerberger [46], die einen Vergleich zwischen Sheridan-Gardiner- und Räder-Test aufstellte, fielen beispielsweise die Visuswerte des ersteren Tests in vielen Fällen höher aus. Andere Tests, z.B. mit Kinderbildern sind nicht physikalisch definiert, hiermit wird eher das Sprachverständnis als der Visus bewertet [33]. Hinzu kommt, dass diese Tests das Vorhandensein von Konturinteraktionen nicht berücksichtigen. Die Abstände zwischen den einzelnen Sehzeichen sind bei Pflügerschen Haken und Kinderbildern nicht definiert und variieren.

Sehschärfeuntersuchungen bei jüngeren Kindern (Säuglinge), die mit VECP durchgeführt werden, liefern sehr viel höhere Visuswerte, dies liegt an der Tatsache, dass die Nervenleitung und die Kanäle zum Gehirn funktionsfähig sind, die Fähigkeit zur Auswertung, die noch nicht voll entwickelt ist, jedoch bei diesem Testverfahren nicht berücksichtigt wird. Somit sind Ergebnisse, die mit VECP gewonnen wurden, nicht vergleichbar mit den von uns ermittelten Sehschärfewerten.

Die Ergebnisse von Screeninguntersuchungen sind auch oft nicht vergleichbar, da die definierten Ziele der Untersuchungen nicht miteinander übereinstimmen [1]. Laut Fern und Manny [18] weichen Angaben zu Visuswerten in der Literatur stark voneinander ab, da viele Faktoren wie die Test-Situation, mehr jedoch die Methodik der Studien, die Ergebnisse der Sehschärfeprüfung von Vorschulkindern beeinflussen. Hier sticht vor allem die Tatsache heraus, dass viele Untersuchungsergebnisse von unkorrigierten Refraktionsanomalien verschlechtert würden [15], zumal bei einigen Studien sogar vorhandene Sehhilfen nicht verwandt wurden [5]. Auch wir

haben nicht die optimale Refraktion bestimmt, jedoch wurden vorhandene Brillen zum Test auch verwandt.

In unserer Untersuchung ergaben sich Schwierigkeiten beim Vergleich der verschiedenen Altersgruppen durch die geringe Fallzahl in der Gruppe der Dreijährigen, die sich aus nur 17 Kindern zusammensetzt. Dies ergab sich einerseits aus dem Mangel an Kindern dieser Altersgruppe in den von uns aufgesuchten Kindergärten, andererseits hatten wir nicht vor, eine größere Gruppe von Dreijährigen zu untersuchen, da uns aus der Klinik bekannt war, dass Kinder dieser Altersgruppe häufig für diese Aufgabe nicht besonders kooperationsfähig waren.

Es ist berechtigt zu behaupten, dass die geringe Anzahl an Kindern einen Vergleich mit den Gruppen der vier-, fünf- und sechsjährigen Kinder nicht zuließe. Dennoch haben wir die Daten dieser Gruppe ausgewertet und auch Vergleiche zu den älteren Kindern angestellt. Damit wollten wir zumindest eine wahrscheinliche Tendenz zu besseren Sehschärfewerten in diesem jungen Alter veranschaulichen. Bei der Betrachtung der Mittelwerte sollte jedoch die Tatsache, dass es sich um eine geringe Anzahl an Kindern handelt, bedacht werden.

4.2 Mitarbeit und psychologische Aspekte bei Sehtests von Kleinkindern

Bei der Visusprüfung von drei- und vierjährigen Kindern stellt sich die Frage, ob es schon möglich ist, eine korrekte Visusbestimmung durchzuführen. Da die Untersuchung abhängig von der Mitarbeit des Kindes ist, ist es möglich, dass schlechtere Ergebnisse gemessen werden, als tatsächlich erzielt werden könnten. Daher ist es besonders wichtig, die Mitarbeit des Kindes positiv zu beeinflussen und somit verwertbare und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

Dies geschieht zum einen durch gute Vorbereitung der Kinder, d.h. Heranführen an den Test und den Testablauf und erneute Erklärung und Vormachen unmittelbar vor der Testdurchführung. Damit wird sichergestellt, dass die Kinder den Test, wie in unserem Fall die Landoltringe, verstanden haben und wissen, wie sie antworten sollen. In unserer Untersuchung haben wir zuerst gemeinsam mit den Kindergärtnerinnen im Stuhlkreis das Thema näher gebracht und erläutert, dann zum Zeitpunkt der Untersuchung noch einmal im Einzelgespräch konkret erklärt, was das Kind tun soll. Zum anderen haben wir versucht, durch dauerndes Loben und Motivieren eine positive Atmosphäre zu schaffen. Hierdurch werden Faktoren wie nachlassende Konzentration, Scheu und Schüchternheit, die das Testergebnis ebenso verfälschen, minimiert.

Die Durchführung der Visusprüfung wird auch durch die Fähigkeit zur Kommunikation, der verbalen Entwicklung und den Reifegrad des Kindes beeinflusst. Das haben wir in unserer

Untersuchung erfahren, da ein Unterschied zwischen den drei- und vierjährigen Kindern deutlich zu spüren war. Die jüngeren Kinder haben mehr Zeit und Zuspruch in Anspruch genommen, ebenso haben mehr dreijährige Kinder aus Gründen der Compliance die gesamte Untersuchung nicht bis zum Ende durchgehalten. Es besteht in diesem Zusammenhang die Gefahr, dass die Ergebnisse die Anzahl der Individuen widerspiegeln, die aufgrund ihres Reifegrades in der Lage sind, mit der Testsituation umzugehen, anstatt den Visuswert der Gesamtheit zu messen [56].

Die Visusprüfung von drei- und vierjährigen Kindergartenkindern ist aber durchaus möglich [13] und erzielt bei sorgfältiger Durchführung auch sichere Ergebnisse [49]. Sie ist schwierig und zeitaufwändig, jedoch verbessert sich die Mitarbeit ab dem dritten Lebensjahr zumeist, so dass die Mehrheit der Kinder ohne mentale Beeinträchtigungen getestet werden kann [45]. Kinder ab dem vierten Lebensjahr sprechen auf die meisten erhältlichen Visustests an, die Prüffähigkeit von Zwei- bis Dreijährigen hängt vom benutzten Test ab, wobei die Beteiligungsrate für Tests mit Kinderbildern weit höher liegt als bei den Tests, die eine Richtungsanzeige erfordern [18].

Andere Studien empfehlen Visusprüfungen so früh wie möglich durchzuführen, besagen aber, dass man ab dem Alter von vier Jahren nur verlässliche Ergebnisse erhält, wenn man unaufmerksam erscheinenden Kindern erlaubt, die Visusprüfung ein oder zwei Mal zu wiederholen [44]. Smørvik [56] empfiehlt die Anwesenheit der Mutter bei der Untersuchung, was Spielaktivität und Forschungsdrang fördert.

Die Mitarbeit bei den Visusuntersuchungen der von uns untersuchten 121 drei- und vierjährigen Kindern lag bei 88%. Lediglich 15 der Kinder haben die Tests wegen nachlassender Konzentration oder mangelnder Compliance nur unvollständig beendet. Bei den jüngeren Kindern lag die Beteiligungsrate niedriger als bei den Älteren. 24% der drei Jahre alten Kinder haben im Gegensatz zu 11% der Vierjährigen die Tests nicht vollständig absolviert.

In der von Käsmann-Kellner und Mitarbeitern [39] durchgeführten Studie lag die Mitarbeit beim C-Test (Landoltringe) bei den Drei- und Vierjährigen bei 75 %. Die Durchführbarkeit dieses Tests in diesem jungen Alter kann von uns bestätigt werden.

Von Vorteil erscheint es auch uns, die Untersuchungen im Kindergarten durchzuführen, da sie zum einen in bekannter Umgebung stattfinden [54], zum anderen nimmt das Zusammensein in der Gruppe vielen Kindern die Scheu und führt somit zu höheren Beteiligungsraten [39].

4.3 Erläuterung der Ergebnisse und Diskussion

4.3.1 EinzeLOPTOTYPEN

Der in der älteren Literatur als Normwert angegebene Visus von 1 für Erwachsene kann nicht als Absolutgrenze des bestmöglichen Visus angesehen werden, da höhere Visuswerte erreicht werden können [61]. Der Visus macht eine altersabhängige Entwicklung durch, wobei ein Visus von 1 bereits im Grundschulalter vorliegen kann, es können aber auch hier schon bei vielen Kindern weitaus höhere Werte gemessen werden, wie bei Anderssohn [2] und Heins [29] ersichtlich wird.

In unserer Untersuchung der augengesunden Dreijährigen erreichten 5,9 % monokular und 29,5 % binokular bereits einen Visus von 1 oder besser. Das geometrische Mittel der monokularen Sehschärfe in diesem Alter liegt bei 0,67, das geometrische Mittel der binokularen Sehschärfe bei 0,81.

In der Gruppe der augengesunden Vierjährigen wiesen 48,5 % monokular und 71,9 % binokular einen Visus von 1 oder besser auf. Im Gegensatz zu den Dreijährigen hatte eine Mehrzahl an Kindern der Gruppe der Vierjährigen einen Visus von 1. Das geometrische Mittel lag für den monokularen Visus bei 0,87 und beim binokularen Visus bei 1,03.

Diese Zahlen zeigen, dass der Visus zwischen dem Alter von drei und vier Jahren eine Entwicklung zu besseren Sehschärfewerten durchläuft. Vergleiche mit Werten anderer Studien, die sich mit Visuswerten von Kindern dieser Altersgruppen beschäftigten, sind aus den im einleitenden Abschnitt dieses Kapitels bereits erwähnten Gründen schwierig. Dennoch wollen wir den Versuch wagen und einige andere Beispiele für ermittelte Visuswerte angeben, um einen Einblick und Überblick anderer Studien zu gewähren. Die binokularen Visuswerte in der Altersklasse der Drei- und Vierjährigen wurden in der Literatur von 0,4-1,5 angegeben [3, 45, 49]. 92,6% der Untersuchten zwei- bis sechsjährigen Kinder in einer Untersuchung von Smørvik [56] erreichten einen Visus von 1, wobei in dieser Studie nicht bis zum besten Visuswert geprüft wurde. In einer Studie von Opper [49] beträgt der binokulare Visus, gemessen anhand von Kinderbildern und Pflügerschen Haken, am Ende des zweiten Lebensjahres 0,4, danach vollzieht sich ein Anstieg zum vierten und fünften Lebensjahr zu besseren Sehschärfewerten, die laut den Autoren als normal und dem Wert von Erwachsenen vergleichbar galten [49].

Eine weitere Studie [3] untersuchte Kinder anhand von Buchstabentests, wobei nur die Buchstaben C oder O Anwendung fanden. Diese binokulare isolierte Optotypenprüfung ergab Visuswerte von 1,5 für Kinder im durchschnittlichen Alter von drei Jahren und drei Monaten [3].

Diese Werte erscheinen uns zu hoch und führen zu dem Schluss, dass die Methodik dieser Studie die Ergebnisse verzerrt.

Lithander [45] untersuchte augengesunde Zwei-, Drei- und Vierjährige mit dem Kolt-Test, der an den Landoltring angeschlossen ist und dessen Ergebnisse somit als Vergleichbar gelten können. Die Altersgruppen wurden jedoch anders als in unserer Studie zusammengesetzt. Die uns interessierende Gruppe II mit 30-35 Monate (zweieinhalb-drei Jahre) alten Kindern zeigte einen durchschnittlichen Visus von 0,55, Gruppe III mit 36-41 Monate (drei-dreieinhalb Jahre) alten Kindern Visuswerte von im Durchschnitt 0,67 und in Gruppe IV wiesen die 42-48 Monate (dreieinhalb-vier Jahre) alten Kinder einen durchschnittlichen Visus von 0,77 auf. Die Abweichung von Lithanders [45] Werten von unseren gemessenen Sehschärfen, die etwa zwei Visusstufen entspricht, könnte auf die verschiedenen Methoden wie z.B. die Verwendung eines anderen Tests, des Kolt-Tests, und die Zusammensetzung der Altersgruppen, zurückgeführt werden. Unsere Gruppe der Dreijährigen bestand aus Kindern im Alter von zwei Jahren und sieben Monaten bis drei Jahren und sechs Monaten (zweieinhalb-dreieinhalb Jahren), der Gruppe der Vierjährigen wurden die Kinder von drei Jahren und sieben Monaten bis vier Jahren und sechs Monaten (dreieinhalb-viereinhalb Jahren) zugeordnet.

Es muss hierbei darauf hingewiesen werden, dass Sehzeichen, die an den Landoltring angeschlossen werden, meist eher zu gute Ergebnisse liefern. Eine Differenz einer halben bis einer vollen Visusstufe zwischen der Sehschärfe, gemessen anhand des Landolt-Ringes und des angeschlossenen Sehzeichens, hier den Sehzeichen des Kolt-Tests, ist zulässig. Dadurch ist es möglich, dass einzelne Sehzeichen stark vom Mittelwert abweichen, das leichter zu erkennende Sehzeichen legt den Visuswert fest und ist im Vergleich zum Landoltring dann zu hoch [26].

Die Darlegung dieser Tatsache verschärft die bestehende Differenz von etwa zwei Visusstufen zwischen Lithanders [45] und unseren Werten und spiegelt den Einfluss wieder, den Methodik und Zielsetzung verschiedener Studien auf die Ergebnisse haben. Es bestehen Abweichungen zwischen den verschiedenen Studienergebnissen, die ermittelten Visuswerte streuen von 0,4-1,5, wobei die von uns gemessenen binokularen Werte der EinzeLOPTOTYPENPRÜFUNG im Mittelfeld dieser Werte liegen, nämlich bei 0,81 für Dreijährige und 1,03 für Vierjährige. Der Vorteil des von uns benutzten Landoltring-Tests (C-Test) liegt besonders in der vom Stimulus her guten Vergleichbarkeit der erzielten Visuswerte mit denen von älteren Kindern und Erwachsenen.

4.3.2 Reihenoptypen und Trennschwierigkeiten

Trennschwierigkeiten treten nicht nur bei Vorliegen einer Amblyopie auf, sondern auch bei normalsichtigen Kindern, d.h., dass durch den geringeren Abstand der Optotypen zueinander und somit dem Vorhandensein umliegender Konturen ein niedrigerer Visus erzielt wird. Bei Vorliegen einer Amblyopie schneidet bei monokularer Prüfung ein Auge schlechter ab.

Der gemessene Visuswert fällt also auch bei Augengesunden zugunsten isolierter Sehzeichen höher aus [18, 58]. Bei Erwachsenen liegt der Unterschied bei einer Visusstufe [23], bei Vorschulkindern besteht eine größere Differenz [25], was darauf hindeutet, dass eine mangelnde Reizverarbeitung des noch unausgereiften visuellen Systems bei Kindern vorliegt [4].

Dies wird in der Literatur als Crowding Phänomen oder Konturinteraktion bezeichnet und steht in Beziehung zur Größe des Rezeptorfeldes des Netzhautortes der Abbildung. Konturinteraktionen bestanden auch in unserer Untersuchung, wir stellten einen signifikanten Unterschied bei der Sehschärfepfung zwischen Einzel- und Reihenoptypen fest. Die Visuswerte der Einzeloptypenprüfungen monokular als auch binokular fielen signifikant besser aus als die Ergebnisse der Reihenoptypenprüfungen. Das geometrische Mittel bei binokularer Prüfung mit Reihenoptypen der Dreijährigen lag bei 0,49, bei den Vierjährigen bei 0,53.

Dreijährige	Einzeloptotypen	Reihenoptypen	Vierjährige	Einzeloptotypen	Reihenoptypen
monokular	0,67	0,40	monokular	0,87	0,46
binokular	0,81	0,49	binokular	1,03	0,53

Tab. 5: Geometrische Mittelwerte der Drei- und Vierjährigen monokularen und binokularen Visusprüfung für Einzel- und Reihenoptypen

Fern und Mitarbeiter [19] verwandten einen Test, der Landolt-Ringe und O-Kreise, die von Balken umgeben sind, vergleicht. In dieser Studie, die zweieinhalb bis fünfjährige Kinder auf Trennschwierigkeiten hin untersuchte, wurde ebenfalls das Vorhandensein von Konturinteraktionen nachgewiesen.

Atkinson [3] untersuchte Trennschwierigkeiten bei Kindern im durchschnittlichen Alter von drei Jahren und drei Monaten anhand eines Vergleichs zwischen O-Kreisen und Buchstaben, die kreisförmig von weiteren Buchstaben umgeben waren. Diese Studie belegt das Vorhandensein von Konturinteraktionen in dieser Altersgruppe, es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den einzeln stehenden und den nicht isoliert abgebildeten Buchstaben, der binokulare Visuswert hierfür betrug im Durchschnitt 0,75.

Die von uns gemessenen Werte zeigen eine durchschnittliche Differenz zwischen Einzel- und Reihenoptotypen binokular von 2,6 Visusstufen für die Dreijährigen und drei Visusstufen für die Vierjährigen.

Die Abweichung zwischen Atkinsons [3] Werten und den von uns ermittelten Visuswerten für Reihen- und EinzeLOPTYPEN muss am unterschiedlichen Versuchsaufbau bzw. an den verwendeten Optotypen liegen.

4.3.3 Vergleich des Visus monokular zu binokular

Die von uns ermittelten Visuswerte zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen monokularem und binokularem Visus, der zugunsten des Letzteren ausfiel. Dieser Unterschied wurde auch in anderen Studien belegt [10, 14, 59]. Die Erkennbarkeit von Sehzeichen verbessert sich bei beidäugigem Sehen, der binokulare Visus ist besser als der monokulare Visus [48].

Bei den EinzeLOPTYPENUNTERSUCHUNGEN der Dreijährigen betrug das geometrische Mittel für den monokularen Visus 0,67 und für binokular 0,81. Auch bei den vierjährigen Kindern ist ein deutlicher Unterschied erkennbar. Monokular betrug das geometrische Mittel 0,87, binokular 1,03. Das entspricht für die EinzeLOPTYPEN einem durchschnittlichen Visusunterschied von 0,8 Visusstufen für Dreijährige sowie 1,2 Visusstufen für Vierjährige zwischen rechtem Auge und beidäugigem Sehen.

Rubin [53] sagt, dass durch Summation der Unterschied zwischen monokularem und binokularem Visus mit zunehmendem Alter zugunsten des binokularen Visus zunimmt, weiterhin, dass der binokulare Visus durch den monokularen Visus des besseren Auges zuverlässig voraussagbar ist.

4.3.4 Vergleiche der Drei-, Vier-, Fünf- und Sechsjährigen

In den Studien von Heins [29], Staiger [57], Eggert [14], Chang [10] und Frisé & Frisé [22] wurde nachgewiesen, dass der Visus eine altersabhängige Entwicklung durchläuft.

Auch in der von uns untersuchten Altersgruppe ist eine Entwicklung nachzuvollziehen. Die vierjährigen Kinder erzielten signifikant bessere Sehschärfeergebnisse für EinzeLOPTOTYPEN als die Dreijährigen, diese Entwicklung wird von Neu und Sireteanu [47] bestätigt.

Im Vergleich unserer Altersgruppe mit den von Anderssohn [2] untersuchten fünf- und sechsjährigen Kindergartenkindern, die unter denselben Bedingungen und derselben Methodik untersucht wurden, ergab sich ebenfalls ein signifikant besseres Ergebnis zugunsten der älteren Kinder, sowohl für die Prüfung mit EinzeLOPTOTYPEN als auch mit ReihenOPTOTYPEN.

4.4 Prävalenz von Visusminderungen, Strabismus, Amblyopie und Ametropien

In unserer Untersuchung waren von allen auffälligen Kindern die in die Ausschlussgruppe zugeordnet wurden 50% bereits in augenärztlicher Behandlung, d.h. eine Erkrankung des Sehapparates war bekannt. Weitere 50% wurden von uns neu entdeckt und eine Untersuchung beim Augenarzt wurde empfohlen.

4.4.1 Visusminderungen

Käsmann-Kellner [39] befand einen monokularen Visus von $\leq 0,6$ bei vier- bis sechsjährigen Kindern und von $< 0,6$ bei Dreijährigen als auffällig. Verminderte Visuswerte fand sie in ihrer Untersuchung mit Landoltringen bei 19,9 % der untersuchten Drei- bis Sechsjährigen. Über 50 % dieser Kinder wiesen einen Visus von 0,6 auf, in der Gruppe der Dreijährigen wies ebenfalls eine hohe Anzahl einen Visus von 0,5 auf. Ältere Untersuchungen geben eine Prävalenz von 10-11,8 % für einen herabgesetzten Visus von drei bis sieben Jahre alten Kindern an [20, 54].

In unserer Untersuchung galt der Visus als vermindert, wenn der Wert 0,4 bei Dreijährigen und 0,8 bei Vierjährigen für EinzeLLANDOLTRINGE monokular unterschritten wurde. Dies war die Grenze, ab der der Visus als auffällig betrachtet wurde. Bestand zusätzlich eine Differenz von mehr als einer Visusstufe zwischen rechtem und linkem Auge, wurde das Kind nochmals in einer Nachuntersuchung geprüft um herauszufinden, ob ein Ausschlusskriterium bestand.

Von allen untersuchten Kindern wiesen eins von insgesamt 17 Dreijährigen (5,9 %) und 24 von 104 Vierjährigen (23 %) einen herabgesetzten Visus monokular bei der EinzeLOPTOTYPENPRÜFUNG auf.

Die Grenze für einen als auffällig oder vermindert geltenden Visus wurde in der Literatur unterschiedlich gewählt, so dass unser Wert von 5,9 % für Dreijährige zu gering erscheinen mag. Schütte [54] beispielsweise wählte als Grenzwert einen Visus von 0,6 und nicht 0,4 wie in unserer Untersuchung, was die Abweichung erklären mag. Unsere Werte für die vierjährigen Kinder stimmen mit den in der Literatur vorgefundenen Angaben größtenteils überein, vor allem mit den Werten der Studie von Käsmann-Kellner [39].

4.4.2 Strabismus und Amblyopie

In unserer Untersuchung lag die Strabismushäufigkeit bei 1,7 %, das entspricht zwei aus 121 untersuchten Kindern. Bei einem dieser Kinder lag der Strabismus isoliert in Form einer Exotropie vor, bei einem weiteren Kind in Kombination mit einer Amblyopie. Diese Prävalenz ist im Vergleich zu anderen Studien sehr gering. Hier werden Werte für das Vorkommen von Strabismus für das Alter von zwei bis sieben Jahren von 3,7-7 % angegeben [39, 35, 44, 54, 55].

Von insgesamt 121 von uns untersuchten drei- und vierjährigen Kindergartenkindern wies nur ein Kind eine Amblyopie aufgrund eines Vertikalstrabismus auf, das entspricht 0,8 %. Betrachtet man nur die 104 untersuchten Vierjährigen, so entspricht dies einer Prävalenz von 1 %.

Die Amblyopieprävalenz lag laut Lennerstrand [44] bei anderen Studien von 1,5-6jährigen Kindern bei 2-2,5 %. Franceschetti [20] fand in den 60er Jahren bei 11,8 % Vier- bis Sechsjähriger einen herabgesetzten Visus von 0,7-0,1, was vom Autor als Amblyopie eingestuft wurde. Von Noorden [48] gibt eine Amblyopieprävalenz von Vorschul- und Schulkindern von 1,3-3 % an.

Unsere Werte weichen von dem in der Literatur angegebenen Amblyopievorkommen von 1,3-11,8 % ab. Dies könnte damit begründet werden, dass vermehrt Eltern mit Kindern bei denen eine Erkrankung der Augen bekannt ist, ihren Kindern die Untersuchungen ersparen wollten und somit die Einverständniserklärung nicht erteilten. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass Amblyopien in jungem Alter unentdeckt bleiben. Mit zunehmendem Alter nimmt die Testsicherheit bei der Visusprüfung zu, wodurch mehr Amblyopien und Strabismen auffällig werden. In unserer Untersuchung wurden nur drei- und vierjährige Kinder untersucht, in den zum Vergleich herangezogenen Studien bezogen sich die Angaben zur Prävalenz immer auch auf ältere Kinder.

Die Manifestation sowohl von Strabismus als auch von Amblyopien erst jenseits des vierten Geburtstages ist selten. Bei unserer Untersuchung ist mit Sicherheit kein Kind mit einer Amblyopie übersehen worden. Eine Sehschärfe, welche mehr als eine Visusstufe unter dem Medianwert liegt, darf nicht mit einer Amblyopie gleichgesetzt werden. Selbst bei Erwachsenen oder älteren Kindern streut die Sehschärfe einer augengesunden Population über mehrere Werte ohne einen erkennbaren Grund dafür. Bei Kindern im Vorschulalter, die keine Risikowerte wie Strabismus oder Refraktionsanomalien für die Ausbildung von Amblyopien aufweisen, sind Visuswerte von zwei oder drei Stufen unter dem Median nicht ungewöhnlich, wie die Abbildungen 3.7 und 3.8 z.B. für Einzellandoltringe zeigen. Diese Kinder hatten eine normale, altersgemäße Stereoschwelle (für Vierjährige Titmus-Ringe von eins bis sechs und mehr; für Dreijährige sogar von eins bis fünf und mehr, was ausreichend ist). Sie schielten nicht und hatten keine nennenswerten Refraktionsanomalien. Wir müssen davon ausgehen, dass "the grain of the brain" interindividuell unterschiedlich ist und bei Kindern gleichen Kalender- Alters das Entwicklungsalter verschieden sein kann. Genau dies spiegeln die Sehschärfe-Diagramme nicht nur bei den Vierjährigen, sondern auch bei allen bisher mit gleicher Methodik untersuchten Altersgruppen wider (Anderssohn [2], Chang [10], Donner [12], Eggert [14], Heins [29]).

4.4.3 Refraktionsanomalien

In der Literatur wird eine Prävalenz von Refraktionsanomalien von 7-25 % angegeben [33, 54, 39, 8].

In unserer Untersuchung trugen oder benötigten 11,6 % der Kinder eine Brille, das entspricht 14 von 121 untersuchten Kindern. Hiervon hatten sieben Kinder (5,8 %) zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits eine Brille, bei weiteren sieben Kindern (5,8 %) stellten wir eine korrekturbedürftige Refraktion fest. Acht dieser 14 Kinder (6,6 %) befanden sich in der Gruppe der Augengesunden, nur sechs Kinder (5 %) in der Ausschlussgruppe.

Es sei angemerkt, dass nicht jedes Kind auf eine Fehlsichtigkeit untersucht wurde, sondern nur diejenigen Kinder die in unserer ersten Untersuchung auffällig waren. Diese Kinder wurden bei der Nachuntersuchung auch auf Refraktionsanomalien geprüft. Vielleicht wären mehr Fehlsichtigkeiten festgestellt worden, hätten wir jedes Kind zu Beginn der Untersuchung auf Brechungsfehler geprüft. Dies wäre eine Erklärung dafür, warum unsere Werte unter denen von Käsmann-Kellner [39] liegen, die eine Prävalenz von 25 % für Ametropien angab.

Schütte [54] gab eine Ametropiehäufigkeit von 7 % aller untersuchten Kinder bei Beginn der Untersuchung an. Hier hätte die Prävalenz ebenso wie bei unserer Studie weit höher ausfallen können, wäre die Refraktion zu Beginn der Untersuchung bestimmt worden.

Wenn die Häufigkeit relevanter Ametropien nennenswert höher liegen würde als von uns ermittelt, wäre dementsprechend ein höherer Anteil an Kindern mit reduzierter Sehschärfe in unserer Untersuchung aufgefallen. Wir sind jedoch überzeugt, alle Kinder mit nicht altersgemäßer Sehschärfe entdeckt zu haben, was dafür spricht, dass auch alle Kinder mit Ametropien von uns aufgedeckt wurden. Hohe Ametropien oder gar Anisometropien führen ab einer Hyperopie z.B. von vier bis fünf Dioptrien in etwa 75 % der Fälle zu einer Amblyopie und zu höheren Schwellenwerten bei der Prüfung des räumlichen Sehens.

Weiterhin fällt bei unseren Werten auf, dass etwa gleich viele Kinder bereits eine Brille trugen und eine Sehhilfe benötigten. Dies lässt darauf schließen, dass nicht augenfachärztliche Vorsorgeuntersuchungen bei der Aufdeckung von Ametropien keine ausreichende Diagnosesicherheit gewähren. Laut Hohmann [33] sind die Sehprüfungen im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen U8 und U9 in Deutschland nicht wirkungsvoll, da zu viele falsch-positive und falsch-negative Befunde auftreten würden.

4.5 Stereotests

Die Prüfung des Binokularsehens kann zur Aufdeckung von Amblyopien dienen, da eine normale Binokularfunktion diese Anomalie ausschließt [48]. Diese Ansicht muss heute relativiert werden. Es sind Patienten mit Amblyopie bekannt geworden, die über ein fast normales räumliches Sehen verfügten. Andererseits sind Stereo-Amblyopien auch bei beidseits gleichgutem Visus möglich und deuten dann unter Umständen auf Mikrostrabismus hin (persönliche Mitteilung Prof. W. Haase). Trotzdem ist es sinnvoll, im Rahmen von Augenfunktionsprüfungen die folgenden Stereotests durchzuführen, da die Mehrheit der Kinder mit gestörter Binokularfunktion in einem der Tests auffällige Ergebnisse zeigen. Stereotests erleichtern die Identifikation von Amblyopien, z.B. bei Vorliegen einer Visusminderung, für die es keine Erklärung wie Refraktionsfehler oder Schielen gibt. Es wird eine eingehende Untersuchung durch den Facharzt nötig, wenn beide Funktionen, Visus wie auch Stereopsis zu niedrige Ergebnisse liefern. Visuswerte, die unterhalb der einfachen Streubreite des Medians liegen, verbunden mit guter, altersgemäßer Stereopsis, sprechen gegen das Vorliegen einer Amblyopie.

Titmus-Fliege

119 von 121 Kindern haben den Test bestanden, das entspricht 98 %. Ein Kind hat den Test aus Unlust nicht mitgemacht, zwei Kinder haben die Fliege nicht dreidimensional erkannt. Diese letzteren beiden Kinder waren in der Ausschlussgruppe. In einer Studie von Schütte et al. haben 11 % der untersuchten Kinder im Alter von zwei bis sieben Jahren die Fliege nicht erkannt [54].

Titmus-Tiere

Ein einziges Kind der Ausschlussgruppe hat kein Tier erkannt, dieses Kind litt an einer Amblyopie.

Sieben augengesunde Kinder haben aus mangelnder Compliance nicht teilgenommen, zwei davon waren in der Gruppe der Dreijährigen und zeigten deutliche Ermüdungszeichen, weitere fünf Vierjährige zeigten Unlust an dem Test.

Sieben augengesunde Kinder haben Reihe Eins und Zwei erkannt, alle anderen Kinder (87,6 %), haben alle drei Tier-Reihen erkannt.

Titmus-Ringe

Hier zeigt sich ein großer Unterschied zwischen den drei- und vierjährigen Kindern. Die jüngeren Kinder zeigen deutlich schlechtere Ergebnisse und eine deutlich schlechtere Compliance, etwa die Hälfte der dreijährigen Kinder hat an diesem Test nicht teilgenommen. Dies könnte am unausgereiften visuellen System liegen. Wahrscheinlicher ist, dass Verständnisschwierigkeiten vorlagen. Mehr als die Hälfte der Vierjährigen, nämlich 66 % haben sieben bis neun Ringe erkannt, wohingegen nur 24 % der Dreijährigen sieben oder mehr Ringe erkannt haben.

Das stereoskopische Auflösungsvermögen von Erwachsenen liegt bei Benutzung haploskopischer Tests wie z.B. des Titmus-Tests bei etwa 11 bis 20 Bogensekunden. Laut Vaupel [60] erreichen Kinder erst ab dem sechsten Lebensjahr eine Querdisparation von 40 Bogensekunden, was der höchsten Auflösungsgrenze der Titmus- Ringe entspricht. Bei jüngeren Kindern sind niedrigere Werte also nicht zwingend ein Hinweis auf eine gestörte visuelle Entwicklung, sondern physiologisch. Aufgrund der Ergebnisse des Titmus-Tests lässt sich hier also keine absolute Aussage darüber treffen, ob das Stereosehen eingeschränkt oder nicht vorhanden ist [48].

Der Titmus-Ring-Test weist einen großen Vorteil auf, den andere Stereotests nicht erfüllen. Die Ringe bleiben von Ring eins bis neun immer gleich (Strichstärke, Größe, Form), nur der zu prüfende Parameter, die Querdisparation mindert sich von Ring eins zu neun. Somit muss nicht, wie z.B. beim Titmus-Tier oder Fliege-Test, oder auch beim Lang-Stereotest ein neues Tier erkannt werden. Hier kann eine Erkennungs- oder Benennungsschwierigkeit bei Kindern das Ergebnis verfälschen. Strukturänderungen von Testmustern fragen dann auch verschiedene Funktionen ab, was unerwünscht ist.

Lang-Stereotest

Um die Möglichkeit des Erratens bei figuralen Tests wie dem Titmus-Test zu vermeiden, wird von Von Noorden [48] die Anwendung von Random-Dot-Tests empfohlen, da monokular nicht erkannt werden kann, wo die Figuren sich auf der Karte verstecken. Somit ist Binokularsehen die Voraussetzung, um den Test zu bestehen. Auf dem Random-Dot-Prinzip basierende Tests wie der Lang-Stereotest sind laut Von Noorden [48] genaue und bewährte Methoden, um das Binokularsehen zu prüfen. Diese Tests sind prinzipiell schwieriger für den Untersuchten, bei geschickter Herstellung sind sie ohne wirkliche Fähigkeit zum räumlichen Sehen nicht zu lösen. Unserer Meinung nach kann der Lang-Stereotest wegen der Nachteile des Zylinderrasterverfahrens, nämlich der schlechten Trennung der beiden Augen (Haploskopie), die

eine unscharfe Abbildung ermöglicht, auch ohne Stereopsis durchaus gelöst werden. Bei kleinen Abweichungen von der Vorlage kann es zum Verschwinden der Stereoskopie kommen. Man kann durch Bewegen der Lang-Tafel auch mit einem amblyopen Auge die spezifischen Muster als andersartig vom Umfeld lokalisieren und somit den Test fälschlicherweise "positiv" bestehen. Drei der Kinder, die den Lang-Stereotest nicht bestanden hatten, waren aufgrund von Amblyopie, Astigmatismus und aus unbekanntem Grund (kein Augenarztbefund vorliegend) in der Ausschlussgruppe. Weitere zwei Kinder aus der augengesunden Gruppe gaben an, auf der Testkarte nichts zu erkennen, was auf nachlassende Konzentration zurückzuführen war, diese Kinder hatten den Titmus-Test bestanden.

Bagolini-Streifenglastest

Nur ein Kind hat diesen Test nicht bestanden. Da bei diesem Kind keine weiteren Auffälligkeiten festgestellt werden konnten, muss das Ergebnis auf nachlassende Compliance zurückgeführt werden. Bei Vorliegen eines Strabismus sollte dieser Test positiv ausfallen. Die gemeinsame Lokalisation beider Augen in den Raum kann sich jedoch auch bei Strabismus, insbesondere Mikrostrabismus neu anpassen und der Test fällt negativ aus. Bei Amblyopie kann es zur einseitigen Suppression kommen, es muß aber nicht immer der Fall sein, d.h. dieser Test stellt wie der Titmus-Test nur ein zusätzliches Mittel im Rahmen einer Reihe von Prüfungen der Augen dar, allein angewandt ist das Testergebnis unzuverlässig.

4.6 Bestimmung der Augenstellung

Aufdeck- und Abdecktest

Bei diesen Tests sind drei Kinder mit Heterophorien (latentes Schielen), die nicht zu den Ausschlusskriterien zählen, und zwei Kinder mit Heterotropien (manifestes Schielen) entdeckt worden. Das sind 2,5 % der untersuchten Kinder mit Heterophorien und 1,7 % mit Heterotropien. 2,5 % der Kinder haben aus Unlust an diesem Test nicht teilgenommen.

Die Kinder, die manifestes Schielen aufwiesen, sind beide in der Gruppe der augenkranken Kinder erfasst worden. Ein Kind davon wies eine Exotropie als einzigen Befund auf und wurde deswegen der Ausschlussgruppe zugeteilt, das zweite Kind wies eine Esotropie auf und hatte weitere Befunde (Amblyopie, partielle Opticusatrophie, Nystagmus). Der Aufdeck- und Abdecktest hat eine hohe Sensitivität bezüglich der Entdeckung von latentem und manifestem Schielen.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie untersuchten wir die Sehschärfe und das stereoskopische Sehen von drei- und vierjährigen Kindergartenkindern. Die Höhe des bestmöglichen physiologischen Visus und der Verlauf der Visusentwicklung in diesem Alter sind Hauptziel der Untersuchung gewesen. Außerdem wurde der Unterschied zwischen einäugigem und beidäugigem Visus herausgearbeitet, Unterschiede im Bezug auf Visusuntersuchungen mit einzelnen und in Reihe stehenden Optotypen untersucht und das Vorkommen von Strabismus und Visusminderungen erfasst.

Wir führten Visusuntersuchungen mit Landoltringtafeln (Einzellandoltringe, Reihenlandoltringe) nach den Kriterien der internationalen und nationalen Normen für die Sehschärfebestimmung (EN ISO 8596 und DIN 58220) [9,11], Untersuchungen der Binokularfunktion anhand des Titmus-Tests, Lang-Stereotests und des Bagolini-Streifenglastests sowie Untersuchungen der Augenstellung mittels des Aufdeck- und Abdecktests an 121 Kindern in Hamburger und Schleswig Holsteinischen Kindergärten durch.

Die Kinder wurden nach definierten Kriterien in zwei Gruppen getrennt. 113 augengesunde Kinder wurden der ersten Gruppe zugeordnet, acht Kinder mit einer Ametropie über 5 D sphärisch und/oder 2 D zylindrisch, Amblyopie, Strabismus sowie geistiger Behinderungen wurden der Ausschlussgruppe zugeordnet. Die Daten dieser Kinder flossen nicht in die Studie ein und wurden separat bearbeitet.

Die Ergebnisse wurden getrennt nach dem Alter der untersuchten Kinder dargestellt. Wir berechneten für die augengesunde Gruppe das geometrische Mittel, die Standardabweichung in Visusstufen, das 95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts und den Median. Die Ergebnisse der einzelnen Altersgruppen wurden untereinander sowie auch mit den Ergebnissen der Untersuchungen der fünf- und sechsjährigen Kindergartenkinder von Anderssohn [2] verglichen. Das geometrische Mittel betrug bei den dreijährigen Kindern für Einzeloptotypen monokular rechts 0,67 und binokular 0,81. Bei den vierjährigen Kindern monokular rechts 0,87 und binokular 1,03. Für die Reihenoptotypen errechneten wir das geometrische Mittel für die Dreijährigen von monokular rechts 0,40 und binokular 0,49 und für die Vierjährigen monokular rechts 0,46 und binokular 0,53.

Innerhalb der Gruppen der augengesunden Drei- und Vierjährigen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen rechtem und linkem Auge bei Einzel- und Reihenoptotypenprüfung der

Visuswerte. Die binokulare Visusprüfung der Einzeloptotypen sowie der Reihenoptotypen wies bei beiden Jahrgängen signifikant bessere Visuswerte auf als die monokulare Untersuchung.

Der durchschnittliche Unterschied zwischen monokularem und binokularem Visus der Einzeloptotypen in Visusstufen beträgt bei den Dreijährigen 0,8 und bei den Vierjährigen 1,2 Visusstufen.

Die Ergebnisse der Visusuntersuchungen mit Einzeloptotypen sind signifikant besser ausgefallen als diejenigen mit Reihenoptotypen, es bestehen Trennschwierigkeiten in beiden Altersgruppen. Dieser Unterschied liegt im Durchschnitt bei den Dreijährigen bei 2,6 Visusstufen, bei den Vierjährigen bei drei Visusstufen.

In unserer Untersuchung wurde bestätigt, dass die Sehschärfe altersabhängig ist. Vergleicht man die Ergebnisse der Drei- mit den Vierjährigen, so zeigt sich, dass die Vierjährigen signifikant bessere Ergebnisse monokular wie auch binokular erreichten. Dies trifft auch für den Vergleich der Ergebnisse der Drei- sowie der Vierjährigen mit den Fünf- und Sechsjährigen zu, die signifikant bessere Ergebnisse für monokulare und binokulare Visuswerte erreichten.

Von den insgesamt untersuchten 121 Kindern wiesen zwei Kinder einen Strabismus auf (1,7 %). Lediglich bei einem Kind lag eine Amblyopie in Kombination mit einem Strabismus vor (0,8 %). Von den 121 untersuchten Kindern benötigten 14 Kinder eine Sehhilfe, das entspricht 11,6 %. Je 5,8 %, also sieben Kinder trugen zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits eine Brille, bei weiteren sieben Kindern entdeckten wir eine korrekturbedürftige Refraktionsanomalie.

6. Statistische Methoden

6.1 Das geometrische Mittel

Es wird angewandt, um relative Änderungen zu beschreiben, z.B. bei Wachstumsraten. Es ist sinnvoll, in unserer Untersuchung das geometrische Mittel zu verwenden. Da die Skala der Visuswerte logarithmisch abgestuft ist, würde die Bildung des arithmetischen Mittels zu einem zu hohen mittleren Visus führen. Der arithmetische Mittelwert könnte benutzt werden, sofern man die Visuswerte in Visusstufen angäbe, was einer linearen Abstufung entspricht [25, 36].

Das folgende Beispiel soll dies verdeutlichen: Bildet man von einem Visus von 1,0 und 0,1 den arithmetischen Mittelwert, beträgt dieser 0,55. Dieser Wert liegt auf der logarithmischen Visusskala drei Stufen von 1,0 und sieben Stufen von 0,1 entfernt, also liegt das arithmetische Mittel nicht genau in der Mitte dieser beiden Visuswerte. Das geometrische Mittel von einem Visus von 1 beträgt jedoch nur 0,32, was fünf Stufen von 1,0 und fünf Stufen von 0,1 entfernt liegt. Hierzu müssen die Visuswerte logarithmiert, arithmetisch gemittelt und wieder delogarithmiert werden.

Das geometrische Mittel wird nach folgender Formel berechnet: $\bar{x}_G = \sqrt[n]{x_1 \cdot \dots \cdot x_n}$

6.2 Der Median

Der Median \tilde{x} teilt die Stichprobenwerte in zwei Hälften und liegt somit genau in der Mitte. Die Stichprobenwerte müssen der Größe nach in einer so genannten Rangliste sortiert werden, der Median ist der Wert, der in der Mitte liegt. Der Vorteil des Medians gegenüber dem Mittelwert liegt darin, dass er robust gegenüber Ausreißern ist. Weichen Median und Mittelwert voneinander ab, ist die Verteilung schief, stimmen sie in etwa überein, so ist die Verteilung symmetrisch. Vergleicht man also beide Werte, so erhält man Hinweise auf die Form der zugrunde liegenden Verteilung [63].

6.3 Die Standardabweichung in Visusstufen

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Abweichung von Einzelwerten einer Messreihe von ihrem arithmetischen Mittelwert [52]. Sie wird nach folgender Formel berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Sie stellt ein Maß für die Homogenität bzw. Heterogenität einer Gruppe dar. Je größer Ihr Wert ist, desto heterogener ist die Stichprobe. Die Maßzahl ist positiv, nur wenn im Extremfall alle Werte identisch sind beträgt sie 0.

Wir verwendeten für die Datenbearbeitung die **Visusstufen**, von welchen wir das arithmetische Mittel bildeten und daraus die Standardabweichung anhand der Formel errechneten, da die **Visuswerte** logarithmisch aufgetragen sind, sollte hieraus wie weiter oben erwähnt, nur das geometrische Mittel gebildet werden.

6.4 Das Konfidenzintervall

Bei Punktschätzungen erhält man keine Information darüber, wie sehr der Schätzwert vom wahren Parameter der Grundgesamtheit abweicht [63]. Deshalb konstruiert man aus den Daten das Konfidenzintervall (Vertrauensbereich), das in der näheren Umgebung des gesuchten Parameters liegen sollte. Die Irrtumswahrscheinlichkeit α wird vor der Bestimmung des Konfidenzintervalls festgelegt. Sie beträgt üblicherweise 5%, so dass zu 95% das Konfidenzintervall den gesuchten Parameter mit einbezieht.

In unserem Fall beschreibt das 95% Konfidenzintervall den Bereich um den berechneten Mittelwert, in dem sich zu 95% der wahre Mittelwert befindet, d.h. der Mittelwert, der sich ergeben hätte, wären von allen Drei- und Vierjährigen Kindern Daten erhoben worden.

6.5 Wilcoxon-Test

Der Wilcoxon-Test ist ein statistischer Test zum Vergleich zweier verbundener Stichproben, in unserem Beispiel den Visuswerten aus derselben Altersgruppe, z.B. monokularer und binokularer Visus. Der Test geht von einer Gleichverteilung aus, die Nullhypothese lautet in unserem Beispiel: monokularer und binokularer Visus sind gleich. Es werden die Differenzen der Wertepaare beider Stichproben ermittelt. Diese Differenzen werden der Größe nach sortiert und mit natürlichen Zahlen, den so genannten Rangzahlen, versehen. Danach bildet man die Summe der positiven Rangzahlen R^+ und die Summe der negativen Rangzahlen R^- . Die kleinere der beiden Summen R wird mit der Wilcoxon-Tabelle verglichen [37].

6.6 Mann-Withney-U-Test

Der Mann-Withney-U-Test ist ein statistischer Test zum Vergleich von unverbundenen Stichproben, in unserem Fall von Stichproben aus verschiedenen Altersgruppen. Die Daten beider Stichproben werden aufsteigend der Größe nach sortiert und mit Rangzahlen durchnummeriert. Man berechnet nun die Summe der Rangzahlen der Stichprobe mit dem kleineren Umfang und erhält die Prüfgröße.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit α , also die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese H_0 abgelehnt wird, obwohl sie richtig ist, grenzt den Bereich der möglichen Werte der Prüfgröße in einen Ablehnungs- und Annahmehereich ein, der der Nullhypothese H_0 entspricht. Liegt die Prüfgröße in dem Bereich der Quantilen w_{n_1} und w_{n_2} , die einer Tabelle zu entnehmen sind, wird die Nullhypothese nicht verworfen, liegt die Prüfgröße nicht in diesem Intervall, wird die Nullhypothese H_0 mit der Irrtumswahrscheinlichkeit α verworfen [37].

7. Anhang Untersuchungsbogen

Protokoll für Untersuchungen der Sehschärfe und des Binokularsehens bei Personen im Alter von 3 bis 6 Jahren

Patientennamen nur auf diesen Protokollbögen und Anamnesebögen notieren. Die Datenverarbeitung geschieht anhand der laufenden Fallnummern.

Name:..... Vorname:..... Männl.: Weibl.:

Geboren am: Untersuchungsdatum:

Brillenglasstärke/KL-Pass rechtes Auge:

linkes Auge:

1. Bagolini- Streifenglastest Ferne:

Nähe:

(+ = normal; + mit Strabismus = anomal; + mit verschoben lokalisiert = disharmonisch; Diplopie des Fixierlichtes = Diplopie; Suppression rechts, Suppression links, Suppression alternierend)

2. Titmus-Stereotest Nähe (mit vorhandener Brille= cc):

Fliege:

Tiere:

Ringe:

3. Lang-Stereotest (cc):

Bei Nichtbestehen von Test 1.-3. Empfehlung zur Nachuntersuchung beim AA oder Sehschule Barmbek.

4. Untersuchung der Sehschärfe mit Auflichttafeln in der Ferne mit Einzellandoltringen und Reihenlandoltringen (cc):

Einzellandoltringe:

bin.....

od.....

os.....

Reihenlandoltringe:

bin.....

od.....

os.....

5. Sehschärfe mit H-Test (cc):

rechts:

links:

6. Untersuchung beidäugiger Motorik:

Abdecktest und Aufdecktest, einseitig:

Abdecktest und Aufdecktest, alternierend:

7. Morphologie Vorderabschnitte und Fundus:

8. Literaturverzeichnis

1. American Academy of Ophthalmology (2004) Comparison of Preschool Vision Screening Tests as Administered by Licensed Eye Care Professionals in the Vision in Preschoolers Study. *Ophthalmology*, Volume 111, Number 4
2. Anderssohn M (2007) Monokulare und binokulare Augenfunktionsprüfungen bei fünf- und sechsjährigen Kindergartenkindern. Med. Diss. Universität Hamburg
3. Atkinson J, Pimm-Smith E, Evans C, Harding G, Braddick O, (1986) Visual Crowding In Young Children. In: Jay B, Proceedings of the Workshop on Detection and Measurement of Visual Impairment in Preverbal Children, Boston, Nijott
4. Atkinson J, Braddick O (1982) Assessment of visual acuity in infancy and early childhood. *Acta Ophthalmol* 157 (Suppl.): 18-26
5. Barry JC, König HH, (2003) The characteristics of orthoptic screening examination in 3 year old kindergarten children. *Br J Ophthalmol*. 2003 Jul; 87 (7): 909-16
6. Bode C Ph, v. Kries R, Gröning A, Straaten S, Schmidt E, (1994) Welchen Beitrag zur Auffindung von Sehstörungen leistet die Früherkennungsuntersuchung U7. *Monatsschr. Kinderheilkd*. 142: 901-904
7. Burk A, Burk R (1999) *Augenheilkunde, Checkliste*, Thieme
8. Carl H (1994), Vergleichende ophthalmologische Untersuchungen von Vorschulkindern im Hinblick auf Reihenuntersuchungen mit dem C-Test (nach Hohmann und Haase). Med. Diss. Universität Hamburg
9. CEN (Europäisches Komitee für Normung). EN ISO 8596. Berlin: Beuth-Verlag, 1996
10. Chang KM (1999) Bestimmung des physiologischen Fernvisus augengesunder Jugendlicher im Alter zwischen 15 und 19 Jahren nach EN ISO 8596. Med. Diss. Universität Hamburg
11. DIN 58220 (1988-1990). Normausschuss Feinmechanik und Optik im DIN 58220, Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth-Verlag
12. 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
13. Egan DF, Brown R (1984) Vision testing of young children in the age range of 18 months to 4 ½ years. *Child Care health Dev*. 10: 381-390
14. Eggert K, (2003) Bestimmung des physiologischen Fernvisus augengesunder Jugendlicher im Alter zwischen 12 und 14 Jahren unter Verwendung eines computergestützten Sehtestes. Med. Diss. Universität Hamburg

15. Elliott DB, Yang KC, Whitaker D, (1995) Visual Acuity Changes Throughout Adulthood in Normal, Healthy Eyes: Seeing Beyond 6/6. *Optometry and Vision science*. Vol. 72, No 3, pp.186-191
16. Empfehlungen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Qualitätssicherung bei sinnesphysiologischen Untersuchungen und Geräten (2000) *Ophthalmologie* 97, 932-964
17. Fahle M (1991) Sinnesphysiologie der "Überauflösung", Wahrnehmung jenseits des Photorezeptoren Durchmessers. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (Copythek)
18. Fern KD, Manny RE (1986) Visual Acuity of the Preschool Child: A Review. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*. Vol. 63, No.5, pp 319-345
19. Fern KD, Manny RE, Davies JR, Gibson RR (1986) Contour Interaction in the Preschool Child. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*. Vol. 63, No. 5, pp. 313-318
20. Franceschetti A, Franceschetti AT, Hudson-Shaw S (1966) Erfassung von Augenstörungen durch Reihenuntersuchungen im Vorschulalter. *Monatsblätter für Augenheilkunde* 149: 657-662
21. Friedburg D, Klöppel KP (1996) Frühzeitige Korrektur von Hyperopie und Astigmatismus bei Kindern führt zu besserer Entwicklung der Sehschärfe. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 209: 21-24
22. Frisén L, Frisén M (1981) How good is Normal Visual Acuity? *Albrecht Graefes. Arch. Clin. Ophthalmol.* 215: 149-157
23. Haase W, Hohmann A (1982) Ein neuer Test (C-Test) zur quantitativen Prüfung der Trennschwierigkeiten („crowding“)- Ergebnisse bei Amblyopie und Ametropie. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 180; 210-215
24. Haase W, Mühlig HP (1979) Schielhäufigkeit bei Hamburger Schulanfängern. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 174-232
25. Haase W, Rassow B (1995) Sehschärfe. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Enke, Stuttgart
26. Haase W, Rassow B (1995) Sehschärfe. In: Straub W, Kroll P, Küchle HJ (Hrsg.) *Augenärztliche Untersuchungsmethoden*. Enke, Stuttgart, Kapitel 10, S.342-373
27. Hartmann E (1987) Sehschärfebestimmung. *Ophthalmologische Optik. Klin. Mbl. Augenheilk.* 191; 62-68 F. Enke Verlag Stuttgart
28. Hautzinger S, Haase W (1997) Fernvisusbestimmung nach DIN 58220 (Kriterium 6/10): Computersehtest mit hochauflösendem Monitor im Vergleich mit Sehtafeln. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 211: 380-386
29. Heins J (2007) Bestimmung der physiologisch möglichen Sehschärfe bei augengesunden Kindern im Alter von sechs bis sieben Jahren. *Med. Diss. Universität Hamburg*

30. Helmholtz von. H, Nagel W (1911) Kleinste wahrnehmbare Bilder. Handbuch der physiologischen Optik. In: Gesammelte Schriften. J. Brüning (Hrsg.). Band III.2 Handbuch der physiologischen Optik, Zweiter Band 2003: 30-35
31. Hof-Van Duin van. J (1989) The Development and Study of Visual Acuity. *Developmental Medicine and Child Neurology.* 31: 543-552
32. Hohmann A, Haase W (1982) Development of Visual Line Acuity in Humans. *Ophthalmic Res.* 14: 107-112
33. Hohmann A, Haase W (1993) Effektives Seh-Screening kann Amblyopierate senken. *Ophthalmologie.* 90:2-5
34. Hohmann A, Haase W, Steinhorst U (1990) Die Validierung eines neuen Sehschärfetests (H-Test) für Vorschulkinder. *Spektrum Augenheilkd.* 4/6: 240-244
35. Hohmann A, Rüssmann W, Kaszli FA (1997) Qualität des Sehscreenings im Kindesalter. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 211:41-47
36. Holladay JT, Prager TC (1991) Mean Visual Acuity. *American Journal of Ophthalmology.* Vol. 111, No.3; 370-374
37. Jumbo (Java-unterstützte-Münsteraner-Biometrie-Oberfläche) Internet Seite der Universität Münster. Statistik, Wilcoxon- und M-W-U-Test
38. Käsmann-Kellner B, Ruprecht KW (2000) Vision screening survey of all children starting primary school in 1998 in the Federal State of Saarland Germany. *Strabismus 2000.*Vol.8, No. 3, pp. 201-207
39. Käsmann-Kellner B, Heine M, Pfau B, Singer A, Ruprecht KW (1998) Screening Untersuchung auf Amblyopie, Strabismus und Refraktionsanomalie bei 1030 Kindergartenkindern. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 213: 166-173
40. Kerr NC, Arnold RW (2004) Vision screening for children: current trends, technology, and legislative issues. *Curr. Opin. Ophtalmol.* 15: 454-459
41. Klein R, Klein B, Linton K, De Mets D (1991) The Beaver Dam Eye study. *Visual Acuity. Ophthalmology.* Vol. 98, No 8:1310-1315
42. König H-H, Barry JC, Leidl R, Zrenner E (2000) Kosteneffektivität der orthoptischen Reihenuntersuchung im Kindergarten zur Früherkennung visueller Entwicklungsstörungen. *Gesundheitswesen.* 62:196-206
43. Lang J (1983) Ein neuer Stereotest. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 182: 373-375
44. Lennerstrand G, Jakobsson P, Kvarnström G (1995) Screening for ocular dysfunction in children: Approaching a common program. *Acta Ophthalmol. Scand. Suppl.* 214: 26-38

45. Lithander J (1997) Visual development in healthy eyes from 24 months to four years of age. *Acta Ophthalmol. Scand.* 75: 275-276
46. Mildenberger I, Schwabe R, Schiefer U (2004) Sehschärfeprüfung bei Kindern im Vorschulalter: ein Vergleich zwischen Sheridan-Gardiner-Test und Räder-Test. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 221: 577-582
47. Neu B, Sireteanu R (1997) Monocular acuity in preschool children: Assessment with the Teller and Keeler acuity cards in comparison to the C-test. *Strabismus.* Vol. 5, No. 4, pp.185-201
48. Noorden von GK (1985) Burian-von Noorden's Binocular Vision and Ocular Motility. Theory and Management of Strabismus. Third Edition, Chapter 14, pp. 211.
49. Oppel O (1964) Über die Entwicklung der Sehschärfe bei Kindern im Vorschulalter. *Monatsblätter für Augenheilkunde.* 145 Bd.: 358-371
50. Paliaga GP (1993) Die Bestimmung der Sehschärfe. München, Quintessenz
51. Petersen J (1993) Fehlerhafte Visusbestimmungen und ihre quantitativen Auswirkungen. *Ophthalmologe.* 90:533-538
52. Pschyrembel Medizinisches Wörterbuch (1994) Walter de Gruyter (Hrsg.). 257: 1454
53. Rubin GS, Munoz B, Bandeen-Roche K, West SK (2000) Monocular versus Binocular Visual Acuity as Measures of Vision Impairment and Predictors of Visual Disability. *Investigative Ophthalmology & Visual Science.* Vol. 41, No.11; 3327-3334
54. Schütte E, Groten H, Leymann J, Lizin F (1976) Augenärztliche Reihenuntersuchungen im Kindergarten. *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 168: 584-590
55. Simmers AJ, Gray LS, Spowart K (1997) Screening for amblyopia: a comparison of paediatric letter tests. *British Journal of Ophthalmology.* 81: 465-469
56. Smørvik D, Bosnes O (1976) Assessment of visual acuity in preschool children. *Scand. J. Psychol.* 17, 122-124
57. 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*
58. Stuart J A, Burian H M (1962) A study of separation difficulty. *Am. J. Ophthal.* 53: 471- 477
59. Takai Y, Sato M, Tan R, Hirai T (2005) Development of Stereoscopic Acuity: Longitudinal Study using a Computer-based Random-dot Stereo Test. *Jpn J Ophthalmol.* 49:1-5

60. Vaupel R, Hohmann A (1982) Stereosehschärfe bei 4-11jährigen normalsichtigen Kindern (Titmus- und Randot-Stereotest). *Klin. Monatsbl. Augenheilk.* 180: 178-179
61. Velasco AA, Cruz (1990) Historical Roots of 20/20 as a (wrong) Standard Value of Normal Visual Acuity. *Optometry and Vision Science.* 67:661
62. Wesemann W, (2002) Die Grenzen der Sehschärfe. Teil 4: Wie misst man die Sehschärfe richtig? *DOZ* 2/2002
63. Weiß C (2001) *Basiswissen Medizinische Statistik.* Springer (Hrsg), 2. Auflage
64. Williamson TH, Andrews R, Dutton GN, Murray G, Graham N (1995) Assessment of an inner city visual screening programme for preschool children. *British Journal of Ophthalmology.* 79: 1068-1073

9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1:	Der Landolt-Ring und der Schwinkel	12
Abb. 2.1:	Verteilung der Probanden auf das Geschlecht	18
Abb. 2.2:	Verteilung der Probanden auf das Alter	18
Abb. 3.1:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, rechtes Auge, n= 13 Kinder	22
Abb. 3.2:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, linkes Auge, n= 13 Kinder	22
Abb. 3.3:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Einzeloptotypen, binokular, n= 13 Kinder	23
Abb. 3.4:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, rechtes Auge, n= 9 Kinder	23
Abb. 3.5:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, linkes Auge, n= 9 Kinder	23
Abb. 3.6:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Dreijährige, Reihenoptotypen, binokular, n= 10 Kinder	24
Abb. 3.7:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, rechtes Auge, n= 87 Kinder	24
Abb. 3.8:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, linkes Auge, n= 87 Kinder	24
Abb. 3.9:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Einzeloptotypen, binokular, n= 94 Kinder	25
Abb. 3.10:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, rechtes Auge, n= 80 Kinder	25
Abb. 3.11:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, linkes Auge, n= 79 Kinder	25
Abb. 3.12:	Häufigkeit der Visuswerte, normalsichtige Vierjährige, Reihenoptotypen, binokular, n= 87 Kinder	26
Abb. 3.13:	Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder	32

Abb. 3.14: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge und binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder	33
Abb. 3.15: Differenz in Visusstufen rechtes Auge zu binokular, Einzeloptotypen, Dreijährige, n= 13 Kinder	33
Abb. 3.16: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige, n= 9 Kinder	34
Abb. 3.17: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 9 Kinder) und binokular (n= 10 Kinder), Reihenoptotypen, Dreijährige	35
Abb. 3.18: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Reihenoptotypen, Dreijährige, n= 9 Kinder	35
Abb. 3.19: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzel- (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), rechtes Auge, Dreijährige	36
Abb. 3.20: Differenz in Visusstufen zwischen Einzeloptotypen (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), rechtes Auge, Dreijährige	36
Abb. 3.21: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzel- (n= 13 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 9 Kinder), binokular, Dreijährige	37
Abb. 3.22: Differenz in Visusstufen zwischen Einzel- und Reihenoptotypen, binokular, Dreijährige, n= 10 Kinder	37
Abb. 3.23: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem und linkem Auge, Einzeloptotypen, Vierjährige, n= 87 Kinder	38
Abb. 3.24: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 87 Kinder) und binokular (n= 94 Kinder) , Einzeloptotypen, Vierjährige	39
Abb. 3.25: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Einzeloptotypen, Vierjährige, n= 87 Kinder	39
Abb. 3.26: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem (n= 80 Kinder) und linkem Auge (n= 79 Kinder), Reihenoptotypen, Vierjährige	40
Abb.3.27: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen rechtem Auge (n= 80 Kinder) und binokular (n= 87 Kinder), Reihenoptotypen, Vierjährige	41
Abb.3.28: Differenz in Visusstufen zwischen binokular und rechtem Auge, Reihenoptotypen, Vierjährige, n= 79 Kinder	41

Abb. 3.29: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzeloptotypen (n= 87 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 80 Kinder), rechtes Auge, Vierjährige	42
Abb. 3.30: Differenz in Visusstufen zwischen Einzel- und Reihenoptotypen, rechtes Auge, Vierjährige, n= 80 Kinder	42
Abb. 3.31: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Einzel- (n= 94 Kinder) und Reihenoptotypen (n= 86 Kinder), binokular, Vierjährige	43
Abb. 3.32: Differenz in Visusstufen, Einzel- zu Reihenoptotypen, binokular, Vierjährige, n= 86 Kinder	43
Abb. 3.33: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder) und Vierjährigen (n= 87 Kinder), Einzeloptotypen, rechtes Auge	44
Abb. 3.34: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13) und Vierjährigen (n= 94 Kinder), Einzeloptotypen, binokular	44
Abb. 3.35: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder), Fünfjährigen (n= 135 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, rechtes Auge	45
Abb. 3.36: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Dreijährigen (n= 13 Kinder), Fünfjährigen (n= 138 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, binokular	45
Abb. 3.37: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Vierjährigen (n= 87 Kinder), Fünfjährigen (n= 135 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder) Einzeloptotypen, rechtes Auge	46
Abb. 3.38: Vergleich der Häufigkeit der Visuswerte zwischen Vierjährigen (n= 94 Kinder), Fünfjährigen (n= 138 Kinder) und Sechsjährigen (n= 70 Kinder), Einzeloptotypen, binokular	46
Tab.1: Übersicht der zitierten Studien zum Visus	10
Tab. 2: Diagnosen für die Zuordnung zur Ausschlussgruppe	21
Tab. 3: Anzahl der gesehenen Titmus-Ringe, normalsichtige Drei- und Vierjährige	27
Tab. 4: Kinder der Ausschlussgruppe (n= 8 Kinder), Übersicht der Ergebnisse	31
Tab. 5: geometrische Mittelwerte der Drei- und Vierjährigen, mon- und binokularen Visusprüfung für Einzel- und Reihenoptotypen	53

Lebenslauf Christine Mirzakhanian

Geburtstag	11.12.1977, als Kind armenischer Eltern
Geburtsort	Teheran, Iran
Übersiedlung nach Deutschland	November 1980
Grundschule Ahrensburger Weg	1984-1988
Walddörfer Gymnasium, musischer Zweig	1988-1997
Abitur	1997
Praktikum, Volksdorfer Dentallabor	10.11.1997 - 28.02.1998
Aufnahme des Studiums der Zahnmedizin an der Universität Hamburg	WS 1998
Naturwissenschaftliche Vorprüfung	SS 1999
Zahnärztliche Vorprüfung (Physikum)	SS 2001
Freisemester, Belegung des Intensivkurses Italienisch für Anfänger an der Universität Hamburg	WS 2001
Zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen)	WS 2004
Approbation als Zahnärztin	23.12.2004
Beginn der Berufsausübung als Assistenz Zahnärztin in Jork, Niedersachsen	Mai 2005- Oktober 2005
Arbeitsaufenthalt in Großbritannien, Beggarwood Dental Surgery, Basingstoke, UK	Januar 2006- März 2007
Anstellung am Universitätskrankenhaus Hamburg Eppendorf, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für zahnärztliche Prothetik	seit April 2007

Danksagung

Ich bedanke mich bei Prof. Haase herzlich für das Überlassen dieses Themas und für die engagierte Betreuung und Begleitung während der Untersuchungen und Verfassens der Arbeit.

Maike Anderssohn gebührt Dank für die guten Tipps und die beste Zusammenarbeit, außerdem freue ich mich, eine Freundin über die Arbeit an der Dissertation gefunden zu haben.

Dank an Martje und Henning Arps und Dr. Arne Scholz für Ratschläge beim Umgang mit dem Computer, Rosa Maroney und Ayberk Ercetin für den Ansporn zum Schreiben und das gute Zureden, Benjamin Braden, Wiebke Stadler und Saskia Krüger für Unterstützung und Beistand.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen der Kindergärten, die mir die Untersuchungen ermöglichten.

Ich bedanke mich ganz besonders bei meinen Eltern für all die Mühen, die sie auf sich genommen haben, um mir meine Ausbildung zu ermöglichen.

Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir 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 zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Christine Mirzakhanian