

Universitäts-Augenklinik Hamburg
Abteilung für Pleoptik und Orthoptik
ehem. Direktor: Prof. Dr. med. W. Haase

**Vergleich der normalen und der amblyopiebedingt
verminderten Lokalisationsfähigkeit bei Kindern**
nach der Methode von Bedell und Flom

Dissertation zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Medizin

Dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg vorgelegt von
Beda Krieter

Hamburg 2000

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am 30. Mai 2000

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Dekan: Prof. Dr. H.-P. Leichtweiß

Referent: Prof. Dr. W. Haase

Korreferent: Prof. Dr. G. Richard

Widmung

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern Ingrid und Ulrich Krieter sowie meiner Verlobten Ilka Strahler-Pohl, da sie ohne deren Unterstützung nie verwirklicht worden wäre.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung (4-19)

1.1	Definition der Amblyopie	4
1.2	Amblyopieformen	5
1.2.1	Refraktionsbedingte Amblyopie	5
1.2.2	Strabismusamblyopie	6
1.2.3	Deprivationsamblyopie	7
1.2.4	Amblyopie durch Störungen der Fixation	7
1.3	Pathogenese und Pathophysiologie	8
1.3.1	Neurophysiologische Veränderungen bei Amblyopie	8
1.3.2	Trennschwierigkeiten	9
1.3.3	gestörte binokulare Interaktion	10
1.3.4	Verringerte Kontrastempfindlichkeit	10
1.3.5	Verringerte pupillomotorische Erregbarkeit	11
1.3.6	Gestörte relative Lokalisation	11
1.4	Behandlung der Amblyopie	13
1.4.1	Therapieziele	13
1.4.2	Behandlungsmethoden	14
1.4.2.1	Okklusion	14
1.4.2.1.1	Vollokklusion	15
1.4.2.1.2	Partielle Okklusion	16
1.4.2.2	Atropinbehandlung	16
1.4.2.3	Penalisation	17
1.4.2.4	Pleoptik	18
1.5	Ziele dieser Arbeit	19

2 Material und Methoden

2.1	Versuchsaufbau	20
2.1.1	Passiver Test	20
2.1.2	Aktiver Test	22
2.2	Voruntersuchungen	23
2.3	Versuchsdurchführung	23
2.3.1	Kontrollgruppe	23
2.3.2	Patientengruppe	24

3 Ergebnisse (26-95)

3.1	Ergebnisse der Kontrollgruppe	26
3.1.1	<u>Passiver Test</u>	26
3.1.1.1	Verteilung der Fehlerpunkte.	37
3.1.1.2	Gewichtung der Fehler	30
3.1.1.3	Altersverteilung	33
3.1.1.3.1	Gesamtfehler nach Meßorten	33
3.1.1.3.2	Gesamtfehler, alle Meßorte	34
3.1.1.3.3	Vergleich der Gesamtfehler der Kinder mit denen der Erwachsenen	35
3.1.1.3.4	Mitte- und Seite-Fehler	36
3.1.1.4	Naso-/temporale Asymetrie	39
3.1.1.5	Lerneffekt	42
3.1.1.5.1	Gesamtfehler	42
3.1.1.5.2	Nach Meßorten	43
3.1.2	<u>Aktiver Test</u>	45
3.1.2.1	Verteilung der Fehlerpunkte	46
3.1.2.2	Altersverteilung	47
3.1.2.2.1	Fehlerverteilung bei den Kindern	47
3.1.2.2.2	Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen	49
3.1.2.3	Naso-/temporale Asymetrie	50
3.1.2.4	Lerneffekt	51
3.1.2.4.1	Gesamtfehlerzahl am ersten und am zweiten Testtag	51
3.1.2.4.2	Fehlerhäufigkeit an den verschiedenen Meßorten am ersten und am zweiten Testtag	52
3.2	Ergebnisse der Patientengruppe	54
3.2.1	<u>Passiver Test</u>	54
3.2.1.1	Verteilung der Fehler in der Patientengruppe	54
3.2.1.2	Vergleich Strabismusamblyopie mit anderen Amblyopieformen	58
3.2.1.3	Altersverteilung	61
3.2.1.4	Fehlerverteilung vor und nach stationärer Pleoptik	66
3.2.1.5	Visusdaten der Patientengruppe	72
3.2.1.5.1	Visusveränderung unter Therapie	72
3.2.1.5.2	Vergleich Visus- und Lokalisationsverbesserung	73

3.2.2	<u>Aktiver Test</u>	75
3.2.2.1	Verteilung der Fehlerpunkte in der Patientengruppe	75
3.2.2.2	Vergleich Strabismus- und andere Amblyopieformen	77
3.2.2.3	Altersverteilung	79
3.2.2.4	Fehlerverteilung vor und nach stationärer Pleoptik	82
3.2.2.5	Vergleich Visus- und Lokalisationsverbesserung	85
3.3	Vergleich der Kontroll- und der Patientengruppe	86
<u>3.3.1</u>	<u>Passiver Test</u>	86
3.3.1.1	Vergleich der Kindergruppen	86
3.3.1.2	Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen	90
<u>3.3.2</u>	<u>Aktiver Test</u>	91
3.3.2.1	Vergleich der Kindergruppen	91
3.3.2.2	Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen	94
4	Diskussion der Ergebnisse (96-105)	
4.1	Vergleich der Kontroll- und der Patientengruppe	96
4.2	Vergleich der Altersgruppen	98
4.3	Vergleich der Testergebnisse vor und nach pleoptischer Therapie	101
4.4	Vergleich des aktiven und des passiven Tests	102
4.5	Diskussion der angewandten Testmethode	103
5	Zusammenfassung (106-107)	
6	Abkürzungsverzeichnis (108)	
7	Literaturverzeichnis (109-110)	

1. Einführung

1.1 Definition der Amblyopie

Das Wort „Amblyopie“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „stumpf“- bzw. „schwachsichtig“.

Nach Bangerter (2) ist die Amblyopie eine „Schwachsichtigkeit ohne organischen Fehler oder mit einem, der nicht im Verhältnis zum Grad derselben steht“.

Bei der Amblyopie handelt es sich also, zumindest anfänglich, um eine rein funktionelle Sehstörung, deren Ausprägung nicht auf Veränderungen der brechenden Medien oder der Retina beruht.

Definitionsgemäß ist die Sehschärfe bei Amblyopie stets vermindert.

Dabei gilt als das Maß der Sehschärfe das Minimum separabile, d.h. der kleinste wahrnehmbare Unterschied.

Die Sehschärfe von 1,0 ist definiert als ein Auflösungsvermögen von einer Winkelminute. Als Sehzeichen werden z.B. der Landolt-Ring oder die Snellen-Haken verwendet. Der Landolt-Ring hat die Form des Buchstabens C und umfaßt 5 Winkelminuten mit einer Öffnung von einer Winkelminute. Der Snellen-Haken sieht aus wie ein E und hat ebenfalls eine Höhe von 5 Winkelminuten, wobei die Breite jedes Balkens und Zwischenraumes eine Winkelminute beträgt. Bei einer Untersuchungsdistanz von 5m wäre eine Winkelminute 0,145cm, bei 6m wäre sie 0,174cm.

Die Sehschärfe wird dann als Bruch aus dem gemessenen Sehabstand des Patienten und dem normalen Abstand bei einer Sehschärfe von 1,0 angegeben. Wenn der Patient also ein Sehzeichen, das für den Abstand von 10 Metern eine Sehschärfe von 1,0 verlangt, in 5m erkennt, ist sein Visus 5/10 oder 0.5.

Weniger exakt genormte Sehzeichen sind Buchstaben, Zahlen oder Zeichnungen. Letztere werden vorzugsweise bei Kindern verwendet. Um bei Säuglingen und Kleinkindern erste Anhaltspunkte für eine Sehstörung zu finden, wird die Technik des „preferential looking“ angewandt. Dabei wird ausgenutzt, daß die Kinder häufiger zu einer gestreiften Scheibe als zu einer einförmig grauen schauen. Die Reaktion des Kindes bei unterschiedlicher Streifenbreite läßt einen Rückschluß auf die Sehschärfe zu.

Bangerter schlägt eine Einteilung der Amblyopie nach dem Visusverlust vor. Danach besteht eine geringgradige Amblyopie bei einem Visus von 0,8 bis 0,3. Zwischen 0,3 und 0,1 besteht

eine mittelgradige und ab einem Visus von weniger als 0,1 eine hochgradige Amblyopie. Dabei bezieht sich der Visusverlust nur auf die funktionelle Störung.

Bei einer gemischten bzw. kombinierten Amblyopie, bei der auch eine organische Veränderung besteht, ist der funktionelle Sehverlust bei optimaler Korrektur zu beurteilen oder aber gar nicht von der organisch bedingten abgrenzbar.

Eine Amblyopie entsteht fast nur in der Kindheit.

Die Amblyopiehäufigkeit liegt in Mitteleuropa nach Haase (10) bei 5-6%, nach Hess (16) bei 6%.

1.2 Amblyopieformen

Eine Amblyopie kann durch verschiedene Grunderkrankungen entstehen. Generell kann man zwei pathologische Vorgänge unterscheiden: Einerseits das Unvermögen bzw. die Unmöglichkeit einer Fusion der Seheindrücke und eine dadurch bedingte zentrale Verminderung eines dieser Seheindrücke, andererseits ein Stimulusentzug (Deprivation) während der Entwicklungsphase des Sehsystems.

1.2.1 Refraktionsbedingte Amblyopie

Refraktionsbedingte Amblyopieformen entstehen auf dem Boden einer organisch bedingten Fehlsichtigkeit. Durch die unscharfe und meist kontrastschwache Abbildung auf der Netzhaut ist die zentrale Weiterverarbeitung der Seheindrücke nur teilweise möglich. Das ungeformte bzw. noch nicht ausgereifte neuronale System erreicht auch nach Korrektur des Brechungsfehlers keine ausreichende Sehleistung.

Bei stark ausgeprägten und nicht ausgeglichenen beidäugigen Ametropien kann es zu einer bilateralen Amblyopie kommen. Besonders bei einer starken Hypermetropie oder bei Astigmatismus ist diese Entwicklung zu erwarten. Bei Myopie reicht meist die Stimulation durch die scharfe Abbildung in der Nähe aus, um eine Amblyopie zu verhindern.

Bei einer Anisometropie wird vornehmlich mit dem weniger fehlsichtigen Auge gesehen, während das schwächere Auge unscharf abbildet. Das vom fehlsichtigen Auge stammende Bild wird daher in weiten Teilen des exzentrischen Gesichtsfeldes und immer foveal

unterdrückt (supprimiert), und es entwickelt sich unterschiedlich schnell eine Schwachsichtigkeit dieses Auges.

Auch wenn eine Anisometropie optimal ausgeglichen wurde, kann sich eine solche Suppression entwickeln und zu einer Sehschwäche führen. Die Ursache ist die fehlende Fusionsmöglichkeit in der zentralen Verarbeitung aufgrund der Aniseikonie (Unterschied in der Bildgröße). Die wahrgenommenen Bilder sind zwar scharf und raumgleich, jedoch unterschiedlich groß. Wird das zentrale Fusionsvermögen überschritten, muß ein Seheindruck supprimiert werden.

1.2.2 Strabismusamblyopie

Die Schielamblyopie ist die häufigste Amblyopieform.

Beim Schielen korrespondiert die Fovea des einen Auges nicht mit der des anderen, d.h. die zentral homologen Netzhautorte nehmen unterschiedliche Bilder wahr. Da keine Fusion möglich ist, wird ein Bild unterdrückt, also zentral nicht mehr wahrgenommen. Diese Suppression nimmt weiter zu und wird immer weniger reversibel. Sie betrifft hauptsächlich die Fovearegion, das periphere Gesichtsfeld bleibt meist erhalten.

Je früher der Strabismus auftritt und je stärker die Abweichung des Schielauges ist, desto größer ist der Visusverlust. Bei Erwachsenen kommt es nicht mehr zu einer Suppression und es resultieren Doppelbilder da beide Seheindrücke wahrgenommen werden.

1.2.3 Deprivationsamblyopie

Im Unterschied zu den bisher besprochenen Amblyopieformen besteht bei der Deprivationsamblyopie eine ungenügende Stimulation und fehlende Reizung der Netzhaut. Bei einer Verlegung des Strahlenganges ist das betroffene Auge nicht in der Lage, am Sehvorgang teilzunehmen. Ursachen sind z.B. eine angeborene Lidfehlstellung (Ptosis) oder Medientrübung. Auch Hämangiome oder Entzündungen können zu einer Verlegung des Strahlenganges und damit zu einer Deprivationsamblyopie führen. Je jünger das Kind, desto schneller entsteht eine Sehschwäche und desto dringlicher ist eine sofortige Therapie. Nach Mohindra et al. (27) genügt im Säuglingsalter bereits eine 60 Minuten dauernde Okklusion, um eine Sehverschlechterung zu bewirken. Es kann sich aber auch noch im Schulalter eine Amblyopie entwickeln. Bei Erwachsenen ist dagegen bei Okklusion kein Visusverlust zu befürchten.

1.2.4 Amblyopie durch Störungen der Fixation

Nach Haase (12) ist die Fixation als „Ansehen und Festhalten eines Objektes aus dem Außenraum mit dem Netzhautort höchster Auflösungsfähigkeit“ definiert.

Bei einer Störung dieses Vorganges wird die Foveola als Fixationsort verlassen, und eine andere Netzhautstelle mit geringerem Auflösungsvermögen übernimmt diese Funktion.

Es ist schwer festzustellen, ob eine primäre Fixationsstörung vorliegt, oder ob sie sekundär wegen der Amblyopie auftritt, es sei denn, es sind deutliche organische Defekte der Fovearegion erkennbar.

Bei vielen Kindern mit cerebraler Parese und Epilepsie kommt es zu schweren primären Fixationsstörungen, und daraus kann eine hohe Amblyopie resultieren.

Bei frühkindlichem Strabismus wird bei Überschreiten der sensorischen Fusionsbreite das Bild des abweichenden Auges supprimiert (siehe oben). Es kann sich dann auch eine anomale retinale Korrespondenz entwickeln, bei der derjenige Netzhautort, der mit der Fovea des Führungsauges korrespondiert, als neuer Fixationsort genutzt wird.

1.3 Pathogenese und Pathophysiologie

1.3.1 Neurophysiologische Veränderungen bei Amblyopie

Obwohl die neurologischen Grundlagen für die Strabismusamblyopie bisher noch nicht vollständig geklärt werden konnten, neigt man inzwischen zu der Ansicht, bei Strabismus diesen als Auslöser zu betrachten und den Visusverlust als Folge der Augenfehlstellung zu sehen.

Bei der Deprivationsamblyopie sind im Tierexperiment eindeutige neurologische Veränderungen nachweisbar. Wiesel und Hubel (39/40/41) zeigten an Katzen, denen im ersten Lebensmonat ein Auge lichtdicht okkludiert wurde, daß die von diesem Auge innervierten Nervenzellen im Corpus geniculatum laterale um 40% kleiner waren, als die zum anderen Auge gehörenden.

Durch die Ableitung der Reizströme an einzelnen Gehirnzellen haben Wiesel und Hubel bewiesen, daß diese Zellen vermindert erregbar sind.

Binokulare Neurone, d.h. Zellen, die von beiden Augen erregt werden, zeigten unter Okklusion eine Umorganisation und waren nach Wiedereröffnung des Auges nur noch monokular erregbar.

Von Noorden (28/29/30) bestätigte diese Ergebnisse durch seine Arbeit an Affen.

Die zum okkludierten Auge gehörenden Nervenzellen sind nach kurzer Zeit kleiner und weniger leicht erregbar, und die vorher binokularen Neurone sind nur noch vom nicht-okkludierten Auge aus erregbar.

Die Arbeiten von Arden und Mitarb. (1) sowie von Bornstein (4) haben ergeben, daß bei amblyopen Augen das VECP (visually evoked cortical potential) eine Änderung der Amplitudenhöhe aufweist. Im Vergleich ist eine signifikante Amplitudenreduktion zwischen dem amblyopen und dem normalsichtigen Auge gemessen worden.

Auch die P2-Latenz ist bei Refraktionsamblyopien und Deprivationsamblyopien verlängert (11).

1.3.2 Trennschwierigkeiten

Müller (26) konnte zeigen, daß die Sehschärfe bei Amblyopen mit dem Abstand der Sehzeichen korrespondiert. In höherem Maße als bei Normalsichtigen hängt die Sehleistung von der Kontureninteraktion ab. Nach Haase (12) treten Trennschwierigkeiten sowohl bei foveolarer als auch bei exzentrischer Fixation auf, während Cüppers (6) nur bei exzentrischer Fixation unnormal große Interaktionen bemerkte.

Goldmann (9) wies darauf hin, daß diese Trennschwierigkeiten nicht durch Refraktionsanomalien oder Fehlstellung des Auges erklärbar seien, und postuliert eine zentrale Raumsinnstörung.

Eine quantitative Prüfung der Trennschwierigkeiten kann durch den C-Test nach Haase und Homann erfolgen (10).

Dabei werden sämtliche Visusstufen mit Landolt-Ringen abgefragt, die einmal 35 Bogenminuten, einmal 17,2, und einmal 2,6 Bogenminuten voneinander entfernt sind.

Bei den einzeln stehenden Optotypen (35´´) kommt es zu keinen Interaktionen.

Bei einem Abstand von 17´´ sollte sich bei Kindern ab 7 Jahren kein Unterschied zu den Einzeloptypen zeigen.

Bei den in Reihe angeordneten Sehzeichen (2,6´´) kann man ab dem 10. bis 12. Lebensjahr mit dem vollen Visus rechnen.

1.3.3 Gestörte binokulare Interaktion

Durch die schon angesprochenen Hemmungsvorgänge ist nach Harms (14) vor allem im Bereich der Makula und der, mit der Fovearegion des anderen Auges korrespondierenden Netzhautstelle, eine binokulare Zusammenarbeit meist nicht möglich. Außerhalb dieser Bereiche kann jedoch eine Zusammenarbeit der Augen erhalten geblieben sein.

Nach Haase (12) sind die binokularen Sehleistungen von Amblyopen bei einem visuell gesteuerten Handlungstest im allgemeinen besser als die einer monokular getesteten Kontrollgruppe. Allerdings berichtet er auch von Patienten, die störende Seheindrücke ihrer amblyopen Augen durch Schließen dieser Augen ausschalten müssen, um im Grenzbereich noch scharf sehen zu können.

Obwohl in der Vergangenheit das Führungsaug bei Amblyopie oft als „gesund“ bezeichnet und sogar in verschiedenen Studien als Vergleichsaug benutzt wurde, zeigen neuere Untersuchungen, daß auch der Visus der Führungsaugen im Vergleich mit der Sehleistung einer normalsichtigen Kontrollgruppe vermindert ist (8).

Kandel et al. (19) fanden außerdem eine Minderleistung bei der Dunkeladaptation und dem Fixationsverhalten.

1.3.4 Verringerte Kontrastempfindlichkeit

Lawwill und Burian (24) untersuchten die Kontrastempfindlichkeit amblyoper Augen. Dazu stellten sie den Prüflingen die Aufgabe, zwei Lichtpunkte, die in einem Winkel von 30° angeordnet waren, auf die gleiche Helligkeit einzuregeln. Dabei war der eine Testpunkt in einem hellen, der andere in einem dunklen Feld gelegen. Diese Untersuchung wurde unter vier verschiedenen Beleuchtungsstärken durchgeführt. Es zeigte sich, daß die amblyopen Augen eine wesentlich größere Beleuchtungsstärke benötigen, um einen Helligkeitsvergleich zu erreichen. Damit war bewiesen, daß eine deutliche Abnahme der Kontrastempfindlichkeit des amblyopen Auges existiert.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Hess und Howell (15), die den geringstmöglichen Kontrast zur Erkennung eines Streifenmusters bei Amblyopen bestimmten. Sie zeigten, daß es zwei verschiedene Arten von Kontrastverlust bei Amblyopie gibt.

1. Eine verringerte Kontrastempfindlichkeit nur bei hoher Ortsfrequenz des Streifenmusters

2. Ein Kontrastverlust sowohl bei hoher als auch bei niedriger Ortsfrequenz.

Sowohl die Untersuchungen von Hess und Howell als auch diejenigen von Lawwill und Burian ergaben eine Angleichung der Befunde von strabismusamblyopen an normalsichtige Testpersonen, wenn die Leuchtdichte reduziert wurde.

1.3.5 Verringerte pupillomotorische Erregbarkeit

Harms (14) beobachtete, daß bei Amblyopie die pupillomotorische Erregbarkeit der Makulagegend häufig vermindert ist. Es kommt dadurch zu einer leichten Mydriasis des amblyopen Auges.

Harms und Krüger (20) konnten dies bestätigen, indem sie in 93 von 100 Fällen eine Pupillenerweiterung um 0,5-1mm bei Fixationswechsel zwischen amblyopen und Führungsaugen feststellten.

Die pupillographischen Messungen von Dolnek (7) schließlich zeigten, daß die Pupille des amblyopen Auges um 0,5 mm größer war und bei Lichteinfall um 0,3 mm weiter blieb als diejenige des Führungsauges.

1.3.6 Gestörte relative Lokalisation

Seit langem ist die unsichere Auge/Hand-Koordination bei Amblyopie bekannt (Störung der taktilen Lokalisation). Zögernde und häufig vorbeizeigende Intentionbewegungen gehen auf die foveolare Lokalisationsunsicherheit zurück (31).

Neben diesen Problemen bei zielgerichteter Bewegung sind jedoch die subtileren Veränderungen bei der Wahrnehmung von Gegenständen und Buchstaben für die Patienten störend.

Vom Hofe (18) beschrieb die Schwierigkeiten, die Amblyope bei der Beurteilung von einfachen geometrischen Gestalten wie Rechtecken, Kreisen, Dreiecken etc. hatten. Die Patienten sahen die Figuren nur teilweise oder verzerrt.

Pugh (36) erkannte die Schwierigkeiten ihrer Patienten bei der Wahrnehmung von Schriftzeichen. Die Buchstaben wurden als „zersplittert“, „ausradiert“ oder „in die Länge gezogen“ beschrieben. Die Verzerrungen korrelierten eng mit der gemessenen Sehschärfe.

Bei Messungen mit überschwelligen Gittermustern bemerkten die Probanden von Hess et al. (17) wellige und unterbrochene Linien. Die Störungen nahmen bei Erhöhung der Ortsfrequenz zu, blieben aber auf das zentrale Gesichtsfeld beschränkt.

Bedell und Flom (5) entwickelten eine Meßmethode um diese Störungen zu quantifizieren.

Dazu wird auf einem Computermonitor das Bild von zwei leuchtenden, mit den Spitzen zueinander zeigenden Dreiecken generiert. Die Untersuchung wird monokular durchgeführt. Zwischen den Dreiecken leuchtet für kurze Zeit eine Testmarke auf, die nach dem Zufallsprinzip an festgelegten Stellen erscheint.

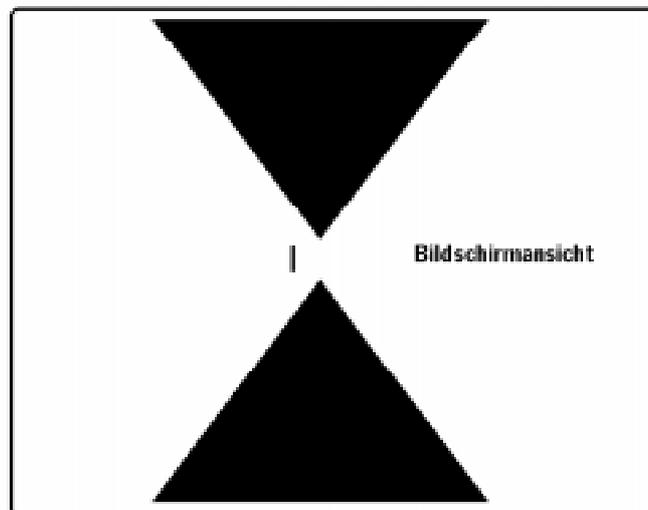


Abb. 1: Bildschirmansicht (Probanden)

Die Probanden beobachten den Bildschirm und geben die Lokalisation der Testmarke in Bezug zu einer gedachten Mittellinie durch die Dreiecksspitzen an. Es gibt die Antwortmöglichkeiten: Rechts, Links und Mitte.

Nach ihren Ergebnissen zeigten die amblyopen Patienten einen 10 mal größeren Lokalisationsfehler als eine Kontrollgruppe aus normalsichtigen Probanden.

Sie konnten außerdem beweisen, daß auch das Führungsauge ihrer Patienten eine verminderte Lokalisationsfähigkeit aufwies.

Bedell und Flom unterschieden zwischen folgenden systematischen Fehlern:

1. Es besteht ein konstanter Lokalisationsfehler („Spatial Distortion“), das heißt eine Verschiebung des Fehlermaximums nach rechts oder links der realen Mitte.
2. Es besteht eine Lokalisationsunsicherheit („Spatial uncertainty“), also eine breite Streuung der Lokalisationsfehler um einen Mittelwert.

Sireteanu und Fronius (37) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie konnten darüber hinaus einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Lokalisationsstörungen und der Sehschärfe belegen. Die Lokalisationsprüfung im peripheren Gesichtsfeld zeigte keinen Unterschied zwischen dem amblyopen und dem Führungsaugen.

Mit Hilfe der Streckenteilung nach Kundt (21) konnte Haase (13) zeigen, daß amblyope Probanden auch bei der Aufgabe, eine Strecke monokular genau in der Mitte zu teilen, größere Schwierigkeiten haben als normalsichtige Probanden.

1.4 Behandlung der Amblyopie

1.4.1 Therapieziele

„Das ideale Behandlungsergebnis ist die geheilte Amblyopie“ (3). Am Anfang jeder Therapie steht die Beseitigung der organischen Auslöser der Amblyopie. So muß eine Sehbehinderung (z.B. Ptosis, Katarakt) behoben und die optimale Korrektur optischer Fehler durch die in Zykloplegie gefundenen Werte angestrebt werden.

Bei der Strabismusamblyopie ist es prinzipiell sinnvoll, zuerst die Amblyopie zu behandeln, da es unter Therapie zu einer Veränderung des Schielwinkels kommen kann. Bei einem sehr großen Schielwinkel kann es manchmal allerdings auch günstiger sein, zuerst zu operieren. Entscheidend ist, ob trotz des Schielens und möglicher Komplikationen (z.B. Kopfwangshaltung) eine Amblyopiebehandlung durchgeführt werden kann.

Auf jeden Fall sollte eine Amblyopie so früh als möglich therapiert werden. Je früher die Behandlung einsetzt, desto besser sind die Ergebnisse. Zudem ist die Behandlungszeit kürzer. Glücklicherweise sind die meisten Amblyopiefälle auf einen Strabismus zurückzuführen, der von den Eltern meist frühzeitig bemerkt wird.

Cüppers (6) sieht folgende Therapieziele:

Bei einer Amblyopie sollte die Dominanz des führenden Auges durchbrochen werden, um die zentralen Hemmungsvorgänge zu lösen. Bei exzentrischer Fixation muß zusätzlich die foveale Fixation zurückgewonnen, und eine Normalisierung der Raumwerte angestrebt werden. Danach erfolgt die Wiederherstellung der physiologischen Auge/Hand Koordination.

1.4.2 Behandlungsmethoden

1.4.2.1 Okklusion

Unter Okklusionsbehandlung versteht man das vollständige oder teilweise Verschließen eines Auges durch ein undurchsichtiges oder unterschiedlich durchsichtiges Okklusiv (30).

Es werden drei Arten der Okklusion unterschieden:

1. Bei der fazialen Vollokkklusion verschließt ein auf die Gesichtshaut geklebtes Pflaster das Auge vollständig und lichtdicht.
2. Bei der Brillenvollokkklusion wird ein lichtdichtes Okklusiv auf das Brillenglas geklebt. Dabei bleibt ein schmaler, peripherer Bildeindruck im temporalen Gesichtsfeld bestehen.
3. Bei der partiellen Okklusion behindern teilweise durchsichtige Folien die Wahrnehmung unterschiedlich stark. Diese Folien werden ebenfalls auf die Brillengläser geklebt, und sind in verschiedenen Durchsichtigkeitsstufen erhältlich.

Die Okklusion ist die wichtigste therapeutische Maßnahme bei Amblyopie. Lang (23) vergleicht ihre Bedeutung mit jener der Antibiotika bei der Bekämpfung von Infektionen.

1.4.2.1.1 Vollokkclusion

Die Vollokkclusionsbehandlung erfolgt nach Bangerter (2) bei bestehender zentraler Fixation und ausreichendem Visus.

Dabei wird das bessere Auge lichtdicht verschlossen, so daß das Kind gezwungen wird, das amblyope Auge zu benutzen. Auf diese Weise wird eine zentrale Reorganisation bzw. eine Neubahnung der Bildverarbeitung erreicht. Die pathologischen Skotome bilden sich zurück, da die binokulare Suppression entfällt.

Bangerter warnt vor einer Okklusion des Führungsauges bei exzentrischer Fixation wegen der Gefahr einer Festigung der pathologischen Fixationsart. Er schlägt eine anfängliche Okklusion des amblyopen Auges vor (inverse Okklusion), um die Konfliktsituation zwischen den beiden Augen zu beenden.

Heutzutage ist man sich sicher, daß man unabhängig von der Fixationsart vor allem eine Okklusion des besser sehenden Auges durchführen muß. Eine ausschließlich inverse Okklusion ist kontraindiziert, da Mackensen et al. (25) bei einigen Patienten nach der Behandlung eine Vertiefung der Amblyopie feststellte.

Nach Haase (12) ist die inverse Okklusion nur dann gestattet, wenn sich unter Therapie die exzentrische Fixation des amblyopen Auges festigt.

Auf jeden Fall ist eine Okklusionsbehandlung engmaschig zu überwachen. Neben der Festigung einer exzentrischen Fixation muß vor allem eine durch die Behandlung entstandene Deprivationsamblyopie des vormals besser sehenden Auges verhindert werden.

Die Vollokkclusion stellt sehr hohe Ansprüche an die Compliance der Eltern und der behandelten Kinder. Da das Führungsauge zugedeckt ist, können die Kinder weitaus weniger sehen als vorher. Die Notwendigkeit der Therapie ist zwar den Eltern leicht klar zu machen, die Kinder dagegen sind nur sehr schlecht zur Mitarbeit zu bewegen.

Da der Erfolg außer von den angewendeten Maßnahmen auch von der individuellen Therapieresistenz und der Amblyopieintensität abhängt, kann man kaum eine Aussage über Behandlungserfolg und -dauer machen. Man sollte eine erfolglose Behandlung nicht unnütz ausdehnen.

Eine weitere Variante der Vollokkclusion ist die Teilzeitokklusion. Dabei wird das besser sehende Auge jeden Tag über einen unterschiedlich langen Zeitraum verschlossen und eine besondere Beanspruchung des amblyopen Auges angeraten. Geeignet sind z.B. Fernsehen,

Malen oder Computerspiele. Die Okklusion wird hierbei mit einer einfachen Form der Schulung des amblyopen Auges verbunden.

Bei sehr jungen Kindern wird eine Teilzeitokklusion von einigen Stunden pro Tag durchgeführt, wenn die Gefahr einer Deprivationsamblyopie des besseren Auges groß ist.

1.4.2.1.2 Partielle Okklusion

Bei der partiellen Okklusion wird der Seheindruck des okkludierten Auges durch eine unterschiedlich durchsichtige Folie auf dem Brillenglas abgeschwächt.

Diese Okklusionsart empfiehlt Bangerter (2) bei Kindern bis zum 2. Lebensjahr, wenn eine Atropinbehandlung (siehe unten) nicht den erwünschten Erfolg erbracht hat.

Dabei wird die Abwehrreaktion des Kindes beim Verschluß des besser sehenden Auges umgangen, indem zuerst eine Folie gewählt wird, die das Sehen nur unwesentlich behindert. Nach und nach wird die Lichtperzeption der Folien verringert.

Wenn die Amblyopie unter Therapie gebessert wurde, empfiehlt Lang (22), die Okklusion nicht einfach abubrechen, da sonst Doppelbilder entstehen können. Diese Diplopie verursacht eine erneute Suppression und kann den Behandlungserfolg zunichte machen.

Vielmehr sollte man eine Ausschleichokklusion versuchen, die den umgekehrten Verlauf wie oben beschrieben nimmt. Die Lichtdurchlässigkeit wird schrittweise bis zur völligen Durchsichtigkeit erhöht.

1.4.2.2 Atropinbehandlung

Die Atropinbehandlung ist eine Alternative zur Okklusion bei der Behandlung einer Amblyopie mit foveolarer Fixation. Durch die Gabe von 0,5% bis 1% Atropinlösung wird die Akkomodationsfähigkeit des besser sehenden Auges ausgeschaltet. Damit sinkt der Nahvisus unter die Werte des amblyopen Auges.

In der Ferne wird weiterhin besser mit dem gesunden Auge gesehen. Es kommt also in Abhängigkeit von der Objektentfernung zu einem Wechsel des führenden Auges. In der Nähe wird das amblyope Auge benutzt, während in der Ferne das besser sehende Auge bevorzugt wird.

Bei dieser Therapiemethode ist die Gefahr einer Sehverschlechterung des besser sehenden Auges gering. Außerdem ist keine Mitarbeit der Kinder erforderlich.

Wenn unter dieser Therapie keine signifikante Sehverbesserung eintritt, muß jedoch zügig mit einer Okklusionsbehandlung begonnen werden.

Sobald eine Fern/Nah-alternanz erreicht ist, wird die Atropinisierung langsam reduziert, bis das Kind ohne Atropin alternieren kann. Sollte das nicht möglich sein, wird die Atropinbehandlung bis zu dem Zeitpunkt fortgesetzt, an dem mit einer partiellen Brillenokklusion begonnen werden kann.

1.4.2.3 Penalisation

Auch bei der Penalisation ist der Therapieansatz, eine alternierende Fixation herzustellen. Pfandel (34) empfahl zur Prophylaxe und zur Therapie leichter Amblyopiefälle, eine einseitige Überkorrektur von +3,0 sph.

Auf diese Weise wird ein Auge künstlich myop und daher nur für das Sehen in der Nähe gebraucht.

Pfandl riet außerdem zu einer Partialokklusion des unteren Drittels des anderen Brillenglases, um die Seheindrücke aus der Nähe zu reduzieren.

Diese Therapie konnte sich so jedoch nicht durchsetzen, da die Kinder die Brille nur sehr unwillig trugen.

Pouliquen (35) schlug daher vor, die Penalisation mit einer Atropinisierung des Fernauges zu verbinden. Dadurch sieht das Fernauge wie ein presbyopes und das amblyope durch die Penalisation wie ein myopes Auge. Da die Kinder nun durch die Brille eine Sehverbesserung erfahren, wird sie eher getragen.

Es gibt eine ganze Reihe von Penalisations- Modifikationen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

1.4.2.4 Pleoptik

Das Ziel der Sehschulung (Pleoptik) besteht darin, dem Kind den Ort der Foveola bewußt zu machen und wieder eine foveolare Fixation zu erreichen. Dabei müssen die binokularen Hemmungsvorgänge durchbrochen und eine anormale Netzhautkorrespondenz aufgehoben werden.

Die Pleoptik wird in Kombination mit der Okklusion durchgeführt und kann auch bei vergeblich vorbehandelten Patienten noch eine Verbesserung der Sehleistung erbringen.

Nach Steidele (38) wird mit einem sogenannten Pleoptophor selektiv die Foveola mittels kurzer Lichtblitze gereizt da die Netzhautperipherie aufgrund einer vorher stattgefundenen Blendung diese Lichtblitze nicht erkennt. Auf diese Weise erfährt der Patient die Lage seiner Foveola.

Zur Übung des foveolaren Sehens bei exzentrischer Fixation dient das Haidinger-Büschel. Die Drehung eines polarisierten Filters erzeugt den Eindruck eines sich drehenden Propellers. Der Drehpunkt des Propellers zeigt die Lage der Foveola.

Bei der Nachbildumkehr nach Cüppers wird die Foveazone nach Reizung gegenüber den anderen Netzhautarealen heller gesehen.

1.5 Ziele dieser Arbeit

Die grundlegenden Fragen dieser Arbeit waren:

1. Welche Unterschiede existieren zwischen den Ergebnissen des passiven Tests nach Flom und Bedell und des aktiven Tests nach Sireteanu und Fronius ?
2. Wie unterscheidet sich die Verteilung der Fehlerpunkte einer normalsichtigen Kontrollgruppe und einer Patientengruppe ?
3. In wieweit ist die physiologische Reifung des optischen Systems in die Beurteilung des Testergebnisses mit einzubeziehen ?
4. Welche Veränderungen der Testergebnisse sind nach einer stationären Pleoptik erkennbar ?
5. Existiert bei dieser Testmethode ein Lerneffekt ?
6. Existiert ein Unterschied zwischen den Ergebnissen von strabismusamblyopen Patienten und solchen mit anderen Amblyopieformen ?
7. Ist der Test nach Flom und Bedell in der Praxis anwendbar ?

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau

Die vorliegende Untersuchung basiert auf dem Test nach Bedell und Flom aus Houston.

Auf einem Computermonitor wird das Bild von zwei leuchtenden, mit den Spitzen aufeinander zeigenden Dreiecken generiert. Die Basis der Dreiecke beträgt $4,6^\circ$, ihre Höhe $2,8^\circ$. Der Proband sitzt in einer Entfernung von 77cm vor dem Bildschirm. Der Test wird monokular durchgeführt.

Der Test gliedert sich in einen passiven Teil, der dem Originaltest von Bedell und Flom ähnelt, sowie in einen aktiven Teil nach einer Modifikation des Tests durch Sireteanu und Fronius.

2.1.1 Passiver Test

Im passiven Test leuchtet als Testmarke zwischen den Dreiecksspitzen für 130 Millisekunden eine Linie von $3,4 \times 32$ Winkelminuten Größe auf.

Diese Testmarke wird nach dem Zufallsprinzip an 18 festgelegten Testorten zwischen den Dreiecken gezeigt (siehe Abb.2). In der realen Mittelposition gibt es keinen Testort. Die beiden ersten Testorte sind $3,4$ Winkelminuten rechts und links von der Mitte. Weitere sechs Testorte folgen jeweils im gleichen Abstand von $3,4$ Winkelminuten. Dann vergrößern sich die Abstände zwischen den drei letzten Testorten auf $6,8$ Winkelminuten.

Insgesamt gibt es also neun Testorte zu beiden Seiten in folgendem Abstand zur realen Mitte: $3,4 / 6,8 / 10,2 / 13,6 / 17 / 20,4 / 23,8 / 30,6 / 37,4$ (in Winkelminuten).

Die Probanden beobachten den Bildschirm und geben die Lokalisation der Testmarke in Bezug zu einer gedachten Mittellinie durch die Dreiecksspitzen an.

Es gibt die Antwortmöglichkeiten: „Rechts der Mitte“, „Links der Mitte“ und „Mitte“.

Bei den jüngeren Kindern wurden zumeist Abwandlungen wie „Tür, Wand und Mitte“ oder „Fenster, Ball und Mitte“ benutzt, um Fehler durch Verwechslung von Rechts und Links zu vermeiden.

Obwohl es keine reale Mitte gibt, wurde die Antwortmöglichkeit „Mitte“ zugelassen, da vor allem die jüngeren Kinder häufig von sich aus diese Antwort gaben und sich auf keine Seitenlokalisierung festlegen wollten.



Abb. 2: Alle Testorte beim passiven Test

Die Kinder saßen bei der Untersuchung auf einem Stuhl, und der Monitor war auf einem Tisch aufgestellt. Die Entfernung von der Tischkante bis zum Monitor betrug 77cm. Natur- und altersgemäß waren einige Kinder nicht in der Lage, über die gesamte Testdauer ruhig zu sitzen, so daß die Untersuchungsdistanz gewissen Schwankungen unterlag. Eine Kopfhaltung wurde teilweise als bedrohlich empfunden, teilweise schlicht abgelehnt.

Es wurden insgesamt 90 Testmarken in Zufallsreihenfolge der Testorte gezeigt, womit auf jeden der 18 Testorte 5 mal eine Testmarke fiel. Die Zeit zur Durchführung des Tests war je nach Alter und intellektueller Reife sehr unterschiedlich und betrug bei den Erwachsenen pro Auge ca. 10 min., bei den jüngsten Kindern bis zu 30 min. Teilweise waren die Kinder nicht in der Lage, den Test ohne Unterbrechung zu absolvieren. In solchen Fällen wurde eine kleine Pause von etwa 5 Minuten eingelegt.

Der Raum wurde abgedunkelt, Der Monitor war bis auf die leuchtenden Dreiecke dunkel.

Die Helligkeit der Dreiecke betrug 43cd/m^2 .

Vor dem Aufblitzen der Testmarke wurde der Proband akustisch informiert.

2.1.2 Aktiver Test

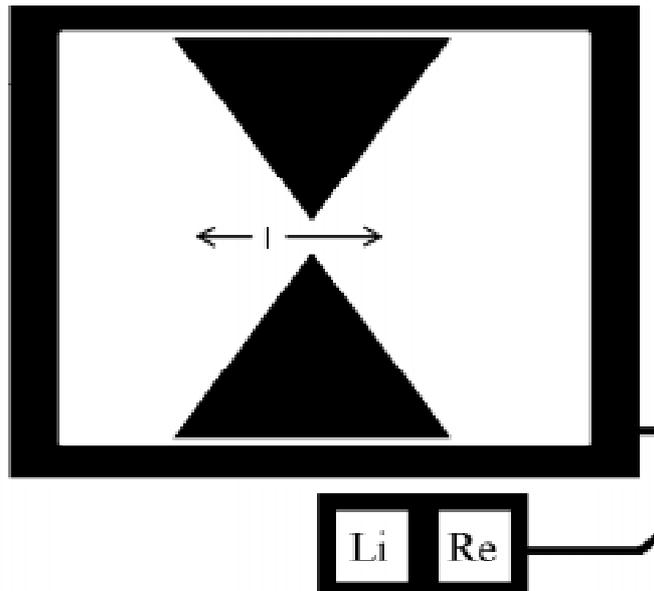


Abb. 3: Aktive Testmethode

Beim aktiven Test blieben die äußeren Umstände und das Monitorbild gleich. Im Unterschied zum passiven Test wurden die Testmarken jedoch nicht nur für 130 Milisec. sondern dauerhaft gezeigt.

Die Testmarke konnte vom Probanden mit Hilfe von zwei Tasten nach rechts oder links bewegt werden. Hatte der Proband sie genau in die subjektive Mitte gerückt, wurde der Ort, an dem sich die Marke gerade befand, gespeichert.

Im Gegensatz zum passiven Test gab es jetzt einen Testort in der realen Mitte zwischen den Dreiecksspitzen.

Es wurden insgesamt 30 Testmarken gezeigt, die in die Mitte zu plazieren waren.

Wie beim passiven Test erschienen die Marken nach Zufallsauswahl an den bekannten Testorten, wobei der neue Testort genau in der Mitte ausgespart wurde. Die Marken konnten dann aber beliebig, d.h. bis zu einer Position 300 Winkelminuten rechts oder links der Mitte, verschoben werden.

2.2 Voruntersuchungen

Bei den Probanden der Kontrollgruppe wurden folgende Voruntersuchungen durchgeführt:

1. Spontanbeobachtungen
 - Kopfzwangshaltung, Augenstellung
2. Brillenwerte (falls vorhanden)
3. Visus binokular in 5m
4. Fernvisus monokular mit Einzel- und Reihenoptotypen (5m)
5. Nahvisus monokular mit Einzel- und Reihenoptotypen (40cm)
6. Konvergenzprüfung
7. Covertest
8. Bestimmung des Akkomodations-Nahpunktes
9. Titmus Stereotest
10. Bestimmung des Führungsauges (Lochmethode)
11. Frage nach der Händigkeit

Bei den Kindern in Sehschulbehandlung wurde auf die vorhandenen Unterlagen zurückgegriffen, die alle aufgeführten Voruntersuchungen enthielten.

2.3 Versuchsdurchführung

2.3.1 Kontrollgruppe

Insgesamt wurden 63 Kinder im Alter von 5 bis 11, sowie 9 über 20 Jahre alte Erwachsene untersucht. Aufgrund der Testdauer und des Kompliziertheitsgrades erschien die Anwendung bei Kindern unter 5 Jahren als wenig erfolgversprechend. Die späteren Ergebnisse konnten diese Annahme bestätigen.

Die Untersuchung erfolgte in einem Kindergarten und in einer Grundschule. Die Eltern der Kinder beantworteten zunächst schriftlich einen Anamnesebogen. Dieser beinhaltete Fragen nach bekannten Augenerkrankungen und Allgemeinleiden. Nur ein Kind mußte aufgrund einer unklaren Visusminderung aus der Untersuchung ausgeschlossen werden

Zunächst wurde bei allen Kindern einer Schulklasse, die zur Testung vorgesehen waren, eine Voruntersuchung durchgeführt. Diese dauerte zwischen 40 und 60 Minuten und beinhaltete die

oben genannten Punkte. An einem zweiten Tag wurde der Test nach Bedell und Flom durchgeführt. Die Testdauer war extrem unterschiedlich. Manchmal mußte der Test wegen geringer Bereitschaft des Kindes zur Mitarbeit abgebrochen werden. Bei den gewerteten Untersuchungen lag die durchschnittliche Dauer bei 60 Minuten. Zwischen der Untersuchung des rechten und des linken Auges wurde eine kurze Pause gemacht, in der das Kind spielen durfte. Vereinzelt mußte auch während des Testverlaufs eine Pause eingelegt werden. Diese dauerte dann maximal 2 Minuten. Die Entfernung zwischen Auge und Monitor konnte nur annähernd eingehalten werden, da die Kinder eine Kopfhaltung ablehnten und während der Untersuchung teilweise sehr unruhig waren.

Bei 21 Kindern wurde der Test nach durchschnittlich 5 Tagen wiederholt. Dabei war der Testablauf exakt der gleiche wie am ersten Tag.

Für die Erwachsenengruppe wurden 9 Probanden im Alter von 20 bis 54 Jahren untersucht. Es wurden die genannten Voruntersuchungen durchgeführt, und der Test nach Bedell und Flom erfolgte direkt im Anschluß. Da einige der Erwachsenen bemerkten, daß beim passiven Test keine Mittelposition existierte, reduzierten sich ihre Antwortmöglichkeiten auf „Rechts“ und „Links“.

2.3.2 Patientengruppe

Die Patientengruppe wurde aus Kindern gebildet, die sich in stationärer pleoptischer Behandlung befanden. Dabei wurde bewußt auf eine weitere Unterteilung verzichtet. Die meisten Kinder waren strabismusamblyop, einige anisometropieamblyop. Die genauen Diagnosen sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Patient	Diagnosen
1	R/L Astigm. //R Hyperopie //L Myopie, Ambl.
2	R/L Hyperopie, Astigm. //R Esotr., Ambl.
3	R/L Hyperopie, //R Mikrostr., Astigm., Ambl.
4	R/L Hyperopie, Astigm., Mikroesotr., Ambl.
5	R/L Hyperopie, Astigm., Esotr. //R Ambl.
6	R/L Hyperopie, Astigm. //L Ambl.
7	R/L Hyperopie, Astigm. //L Mikroesotr., //L>R Nystagmus latens, Ambl.
8	R Myopie, Esotr., Ambl. //L Hyperopie
9	R/L Astgm. //L Exotr. mit Konvergenzexzess, -VD, dissoz.VD, Ambl.
10	R/L Anisometr.,Astigm. //L Esotr., Ambl.
11	R/L geringe subkaps. Katarakt // R Hyperopie, Astigm., Ambl.
12	Strab. alt., Hyperopie, Astigm., Nystagmus //L Ambl.
13	R Myopie, Astigm., Ambl. // L Hyperopie
14	R/L Hyperopie, Anisometr. //L Ambl., Mikroesotr., Sursoadd.
15	R/L Hyperopie, Anisometr., Astigm. //R Amblyopie
16	R/L Hyperopie, Astigm. //L Esotr. //R>L Ambl.
17	R/L Hyperopie //L Mikroesotr., Ambl., exz. Fix.
18	R>L Hyperopie, Anisometr., Ambl //R Mikroeso.
19	R/L Hyperopie, Astigm. //L Mikroesotr., -VD, Crowding-Ambl., exz.Fix.
20	R Hyperopie, Astigm., Esotr., Ambl.
21	R/L Myopie, Astigm., Nyst. latens //L Ambl.
22	R Hyperopie, Ambl.
23	R/L Hyperopie //R geringer Astigm. //L Mikroesotr., Ambl.
24	R>L Myopie, Anisometr. // L Astigm., Mikroesotr., Ambl.
25	R Myopie, Esotr., Astigm., Ambl. //L Hyperopie, Anisometr.
26	L>R Myopie, Astigm. //L hochgr. Ambl.
27	Anisometr. bei Mikrostrab.konvergens, //R Ambl.
28	R/L Hyperopie, Astigm. //L Esotr. mit hochgr. Ambl.
29	Esotr. //R Ambl.
30	L>R Anisometr. //L Mikroesotr., Ambl.
31	R Hyperopie, Astigm. //L Astigm., Ambl.
32	R/L Hyperopie, Astigm. //R Ambl. -VD, A-phän.
33	R/L Myopie, Nystagm. latens, Exotr. //R>L Ambl.
34	R/L Hyperopie, Astigm., Mikroesotr., Ambl.
35	R/L Hyperopie, Astigm. //R Ambl.
36	R Myopie, Astigm.,Esotr., Ambl. // L Hyperopie

Tab. 1: Diagnosen der Patientengruppe (Abkürzungen siehe Anhang)

Drei Kinder waren auf beiden Augen amblyop. Dadurch kam es in der Auswertung zu einer ungleichen Zahl von Führungs- und amblyopen Augen.

22 Kinder wurden zweimal untersucht, und zwar einmal bei Aufnahme, also möglichst vor Schulungsbeginn, und das zweite Mal nach Beendigung der aktiven Pleoptik. Im Durchschnitt betrug die Zeit zwischen erster und zweiter Untersuchung 14 Tage.

Die Untersuchungsbedingungen waren denjenigen der Kontrollgruppe gleich.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Kontrollgruppe

3.1.1 Passiver Test

Es wurde auf einem Computermonitor das Bild von zwei leuchtenden, mit den Spitzen zueinander zeigenden Dreiecken generiert (siehe Abb.1). Die Untersuchung wurde monokular durchgeführt. Zwischen den Dreiecken leuchtete für kurze Zeit eine Testmarke auf, die nach dem Zufallsprinzip an festgelegten Stellen erschien. Die Probanden beobachteten den Bildschirm und gaben die Lokalisation der Testmarke in Bezug zu einer gedachten Mittellinie durch die Dreiecksspitzen an. Es gab die Antwortmöglichkeiten: Rechts, Links und Mitte.

Bei der Auswertung der Fehler wurde vorerst auf eine, vom Fehlerort abhängige Gewichtung der Fehler verzichtet. Eine lineare Steigerung der „Fehlerschwere“ erschien nicht gegeben, obwohl unbestreitbar ein Fehler direkt neben der realen Mitte weniger schwer wiegt als einer, der 10,2 oder 13,6 Winkelminuten entfernt der Mitte gemacht wird. Eine Gewichtung wäre jedoch immer subjektiv und brächte die Gefahr einer Überbewertung jener Flüchtigkeitsfehler mit sich, die in der Peripherie begangen werden.

Wenn in der folgenden Auswertung von „Gesamtfehler“ gesprochen wird, ist damit gemeint, daß keine Unterscheidung gemacht wurde zwischen „Seite-Fehlern“ (die Testmarke wurde zur falschen Seite lokalisiert) und „Mitte-Fehlern“ (es wurde „Mitte“ gesagt, obwohl keine Mitte existiert).

Insgesamt wurden 63 Kinder im Alter von 5-11 Jahren getestet.

5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	10 Jahre	11 Jahre
2	20	15	12	10	3	1

Tab. 2: Alter der normalsichtigen Kinder am ersten Testtag (n=63)

Das durchschnittliche Alter (Mittelwert) betrug zum Zeitpunkt des ersten Testtages 7,3 Jahre.

3.1.1.1 Verteilung der Fehlerpunkte

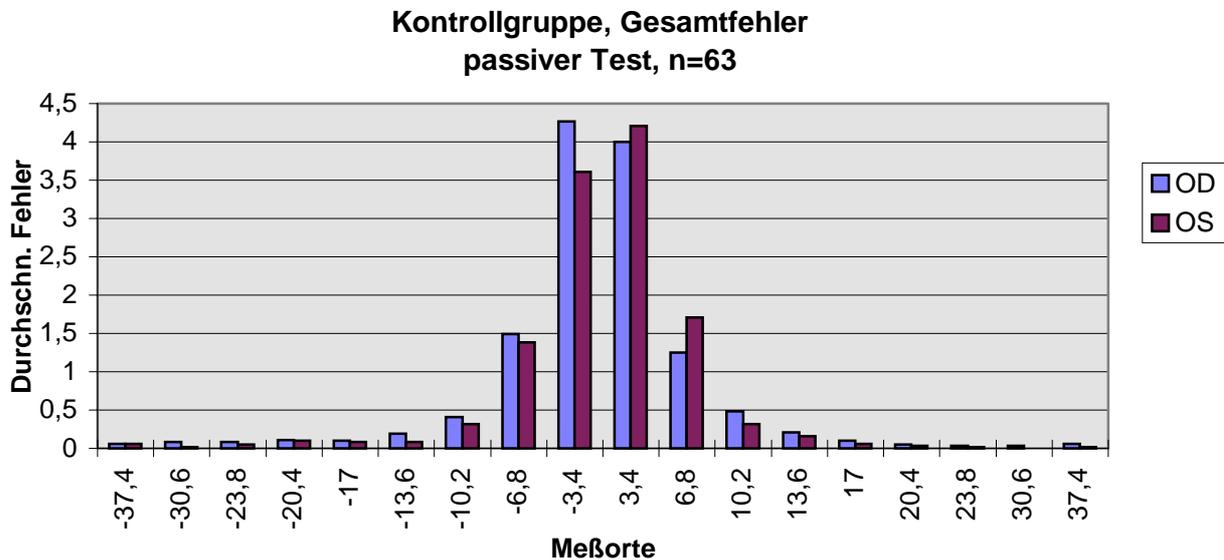


Abb. 4: 63 Probanden ohne visuelle Störungen, rechtes und linkes Auge, Test nach Bedell und Flom.

Auf der Ordinate wurden die Meßorte aufgetragen.

3,4 bis 37,4 Winkelmin. bezeichnet die Meßorte rechts der Mitte, -3,4 bis -37,4 die Meßorte links der Mitte.

Die von den Probanden durchschnittlich gemachten Fehler an den jeweiligen Meßorten sind auf der Abszisse aufgetragen.

Auf der Position 1, d.h. 3,4 Winkelmin. rechts und links der Mitte, wurden von den normalsichtigen Probanden im Durchschnitt 4 Fehler gemacht. Bereits auf Position 2 waren es nur noch 1,5 und auf Position 3 machte nur noch jedes dritte Kind einen Fehler (0,3).

An den übrigen Meßorten wurden nur noch Flüchtigkeitsfehler begangen.

Insgesamt, also alle Meßorte zusammengenommen, wurden pro Kind mit dem rechten Auge im Durchschnitt 13,0 Fehler, mit dem linken Auge 12,2 Fehler gemacht.

Die Fehlerzahl schwankte zwischen 32 und 3 für das rechte und 23 und 3 für das linke Auge.

Für die weitere statistische Auswertung siehe Tabelle 3.

	MAX.	MIN.	MITTELW.	STABW.
OD	32	3	13,0	5,22
OS	23	3	12,2	4,42

Tab. 3: Statistik Fehlerverteilung der Kontrollgruppe (Gesamtfehler).
Passiver Test nach Bedell und Flom (n=63). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Wenn man die Mitte- und Seite-Fehler getrennt betrachtet, ergibt die Auswertung derjenigen Fälle, in denen „Mitte“ gesagt wurde, ein den Gesamtfehlern sehr ähnliches Bild.

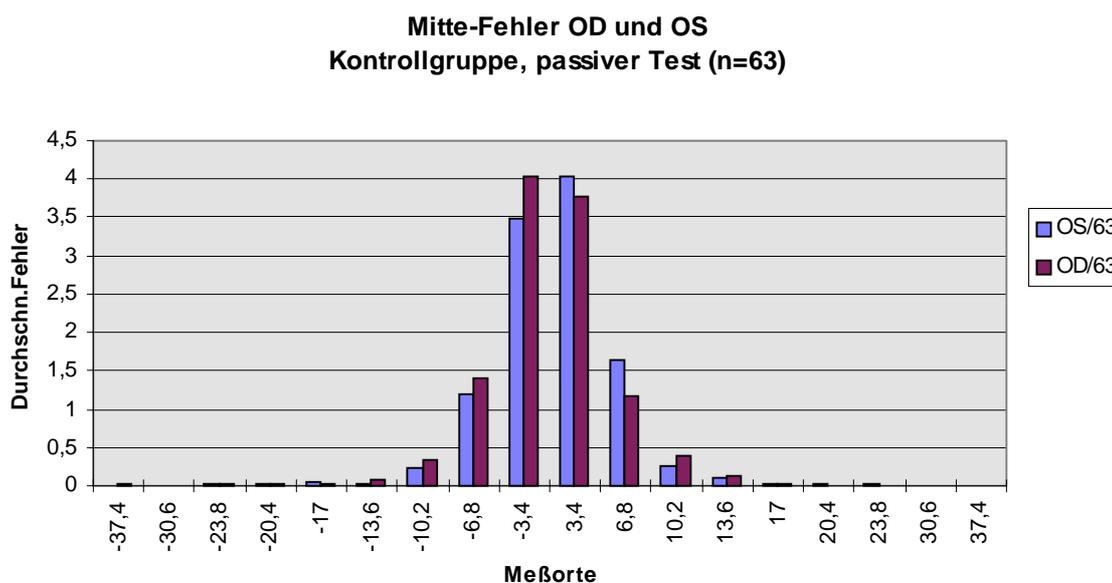


Abb. 5: Nur „Mitte“-Fehler, 63 normalsichtige Probanden, passiver Test nach Bedell und Flom.

Auch hier lagen die Maxima an Position 1. An Pos. 2 war der durchschnittliche Fehler auf ein Viertel des Maximalwertes gefallen. Ab Pos. 5 ist nur noch eine unerhebliche Zahl von Flüchtigkeitsfehlern gemacht worden.

**Seite-Fehler OD und OS
Kontrollgruppe, passiver Test (n=63)**

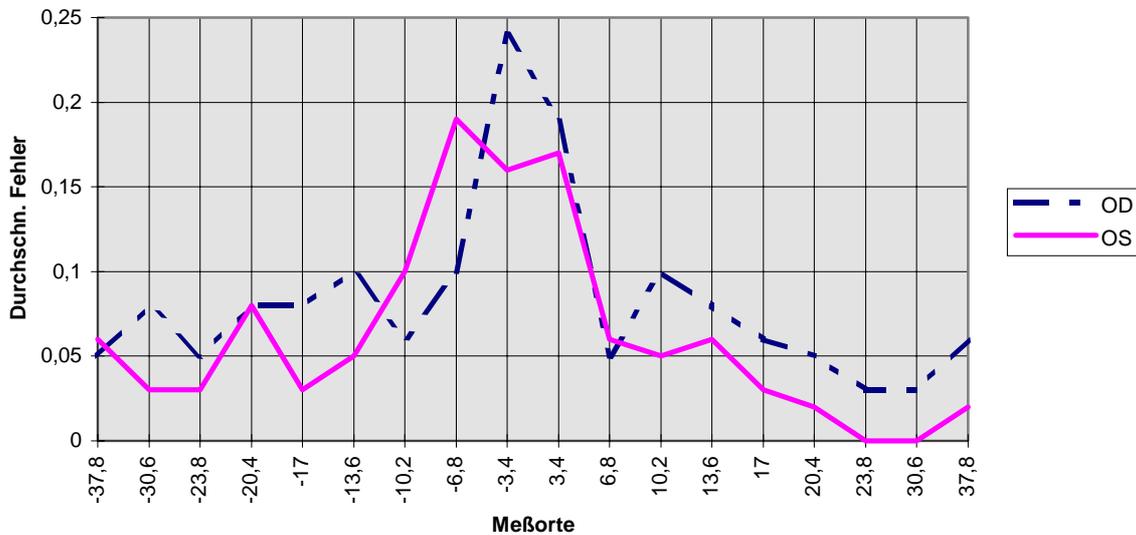


Abb. 6: Nur „Seite“-Fehler.(n=63) Kontrollgruppe, passiver Test

Die Auswertung der Seite-Fehler zeigt kein eindeutiges Bild.

Insgesamt wurden bei weitem weniger Seite- als Mitte-Fehler gemacht. Der Mittelwert der Seite-Fehler beträgt nur ein Zehntel derjenigen der Mitte-Fehler.

Auch an den weit außen liegenden Meßorten wurden noch Fehler gemacht. Der Unterschied zwischen den inneren Meßorten um die reale Mitte und den äußeren Meßorten ist viel geringer als bei den Mitte-Fehlern.

	MAX.	MIN.	MITTELW.	STABW.
OD Seite-Fehler	25	0	1,51	3,54
OS Seite-Fehler	9	0	1,14	1,81
OD Mitte-Fehler	32	3	13,0	5,22
OS Mitte-Fehler	23	3	12,2	4,42

Tab. 4: Kontrollgruppe. Mitte- und Seite-Fehler. (n=63), passiver Test
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.1.1.2 Gewichtung der Fehler

Es stellte sich die Frage, wie eine Gewichtung der Seite- bzw. Mitte-Fehler beim passiven Test vorzunehmen wäre, um somit eine einheitliche Auswertung vornehmen zu können. Wäre dies möglich, könnte ähnlich wie bei der Auswertung der Gesamtfehler verfahren werden, jedoch wäre die unterschiedliche Schwere eines Mitte-Fehlers gegenüber einem Seite-Fehler berücksichtigt.

Ebenso sollte die Auswertung die unterschiedliche Bedeutsamkeit der Fehler an den unterschiedlichen Meßorten erfassen. Unbestreitbar ist ein Mitte-Fehler an Position 1 weniger gravierend als ein Fehler an Position 9. Auch eine Verwechslung der Seiten muß an den verschiedenen Meßorten verschieden gewichtet werden.

Nur wenn jedem Fehler an jeder Stelle ein definierter „Schweregrad“ zugeteilt werden kann, ist eine schnelle und vergleichbare Bestimmung der Lokalisationsfähigkeit möglich.

Um eine realitätsnahe Gewichtung der unterschiedlichen Fehler an den unterschiedlichen Testorten zu ermöglichen, wurde von der Kontrollgruppe als normalsichtigem Kollektiv ausgegangen und für jeden Testort ein Wert ermittelt, der dieser Gewichtung entspricht.

Seiten-Fehler und Mitte-Fehler Kontrollgruppe, passiver Test, durchschnittl. Fehler beider Augen (n=63)

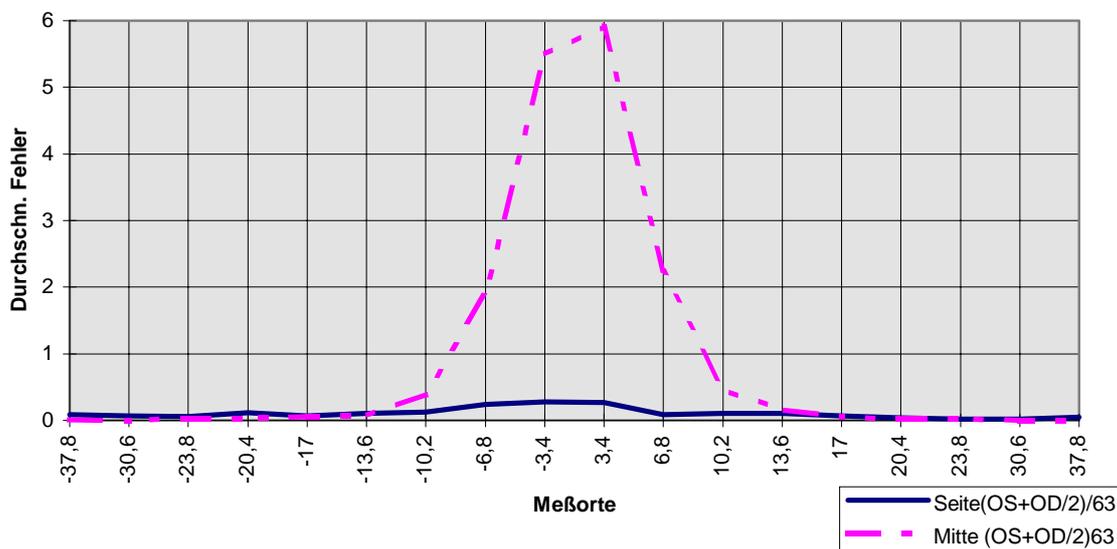


Abb. 7: Vergleich der Seiten-Fehler und der Mitte-Fehler der normalsichtigen Kinder. Passiver Test nach Bedell und Flom, (n=63).

Wie man in Abb. 7 sieht, werden bei weitem mehr Mitte- als Seite-Fehler gemacht, wobei der Hauptunterschied zwischen -13,6 und +13,6 liegt. Die Anzahl aller Mitte-Fehler ist mit 711 um den Faktor 8,4 größer als die der Seite-Fehler (83).

Pos	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S	3,5	3,5	2,5	5	3,5	5	5	9	13	12	3,5	5	4,5	3	2	1	1	2,5
M	0,5	0	1,5	1,5	2	3,5	18	82	237	246	89	20,5	7	2	0,50	0,5	0	0

Tab. 5: Die an den verschiedenen Meßorten von der Kontrollgruppe (n=63) gemachten Fehler. S=Seiten-Fehler, M=Mitte-Fehler. $(OD+OS/2)$, passiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Bei den weiter peripher gelegenen Meßorten werden dagegen weniger Mitte- als Seite-Fehler gemacht. Die Fehlerzahl schwankt bei den Mitte-Fehlern zwischen 0 und 246, bei den Seite-Fehlern zwischen 1 und 13.

Um den durchschnittlichen Schweregrad eines Fehlers an einem bestimmten Testort zu erfassen, wurde folgendermaßen verfahren: Da an jedem Testort 5 mal eine Testmarke gezeigt wurde und 63 Kinder getestet wurden, ergibt sich ein maximal möglicher Fehler von 315 an jedem Testort. Dividiert man z.B. 315 (maximal möglich) durch 20,5 (an Pos. 3 gemachte Fehler) so erhält man 15. Diese Zahl gibt den durchschnittlichen Schweregrad des Fehlers für die Position 3 an. Die Anzahl der maximal an einem Testort möglichen Fehler wurden durch die gemachten Fehler dividiert.

Gewichtung der Fehler Mitte-/Seite-Fehler, passiver Test, Kontrollgruppe

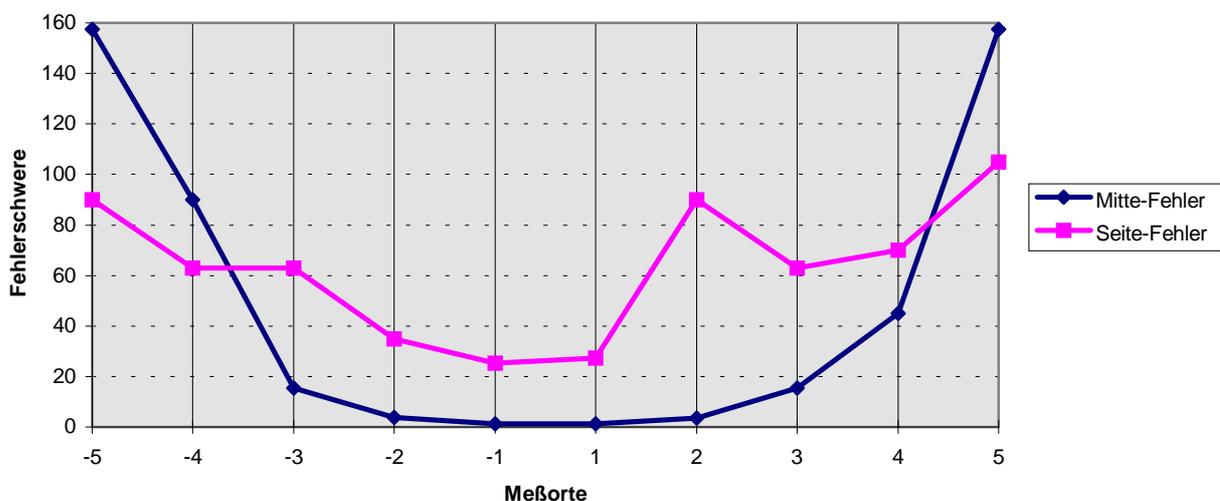


Abb. 8: Die maximal mögliche Fehlerzahl (315) dividiert durch die an den Positionen -5 bis 5 gemachten Fehler $(OD+OS/2)$. Passiver Test, Kontrollgruppe.

Wie man sieht, ist die Fehlerschwere beim Mitte-Fehler symmetrisch verteilt, während beim Seite-Fehler die Verteilung nur die Tendenz zu einer Verringerung der Fehlerschwere auf den mittleren Positionen erkennen läßt.

	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5
Mitte-Fehler	158	90	16	4	1	1	4	15	45	158
Seite-Fehler	90	63	63	35	26	27	90	63	70	105

Tab. 6: Multiplikatoren, passiver Test, Kontrollgruppe

Die Tabelle Nr. 6 zeigt, daß an Position „minus eins“ und „eins“ 158 mal mehr Fehler gemacht werden, als an Position „minus fünf“ und „fünf“. Ein Fehler an den Positionen „minus fünf“ und „fünf“ muß also 158 mal schwerer gewichtet werden als einer auf den Mittelpositionen. Gleiches gilt für die übrigen Meßorte.

Wie man sieht, wiegt ein Seiten-Fehler im zentralen Bereich schwerer als ein Mitte-Fehler. Bei weiter peripher gelegenen Testorten dagegen ist ein Mitte-Fehler schwerwiegender.

3.1.1.3 Altersverteilung

3.1.1.3.1 Gesamtfehler nach Meßorten

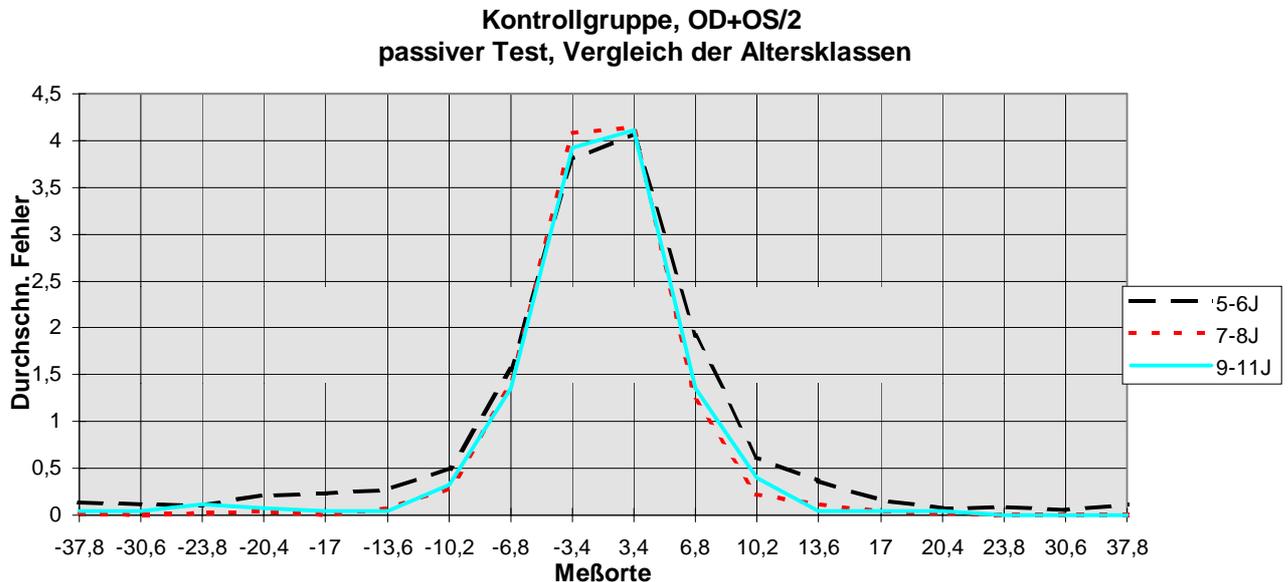


Abb. 9: 63 normalsichtige Probanden. Aufgeteilt nach dem Alter.

(22 „5-6 Jährige“, 27 „7-8 Jährige“, 14 „9-11 Jährige“),

Es wurde der durchschnittliche Gesamtfehler der Summe des rechten und des linken Auges aufgetragen ($OD+OS / 2$). Passiver Test nach Bedell und Flom.

Die Kontrollgruppe wurde nach dem Alter der Kinder zum Zeitpunkt der Untersuchung in drei Gruppen aufgeteilt. Die durchschnittliche Fehlerzahl jeder Gruppe wurde getrennt aufgetragen. Das Diagramm veranschaulicht wiederum den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Fehlerzahl (Y) und den Meßorten (X).

Auf Position 1 und in der Peripherie gibt es keinen sichtbaren Unterschied zwischen den Altersklassen. Nur zwischen Position 2 und 4 scheint die Gruppe der 5-6 jährigen Kinder mehr Fehler zu machen als die anderen Altersklassen.

Bei der Einzelauswertung wies die Gruppe der 5-6 jährigen Kinder den größten Maximalfehler (größte Anzahl von Fehlern bei einem Test) mit 32 und den höchsten Minimalfehler (kleinste Anzahl von Fehlern bei einem Test) mit 5 auf. Die 7-8 jährigen Kinder machten maximal 19 und minimal 3 Fehler. Bei den 9-11 Jahre alten Kindern war der Maximalfehler 23 und der Minimalfehler 3. Die 5-6 jährigen Kinder zeigten demnach die größte Streuung der Fehleranzahl.

3.1.1.3.2 Gesamtfehler, alle Meßorte

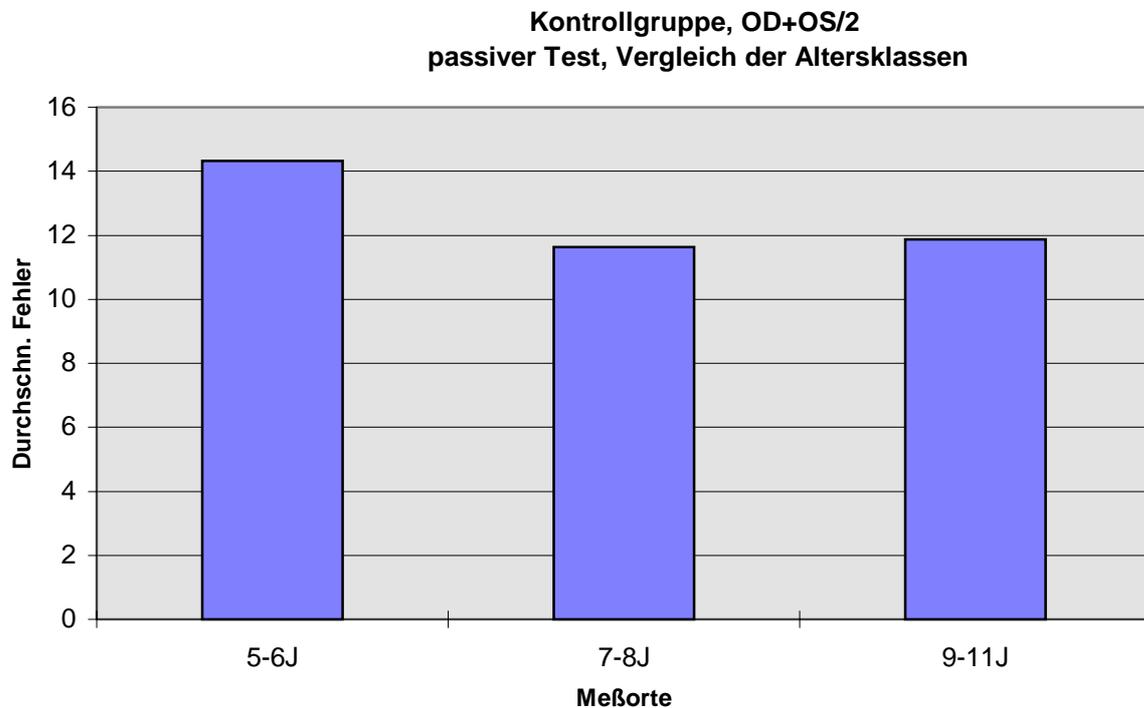


Abb. 10: 63 normalsichtige Probanden, aufgeteilt nach den Altersklassen. Es wurde der durchschnittliche Gesamtfehler der Summe des rechten und des linken Auges aufgetragen (OD+OS / 2). Passiver Test nach Bedell und Flom.

Bei dieser Auswertung wurde auf die Differenzierung nach den Meßorten verzichtet. Man sieht, daß die Gruppe der 5-6 jährigen Kinder mit 14,3 Fehlerpunkten die unsicherste Lokalisation aufweist. Die Prüfung mit Hilfe des t-Test für unverbundene Stichproben ergab eine schwache Signifikanz mit $p = 0,045$ beim Vergleich der 5-6 jährigen Kinder mit den 7-8 Jährigen.

Die 7-8 Jährigen hatten mit durchschnittlich 11,6 die wenigsten Lokalisationsfehler.

Zwischen den Gruppen der 5-6 und der 9-11 Jährigen konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden. Auch zwischen den 7-8 und den 9-11 Jährigen mit durchschnittlich 11,9 Fehlern gab es bei dieser Testmethode keinen signifikanten Unterschied (siehe Tabelle).

Bei der Berechnung mit Hilfe der Multiplikatoren („gewichtet“, siehe oben) ergab sich für keine der Gruppenvergleiche ein signifikanter Unterschied.

	t-Test	STABW.	Varianz
Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 7-8 Jährigen	p = 0,049	5,161	26,63
Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	p = 0,122	3,66	13,4
Vergl. der 7-8 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	p = 0,836	3,894	15,16

Tab. 7: Statistik Kontrollgruppe, Gesamtfehler (22 „5-6 Jährige“, 27 „7-8 Jährige“, 14 „9-11 Jährige“), t-Test für unverbundene Stichproben, passiver Test, (n=63)
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.1.1.3 Vergleich der Gesamtfehler der Kinder mit denen der Erwachsenen

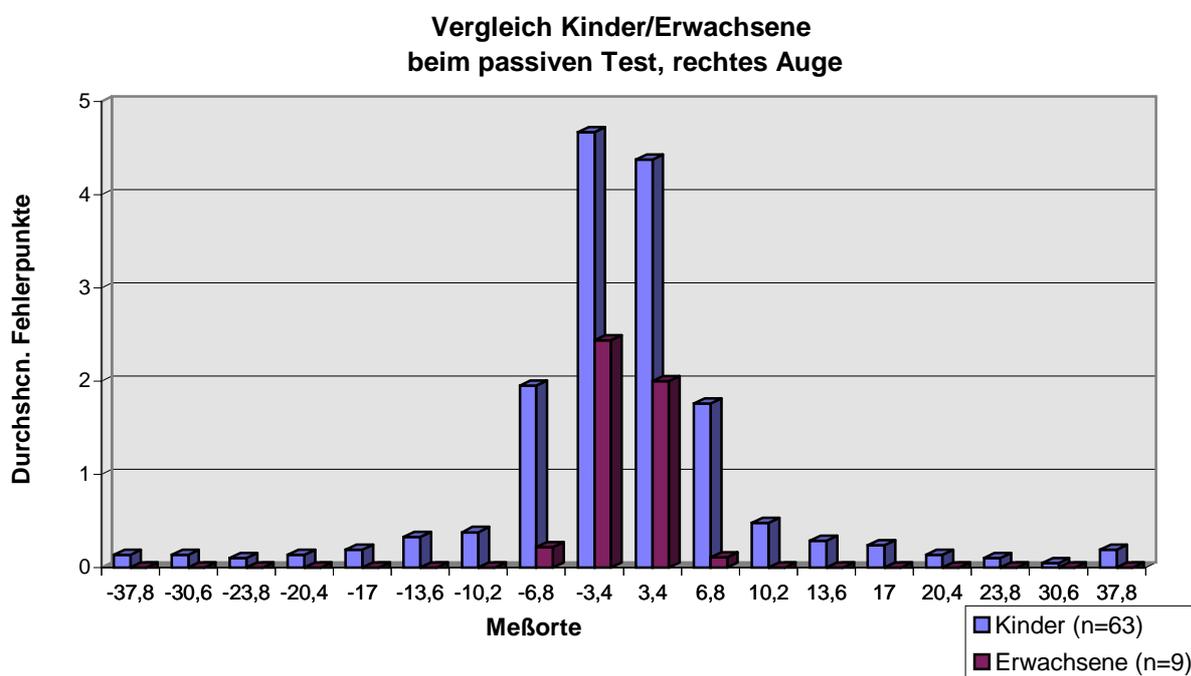


Abb. 11: Es wurden die Gesamtfehler der rechten Augen von 63 Kindern (zwischen 5 und 11 Jahren) und 9 Erwachsenen (20 bis 54 Jahre) verglichen. Kontrollgruppe, passiver Test.

Wie man in Abb. 11 erkennt, wurde der Test von den Erwachsenen weitaus besser bestanden als von den Kindern. Die Erwachsenen begingen nur an Pos. 1 nennenswerte Fehler.

Die durchschnittliche Fehlerzahl aller Kindergruppen zusammen war mit 12,6 beinahe dreimal so groß wie die durchschnittliche Fehlerzahl der Erwachsenen (4,8).

Der t-Test ergab eine hohe Signifikanz von $p = 0,000016$ beim Vergleich der von den Kindern gemachten Fehler mit denen der Erwachsenen.

3.1.1.3.4 Mitte- und Seite-Fehler

In der folgenden Auswertung werden die Seite-Fehler und die Mitte-Fehler in den Altersklassen 5-6 Jahre und 7-11 Jahre verglichen.

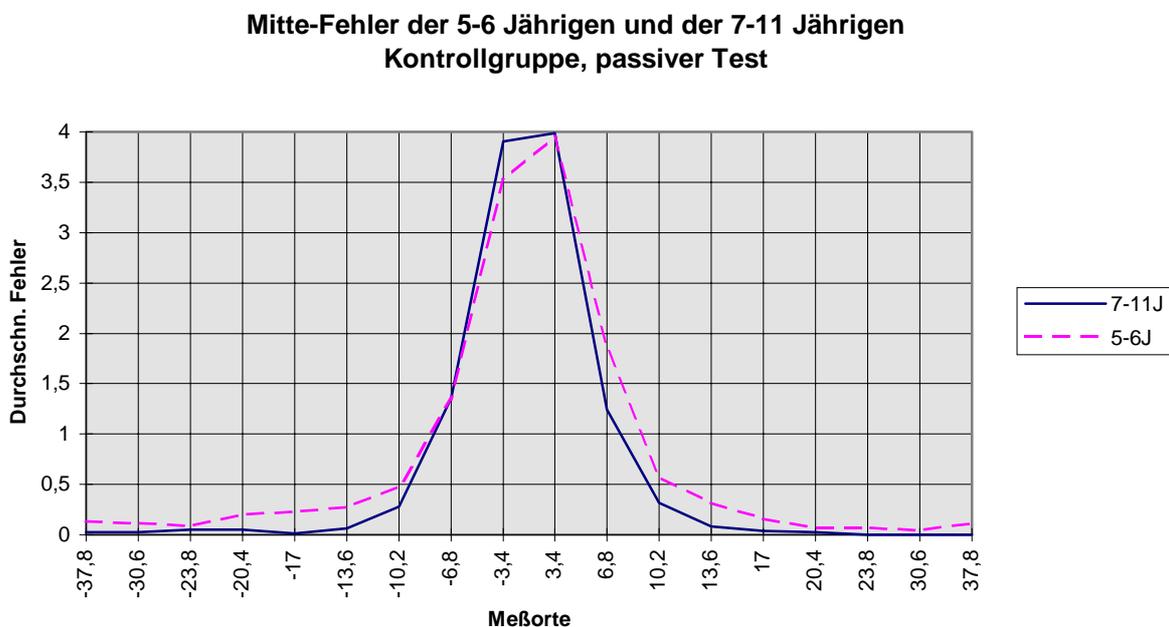


Abb. 12: Aufgetragen wurden die Fehler, bei denen „Mitte“ gesagt wurde. **22** „5-6 Jährige“, **41** „7-11 Jährige“. Durchschnitt der Summe beider Augen (OD+OS/2). Kontrollgruppe, passiver Test nach Bedell und Flom.

Wie bei der Auswertung der Gesamtfehler ist nur ein diskreter Unterschied zwischen den Altersklassen sichtbar. Wieder ist der Unterschied auf den Positionen 2 bis 4 am deutlichsten. Die Kurve der jüngeren Kinder ist weniger steil, erreicht aber das gleiche Maximum. Die Prüfung mittels des t-Tests ergab eine Signifikanz von $p = 0,03$.

	MAX.	MIN.	STABW.	Mittelw.
5-6 Jahre	31	4	5,6	13,5
7-11 Jahre	22	2	4,2	11,5

Tab. 8: Statistik Kontrollgruppe, Mitte-Fehler. 5-6 Jahre (n=22), 7-11 Jahre (n=41). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Der Unterschied wird deutlich, wenn man die Lokalisationsfehler der 7-11 jährigen Kinder von den Lokalisationsfehlern der jüngeren Kinder subtrahiert.

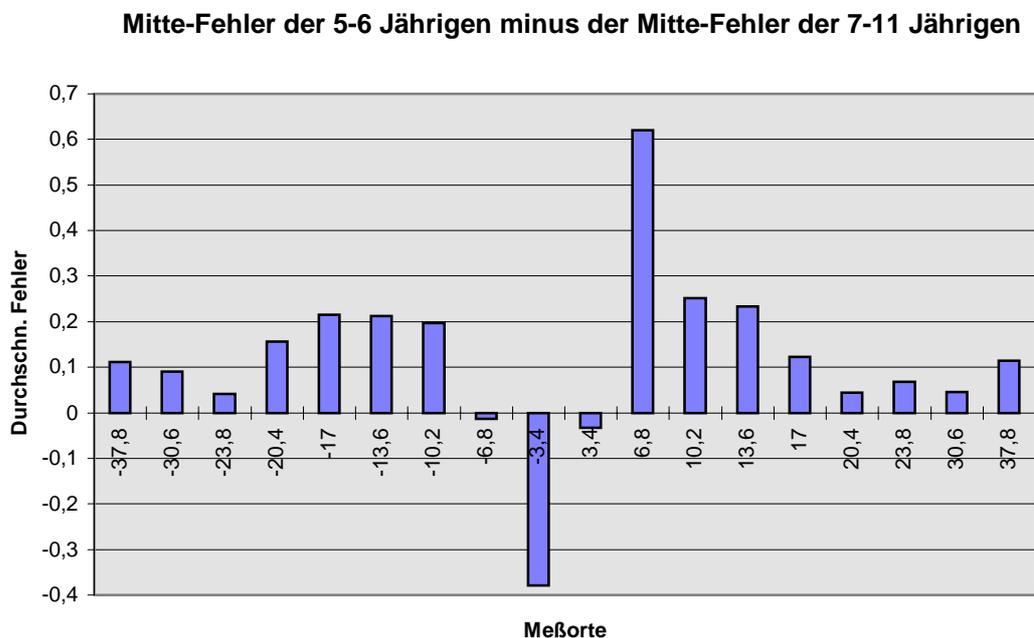


Abb. 13: Mitte-Fehler der 5-6 Jährigen (n=22) abzüglich der Mitte-Fehler der 7-11 Jährigen (n=41). Durchschnitt der Summe der Fehler beider Augen (OD+OS/2). Kontrollgruppe passiver Test nach Bedell und Flom.

Die jüngeren Kinder haben mit Ausnahme der Mitte an allen Positionen mehr Fehler gemacht als die älteren. Nur am Meßort -3,4 haben die 9-11 jährigen Kinder deutlich mehr Fehler gemacht. Die für die Tendenz entscheidenden Meßorte sind jedoch -17,0, -13,6, 6,8 und 13,6. An diesen Meßorten konnte ein signifikanter Unterschied bewiesen werden

Bei den Seite-Fehlern ist der Unterschied zwischen den Altersgruppen weitaus größer. Die jüngeren Kinder machen insgesamt mehr Fehler auf allen Positionen. Der Unterschied zwischen dem Seite-Fehler der 5-6 Jährigen und dem Seite-Fehler der 7-11 Jährigen ist mit $p = 0,021$ statistisch signifikant.

Vergleich der Seite-Fehler der 5-6 Jährigen und der 9-11 Jährigen

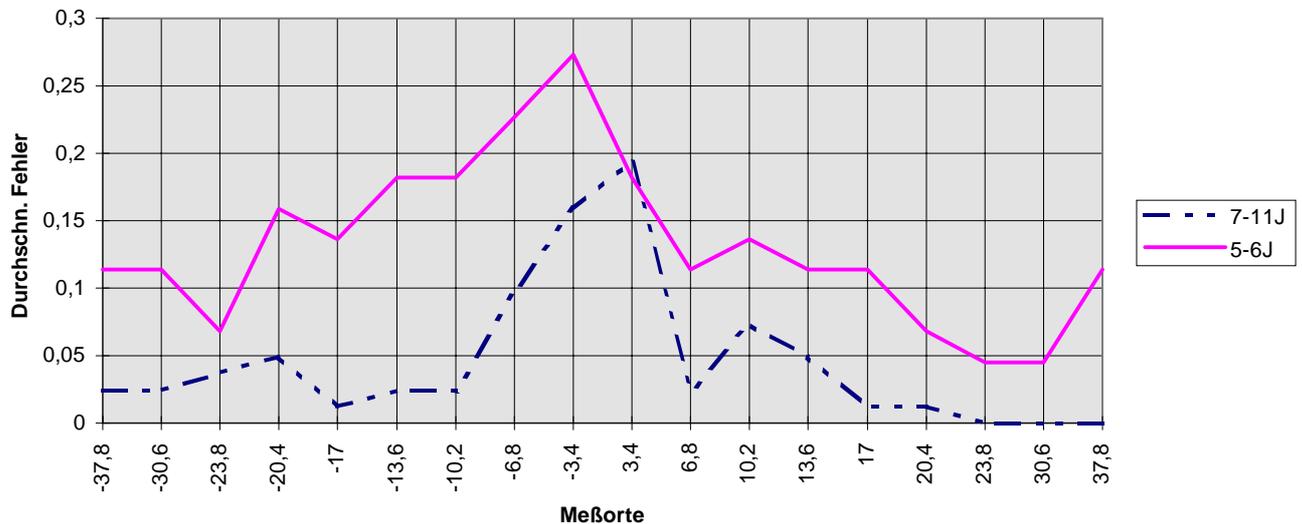


Abb. 14: Aufgetragen wurden die Fehler, bei denen die falsche Seite genannt wurde. **22** „5-6 Jährige“, **41** „7-11 Jährige“. Passiver Test nach Bedell und Flom.

Der Mittelwert der Seite-Fehler bei den 5-6 Jährigen ist fast dreimal so groß wie derjenige bei den älteren Kindern. Auch der Maximalfehler und die Standardabweichung sind bei der jüngeren Gruppe deutlich größer.

	MAX.	MIN.	STABW.	Mittelw.
5-6 Jahre	25	0	4,27	2,4
7-11 Jahre	7	0	1,30	0,82

Tab. 9: Statistik Kontrollgruppe, passiver Test, Seite-Fehler. 5-6 Jahre (n=22), 7-11 Jahre (n=41). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.1.1.4 Naso-temporale Asymetrie

Es sollte der Frage nachgegangen werden, ob es einen physiologischen Unterschied bei der Verteilung der Fehlerpunkte und damit der Lokalisationsfehler im temporalen und nasalen Gesichtsfeld gibt.

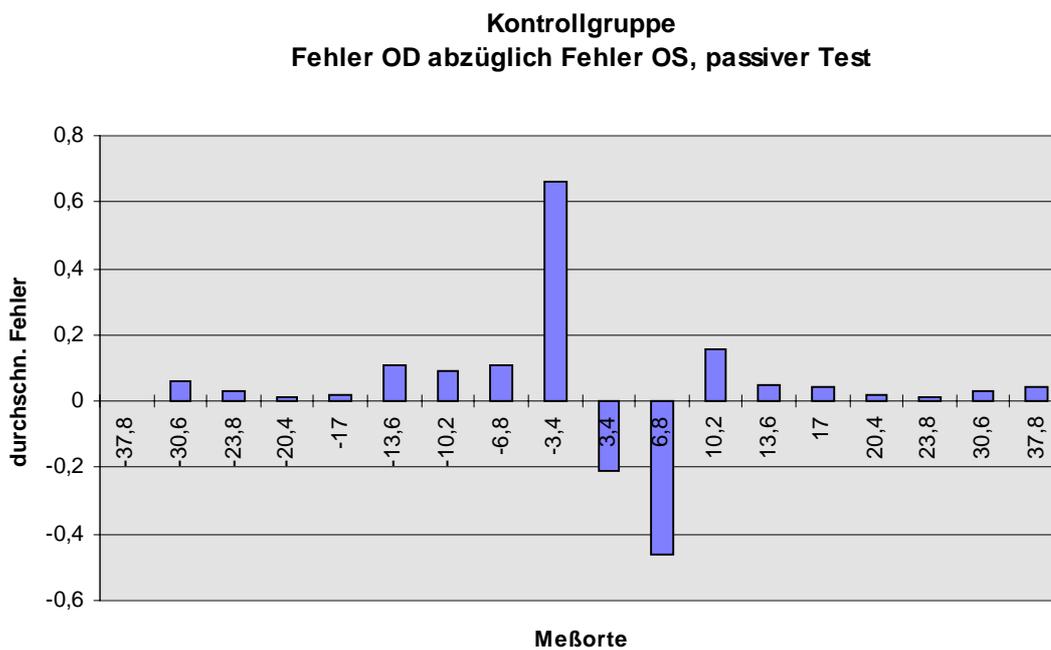


Abb.15: Die mit dem linken Auge gemachten Fehler wurden von den rechts gemachten abgezogen. Im positiven Bereich ist demnach diejenige Anzahl von Fehlern aufgetragen, die das rechte Auge an der jeweiligen Position mehr gemacht hat als das linke Auge. Umgekehrt wurde im negativen Bereich verfahren.

(63 normalsichtige Probanden im Alter von 5-11 Jahren. Passiver Test nach Bedell und Flom).

Bei dieser Auswertung zeigt sich, daß die meisten Fehler mit dem rechten Auge begangen wurden. Auffallend ist der im nasalen Bereich des rechten Auges liegende Maximalfehler am Meßort -3,5. Die einzigen Meßorte, an denen das linke Auge mehr Fehler als das rechte gemacht hat, sind ebenfalls im nasalen Gesichtsfeld lokalisiert.

Vergleicht man die Meßorte 3,4 und -3,4 mittels des t-Tests, so erhält man den signifikanten Unterschied $p = 0.0005$.

Der Vergleich der Meßorte -6,8 und 6,8 ist ebenfalls signifikant mit $p = 0,026$.

Es gibt demnach einen Unterschied zwischen der nasalen und der temporalen Gesichtsfeldhälfte. Es werden im nasalen Bereich mehr Fehler gemacht, als im temporalen.

Eine ähnliche Verteilung entsteht, wenn man die Mitte-Fehler gesondert betrachtet.

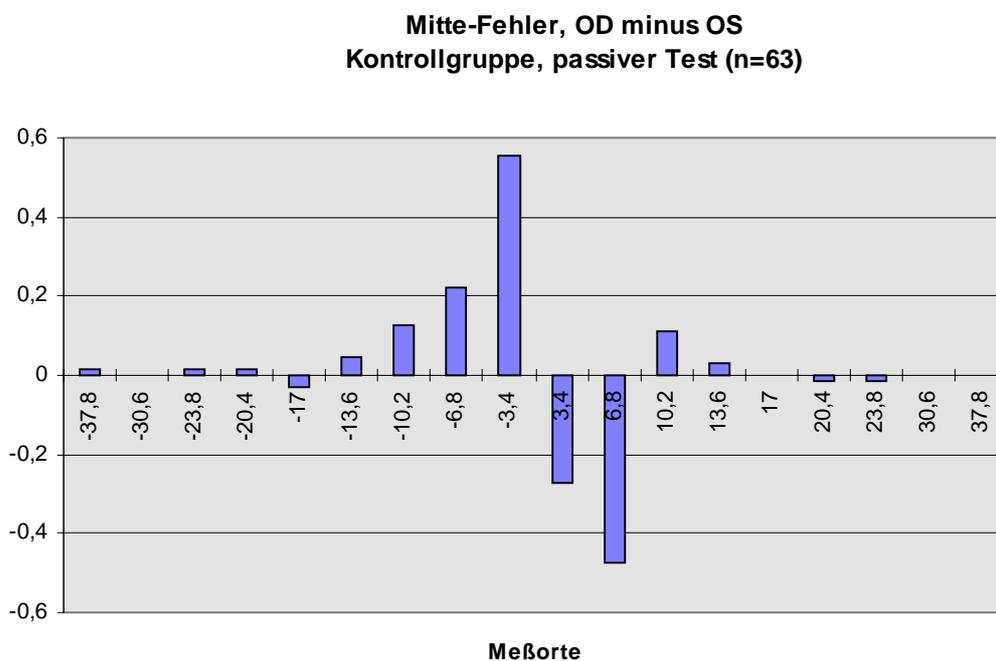


Abb. 16: Es wurden nur diejenigen Fehler gewertet, bei denen „Mitte“ gesagt wurde, obwohl keine Mitte existiert. Die mit dem linken Auge begangenen Fehler wurden von denjenigen, die mit dem rechten Auge gemacht wurden subtrahiert (siehe Abb. 6). (Kontrollgruppe, passiver Test nach Bedell und Flom, n=63).

Auch hier sieht man ein nasales Fehlermaximum

Wenig aussagekräftig ist dagegen die Auswertung der Seite-Fehler.

Es ist keine Abhängigkeit der Fehlerzahl von der Gesichtsfeldhälfte feststellbar.

Fehler OD abzüglich Fehler OS
Kontrollgruppe, passiver Test (n=63)

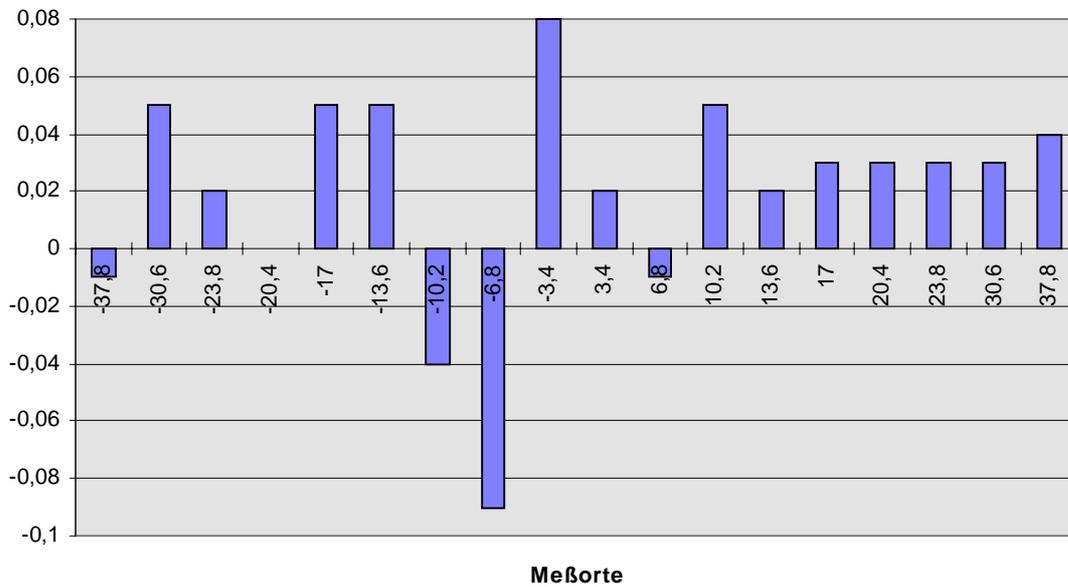


Abb. 17: Es wurden nur diejenigen Fehler gewertet, bei denen die falsche Seite genannt wurde. Die mit dem linken Auge begangenen Fehler wurden von denjenigen, die mit dem rechten Auge gemacht wurden subtrahiert (siehe Abb. 6).
(Kontrollgruppe, passiver Test nach Bedell und Flom, n=63).

3.1.1.5 Lerneffekt

Bei 21 der Probanden der Kontrollgruppe wurde der Test nach durchschnittlich 5 Tagen unter denselben Voraussetzungen wiederholt.

Testwiederholung nach:

1 Tag	2 Tagen	3 Tagen	5 Tagen	7 Tagen	10 Tagen	12 Tagen	30 Tagen	36 Tagen
6	1	2	5	3	1	1	1	1

Tab. 10: Auflistung der Testwiederholungen nach den Zeitabständen zwischen den Testtagen. Kontrollgruppe (n=21), passiver Test.

3.1.1.5.1 Gesamtfehler

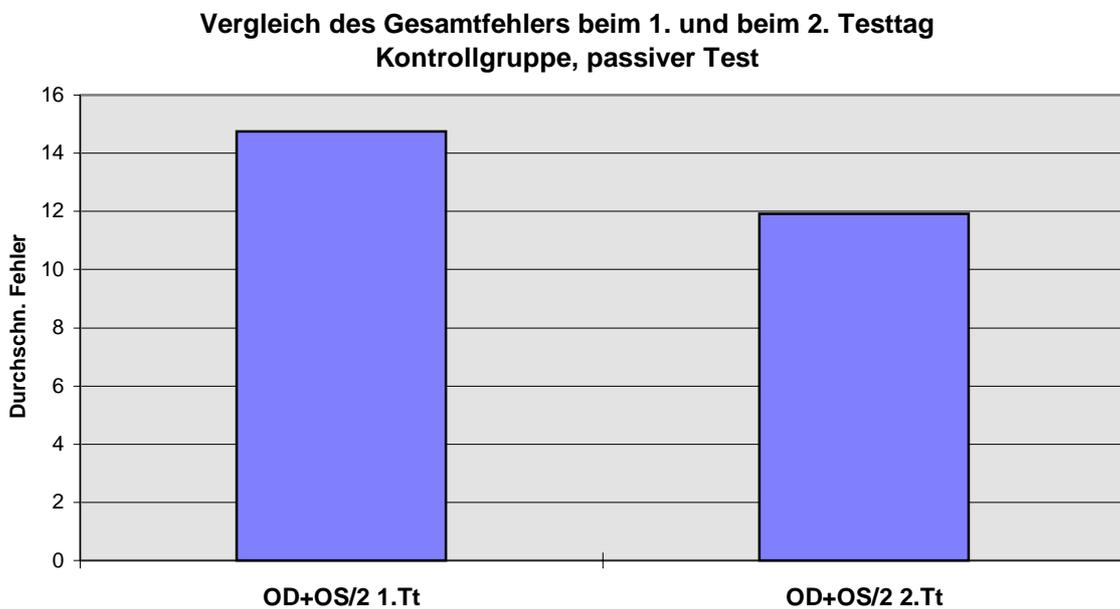


Abb. 18: Durchschnittlicher Gesamtfehler von 21 normalsichtigen Kindern am ersten und am zweiten Testtag. Passiver Test.

	STABW.	Varianz	Mittelwert	MAX.	MIN.
--	---------------	----------------	-------------------	-------------	-------------

1. Tag	4,4	20	14,7	24	7
2. Tag	4,4	20	11,9	26,5	4,5

Tab. 11: Statistik Vergleich 1. Und 2. Testtag, passiver Test, Kontrollgruppe (n=21)
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang) (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Der Vergleich des ersten mit dem zweiten Testtag mittels des t-Tests für verbundene Stichproben ergab einen signifikanten Unterschied der ungewichteten Fehlerzahlen mit $p = 0,008$, bei der Auswertung mit Hilfe der Multiplikatoren („gewichtet“, siehe 3.1.1.2) $p = 0,015$.

3.1.1.5.2 Nach Meßorten

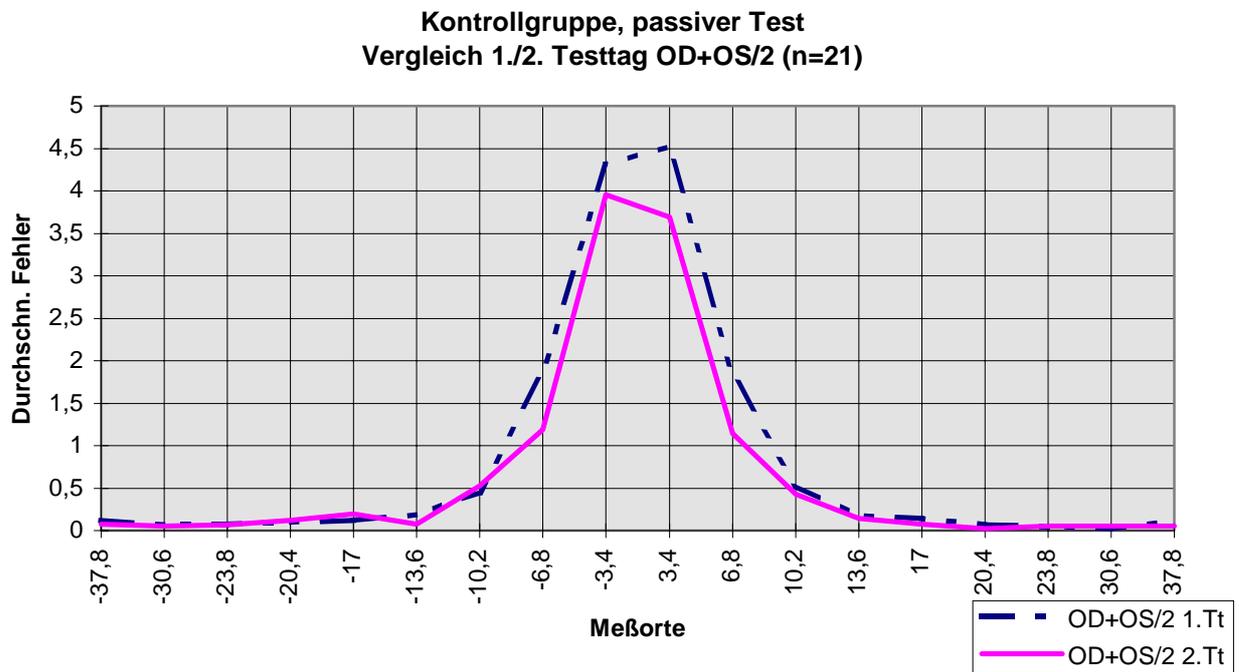


Abb. 19: Durchschnittlicher Fehler von 21 normalsichtigen Kindern am ersten und am zweiten Testtag, aufgetragen nach den Testorten

In Abbildung 19 ist deutlich eine Abnahme der Fehlerzahl an beinahe allen Meßorten zu erkennen. Besonders im Bereich -6,8 bis 6,8 ist eine Verbesserung der Lokalisation festzustellen.

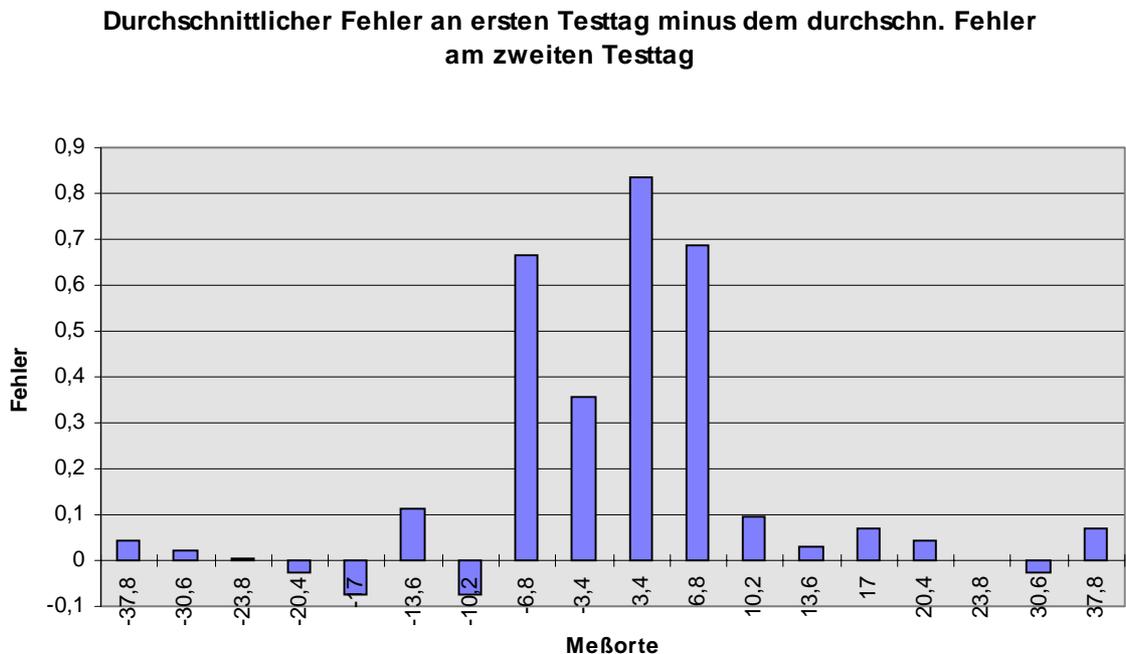


Abb. 20: Die von 21 der normalsichtigen Kinder am zweiten Testtag gemachten Fehler wurden von den Fehlern des ersten Testtages subtrahiert. Das Ergebnis wurde nach Testorten aufgetragen. (Kontrollgruppe, passiver Test).

In Abbildung 20 kann man die durchschnittliche Verbesserung der Erkennungsleistung pro Kind und Meßort zwischen dem ersten und dem zweiten Testtag ablesen. Die Kinder haben z.B. an Position 1 (3,4) am zweiten Testtag im Durchschnitt 0,84 Fehler weniger gemacht als am ersten.

3.1.2 Aktiver Test

Es wurde auf einem Computermonitor das Bild von zwei leuchtenden, mit den Spitzen zueinander zeigenden Dreiecken generiert (siehe Abb.1). Die Untersuchung wurde monokular durchgeführt. Im Unterschied zum passiven Test wurden die Testmarken jedoch nicht nur für 130 Milisec. sondern dauerhaft gezeigt.

Die Testmarke konnte vom Probanden mit Hilfe von zwei Tasten nach rechts oder links bewegt werden (siehe Abb.3). Hatte der Proband sie genau in die subjektive Mitte gerückt, wurde der Ort, an dem sich die Marke gerade befand, gespeichert.

Die Auswertung des aktiven Tests ist einfacher als die Auswertung des passiven Tests, da die Kinder die Testmarken selber in die subjektive Mitte rücken. Die Fehler müssen daher nicht gesondert gewichtet werden. Außerdem existiert bei diesem Test eine reale Mittelposition, d.h. es gibt keine Unterscheidung zwischen Mitte- und Seite-Fehlern.

Um die Auswertung einheitlich zu gestalten, wurde die gleiche Auftragungsart nach Meßorten gewählt wie beim passiven Test. Dabei muß beachtet werden, daß beim aktiven Test die letzten beiden Testorte, die ausgewertet wurden, nicht 30,6 und 37,4 sondern 27,2 und 30,6 Winkelminuten von der realen Mitte entfernt sind (siehe Material und Methoden). Außerdem wurde die Auswertung auf Fehler beschränkt, die zwischen -30,6 und 30,6 min. um die reale Mitte gemacht wurden, obwohl die Kinder die Testmarke bis 455,6 min. zu jeder Seite auslenken konnten. Außerhalb des gewerteten Bereichs wurden nur versehentlich Testmarken abgespeichert. Die Ähnlichkeit mit der Auswertungsart des passiven Tests sollte einen Vergleich der Testarten vereinfachen. Dies darf jedoch nicht darüber hinweg täuschen, daß die Fehlerart beim aktiven und passiven Test unterschiedlich ist

3.1.2.1 Verteilung der Fehlerpunkte

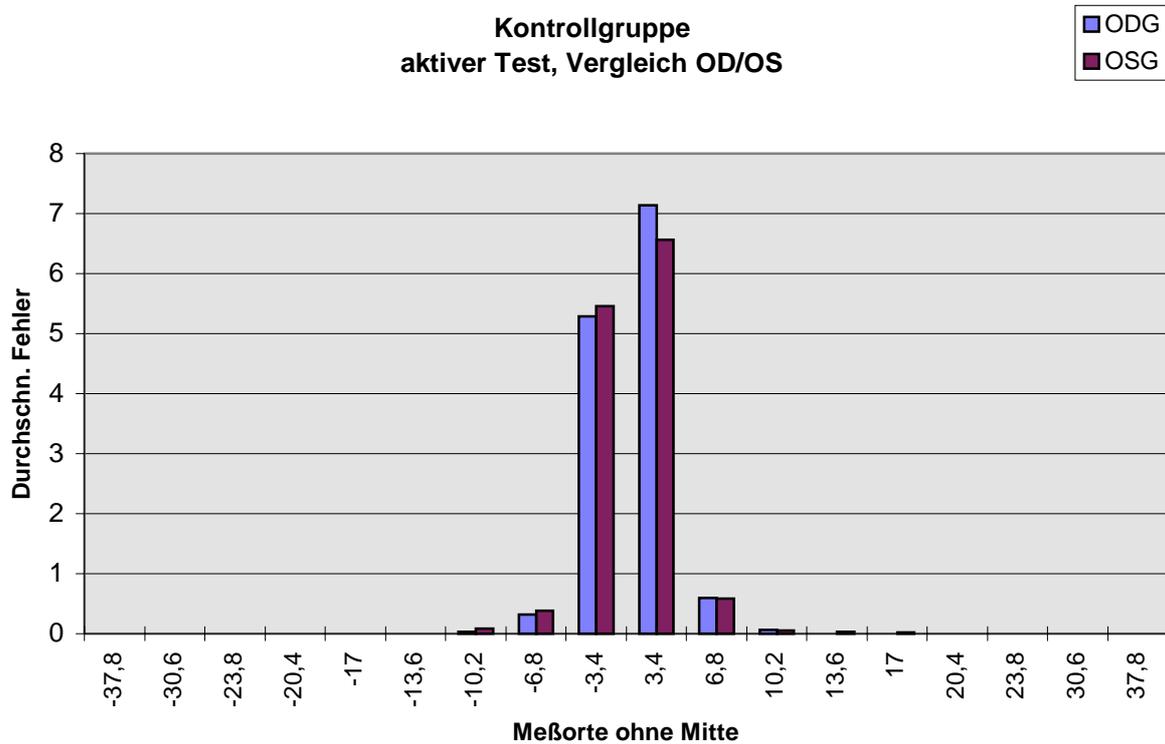


Abb. 21: Durchschnittlich gemachte Fehler von 63 normalsichtigen Probanden, rechtes und linkes Auge, aktiver Test nach einer Modifikation von Fronius und Sireteanu.

Auf der Ordinate wurden die Meßorte aufgetragen. Obwohl beim aktiven Test eine Mittelposition existiert, ist sie nicht aufgeführt, da alle richtig in die Mitte positionierten Testmarken natürlich nicht als Fehler gewertet werden. Aufgetragen wurden also nur die an den übrigen Testorten gesetzten Marken in ihrer durchschnittlichen Häufigkeit.

Nennenswerte Fehler wurden nur zwischen -6,8 und 6,8 gemacht.

Die Gesamtfehlerzahl schwankte zwischen 0 und 27 Fehlern pro Test (bei 30 möglichen).

	MIN.	MAX.	STABW.	Varianz	Mittelwert
OD	0	27	6,8	46,7	13,4
OS	2	25	6,6	43,1	13,2

Tab. 12: aktiver Test, Kontrollgruppe (n=63), durchschn. gemachte Fehler (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.1.2.2 Altersverteilung

3.1.2.2.1 Fehlerverteilung bei den Kindern

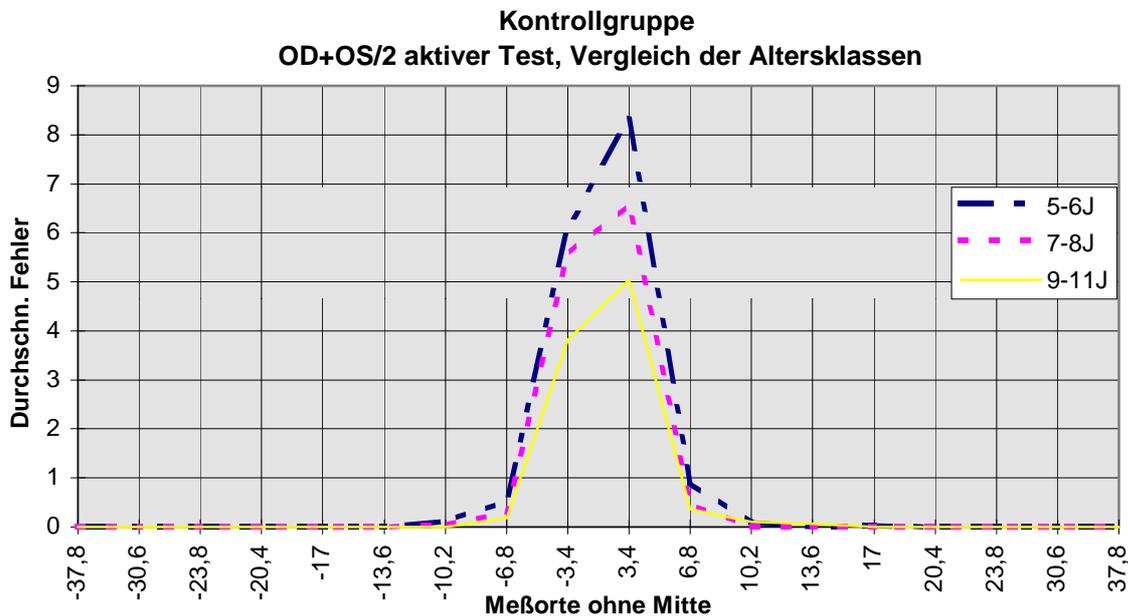


Abb. 22: 63 normalsichtige Probanden. Aufgeteilt nach dem Alter.

Gruppe 1 = 5-6 Jahre (n=22), Gruppe 2 = 7-8 Jahre (n=27)

Gruppe 3 = 9-11 Jahre (n=14)

Durchschnitt der Summe der Fehler des rechten und des linken Auges (OD+OS/2).

Aktiver Test

Die Kontrollgruppe wurde bei der Untersuchung nach dem Alter in drei Gruppen aufgeteilt. Die durchschnittliche Fehlerzahl jeder Gruppe wurde getrennt aufgetragen. Das Diagramm veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Fehlerzahl (Y) und den Meßorten (X), wobei die Mittelposition weggelassen wurde (s. oben).

	STABW.	Varianz	MAX.	MIN.	Mittelwert
5-6 Jahre	5,7	32,6	25	5	16,1
7-8 Jahre	5,6	31,1	19	2	12,9
9-11 Jahre	6,4	40,6	23	1	9,6

Tab. 13: Kontrollgruppe, aktiver Test (n=63) (Erläuterungen siehe Anhang)

**Kontrollgruppe, aktiver Test
Vergleich der Altersklassen, OD+OS/2**

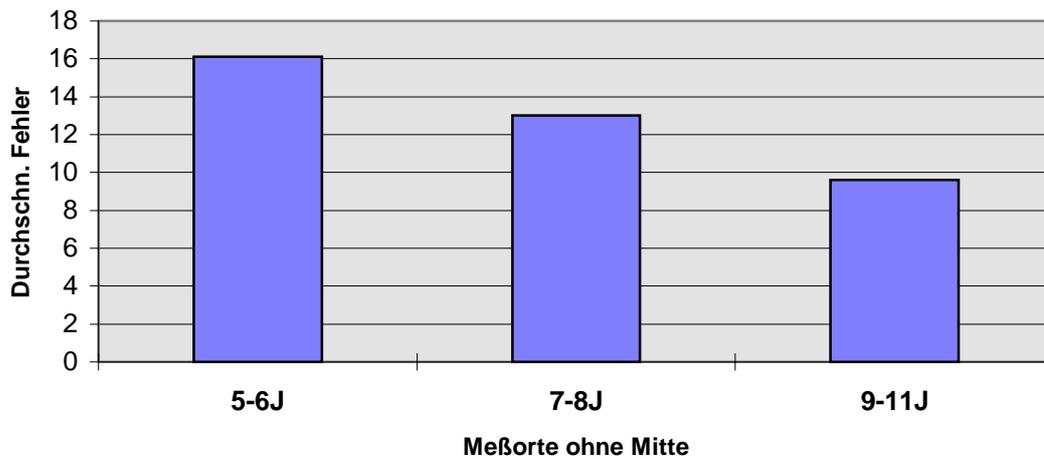


Abb. 23: 63 normalsichtige Probanden, aufgeteilt nach den Altersklassen.
Durchschnitt der Summe der Fehler des rechten und des linken Auges (OD+OS/2).
Aktiver Test

Es zeigte sich, daß ein signifikanter Unterschied zwischen den 5-6 jährigen Kindern und den 9-11 jährigen Kindern (mit $p = 0,004$) existiert. Keine Signifikanz zeigte der Vergleich der Gruppe der 7-8 jährigen Kindern und der Gruppe der 9-11 Jährigen (mit $p = 0,11$). Der p-Wert des Unterschieds zwischen den 5-6 Jahre alten und den 7-8 Jahre alten Kindern verfehlte knapp die 5% Grenze ($p = 0,06$).

3.1.2.2.2 Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen

Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen (aktiver Test)

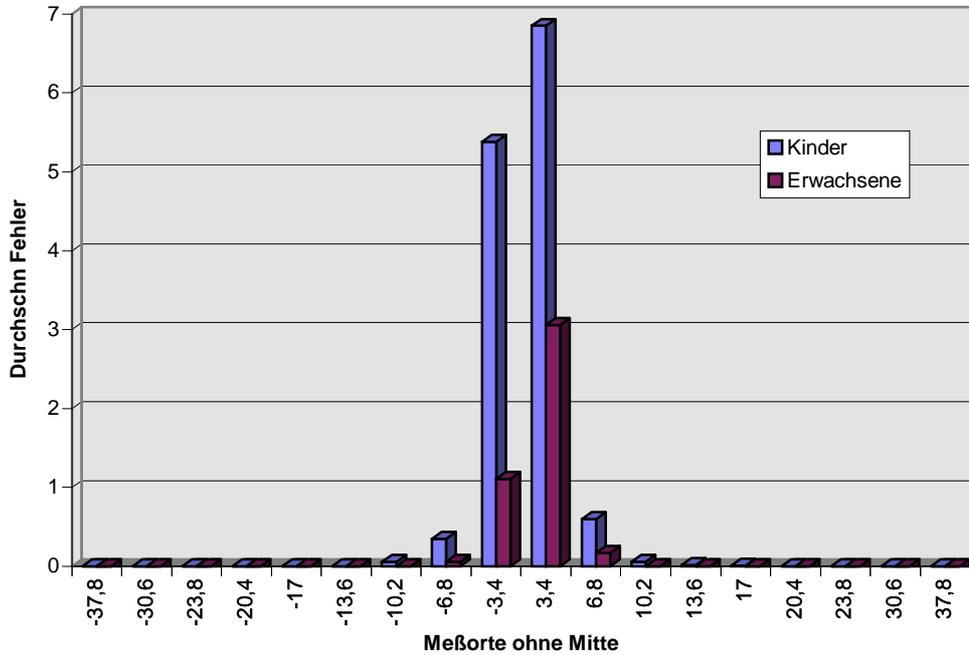


Abb. 24: Es wurden die durchschnittlichen Fehler von 63 Kindern im Alter von 5-11 Jahren mit derjenigen von 9 Erwachsenen (20 - 54 Jahre) verglichen. Kontrollgruppe, aktiver Test

Wie man in Abb. 24 erkennt, wurde auch der aktive Test von den Erwachsenen besser bestanden als von den Kindern. Der durchschnittliche Fehler aller Kinder war mit 13,3 mehr als dreimal so groß wie der durchschnittliche Fehler aller Erwachsenen (4,4).

Der t-Test für unverbundene Stichproben ergab einen hochsignifikanten Unterschied mit $p = 0,0005$ zwischen den Testergebnissen der Kinder und denen der Erwachsenen.

	Mittelwert	STABW.	MIN.	MAX.	Varianz
Erwachsene	4,4	5,1	0	14	26,0
Kinder	13,3	6,2	1	25	39,0

Tab. 14: Vergleich Erwachsene (n=9) und Kinder (n=63), Kontrollgruppe, aktiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.1.2.3 Naso-temporale Asymetrie

Es stellte sich die Frage, ob beim aktiven Test ebenfalls ein Unterschied hinsichtlich der Verteilung der falsch gesetzten Testmarken im temporalen und nasalen Gesichtsfeld existiert.

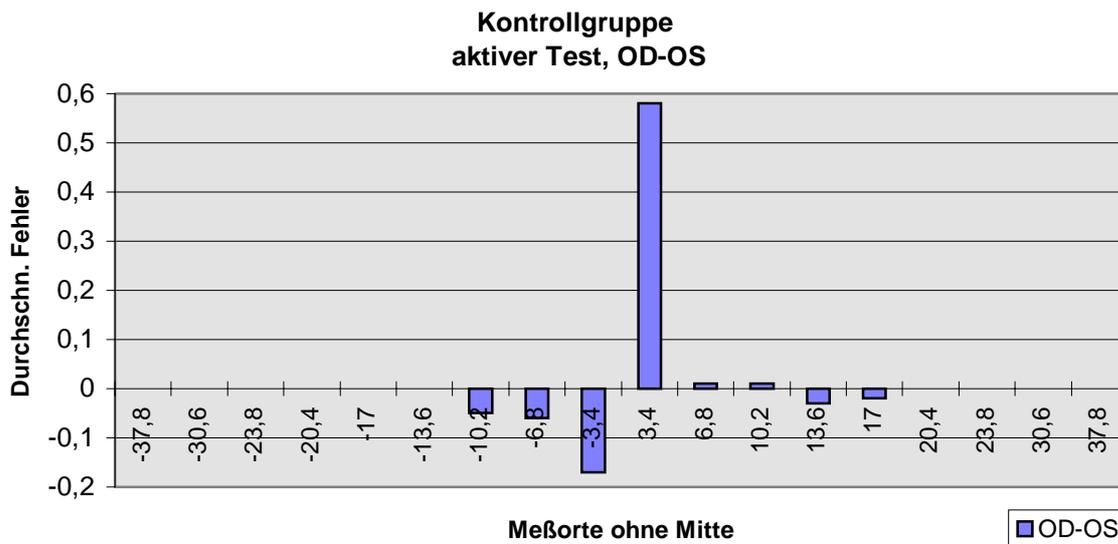


Abb. 25: Die mit dem linken Auge gemachten Fehler wurden von den rechts gemachten Fehlern subtrahiert. Im positiven Bereich ist demnach diejenige Anzahl von Fehlern aufgetragen, die das rechte Auge an der jeweiligen Position mehr gemacht hat, als das linke Auge. Umgekehrt wurde im negativen Bereich verfahren.
63 normalsichtige Probanden im Alter von 5-11 Jahren, aktiver Test.

Im Gegensatz zum passiven Test ist bei der aktiven Testmethode die Fehlerzahl in der temporalen Gesichtsfeldhälfte erhöht.

3.1.2.4 Lerneffekt

Bei 21 Probanden der Kontrollgruppe wurde der Test nach durchschnittlich 5 Tagen unter denselben Voraussetzungen wiederholt.

Testwiederholung nach:

1 Tag	2 Tagen	3 Tagen	5 Tagen	7 Tagen	10 Tagen	12 Tagen	30 Tagen	36 Tagen
6	1	2	5	3	1	1	1	1

Tab. 15: Auflistung der Testwiederholungen nach den Zeitabständen zwischen den Testtagen.

3.1.2.4.1 Gesamtfehlerzahl am ersten und am zweiten Testtag

Vergleich der durchschnittlich gemachten Fehler am ersten und am zweiten Testtag, Kontrollgruppe, aktiver Test

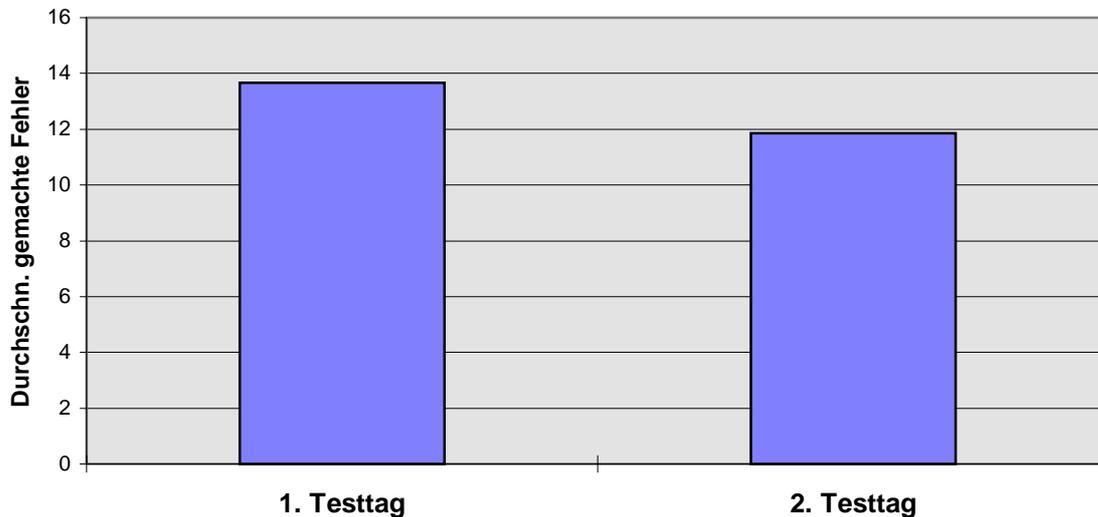


Abb. 26: Durchschnittlicher Fehler von 21 normalsichtigen Kindern am ersten und am zweiten Testtag, aktiver Test.

3.1.2.4.2 Fehlerhäufigkeit an den verschiedenen Meßorten am ersten und am zweiten Testtag

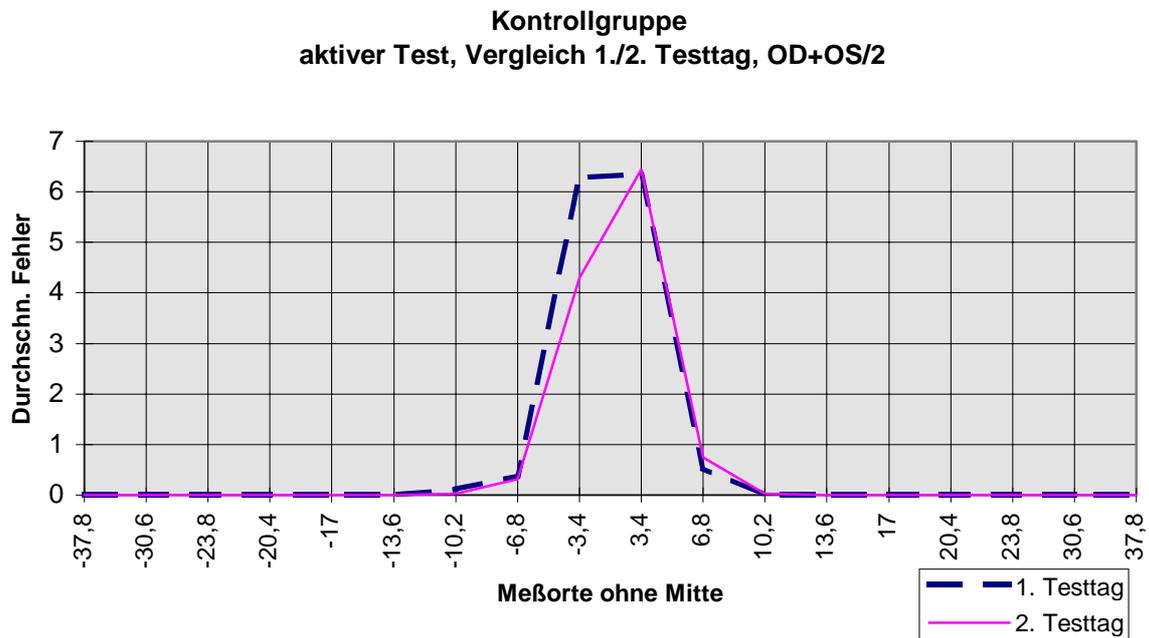


Abb. 27: Durchschnittlicher Fehler von 21 normalsichtigen Kindern am ersten und am zweiten Testtag, aufgetragen nach den Meßorte, aktiver Test.

Die Verbesserung der Erkennungsleistung ist beim aktiven Test weniger augenscheinlich als beim passiven Test. Dennoch ist ein Lerneffekt nachweisbar.

Am zweiten Testtag wurden im Durchschnitt 1,82 Fehler weniger gemacht als am ersten.

Die Auswertung mittels des t-Tests für verbundene Stichproben ergab einen signifikanten Unterschied mit **p = 0,03**.

Der größte Unterschied zwischen 1. und 2. Testtag wurde auf Position -1 (-3,4) gemessen.

Durchschnittlicher Fehler am ersten Testtag minus dem durchschnittlichen Fehler am zweiten Testtag

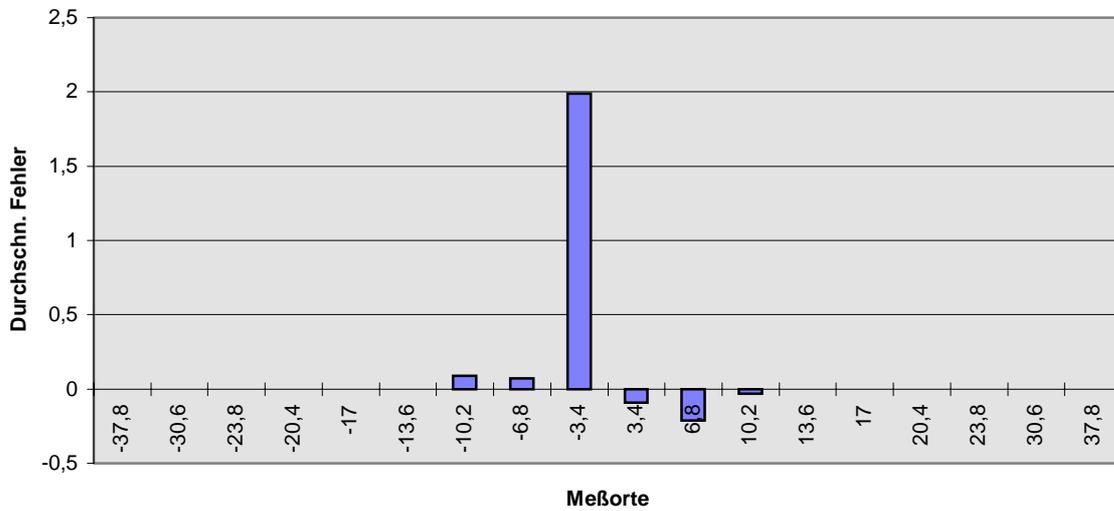


Abb. 28: Die Anzahl der, von 21 der normalsichtigen Kinder am zweiten Testtag gemachten Fehler wurde von der Anzahl der Fehler des ersten Testtages subtrahiert und das Ergebnis nach Testorten aufgetragen. Kontrollgruppe, aktiver Test.

	STABW.	Varianz	MAX.	MIN.	Mittelwert
1. Testtag	6,3	40,1	24	3	13,7
2. Testtag	6,7	44,4	25	1	11,8

Tab. 16: Vergleich 1. Und 2. Testtag, Kontrollgruppe (n=21) aktiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.2 Ergebnisse der Patientengruppe

3.2.1 Passiver Test

Die Patientengruppe bestand aus 36 Kindern im Alter von 5-11 Jahren. Diese Kinder waren in stationärer pleoptischer Behandlung und wurden am ersten und am letzten Tag ihres Aufenthalts getestet.

Wie bei der Auswertung der Ergebnisse der Kontrollgruppe wurde vorerst auf eine Gewichtung der Fehler verzichtet. Wieder ist mit „Gesamtfehler“ gemeint, daß sowohl Seite- als auch Mitte-Fehler gleich gewertet wurden. Das durchschnittliche Alter am ersten Testtag betrug 7,5 Jahre.

5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	10 Jahre	11 Jahre
7	4	5	12	3	3	2

Tab. 17: Alter der amblyopen Kinder am ersten Testtag

3.2.1.1 Verteilung der Fehler in der Patientengruppe

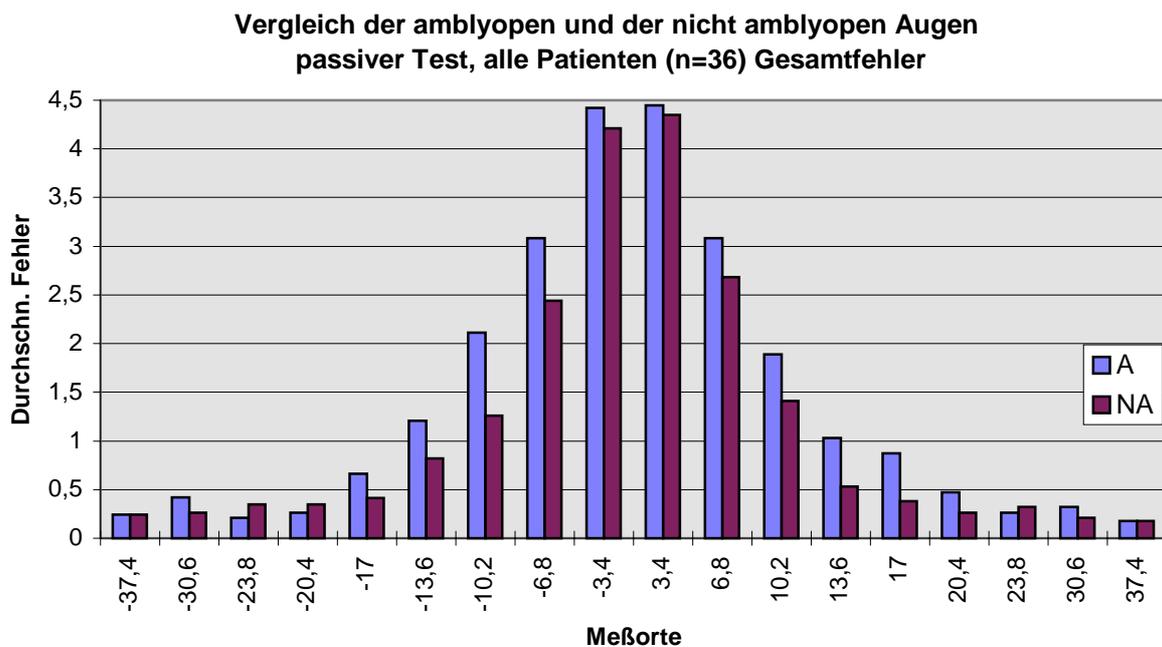


Abb. 29: 36 Patienten, amblyopen- (A) und Führungsauge (NA), passiver Test.

Die Kinder machten mit ihrem amblyopen Auge im Durchschnitt 25,16 und mit ihrem Führungsauge 20,68 Fehler. Die Berechnung mit Hilfe des t-Tests für verbundene Stichproben ergab eine knappe Signifikanz mit $p = 0,05$ für den Vergleich der amblyopen und der Führungsaugen der Kinder.

	Mittelwert	STABW.	MAX.	MIN.	Varianz
Amblyop	25,16	9,17	53	13	84,14
Nicht-Amblyop	20,68	11,32	42	3	128,10

Tab. 18: Vergleich der amblyopen- und der Führungsaugen, Patientengruppe, passiver Test (n=36). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

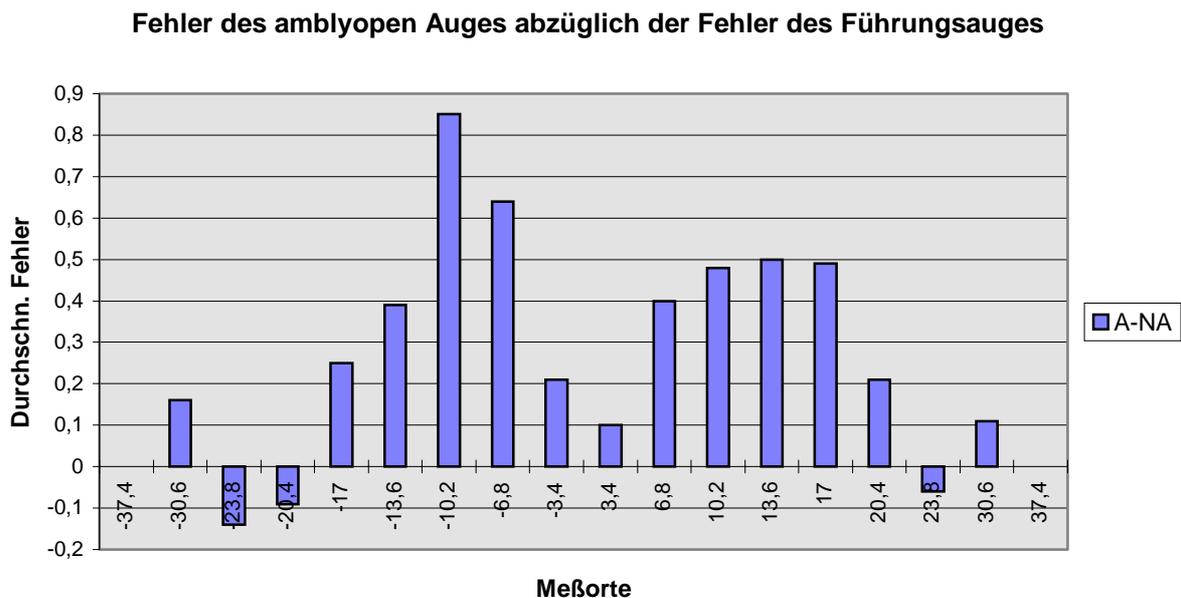


Abb. 30: Patientengruppe (n=36). Fehler der amblyopen Augen (A) minus der Fehler der nicht amblyopen Augen (NA). Passiver Test.

Es zeigte sich, daß der größte Unterschied zwischen den amblyopen und den Führungsaugen an den Positionen -5 bis -2 und 2 bis 5 zu finden war. Auf den Mittelpositionen dagegen war der Unterschied gering. An drei weiter außen liegenden Meßorten wurden sogar mehr Fehler mit den Führungsaugen als mit den amblyopen Augen gemacht.

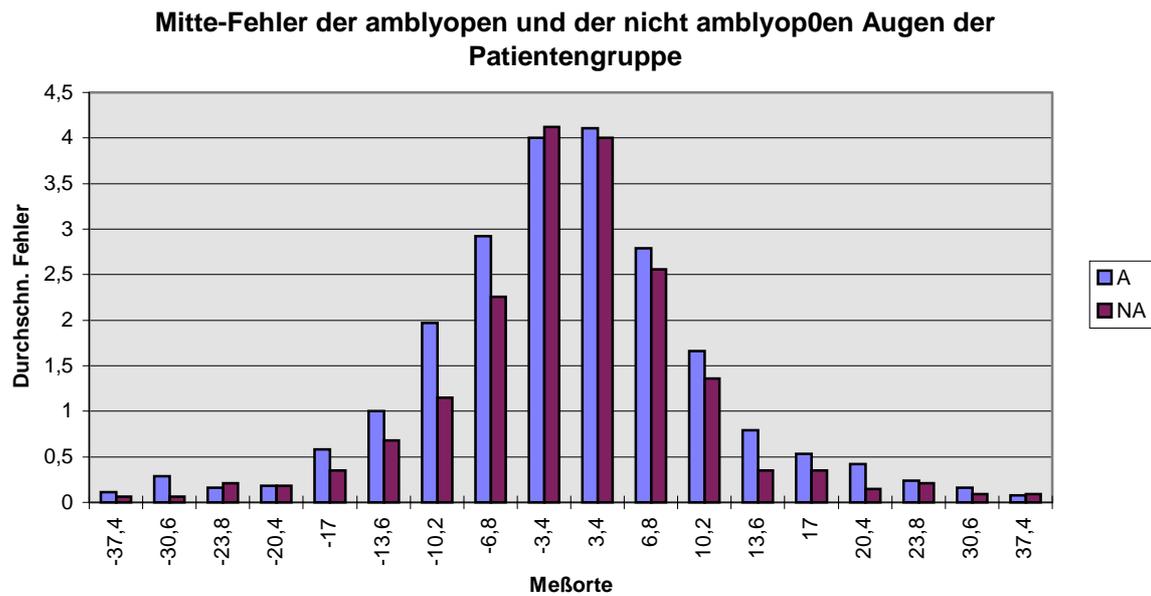


Abb. 31: Vergleich der von den amblyopen und den nicht amblyopen Augen gemachten Mitte-Fehler. Patientengruppe (n=36), passiver Test

Wenn man die Mitte- und Seite-Fehler getrennt betrachtet, ergibt die Auswertung derjenigen Fälle, in denen „Mitte“ gesagt wurde, ein den Gesamtfehlern sehr ähnliches Bild.

Die Kinder machten mit ihren amblyopen Augen deutlich mehr Mitte-Fehler als mit ihren Führungsäugen.

Die Seite-Fehler zeigten wiederum eine wenig aussagekräftige Verteilung.

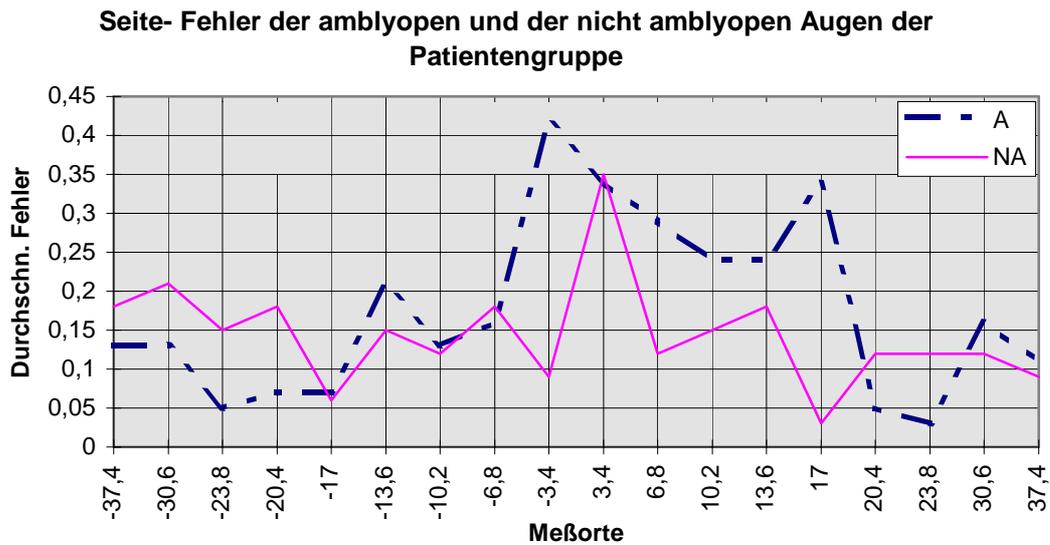


Abb. 32: Vergleich der von den amblyopen und den nicht amblyopen Augen gemachten Seite-Fehler. Patientengruppe (n=36), passiver Test

Insgesamt wurden weniger Seite- als Mitte-Fehler gemacht. Der Mittelwert der Seite-Fehler beträgt nur ein Siebtel derjenigen der Mitte-Fehler.

		Mittelwert	MAX.	MIN.	Varianz	STABW.
Seite-Fehler	A	22,0	47	4	82,3	9,1
Seite-Fehler	NA	18,1	41	0	103,9	10,2
Mitte-Fehler	A	3,2	23	0	15,2	3,9
Mitte-Fehler	NA	2,6	10	0	6,0	2,4

Tab. 19: Statistik der Seite- und Mitte-Fehler der Patientengruppe (n=36). Amblyopie (A) und nicht amblyopie Augen (NA). Passiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.2.1.2 Vergleich der Strabismusamblyopie mit anderen Amblyopieformen

Es stellte sich die Frage, ob zwischen den Testergebnissen der strabismusamblyopien Kinder und den Ergebnissen von Kindern mit anderen Amblyopieformen ein Unterschied hinsichtlich der Lokalisationsfähigkeit existiert.

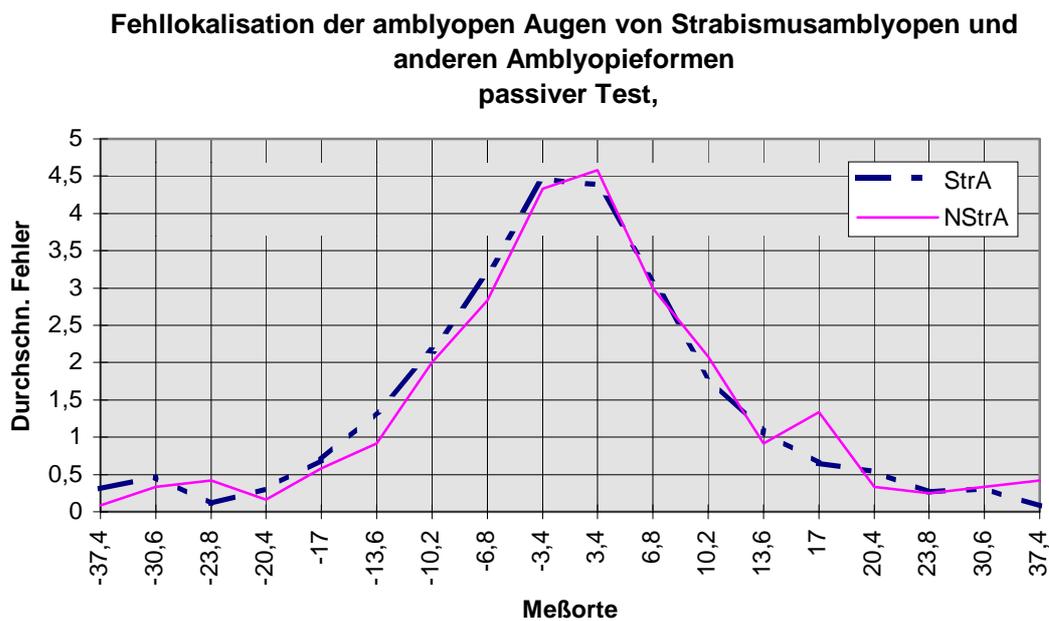


Abb. 33: Vergleich der amblyopen Augen von strabismusamblyopien Kindern (Str.A) (n=26) und von Kindern mit anderen Amblyopieformen (NStr.A) (n=12). Patientengruppe passiver Test.

Wie die Grafik vermuten läßt, existiert nach dem t-Test für unverbundene Stichproben kein Unterschied zwischen den Ergebnissen der amblyopen Augen bei strabismusamblyopien Kinder und den amblyopen Augen von Kindern mit anderen Amblyopieformen ($p = 0,9$).

Amblyope Augen	Mittelwert	STABW.	MAX.	MIN.	Varianz
Strabismus	25,3	9,17	53	14	84,1
Kein Strabismus	24,9	9,58	44	13	91,7

Tab. 20: Statistik der amblyopen Augen von strabismusamblyopen Kindern (n=26) und Kindern mit anderen Amblyopieformen (n=12). Patientengruppe, passiver Test (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

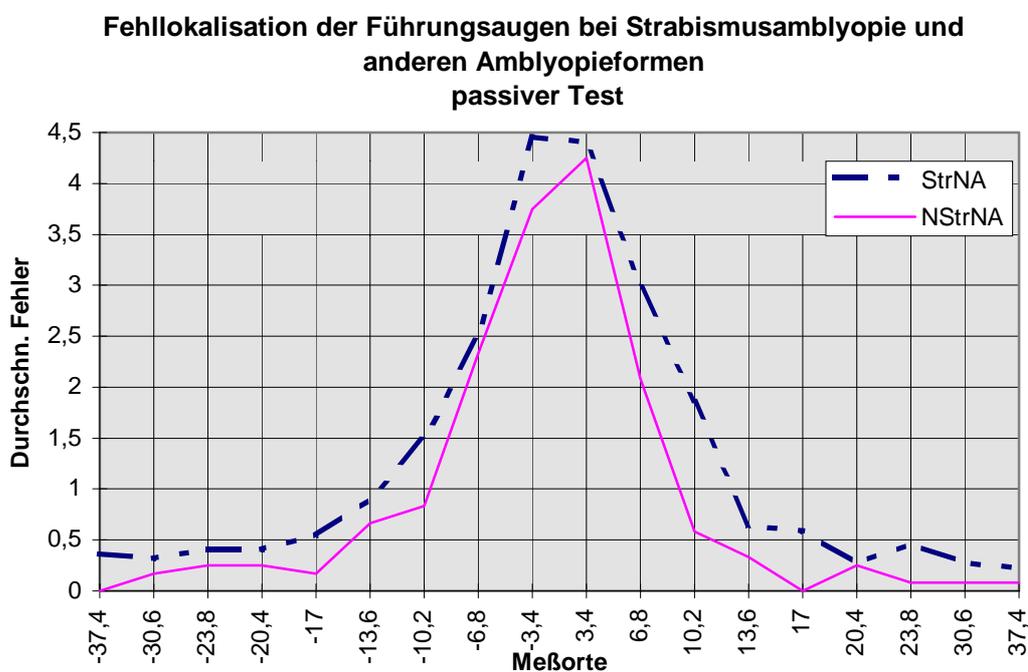


Abb. 34: Vergleich der Führungsaugen von strabismusamblyopen Kindern (Str.NA) (n=26) und der Führungsaugen von Kindern mit anderen Amblyopieformen (NStr.NA) (n=12). Patientengruppe passiver Test

Beim Vergleich der Führungsaugen ergab sich ein gerade noch signifikanter Unterschied mit $p = 0,05$ zwischen den beiden Gruppen (t-Test für unverbundene Stichproben).

Führungsaugen	Mittelwert	STABW.	MAX.	MIN.	Varianz
Strabismus	23,1	12,6	42	6	158
Kein Strabismus	16,2	6,99	29	3	48,9

Tab. 21: Statistik der Führungsaugen von strabismusamblyopen Kindern (n=26) und der Führungsaugen von Kindern mit anderen Amblyopieformen (n=12).
Patientengruppe, passiver Test (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.2.1.3 Altersverteilung

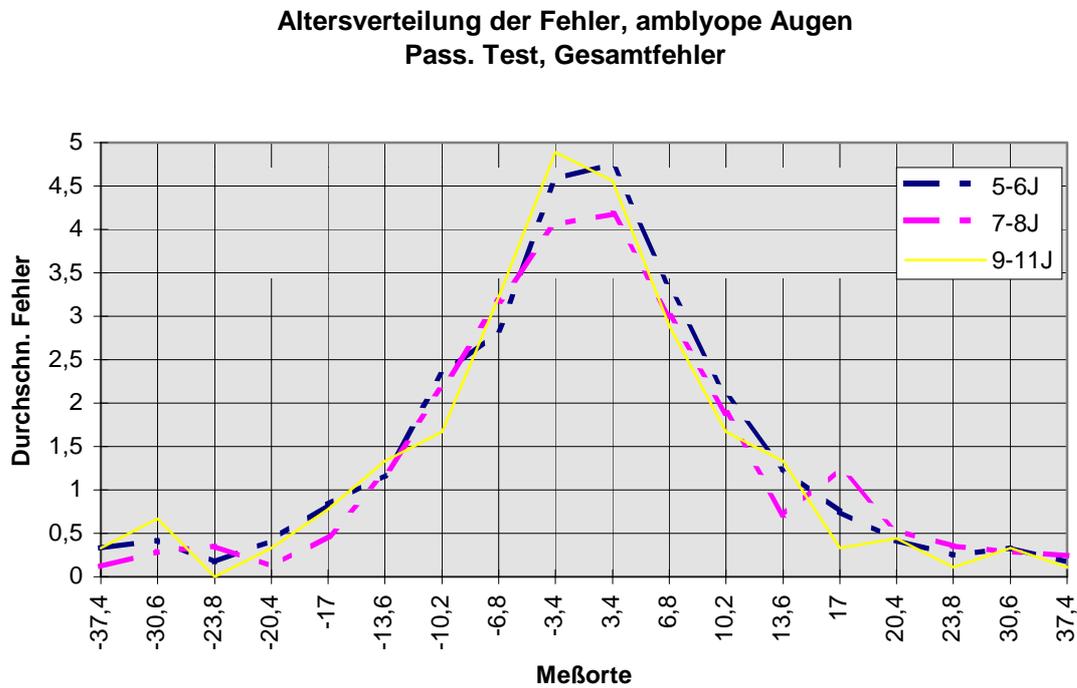


Abb. 35: Durchschnittlicher Fehler der amblyopen Augen von 36 Kindern in stationärer pleoptischer Behandlung. Aufgeteilt nach dem Alter.

Gruppe 1 = 5-6 Jahre (n=11), Gruppe 2 = 7-8 Jahre (n=17),

Gruppe 3 = 9-11 Jahre (n=8). Passiver Test nach Bedell und Flom.

Teilt man die Patientengruppe in drei Altersgruppen und vergleicht danach den durchschnittlichen Fehler der amblyopen Augen, zeigt der Kurvenverlauf bei der graphischen Auftragung nach den Meßorten, daß der Unterschied gering ist.

	MAX.	MIN.	STABW.	Varianz	Mittelw.
5-6 Jahre	53	17	9,38	87,9	26,4
7-8 Jahre	48	13	10,3	107	24,4
9-11 Jahre	37	14	7,16	51,3	25

Tab. 22: Statistik der Gesamtfehler der amblyopen Augen der Patientengruppe, passiver Test (n=36). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

**Insgesamt gemachte Fehler in den verschiedenen Altersgruppen
Pass. Test, amblyope Augen**

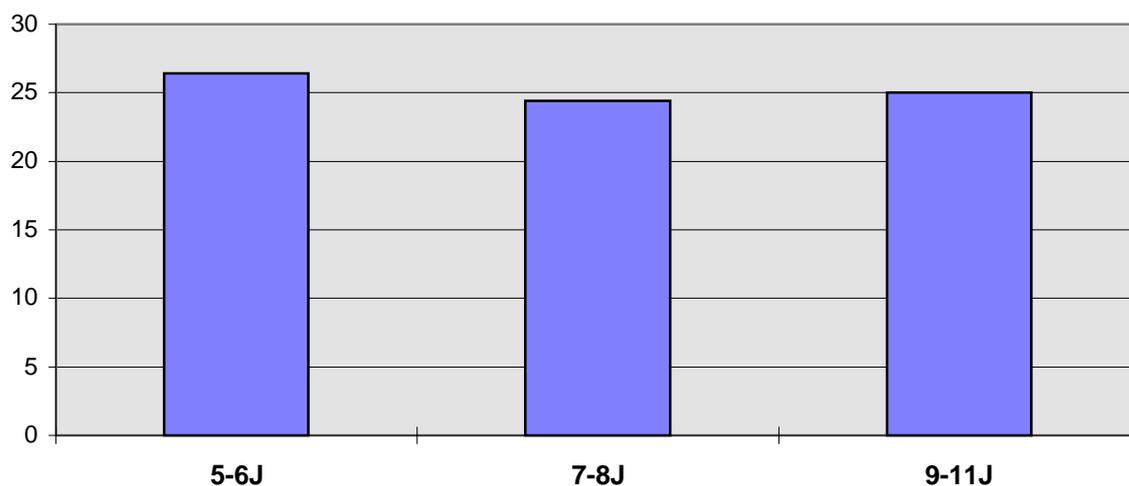


Abb. 36: 36 Kinder in stationärer pleoptischer Behandlung, aufgeteilt nach dem Alter. Gruppe 1 = 5-6 Jahre (n=11), Gruppe 2 = 7-8 Jahre (n=17), Gruppe 3 = 9-11 Jahre (n=8). Es wurde der durchschnittliche Gesamtfehler der amblyopen Augen aufgetragen. Passiver Test nach Bedell und Flom.

Die Berechnung mittels des t-Tests für unverbundene Stichproben ergab keinen statistisch erfassbaren Unterschied zwischen den Altersgruppen.

t-Test	Durchschn. Fehler	Fehler gewichtet

Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 7-8 Jährigen	p = 0,58	p = 0,97
Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	p = 0,7	P = 0,39
Vergl. der 7-8 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	p = 0,89	P = 0,45

Tab. 23: t-Test für unverbundene Stichproben. Amblyope Augen der Patienten. Gruppe 1 = 5-6 Jahre (n=11), Gruppe 2 = 7-8 Jahre (n=17), Gruppe 3 = 9-11 Jahre (n=8). Passiver Test nach Bedell und Flom. Durchschnittlicher Gesamtfehler und Fehler gewichtet (siehe oben). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Beim Vergleich der Fehlerzahl der Führungsaugen ist dagegen bei den drei Altersgruppen eine sehr unterschiedliche Verteilung feststellbar.

**Insgesamt gemachte Fehler in den verschiedenen Altersklassen.
Passiver Test, Führungsaugen**

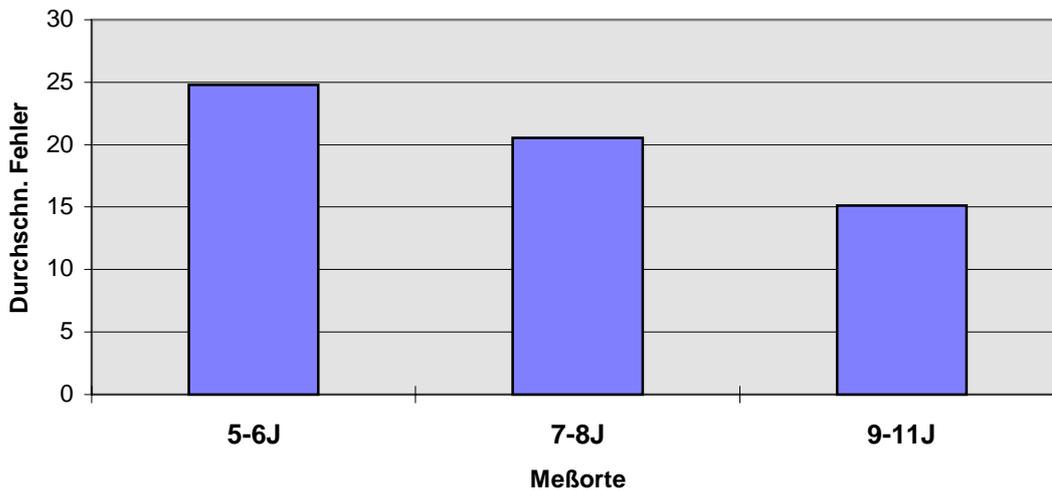


Abb. 37: Patientengruppe (n 5-6J=11, n 7-8J=17, n 9-11J=8) Gesamtfehler der Führungsaugen, passiver Test.

Vergleich der Altersgruppen, Gesamtfehler der Führungsaugen der Patientengruppe, passiver Test

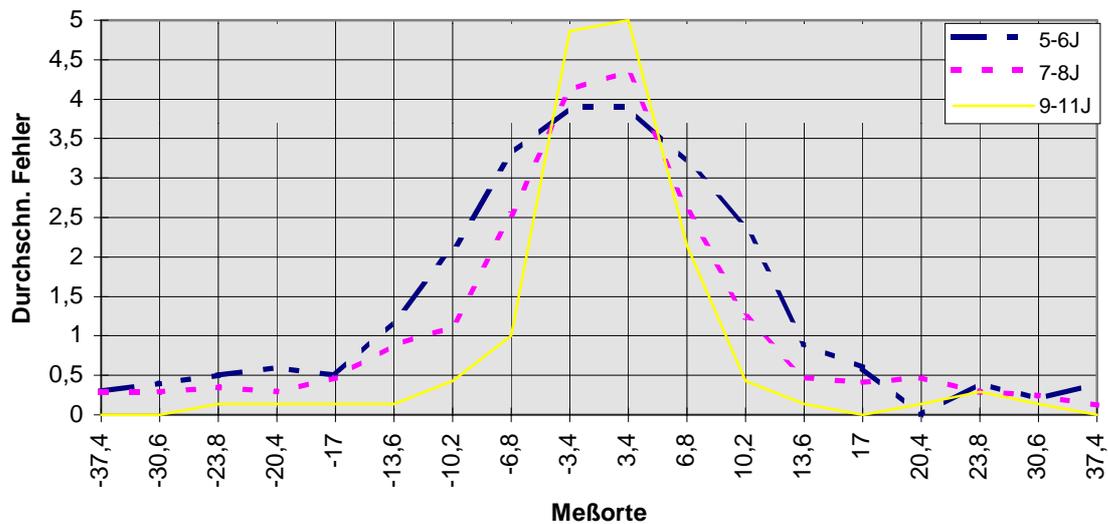


Abb. 38: Patientengruppe (n 5-6J=11, n 7-8J=17, n 9-11J=8) Gesamtfehler der Führungsaugen, aufgetragen nach den Meßorten. Passiver Test.

Bei der Auftragung nach den Meßorten wird deutlich, daß die Fehler desto mehr auf den peripheren Meßorten gemacht wurden, je jünger die Probanden waren. Je älter die Probanden waren, desto stärker konzentrierten sich die Fehler in der Mitte.

Die 5 bis 6 jährigen Kinder machten mit den Führungsaugen insgesamt mehr Fehler als die 7 bis 8 bzw. 9 bis 11 jährigen Kinder. Die 7 bis 8 Jahre alten machten wiederum mehr Fehler als die 9-11 jährigen Kinder.

Für diese Tendenz hinsichtlich der Lokalisationsfähigkeit der Führungsaugen in den verschiedenen Altersgruppen konnte keine Bestätigung durch den t-Test gefunden werden. Der p-Wert für den Vergleich der Fehler der Führungsaugen von Gruppe 1 (5-6J) und Gruppe 2 (7-8J) ergab nur $p = 0,43$. Zwischen Gruppe 1 (5-6J) und Gruppe 3 (9-11J) ergab der Test $p = 0,07$ und zwischen Gruppe 2 (7-8J) und Gruppe 3 (9-11J) $p = 0,1$.

Für die weitere Statistik siehe Tabelle 24.

	MAX.	MIN.	STABW.	Varianz	Mittelw.
5-6 Jahre	42	3	14,2	202	24,8
7-8 Jahre	42	6	10,9	118	20,5
9-11 Jahre	22	10	4,63	21,5	15,1

Tab. 24: Statistik der Gesamtfehler der Führungsaugen der Patientengruppe, passiver Test (n=36). (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.2.1.4 Fehlerverteilung vor und nach stationärer Pleoptik

Bei 22 Kindern in stationärer pleoptischer Behandlung wurde der Test nach durchschnittlich 12,5 Tagen Therapie unter denselben Voraussetzungen wiederholt.

Testwiederholung nach:

4 Tage	7 Tage	8 Tage	10 Tage	11 Tage	14 Tage	15 Tage	16 Tage	17 Tage	19 Tage
1	1	2	5	2	1	2	2	5	1

Tab. 25: Auflistung der Testwiederholungen nach den Zeitabständen zwischen den Testtagen. Patientengruppe (n=22), passiver Test.

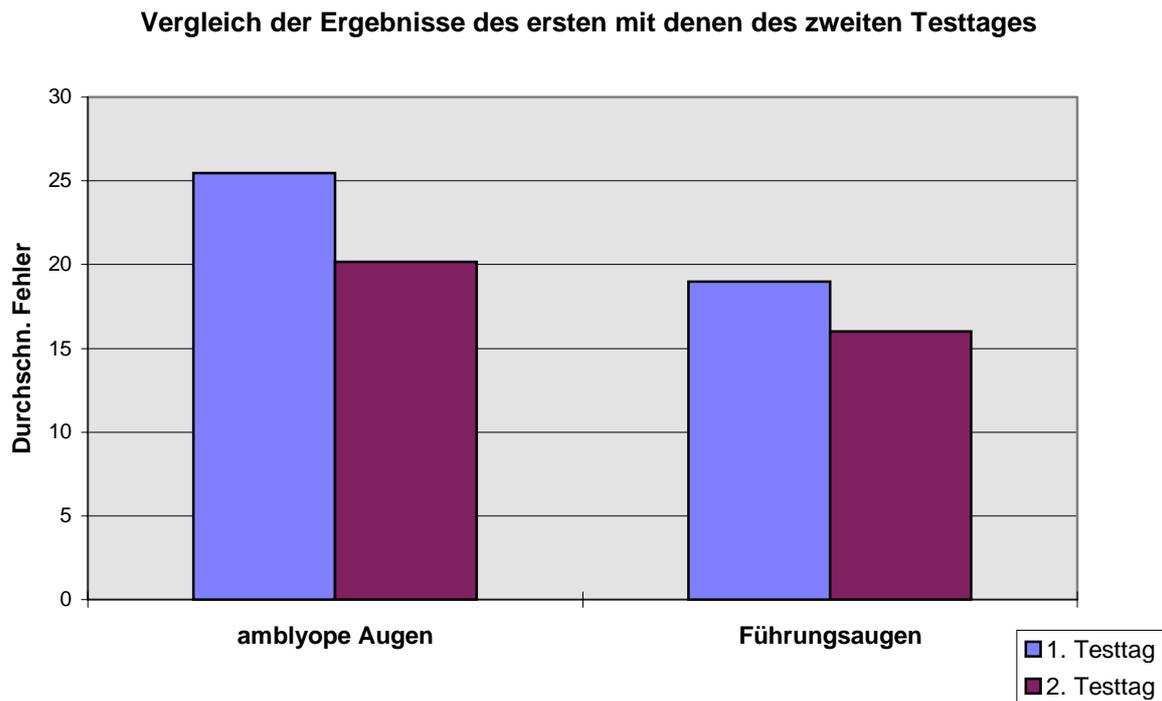


Abb. 39: Durchschnittlicher Gesamtfehler der amblyopen und der Führungsaugen von 22 Kindern in pleoptischer Behandlung am ersten und am zweiten Testtag. Passiver Test.

	STABW.	Varianz	Mittelwert	MAX.	MIN.
1. Tag amblyope Augen	9,0	81,2	25,6	48	13
2. Tag amblyope Augen	12,2	149	20,2	49	4
1. Tag Führungsaugen	10,2	104	19	42	3
2. Tag Führungsaugen	6,4	41,3	16	25	2

Tab. 26: Statistik Vergleich 1. Und 2. Testtag, Patientengruppe (n=22)
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Der Vergleich der Ergebnisse des ersten mit denen des zweiten Testtages mittels des t-Tests für verbundene Stichproben ergab einen signifikanten Zusammenhang der ungewichteten Fehler mit $p = 0,01$ hinsichtlich der von den amblyopen Augen gemachten Fehler. Bei der Auswertung mittels der Multiplikatoren („gewichtet“, siehe oben) war $p = 0,02$.

Vergleich des ersten mit dem zweiten Testtag
Pass. Test, amblyope Augen, Gesamtfehler

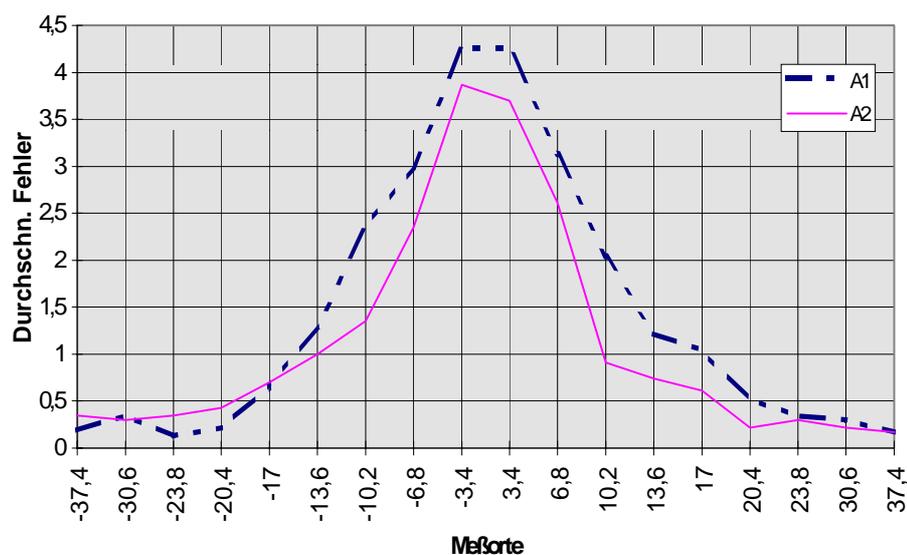


Abb. 40: Durchschnittlicher Gesamtfehler der amblyopen Augen am ersten und am zweiten Testtag, aufgetragen nach den Testorten. Patientengruppe (n=22), passiver Test.

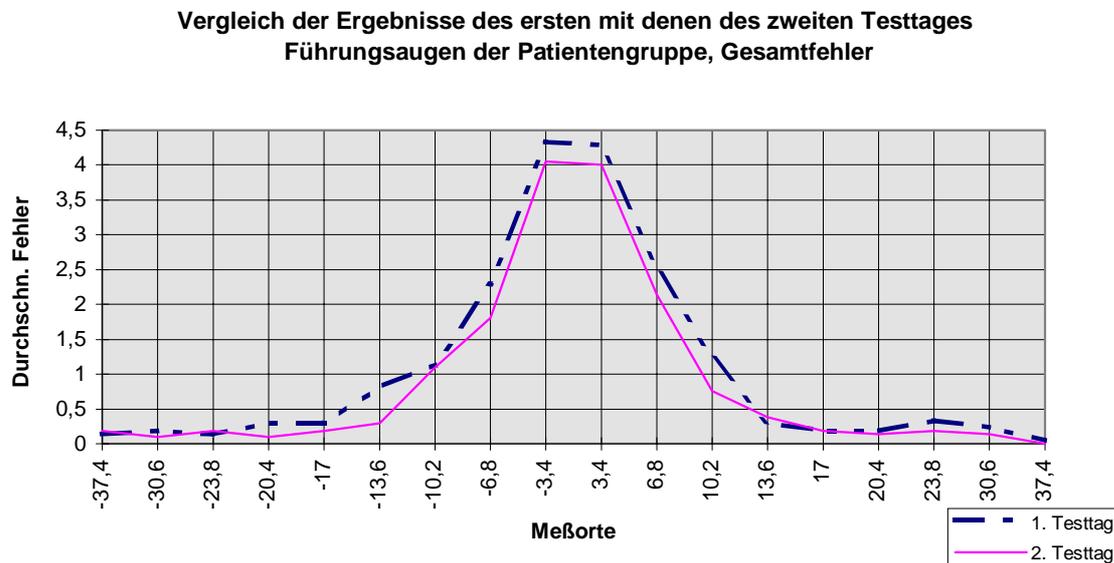


Abb. 41: Durchschnittlicher Gesamtfehler der Führungsaugen am ersten und am zweiten Testtag, aufgetragen nach den Testorten. Patientengruppe (n=22), passiver Test.

Der Vergleich der Fehler der Führungsaugen am ersten und am zweiten Testtag ergab für die ungewichteten Fehler einen knapp signifikanten Zusammenhang mit $p = 0,04$. Bei der Berechnung unter einbeziehung der Multiplikatoren war $p = 0,01$.

Der Unterschied der Fehleranzahl vor und nach Behandlung ist bei den amblyopen Augen deutlich größer als bei den Führungsaugen.

Es stellte sich die Frage, ob ein Unterschied bei der Lokalisationsverbesserung zwischen den Seite- und den Mitte-Fehlern existiert.

Wie sich herausstellte, entspricht die Verteilung der Fehler fast genau derjenigen der Gesamtfehler (siehe Abb. 41). Bei der Auswertung der Mitte-Fehlerverteilung der Führungsaugen wurde ebenfalls kein Unterschied zum Gesamtfehler festgestellt.

Die Seitenfehler der amblyopen Augen waren wiederum sehr ungleichmäßig verteilt und zeigten tendenziell eine Verringerung am zweiten Tag (siehe Abb. 42). Ebenso verhielt es sich mit den Seite- Fehlern der Führungsaugen.

Vergleich der Mitte-Fehler der amblyopen Augen am ersten und am zweiten Testtag

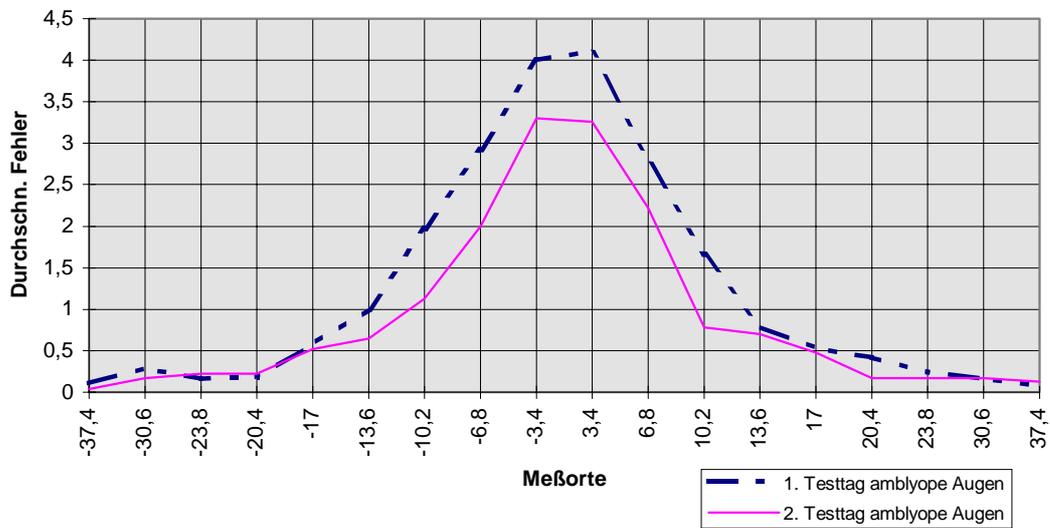


Abb. 42: Mitte-Fehler der amblyopen Augen am ersten und am zweiten Testtag, Patientengruppe (n=22), Passiver Test.

Vergleich der Seitenfehler am ersten und am zweiten Testtag

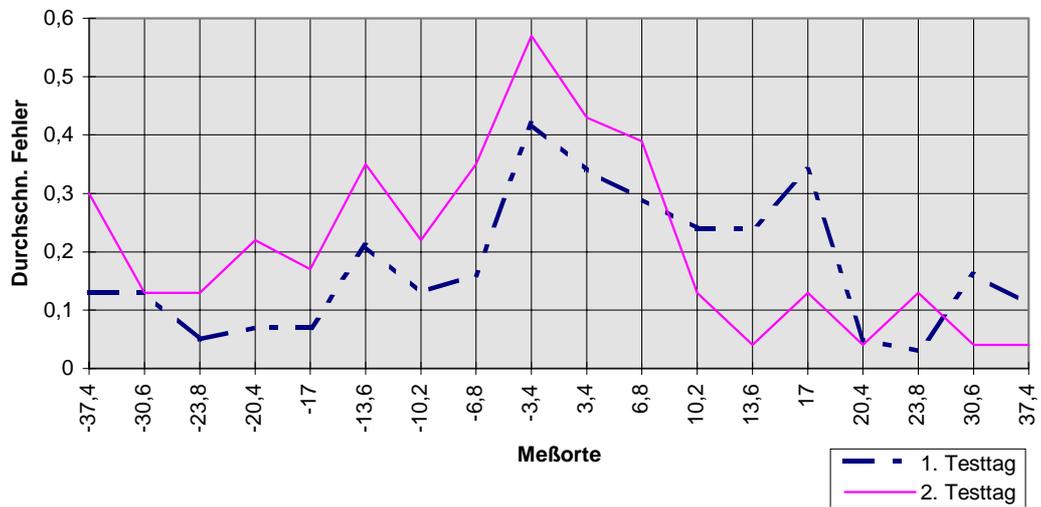


Abb. 43: Seite-Fehler der amblyopen Augen am ersten und am zweiten Testtag, Patientengruppe (n=22), Passiver Test.

Gesamtfehler des ersten abzüglich des zweiten Testtages

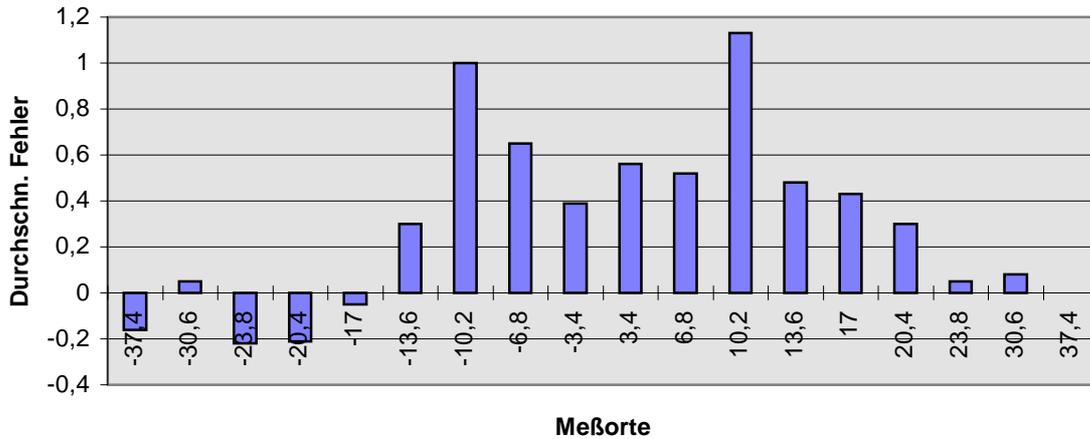


Abb. 44: Die von 22 Kindern in stationärer pleoptischer Behandlung am zweiten Testtag gemachten Fehler wurden von den Fehlern des ersten Testtages subtrahiert und das Ergebnis nach Testorten aufgetragen. Passiver Test.

Beim Vergleich des Fehlerunterschieds zwischen dem ersten und dem zweiten Testtag sieht man bei der Patientengruppe eine zweigipflige Verteilung der Lokalisationsverbesserung. Der Unterschied war an den Meßorten -10,2 und 10,2 am größten.

Bei der Kontrollgruppe trat ein Lerneffekt auf. Um diesen Lerneffekt vom Therapieeffekt zu differenzieren, wurde die durchschnittliche Verringerung der Fehlerzahl zwischen erstem und zweitem Testtag in der Kontrollgruppe (als physiologischer Lerneffekt) mit der Fehlerzahl des zweiten Testtages der Patientengruppe addiert und mit der Fehlerzahl des ersten Testtages verglichen.

Vergleich der Gesamtfehler der Patientengruppe am ersten Testtag und am zweiten Testtag plus dem Lerneffekt der Kontrollgruppe

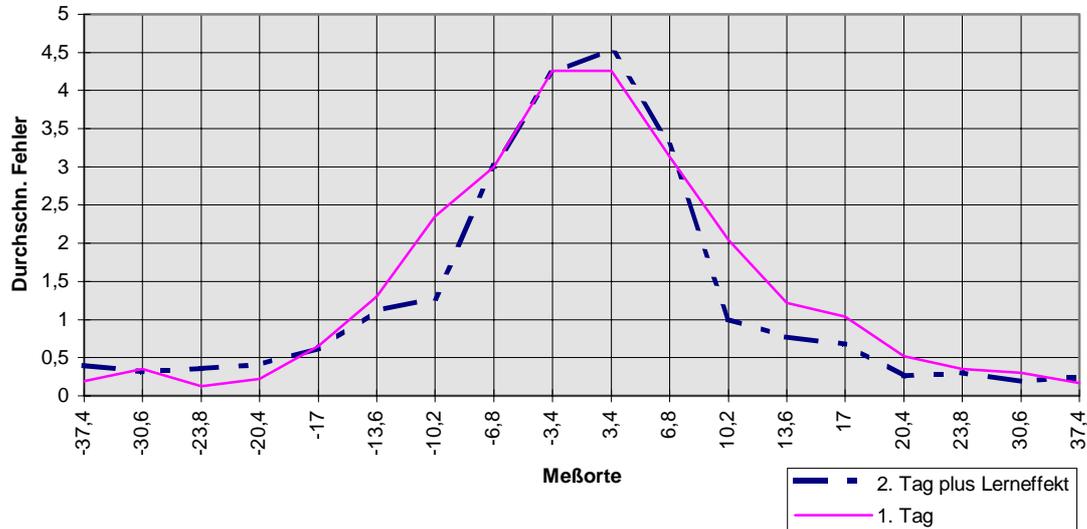


Abb. 45: Patientengruppe (n=22). Gesamtfehler am ersten Testtag und Gesamtfehler am zweiten Testtag addiert mit der Fehlerverbesserung zwischen erstem und zweitem Tag der Kontrollgruppe. Passiver Test.

Der Unterschied in der Fehlerverteilung an den beiden Testtagen ist nur gering. Wenn man den Lerneffekt berücksichtigt, ist sowohl in der Mitte als auch auf den peripher gelegenen Meßorten kein Unterschied feststellbar. Nur an den Meßorten -10,2 und 10,2 wurden eindeutig weniger Fehler gemacht, als es allein durch den Lerneffekt erklärbar ist. Die Berechnung mittels des t-Tests für verbundene Stichproben ergab keinen signifikanten Unterschied (**p = 0,22**).

Um den t-Test durchführen zu können, wurde die durchschnittliche Fehlerzahl (Mittelwert) errechnet, die in der Kontrollgruppe pro Person am zweiten Testtag weniger gemacht wurde. Dabei ergab sich, daß die Kinder am zweiten Testtag im Durchschnitt 2,86 Fehler weniger machten. Dieser Wert wurde mit den Fehlern addiert, die von den Patienten am zweiten Tag gemacht wurden. Die resultierenden Werte wurden mit der Fehlerzahl der Patientengruppe am ersten Testtag mittels des t-Tests verglichen (Addition des erwarteten Lerneffekts aus der Kontrollgruppe mit den Fehlern der Patientengruppe am zweiten Tag).

3.2.1.5 Visusdaten der Patientengruppe

Um den Therapieeffekt auf den Visus zu überprüfen, wurden die Visusdaten von 16 Kindern der Patientengruppe dahingehend untersucht, ob eine Veränderung vom ersten zum zweiten Testtag feststellbar ist.

3.2.1.5.1 Visusveränderung unter Therapie

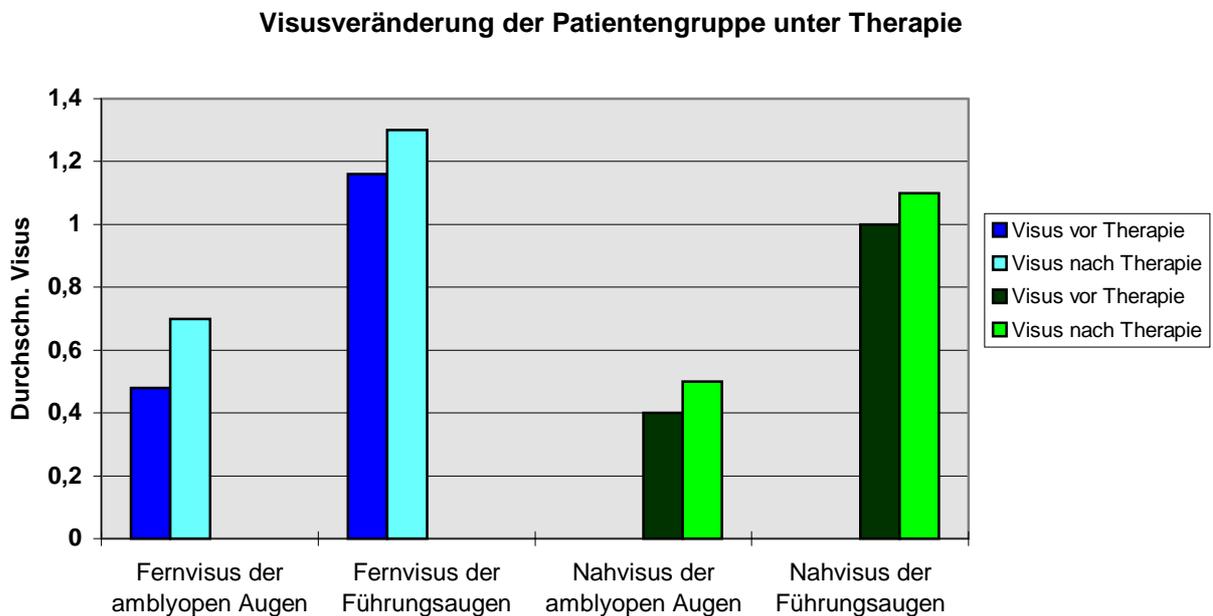


Abb. 46: Die Säulengruppen zeigen den unterschiedlichen Visus am ersten und am zweiten Testtag, aufgeteilt in Fern- und Nahvisus sowie amblyopes Auge und Führungsauge (n=16).

Es konnte sowohl für die amblyopen Augen als auch für die Führungsaugen eine Visusverbesserung bewiesen werden. Diese Verbesserung zeigte sich im Nah- und im Fernvisus. Dabei stieg der Visus der amblyopen Augen in der Nähe um durchschnittlich 0,1 und der Fernvisus um 0,18. Bei den Führungsaugen verbesserte sich der Nahvisus ebenfalls durchschnittlich um 0,1 und der Fernvisus um 0,13.

Für die Ergebnisse des t-Tests siehe Tabelle 27.

p-Werte für den Vergleich des Visus am 1. und 2. Testtag			
amblyope Augen		Führungsaugen	
Fernvisus (5m)	Nahvisus (40cm)	Fernvisus (5m)	Nahvisus (40cm)
0,0004	0,045	0,041	0,024

Tab. 27: p-Werte für den Vergleich des Visus am 1. und 2. Testtag, Patientengruppe (n=16) (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

3.2.1.5.2 Vergleich Visus- und Lokalisationsveränderung

Beim Vergleich der Visusverbesserung vor und nach Therapie und der Lokalisationsfehler konnte kein Zusammenhang gefunden werden. Es gab sowohl Fälle einer großen Lokalisationsveränderung, die nur eine geringe Visusverbesserung zeigten, als auch Fälle großer Visusverbesserung ohne oder sogar mit negativer Lokalisationsveränderung.

Vergleich der Visusveränderung (in 5m) und der Lokalisationsveränderung (passiver Test) amblyopes- und Führungsauge

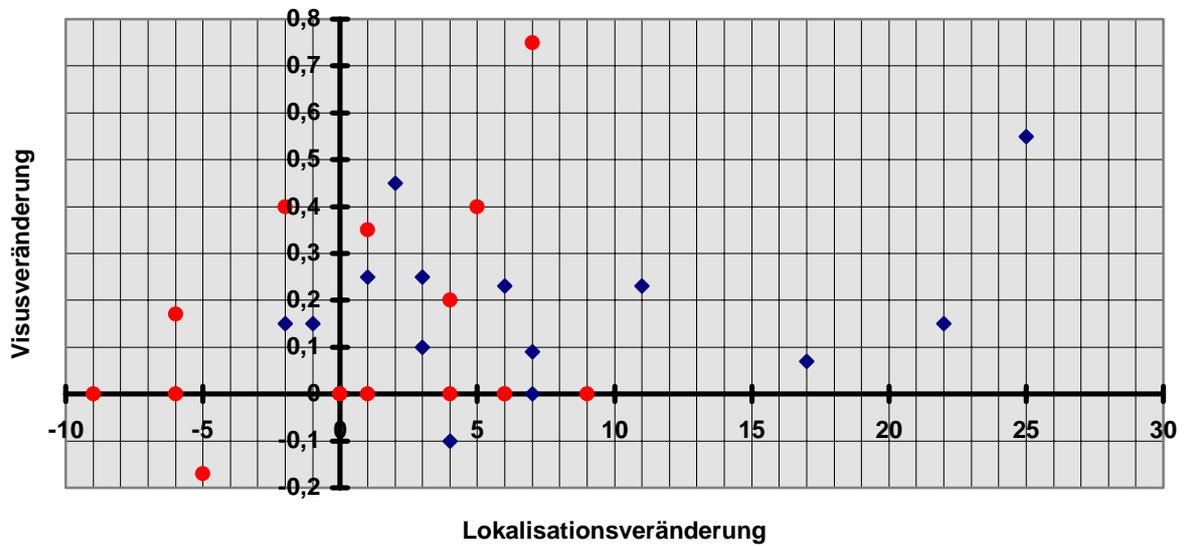


Abb. 47: X-Achse: Fehlerveränderung 1./2. Testtag (passiver Test) Y-Achse: Visusverbesserung vor/nach Therapie. Amblyope Augen mit Rauten (blau), Führungsaugen mit Kreisen (rot) gekennzeichnet, (n=16)

3.2.2 Aktiver Test

Wie bei der Auswertung der Kontrollgruppe wurde die Auftragung der Fehler beim aktiven Test derjenigen beim passiven Test angeglichen. Zu den Unterschieden der Testarten siehe oben. Es wurden alle Kinder in pleoptischer Behandlung sowohl nach der passiven, als auch nach der aktiven Methode untersucht (n=36). Die Mitarbeit der Kinder war auch bei dieser Methode schwerer zu erreichen als bei den normalsichtigen Kindern. Ähnlich war auch, daß die Motivation beim aktiven Test größer war als beim passiven.

3.2.2.1 Verteilung der Fehlerpunkte in der Patientengruppe

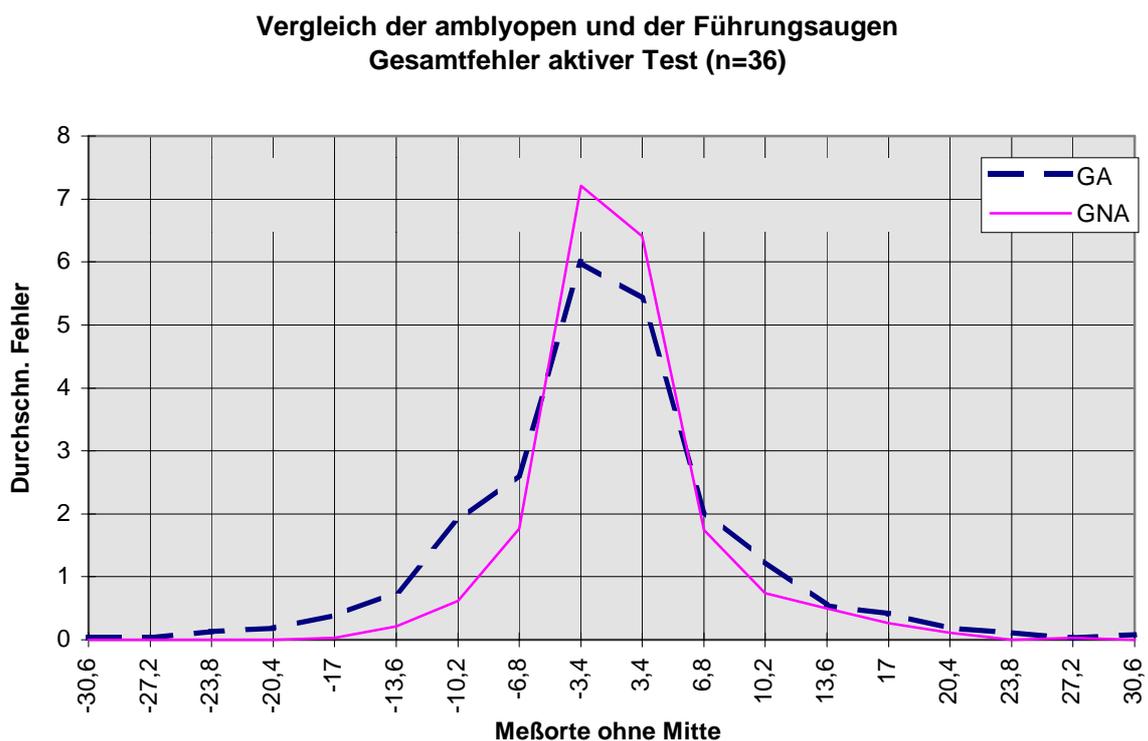


Abb. 48: Gesamtfehlerverteilung bei der Patientengruppe (n=36). Aktiver Test (GA = Gesamtfehler der amblyopen Augen, GNA = Gesamtfehler der Führungsaugen).

	Mittelwert	MIN.	MAX:	STABW	Varianz
Amblyope Augen	22,2	7	28	5,6	31,6
Führungsaugen	19,6	2	30	6,6	44,0

Tab. 28: Fehler der amblyopen und der Führungsaugen der Patientengruppe (n=36), aktiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

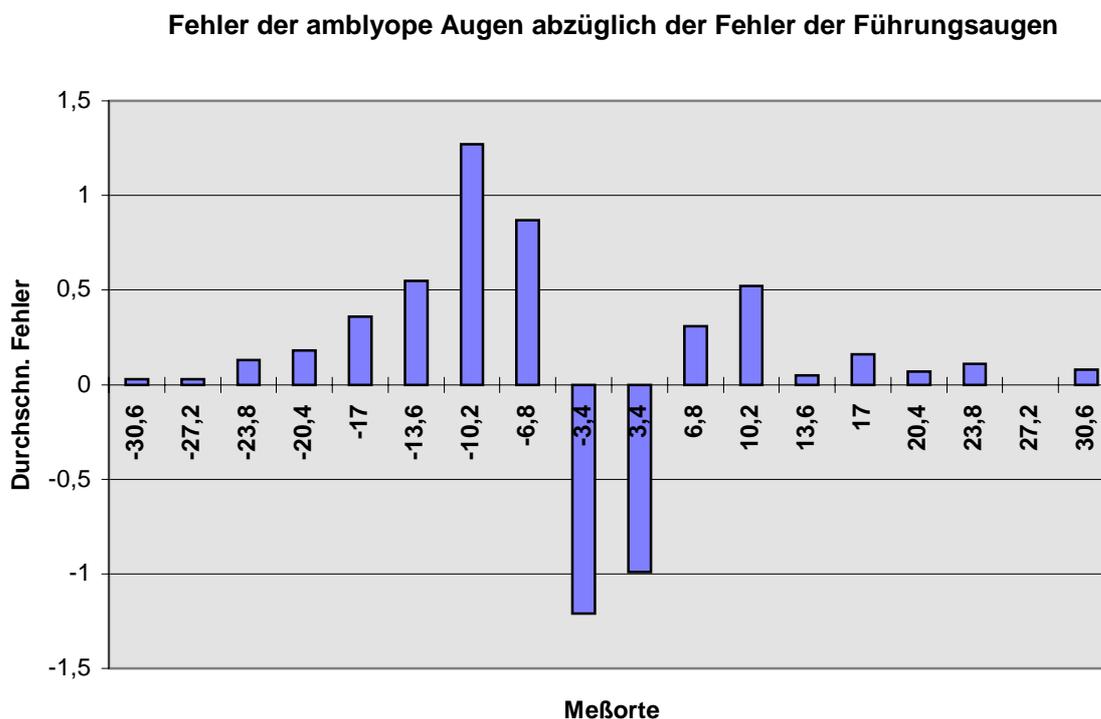


Abb. 49: Patientengruppe (n=36), aktiver Test. Fehler der amblyopen Augen abzüglich der Fehler der Führungsaugen.

Beim aktiven Test wurde von der Patientengruppe mit den amblyopen Augen vor allem an den Testorten -13,6 bis -6,8 und 6,8 bis 10,2 mehr Fehler als mit den Führungsaugen gemacht. Dagegen war die Fehlerzahl auf den mittleren Positionen -3,4 und 3,4 bei den Führungsaugen deutlich höher als bei den amblyopen Augen.

Der Vergleich der amblyopen mit den Führungsaugen mittels des t-Tests ergab keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,12$).

3.2.2.2 Vergleich Strabismus- und andere Amblyopieformen

Fehllokalisation der amblyopen Augen bei Strabismusambl. und anderen Amblyopieformen, aktiver Test

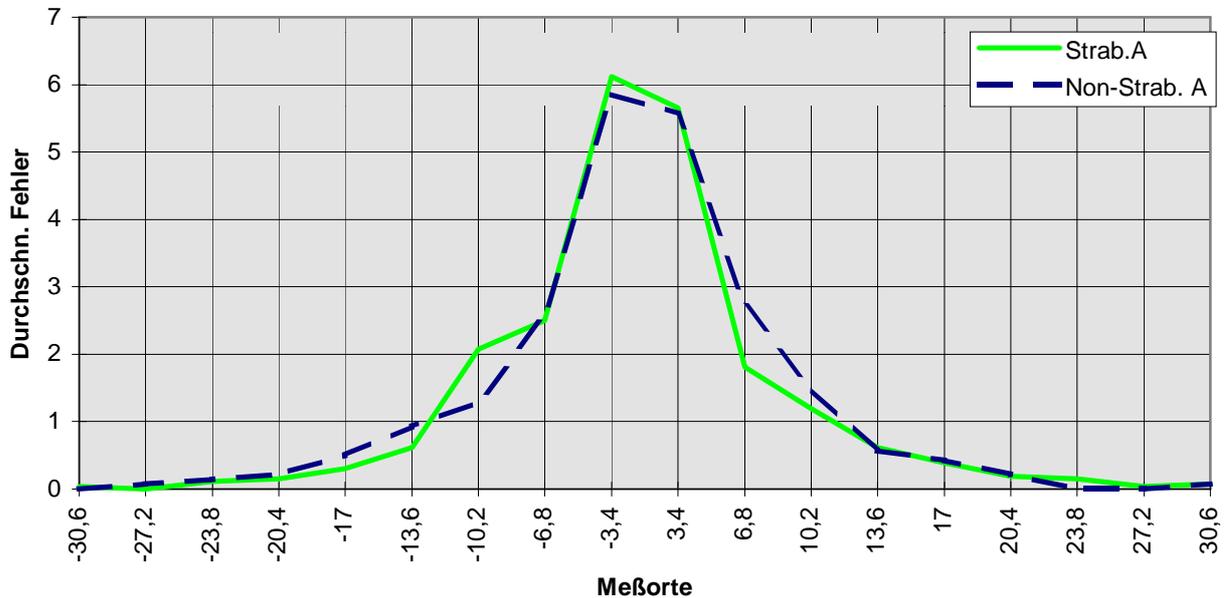


Abb. 50: Vergleich der amblyopen Augen von strabismusamblyopen Kindern (Strab.A) (n=26) und von Kindern mit anderen Amblyopieformen (Non-Strab.A) (n=12). Patientengruppe aktiver Test.

Amblyope Augen	Mittelwert	STABW.	MAX.	MIN.	Varianz
Strabismus	22	5,8	28	7	34,2
Kein Strabismus	22,6	4,9	28	10	24,3

Tab. 29: Statistik der amblyopen Augen von Strabismusamblyopen Kindern (n=26) und Kindern mit anderen Amblyopieformen (n=12). Patientengruppe, aktiver Test (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Fehllokalisation der Führungsaugen von Strabismusamblyopen und anderen Amblyopieformen aktiver Test

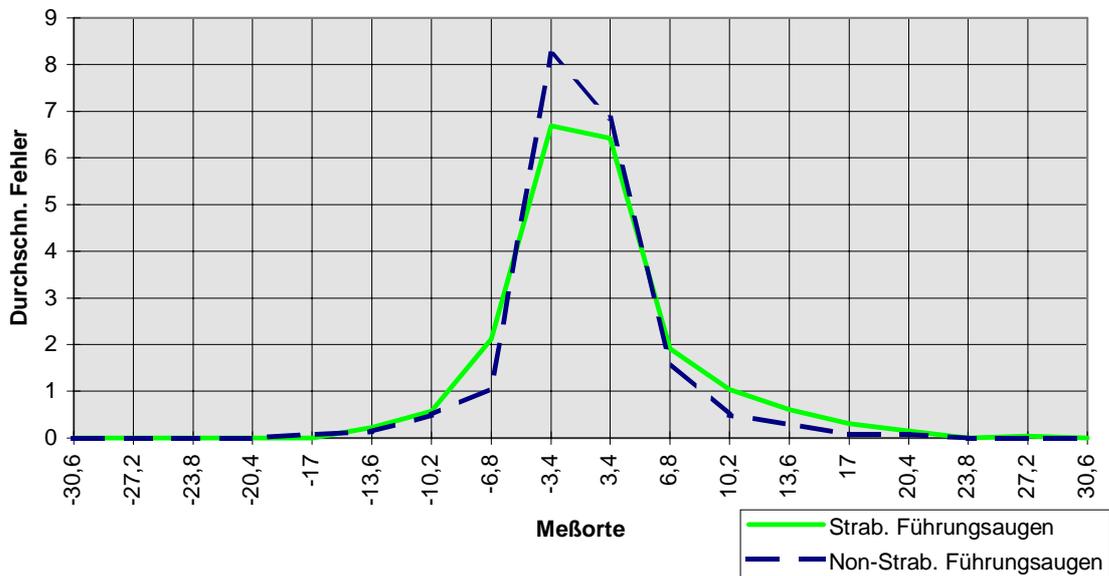


Abb. 51: Vergleich der Führungsaugen von strabismusamblyopen Kindern (Strab.F) (n=26) und von Kindern mit anderen Amblyopieformen (Non-Strab.F) (n=12). Patientengruppe aktiver Test.

Führungsaugen	Mittelwert	STABW.	MAX.	MIN.	Varianz
Strabismus	20,1	6,0	30	10	36,4
Kein Strabismus	19,4	6,7	26	2	44,9

Tab. 30: Statistik der Führungsaugen von Strabismusamblyopen Kindern (n=26) und Kindern mit anderen Amblyopieformen (n=12). Patientengruppe, aktiver Test (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Auch bei der aktiven Meßmethode konnte kein Unterschied zwischen den Fehlerzahlen der strabismusamblyopen Kindern und der Kinder mit anderen Amblyopieformen festgestellt werden. Der t-Test für unverbundene Stichproben ergab für den Vergleich der amblyopen Augen einen Wert von $p = 0,73$ und für den Vergleich der Führungsaugen $p = 0,75$.

3.2.2.3 Altersverteilung

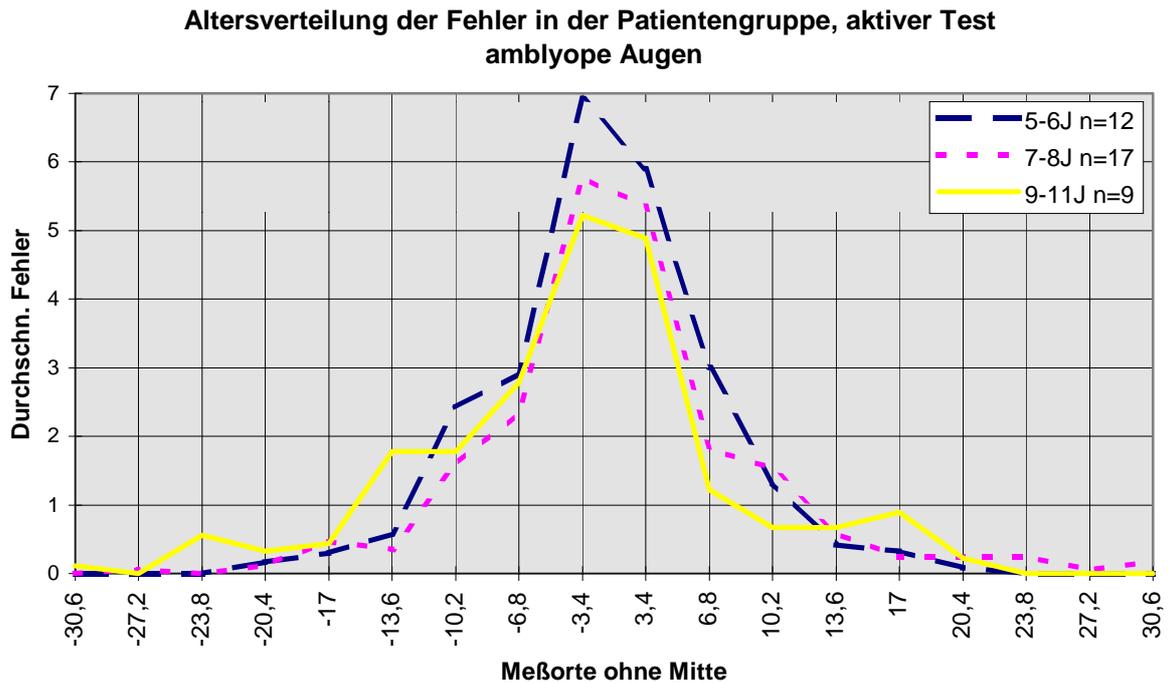


Abb. 52: Patientengruppe aufgeteilt nach dem Alter, aktiver Test, ambl. Augen

Die Patientengruppe wurde nach dem Alter bei der Untersuchung in drei Gruppen aufgeteilt. Die durchschnittliche Fehlerzahl jeder Gruppe wurde getrennt aufgetragen. Das Diagramm veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Fehlerzahl (Y) und den Meßorten (X), wobei die Mittelposition weggelassen wurde (s. oben).

	STABW.	Varianz	MAX.	MIN.	Mittelwert
5-6 Jahre	2,1	4,42	28	21	24,3
7-8 Jahre	6,78	45,9	28	7	20,9
9-11 Jahre	6,11	37,3	28	10	21,6

Tab. 31: Statistik Patientengruppe, aktiver Test, amblyope Augen (n=38)
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

**Altersverteilung,
amblyope Augen, aktiver Test**

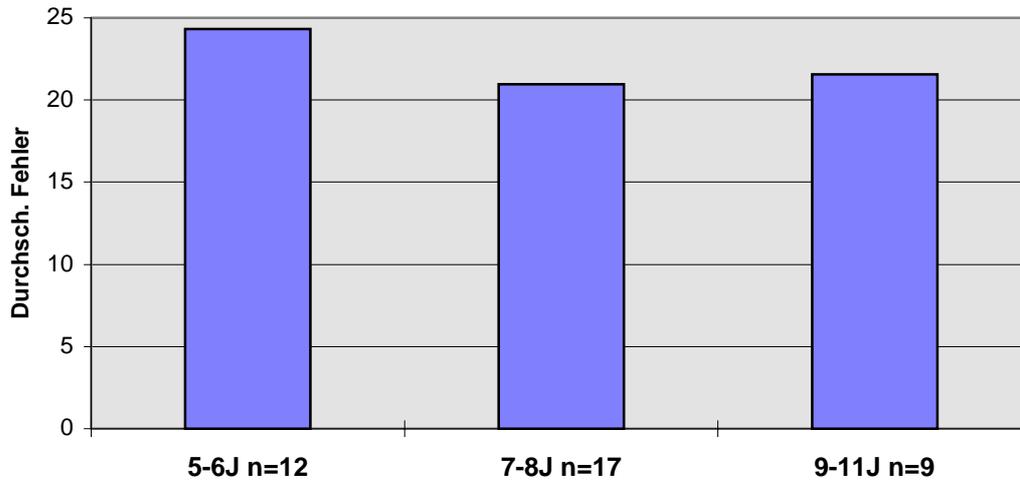


Abb. 53: Verteilung der durchschnittlichen Fehler der amblyopen Augen aller Kinder in einer Altersklasse. Aktiver Test.

Es zeigte sich, daß keine Abhängigkeit der Lokalisationsfähigkeit des amblyopen Auges vom Alter existiert. Die Berechnung der linearen Abhängigkeit nach Pearson ergab $p = -0,3$. Für die p-Werte des t-Tests für unverbundene Stichproben siehe Tabelle 32.

	t-Test
Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 7-8 Jährigen	$p = 0,07$
Vergl. der 5-6 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	$p = 0,22$
Vergl. der 7-8 Jährigen mit den 9-11 Jährigen	$p = 0,82$

Tab. 32: t-Test für unverbundene Stichproben. Amblyope Augen der Patienten. Gruppe 1 = 5-6 Jahre (n=12), Gruppe 2 = 7-8 Jahre (n=17), Gruppe 3 = 9-11 Jahre (n=9). Passiver Test nach Bedell und Flom. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Altersverteilung der Fehler in der Patientengruppe, aktiver Test, Führungsauge

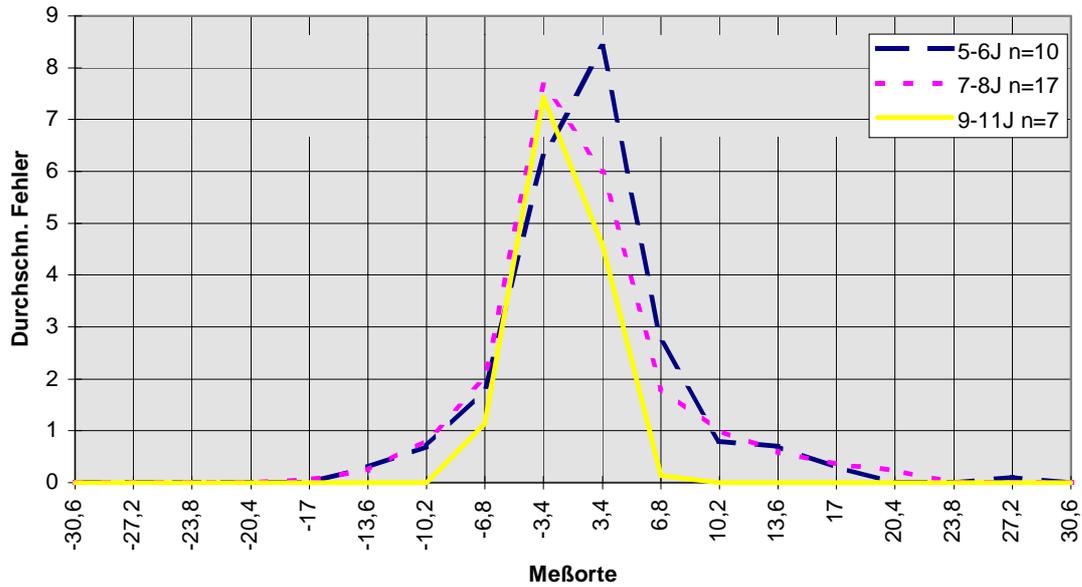


Abb. 54: Patientengruppe aufgeteilt nach dem Alter, aktiver Test, Führungsaugen

Auch beim Vergleich der Fehlerzahl der Führungsaugen fällt kein deutlicher Zusammenhang mit dem Alter der Patienten auf. Die lineare Abhängigkeit nach Pearson von Alter und Fehlerzahl betrug $=0,5$.

	STABW.	Varianz	MAX.	MIN.	Mittelwert
5-6 Jahre	3,75	14,1	22,1	17	28
7-8 Jahre	5,86	34,3	20,8	11	30
9-11 Jahre	8,28	68,6	13,3	2	25

Tab. 33: Statistik Patientengruppe, aktiver Test, Führungsaugen (n=34)
(Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den 5-6 und den 9-11 jährigen Kindern mit $p = 0,03$ berechnet werden. Der Vergleich 5-6 / 7-8 Jahre ergab keine Signifikanz ($p = 0,48$), genauso der Vergleich 7-8 / 9-11 Jahre ($p = 0,06$).

3.2.2.4 Fehlerverteilung vor und nach stationärer Pleoptik

Bei 21 der Probanden der Kontrollgruppe wurde der Test nach durchschnittlich 5 Tagen unter denselben Voraussetzungen wiederholt.

Testwiederholung nach:

1 Tag	2 Tagen	3 Tagen	5 Tagen	7 Tagen	10 Tagen	12 Tagen	30 Tagen	36 Tagen
6	1	2	5	3	1	1	1	1

Tab. 34: Auflistung der Testwiederholungen nach den Zeitabständen zwischen den Testtagen. Kontrollgruppe (n=21), aktiver Test.

Vergleich der insgesamt gemachten Fehler am ersten und am zweiten Testtag, Patientengruppe, aktiver Test

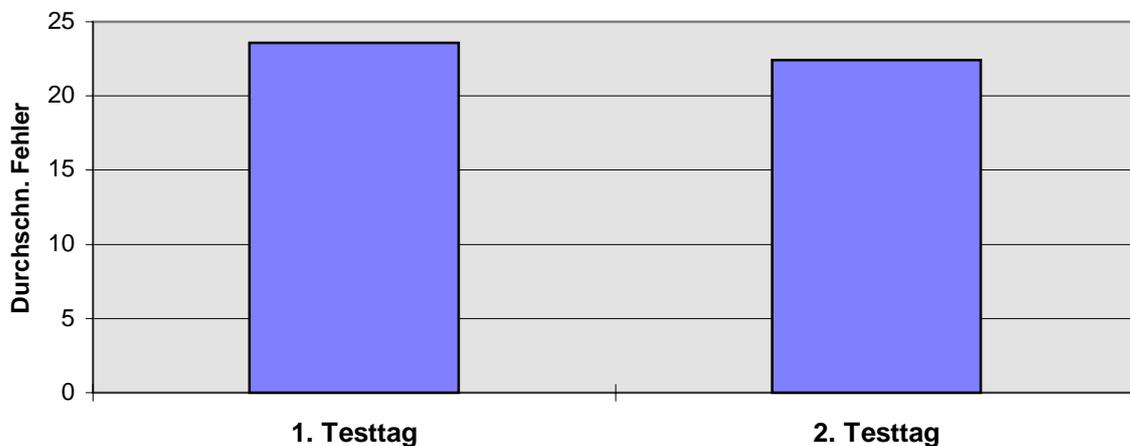


Abb. 55: Durchschnittlicher Fehler der amblyopen Augen der Patientengruppe am ersten und am zweiten Testtag, aktiver Test (n=22).

	STABW.	Varianz	Mittelwert	MAX.	MIN.
1. Tag	4,75	22,6	23,2	28	10
2. Tag	4,69	22,0	22,5	27	10

Tab. 35: Statistik Vergleich 1. Und 2. Testtag, amblyope Augen der Patientengruppe, aktiver Test (n=23) (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Der Vergleich des ersten mit dem zweiten Testtag mittels des t-Tests für verbundene Stichproben ergab keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,64$).

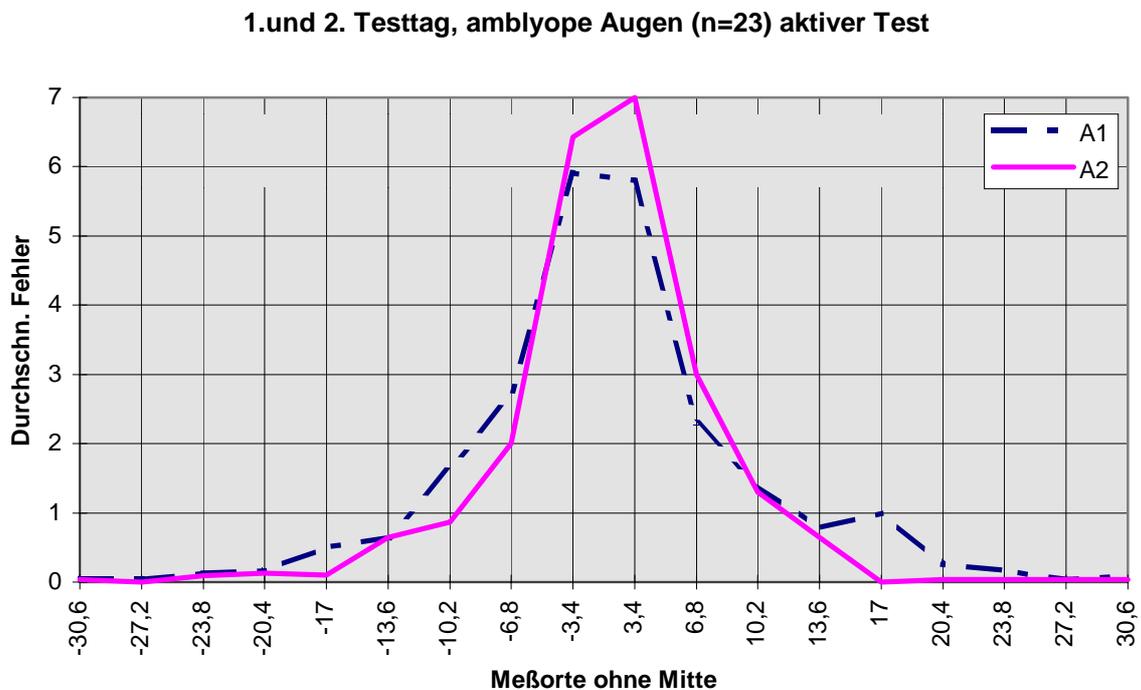


Abb. 56: Fehler der amblyopen Augen der Patientengruppe am ersten und am zweiten Testtag aufgetragen nach den Meßorten, aktiver Test (n=23).

Auch die Auftragung nach den Meßorten ergab keinen nennenswerten Unterschied im Kurvenverlauf.

Es wurde keine Veränderung der Lokalisationsfähigkeit der Führungsaugen zwischen dem ersten und zweiten Testtag festgestellt. Sowohl die Gesamtfehlerzahl als auch der Kurvenverlauf bei der Auftragung nach den Meßorten sind beinahe gleich.

Vergleich 1. und 2. Testtag, Führungsaugen (n=21) aktiver Test

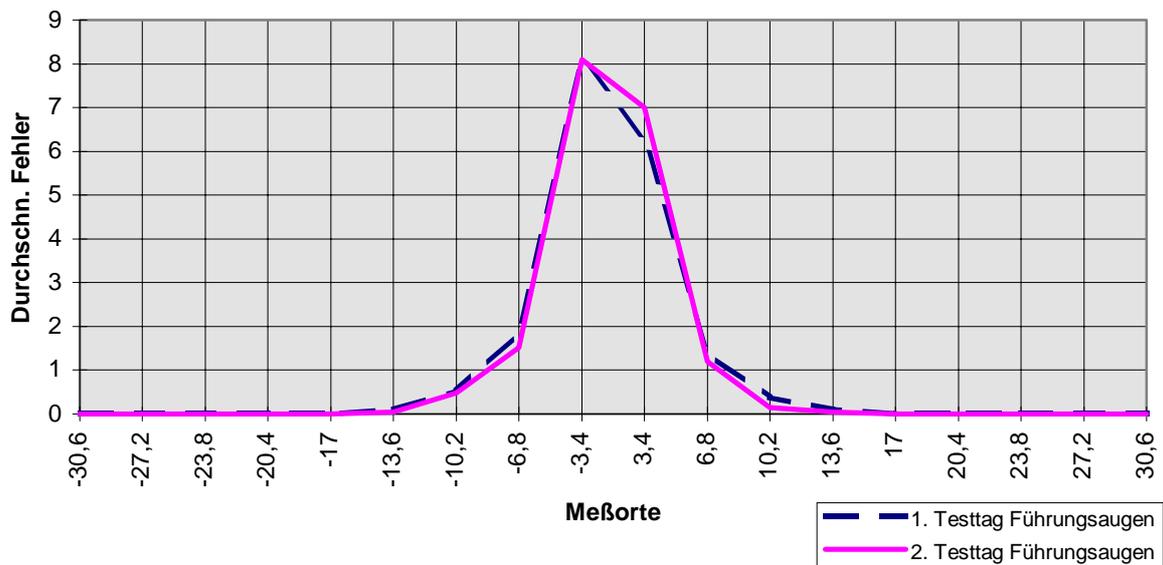


Abb. 57:Fehler der Führungsaugen der Patientengruppe am ersten und am zweiten Testtag aufgetragen nach den Meßorten, aktiver Test (n=21).

	STABW.	Varianz	Mittelwert	MAX.	MIN.
1. Tag	6,12	37,5	18,8	26	2
2. Tag	7,0	48,9	18,6	26	0

Tab. 36: Statistik Vergleich 1. Und 2. Testtag, Führungsaugen der Patientengruppe, aktiver Test (n=21) (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Auch der t-Test ergab mit $p = 0,9$, daß kein Unterschied zwischen den Fehlerzahlen der Führungsaugen am ersten und zweiten Testtag existiert.

3.3 Vergleich der Kontroll- und der Patientengruppe

3.3.1 Passiver Test

3.3.1.1 Vergleich der Kindergruppen

Um den Unterschied zwischen den Patienten und der Kontrollgruppe zu belegen, wurde der durchschnittliche Gesamtfehler der amblyopen Augen und die Führungsaugen der Patientengruppe sowie der durchschnittliche Fehler der Kontrollgruppe (beide Augen dividiert durch zwei) miteinander verglichen. Die Patientengruppe bestand aus 36 Kindern im Alter von 5-11 Jahren (Durchschnitt: 7,5 Jahre), die Kontrollgruppe aus 64 Kindern im Alter von 5-11 Jahren (Durchschnitt: 7,3 Jahre).

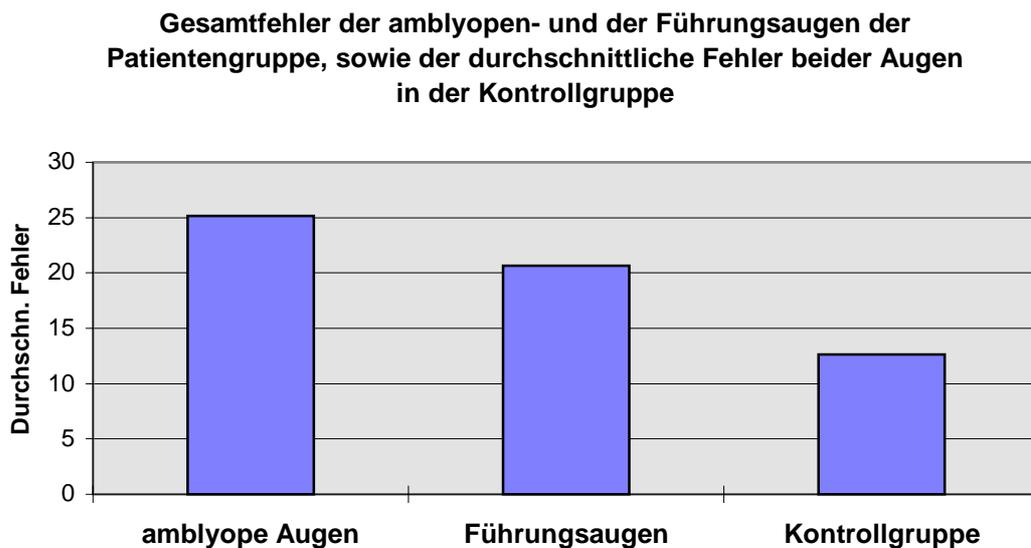


Abb. 59: Durchschnittlicher Gesamtfehler der amblyopen und der Führungsaugen in der Patientengruppe (n=36) sowie der durchschnittliche Fehler beider Augen (OD+OS/2) in der Kontrollgruppe (n=63). Passiver Test.

	MAX	MIN	Mittelwert	STABW	Varianz
ambl. Augen	53	13	25,2	9,2	84,1
Führungsaugen	42	3	20,7	11,3	128,1
Kontrollgruppe	32	3	12,6	4,8	23,3

Tab. 37: Vergleich der Patientengruppe (n=36) mit der Kontrollgruppe (n=63, OD+OS/2), passiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Es zeigte sich ein sehr deutlicher Unterschied der Fehlerzahl zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe. Der t-Test für unverbundene Stichproben ergab einen signifikanten Unterschied mit **p = 0,002** für den Vergleich der amblyopen Augen mit der durchschnittlichen, ungewichteten Fehlerzahl beider Augen in der Kontrollgruppe. Bei Einbeziehung der Multiplikatoren („gewichtet“ siehe oben) war der statistische Unterschied sogar noch größer mit **p = 0,000000016**.

Die erkrankten Kinder machen also sowohl mit ihren amblyopen Augen als auch mit ihren Führungsaugen deutlich mehr Fehler als die normalsichtigen Kinder.

Dabei ergab der t-Test für verbundene Stichproben einen signifikanten Unterschied zwischen den Fehlerzahlen der amblyopen und der Führungsaugen (**p = 0,005**).

Der Vergleich der Fehlerzahlen der Führungsaugen der Patienten mit den durchschnittlichen Fehlern beider Augen der Kontrollgruppe ergab beim t-Test für unverbundene Stichproben keine Signifikanz (**p = 0,141**)

Unterschiedlich ist auch die Verteilung der Fehler auf die Meßorte.

Vergleich der Kontroll- (n=63, OD+OS/2) mit der Patientengruppe (n=36) amblyope und Führungsaugen. Passiver Test

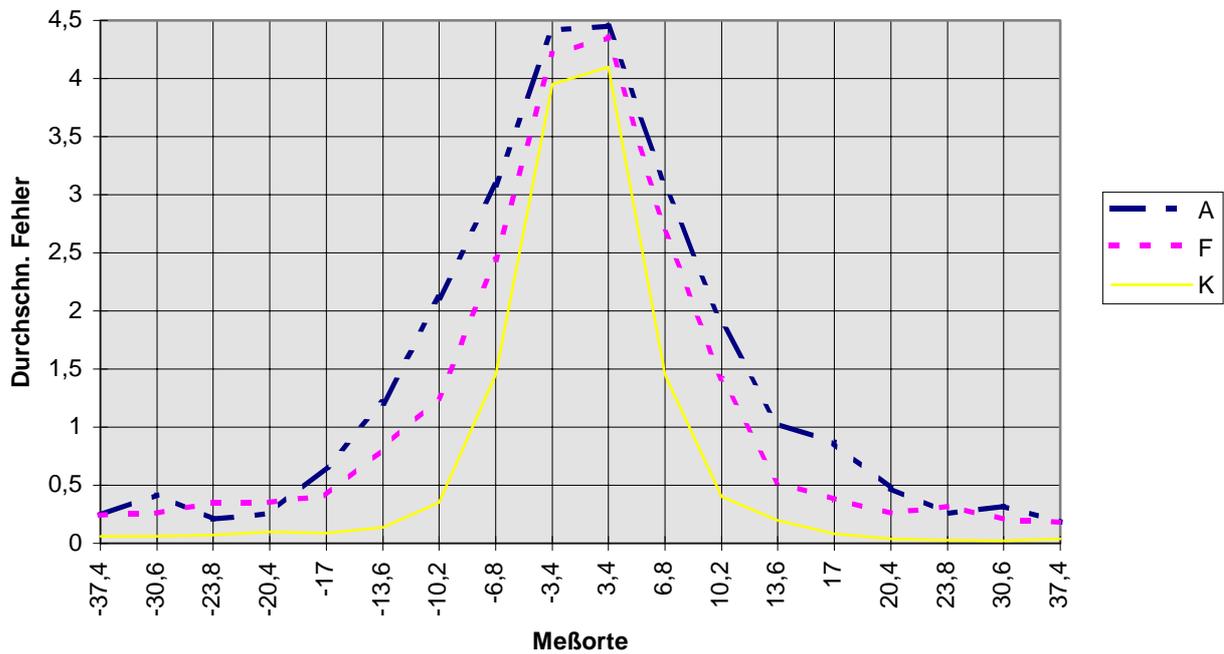


Abb. 60: Durchschnittlicher Gesamtfehler der amblyopen und der Führungsaugen in der Patientengruppe (n=36), sowie der durchschnittliche Fehler beider Augen (OD+OS/2) in der Kontrollgruppe (n=63) aufgetragen nach den Meßorten. Passiver Test.

Man erkennt eine Verschmälerung des Kurvenverlaufs bei den Führungsaugen gegenüber den amblyopen Augen und zwischen den Führungsaugen und den Augen der Kontrollgruppe. Je besser die Lokalisationsfähigkeit war, desto weniger Fehler wurden insgesamt gemacht und desto mehr konzentrierten sich die Fehler auf die Mittelpositionen.

Durchschnittlicher Fehlerunterschied zwischen den amblyopen Augen der Patientengruppe und den Augen der Kontrollgruppe



Abb. 61: Durchschnittlicher Fehler der Augen (OD+OS/2) der Kontrollgruppe (n=63) subtrahiert von dem durchschnittlichen Fehler der amblyopen Augen der Patientengruppe (n=36).

Der größte Unterschied zwischen den beiden Gruppen existiert demnach auf den Positionen -5 bis -2 und 2 bis 5.

3.3.1.2 Vergleich mit den Erwachsenen

Vergleich der Fehlerzahlen der amblyopen Augen in der Patientengruppe, der normalsichtigen Kinder und der normalsichtigen Erwachsenen

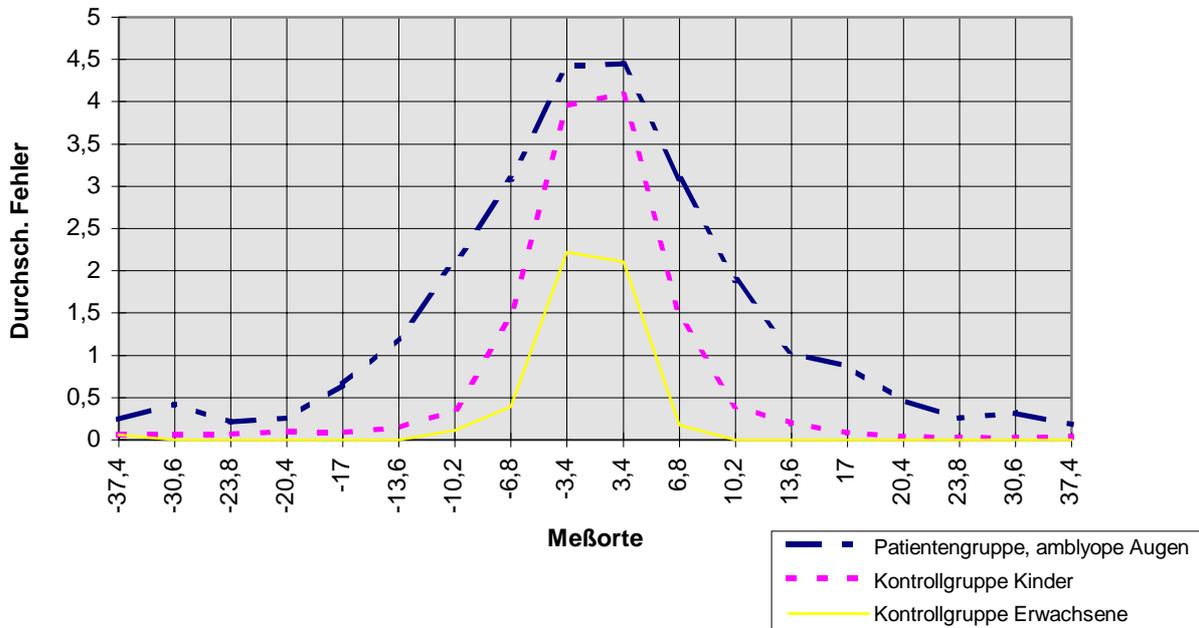


Abb. 62: Patientengruppe (n=36), Kontr. Kinder (n=63),
Kontr. Erwachsene (n=9)

Der Vergleich der Patientengruppe mit den Normalsichtigen Erwachsenen zeigte einen noch deutlicheren Unterschied. Die Kinder machten mit ihren amblyopen Augen 5x mehr Fehler als die Erwachsenen. Wieder waren die Fehler der normalsichtigen Gruppe eher in der Mitte lokalisiert.

3.3.2 Aktiver Test

3.3.2.1 Vergleich der Kindergruppen

Wieder wurde der durchschnittliche Gesamtfehler der amblyopen Augen und die Führungsaugen der Patientengruppe sowie der durchschnittliche Fehler der Kontrollgruppe (beide Augen dividiert durch zwei) miteinander verglichen. Die Patientengruppe bestand ebenfalls aus 36 Kindern im Alter von 5-11 Jahren (Durchschnitt: 7,5 Jahre), die Kontrollgruppe aus 64 Kindern im Alter von 5-11 Jahren (Durchschnitt: 7,3 Jahre).

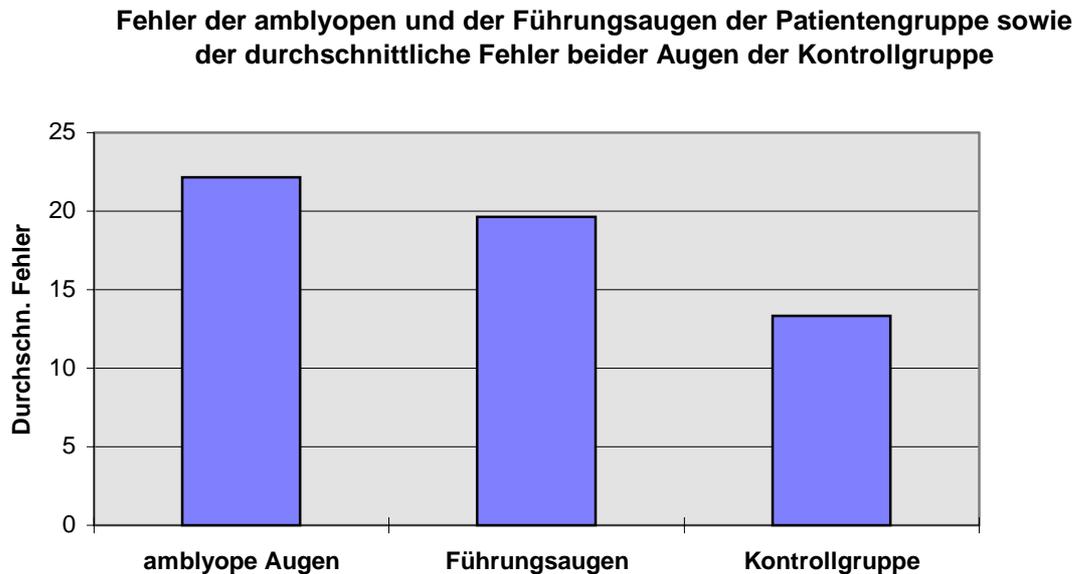


Abb. 63: Durchschnittlicher Fehler der amblyopen und der Führungsaugen in der Patientengruppe (n=36) sowie der durchschnittliche Fehler beider Augen (OD+OS/2) in der Kontrollgruppe (n=63). Aktiver Test.

	MAX	MIN	Mittelwert	STABW	Varianz
ambl. Augen	28	7	22,2	5,6	31,6
Führungsaugen	30	2	19,6	6,6	44,0
Kontrollgruppe	25	1	13,3	6,2	38,6

Tab. 38: Vergleich der Patientengruppe (n=36) mit der Kontrollgruppe (n=63, OD+OS/2), aktiver Test. (Abkürzungen/Erläuterungen siehe Anhang)

Auch beim aktiven Test zeigt sich ein sehr deutlicher Unterschied der Fehlerzahl zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe. Der t-Test für unverbundene Stichproben ergab einen hoch signifikanten Unterschied mit $p = 0,0000000001$ für den Vergleich der amblyopen Augen mit der durchschnittlichen Fehlerzahl beider Augen in der Kontrollgruppe.

Vergleich der Kontroll- (n=63, OD+OS/2) mit der Patientengruppe (n=36) amblyope und Führungsaugen, aktiver Test

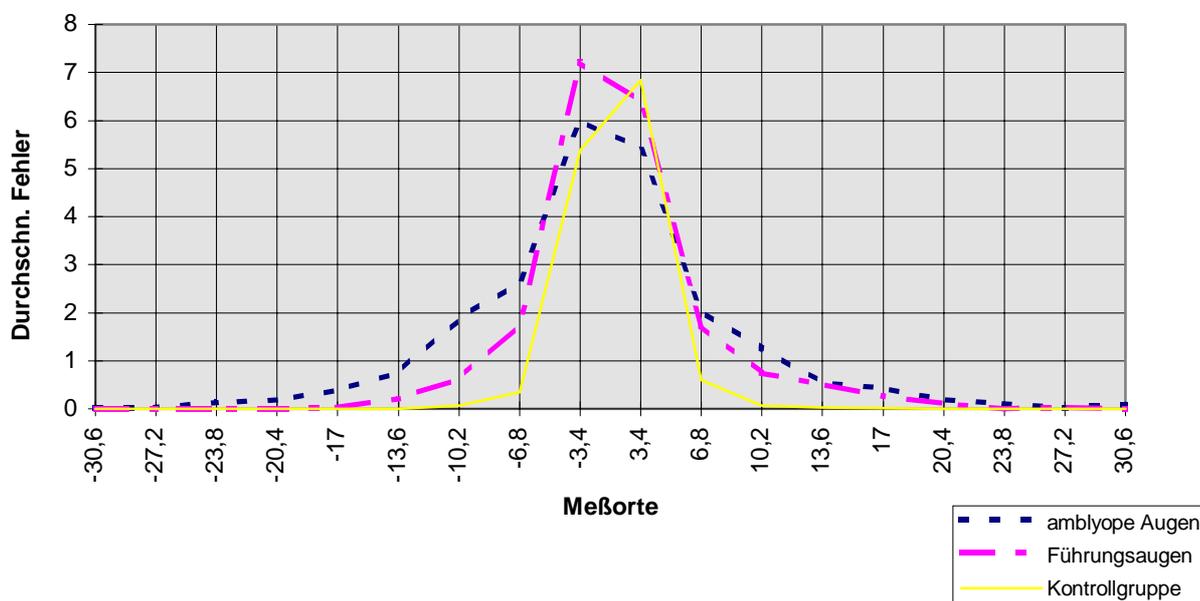


Abb. 64: Durchschnittlicher Fehler der amblyopen- und der Führungsaugen in der Patientengruppe (n=36), sowie der durchschnittliche Fehler beider Augen (OD+OS/2) in der Kontrollgruppe (n=63) aufgetragen nach den Meßorten. Aktiver Test.

Beim aktiven Test ist der Unterschied im Kurvenverlauf zwischen den erkrankten, den Führungsaugen und den Augen der Kontrollgruppe nicht so deutlich wie beim passiven Test. Auf den Mittelpositionen machen die Kinder der Kontrollgruppe sogar mehr Fehler als die erkrankten Kinder mit ihren Führungsaugen. Trotzdem ist der durchschnittliche Fehler der Kontrollgruppe kleiner, da auf den mehr peripher gelegenen Meßorten entsprechend weniger Fehler gemacht werden als von der Patientengruppe. Auch beim aktiven Test ist eine Verschmälerung der Kurve zwischen den amblyopen Augen und den Führungsaugen der Patientengruppe sowie zwischen den Führungsaugen der Patientengruppe und dem durchschnittlichem Fehler beider Augen der Kontrollgruppe feststellbar.

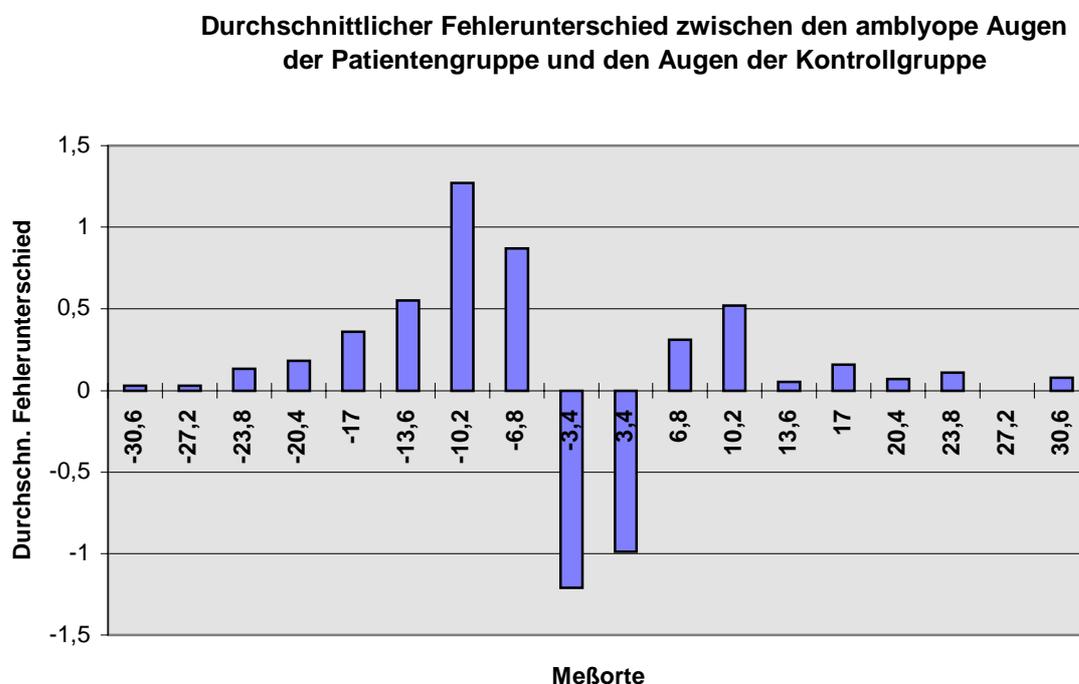


Abb. 65: Durchschnittlicher Fehler der Augen (OD+OS/2) der Kontrollgruppe (n=63) subtrahiert von dem durchschnittlichen Fehler der amblyopen Augen der Patientengruppe (n=36), aktiver Test.

Bei dieser Auftragungsart sieht man, daß wie beim passiven Test an den Positionen -4 bis -2 und 2 bis 4 die maximalen Fehlerunterschiede liegen. Im Unterschied zum passiven Test ist jetzt jedoch ein negativer Fehlerunterschied (mehr Fehler in der Kontrollgruppe) auf den Mittelpositionen erkennbar.

3.3.2.2 Vergleich der Kinder mit den Erwachsenen

Vergleich der Fehlerzahlen der amblyopen Augen der Patientengruppe, der normalsichtigen Kinder und der normalsichtigen Erwachsenen

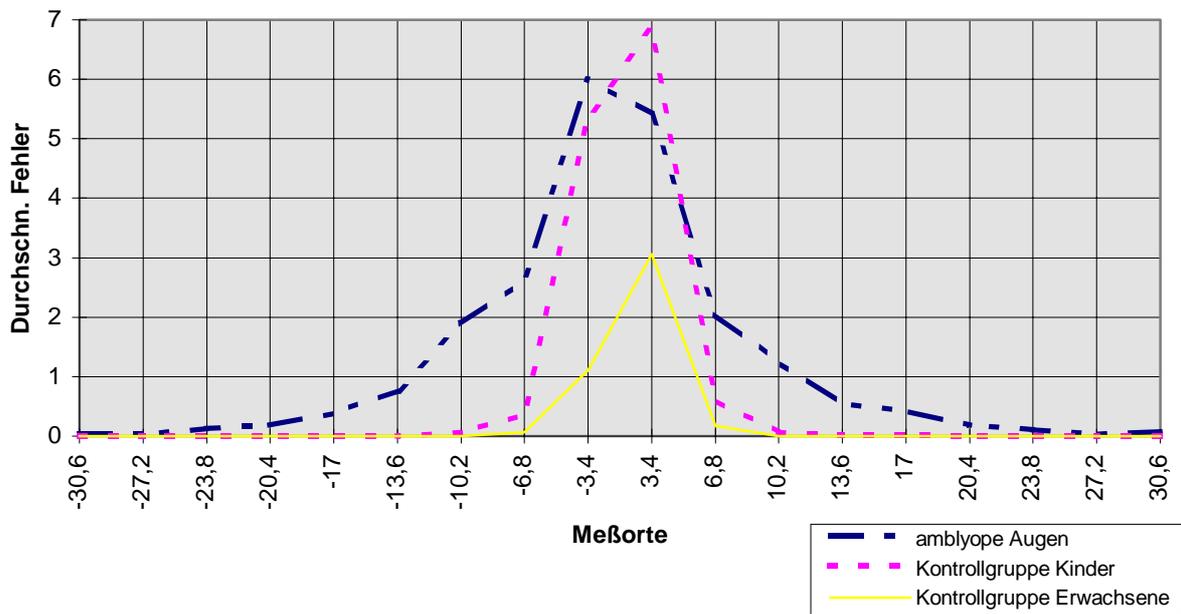


Abb. 66: Patientengruppe (n=36), amblyope Augen, Kontr. Kinder (n=63, OD+OS/2), Kontr. Erwachsene (n=9, OD+OS/2)

	MAX	MIN	Mittelwert	STABW	Varianz
Patientengruppe ambl. Augen	28	7	22,2	5,6	31,6
Erwachsene	14	0	4,4	5,1	26,0

Tab. 39: Vergleich der amblyopen Augen der Patientengruppe (n=36) mit den normalsichtigen Erwachsenen (n=9, OD+OS/2), aktiver Test.

(Abkürzungen/Erläuterungen
siehe Anhang)

Der Vergleich der amblyopen Augen der Patientengruppe mit den Augen der normalsichtigen Erwachsenen ergab eine weit geringere Fehlerzahl der Erwachsenen und eine schmalere Kurve bei der graphischen Auftragung.

Die Statistische Auswertung mittels des t-Tests für unverbundene Stichproben ergab einen hochsignifikanten Unterschied der Fehlerzahlen der Erwachsenen verglichen mit den amblyopen Augen der Kinder (**p = 0,000000005**). Der Vergleich der Fehlerzahlen der Erwachsenen mit den Fehlern, die die Kinder mit ihren Führungsaugen gemacht haben ergab ebenfalls einen signifikanten Unterschied mit **p = 0,00000006**.

4 Diskussion

Die grundlegenden Fragen dieser Arbeit waren:

1. Welche Unterschiede existieren zwischen den Ergebnissen des passiven Tests nach Flom und Bedell und des aktiven Tests nach Sireteanu und Fronius ?
2. Wie unterscheidet sich die Verteilung der Fehlerpunkte einer normalsichtigen Kontrollgruppe und einer Patientengruppe ?
3. In wieweit ist die physiologische Reifung des optischen Systems in die Beurteilung des Testergebnisses mit einzubeziehen ?
4. Welche Veränderungen der Testergebnisse sind nach einer stationären Pleoptik erkennbar ?
5. Existiert bei dieser Testmethode ein Lerneffekt ?
6. Existiert ein Unterschied zwischen den Ergebnissen von strabismusamblyopen Patienten und solchen mit anderen Amblyopieformen ?
7. Ist der Test nach Flom und Bedell in der Praxis anwendbar ?

4.1 Vergleich der Kontroll- und der Patientengruppe

Der Unterschied bei der Verteilung der Fehlerpunkte zwischen der Kontrollgruppe und der Patientengruppe zeigt sich sowohl in der absoluten Anzahl als auch in der Lokalisation der Fehler. Dieser Unterschied zwischen den Gruppen ist mit $p = 0,0000000001$ für den aktiven und $0,000000003$ für den passiven Test hochsignifikant. Im wesentlichen bestätigt diese Untersuchung die von Bedell und Flom (5), Sireteanu und Fronius (36) sowie Fuisting (8) erhobenen Werte in bezug auf die Fehllokalisierung bei Amblyopen. Die Anzahl der Fehler nahm mit zunehmender Entfernung vom Fixationspunkt ab.

Es ist jedoch der Schlußfolgerung zu widersprechen, daß die Lokalisationsstörungen im zentralen Gesichtsfeld ausgeprägter seien. Die Untersuchung einer Kontrollgruppe bestehend aus 63 Probanden zeigt deutlich, daß auch normalsichtige Probanden im zentralen Bereich Fehler machen. Folglich muß man von einer physiologischen Unsicherheit bei der Lokalisation im Bereich $6,4^\circ$ um die Mittelposition sprechen.

Je besser die Lokalisationsfähigkeit war, desto weniger Fehler wurden insgesamt gemacht und desto mehr konzentrierten sich die Fehler auf die Mittelpositionen. Die Abbildung Nr. 60 im Ergebnisteil veranschaulicht den Unterschied zwischen der Kontroll- und der Patientengruppe. Der größte Unterschied zwischen den beiden Gruppen zeigt sich bei dieser Auftragsart auf den Positionen -5 bis -2 und 2 bis 5. Es handelt sich also nicht um eine zentral stärker ausgeprägte Störung.

Die logarithmische Auftragung der Lokalisationsfehler der Patientengruppe und der Kontrollgruppen zeigt einen identischen Kurvenverlauf mit unterschiedlicher Steigung. Der absolute Unterschied bei der Lokalisation zwischen den an Amblyopie Erkrankten und den Normalsichtigen ist demnach nur ein quantitativer und kein qualitativer Unterschied. Es handelt sich um eine globale, d.h. das gesamte Gesichtsfeld betreffende Erhöhung der Lokalisationsunsicherheit.

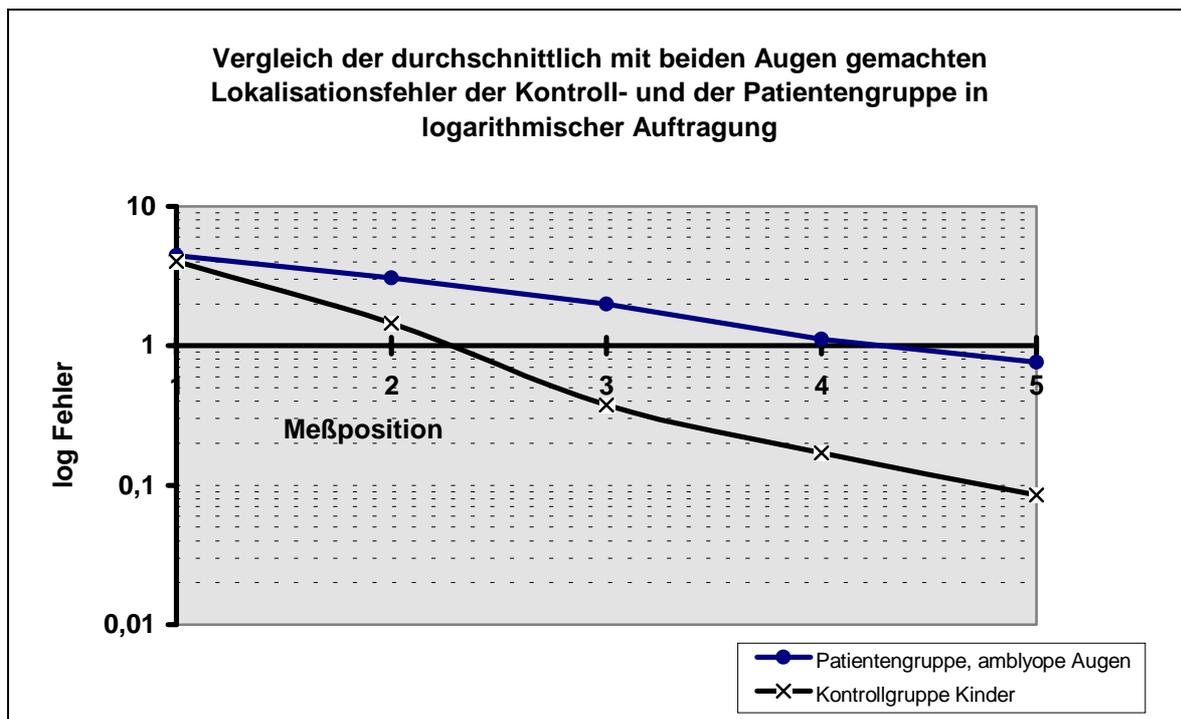


Abb. 67: Durchschnittlicher, log Fehler der Patientengruppe (n=36) und der Kontrollgruppe (n=63) passiver Test.

Der Terminus „Fehllokalisation bei Amblyopie“, der eine deutlich abgrenzbare Fehlleistung bei Amblyopen suggeriert, sollte daher mit Vorsicht benutzt werden. Es handelt sich um eine Erhöhung der auch bei Normalsichtigen vorkommenden Lokalisationsunsicherheit, an sich also keinen pathologischen Befund.

So zeigte sich, daß auch normalsichtige Probanden Fehler an den äußersten Meßorten machten. Als Ursache lassen sich vor allem Unaufmerksamkeit oder Verwechslung vermuten. Statistisch signifikante Fehlerzahlen treten bei der Kontrollgruppe in einem Bereich von 17 Winkelminuten (Pos.5) um die Mittelposition auf (passiver Test, Kontrollgruppe, n=64).

Bei der Patientengruppe konnte eine erhöhte Fehlerzahl (über das „Rauschen“ von Irrtum und Verwechslung) bis 20,4 Winkelminuten (Pos.6) dargestellt werden. Die amblyopen Kinder machen statistisch mehr und schwerwiegendere, d.h. weiter von der Mitte entfernte Fehler als die normalsichtigen Kinder.

Quantitativ war ein hochsignifikanter Unterschied der durchschnittlichen Fehlerzahlen zwischen der Kontroll- und der Patientengruppe festzustellen ($p = 0,002$ siehe S.86). Bei der Auswertung der Fehlerspanne (Maximal- und Minimalfehlerzahl) zeigte sich jedoch, daß die Diskrepanz zwischen den 5% der Kontrollgruppe mit den meisten Fehlern und den 5% der Patientengruppe mit den wenigsten Fehlern zu gering ist, als daß man bei Einzelfällen mit Hilfe dieses Tests eine Aussage über die pathologische Bedeutung der Lokalisationsfehler machen könnte.

4.2 Vergleich der Altersgruppen

In den bisher veröffentlichten Arbeiten wurde größtenteils mit erwachsenen Versuchspersonen gearbeitet. Die Zielgruppe einer Therapie sind jedoch Kinder unter 6 Jahren. Daher sollte diese Arbeit einen möglichen Unterschied bei der Beurteilung des Testergebnisses zwischen verschiedenen Altersgruppen belegen.

Es zeigte sich, daß das Testergebnis tatsächlich in erheblichen Maße vom Alter der Probanden abhängt. Bei normalsichtigen Erwachsenen kann man davon ausgehen, daß bei der Testanordnung nach Bedell und Flom die intellektuellen Anforderungen so unbedeutend sind, daß Fehler allein auf ein verringertes Lokalisationsvermögen zurückzuführen sind. Insoweit konnte diese Untersuchung die Ergebnisse von Bedell und Flomm (5) sowie Fronius und Sireteanu (37) bestätigen.

Die 64 untersuchten normalsichtigen Kinder dagegen zeigten eine sehr breite Fehlerzahlspanne. Tendenziell war die Lokalisationsfähigkeit der älteren Kinder größer.

In diesem Zusammenhang muß man jedoch die Anforderungen, die der Test an die Kinder stellt genauer bedenken. Folgende Leistungen müssen beim passiven Test erbracht werden:

- 1.) Das Kind muß in der Lage und ausreichend motiviert sein, den Bildschirm zu beobachten.
- 2.) Das Kind muß das 130 msec. lang aufblitzende Lichtzeichen sehen.
- 3.) Es muß die Lokalisation des Testortes zu der Position der Dreiecke in Beziehung setzen (die zu prüfende Fähigkeit)
- 4.) Es muß von einer statischen Anordnung von zwei Punkten zu einer Richtungsangabe, also „Rechts“ oder „Links“ kommen.
- 5.) Diese Richtungsangabe muß stimmen (Verwechslung der Seiten bzw. Rechts und Links)

Beim aktiven Test muß das Kind:

- 1.) In der Lage und ausreichend motiviert sein, den Bildschirm zu beobachten
- 2.) Den Zusammenhang zwischen der Bewegung der Testmarke und dem Drücken der Tasten verstehen
- 2.) Die manuelle Geschicklichkeit besitzen, die Testmarke zu bewegen.
- 3.) Die aktuelle Lokalisation des Testortes ständig mit der Position der Dreiecke in Beziehung setzen (die zu prüfende Fähigkeit)
- 4.) Die notwendige Frustrationstoleranz besitzen, um die Testmarke wirklich in die erkannte Mittelposition zu plazieren und nicht schon vorher eine falsche Position als „Mitte“ gelten zu lassen.

Wie man sieht, prüft der Test nach Bedell und Flom nicht nur die Lokalisationsfähigkeit, sondern noch eine ganze Reihe weiterer Fähigkeiten, die sich in dem Lebensalter der Probanden entwickeln bzw. differenzieren.

Es kann daher nicht zwischen einer Verbesserung durch die physiologische Reifung des optischen Systems und einer Verbesserung durch die wachsenden Fähigkeiten im Bereich der Wahrnehmung, der Informationsverarbeitung und der Problemlösung unterschieden werden.

Da man nicht zwischen einer pathologischen Verminderung und einem grenzwertig normalen Lokalisationsvermögen differenzieren kann, ermöglicht die schwierige Einschätzung des Entwicklungsstandes der Probanden nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage bezüglich seiner Lokalisationsfähigkeit.

Bei der Patientengruppe ist beim Vergleich der amblyopen Augen eine Unterscheidung nach Altersklassen sinnlos, da ja die Ausprägung der Amblyopie, unabhängig vom Alter die Lokalisationsfähigkeit bestimmt. Daraus kann man also schließen, daß bei gleicher Ausprägung der Amblyopie ein älteres Kind im Test auch mit dem amblyopen Auge weniger Fehler machen sollte. Der Vergleich der Führungsaugen dagegen zeigt eine ausgeprägte Altersabhängigkeit analog zu den Ergebnissen der normalsichtigen Kinder.

Die überproportional geringer werdende Fehlerzahl mit höherem Lebensalter beweist auch die in der Praxis gefundene Grenze des minimalen Lebensalters der Probanden für den Test von 5 Jahren. Bei jüngeren Kindern ist eine Anwendung des Tests nur in Ausnahmefällen möglich und aufgrund der fehlenden Vergleichsdaten auch wenig sinnvoll.

4.3 Vergleich der Testergebnisse vor und nach pleoptischer Therapie

der Vergleich der Testergebnisse der Patientengruppe vor und nach einer im durchschnitt zwei Wochen dauernden pleoptischen Therapie zeigte eine deutliche Visusverbesserung der Probanden und zwar sowohl der amblyopen als auch der okkludierten Augen. Nur in einem von sechzehn Fällen war eine geringfügige Visusverringerng zu messen.

Ähnlich verhielt es sich mit dem Lokalisationsvermögen. Fast alle Kinder zeigten am zweiten Testtag eine geringere Fehlerzahl als am ersten.

Damit konnten die Ergebnisse von Fuisting (8) bestätigt werden, die ebenfalls eine deutliche Verminderung der Fehlerzahlen bei Testwiederholung entdeckte.

Auch die von Fuisting beschriebene Verbesserung des Lokalisationsvermögens des okkludierten Führungsauges war festzustellen.

Die von Fuisting (8) aufgestellte Hypothese, daß diese schnelle und auch das Führungsauge betreffende Besserung der Lokalisationsfähigkeit auf einer Durchbrechung der pathologischen Interaktion zwischen beiden Augen beruht, muß jedoch relativiert werden.

Entscheidend dafür ist die Beobachtung, daß auch die Kontrollgruppe normalsichtiger Kinder eine Verbesserung der Untersuchungsergebnisse zwischen dem ersten und dem zweiten Testtag aufweist. Es konnte im Gegensatz zu den von Fuisting erhobenen Daten ein deutlicher, statistisch gesicherter Lerneffekt festgestellt werden.

Da sich dieser Lerneffekt naturgemäß bei den Patienten auch auf die Führungsaugen auswirkt, ist damit die Verbesserung der Lokalisationsfähigkeit auch der okkludierten Augen erklärt.

Um einen Anhalt zur Unterscheidung von Therapie- und Lerneffekt zu haben, wurden die Lokalisationsverbesserungen der Patienten- und der Kontrollgruppe verglichen. Dabei zeigte sich, daß der Unterschied der Fehlerzahl bei der Kontrollgruppe größer war als bei der Patientengruppe. Der Lerneffekt bei den normalsichtigen Probanden also größer war als die Lokalisationsverbesserung bei den zwei Wochen lang therapierten Patienten.

Ein weiterer Anhalt dafür, daß die pleoptische Therapie wenig bzw. individuell sehr unterschiedlichen Einfluß auf die Lokalisationsfähigkeit hat, zeigte sich beim Vergleich der Visusverbesserung mit der Lokalisationsverbesserung. Nur 48% der zweimal untersuchten Kinder zeigten bei Einbeziehung des Lerneffekts eine Lokalisationsverbesserung von mehr als 2 Fehlern. 30% der Kinder zeigten weniger als zwei Fehler Unterschied zwischen dem

ersten und dem zweiten Testtag und 22% machten, wenn man den Lerneffekt berücksichtigt am zweiten Testtag sogar mehr Fehler als am ersten Tag.

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Lokalisationsfehlern des ersten und des zweiten Testtages gefunden werden.

Da nach Fuisting (8) eine deutliche Korrelation von Visusverlust und Lokalisationsschwierigkeiten besteht und die pleoptische Therapie zwar eine Visus- aber keine Lokalisationsverbesserung erbringt, muß man davon ausgehen, daß die zugrundeliegenden Pathomechanismen unterschiedlich sind.

Auch Fuisting wies auf die Tatsache hin, daß nicht unmittelbar von Visusverlust auf Lokalisationsschwierigkeiten und umgekehrt geschlossen werden dürfe, und führte als Beispiel anisometrieamblyope Patienten an, bei denen trotz einer geringen Sehschärfe so gut wie keine Lokalisationsfehler nachzuweisen waren, sowie strabismusamblyope Patienten, die bei deutlichen Lokalisationsschwierigkeiten einen normalen Visus aufwiesen.

Es scheint sich also bei der Verschlechterung des Lokalisationsvermögens und der Visusverringernng nicht um Ursache und Wirkung zu handeln, wie von Bedell und Flom (5) angenommen, sondern um zwei unterschiedliche, wenn auch zusammenhängende Pathomechanismen. Ein weiteres Indiz dafür ist die deutlich schlechtere Lokalisationsfähigkeit der nicht amblyopen Augen der Patientengruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Obwohl die Visusverminderung der Führungsaugen bei den amblyopen Kindern mittels Sehhilfen fast vollständig ausgeglichen werden konnte, machten sie damit dennoch mehr Fehler als normalsichtige Kinder was auf ein zentrales, nicht eindeutig seitengebundenes Geschehen hindeutet.

4.4 Vergleich des aktiven und des passiven Tests

Die grundsätzlichen Unterschiede des passiven und des aktiven Tests zeigten sich in den Ergebnissen. Beide Testvarianten verlangen einige Fertigkeiten seitens des Probanden. Während beim passiven Test die Aufmerksamkeitsspanne, Konzentrationsvermögen und die gedankliche Umsetzung des Monitorbildes in eine Richtungsangabe notwendig war, erforderte der aktive Test eine gewisse manuelle Geschicklichkeit.

Der entscheidende Unterschied liegt jedoch in der Tatsache, daß beim passiven Test nur ein kurzes Aufblitzen gedeutet werden muß, während beim aktiven Test eine ständige Abgleichung der Testmarke mit den Referenzdreiecken möglich ist.

Beide Testmethoden erbrachten jedoch im wesentlichen die gleichen Ergebnisse, was zu der Annahme berechtigt, daß auch tatsächlich von beiden Verfahren das Gleiche gemessen wird. Bei der graphischen Auswertung fällt vor allem die geringere Streubreite der Fehler beim aktiven Test ins Auge. Beim Vergleich mit der Kontrollgruppe zeigt sich, daß auch hier die Streubreite beim aktiven Test geringer ist als beim passiven Test.

Die Tatsache, daß die Altersabhängigkeit der Fehlerzahl beim aktiven Test ausgeprägter ist als beim passiven bestätigt, daß auch beim aktiven Test weitere Faktoren außer der Lokalisationsfähigkeit am Ergebnis beteiligt sein müssen, und zwar noch stärker als beim passiven Test.

Wenn man davon ausgeht, daß die Fehllokalisierung eher eine Lokalisationsunsicherheit darstellt, ist nachvollziehbar, daß bei längerem Vergleich und Ausprobieren der möglichen Mittelpositionen schließlich die Aufgaben doch besser gelöst werden.

Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen während des Testvorganges. Die Kinder bewegten Die Testmarke erst einmal weit nach Außen und „schaukelten“ sie dann in die Mitte. Dieses Verhalten konnte sowohl bei den amblyopen Kindern als auch bei der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Der aktive Test wurde daher auch tatsächlich von einigen normalsichtigen und älteren Kindern ohne jeden Fehler bestanden. Dennoch war ein fehlerloses Bestehen eher die Ausnahme, was möglicherweise an der benutzten Hardware lag, da die Kinder zur Bedienung der Tasten eine gewisse Geduld aufbringen mußten.

4.5 Diskussion der angewandten Testmethode

Wie schon oben erwähnt scheint die Aussagekraft des Tests nach Bedell und Flom für die Praxis der Amblyopietherapie eher gering zu sein. Entscheidend für diese Einschätzung ist die Tatsache, daß die Amblyopie bei Kindern möglichst früh behandelt werden soll und heute auch meist vor dem 5 Lebensjahr diagnostiziert wird. Gerade kleine Kinder können aber mit dem Test nicht untersucht werden. Die Anforderungen an Wahrnehmung, Konzentrationsfähigkeit und Geschicklichkeit sind zu groß. Selbst bei älteren Kindern bleibt die Konzentrationsfähigkeit der limitierende Faktor.

Auch die große interindividuelle Schwankungsbreite der Ergebnisse der Kontrollgruppe zeigt, daß der Test zu sehr von anderen Faktoren abhängt, als daß er allein zur Diagnostik eingesetzt werden könnte. Allerdings wäre eine kürzere und leichter durchführbare Testversion als Screeningmethode zur Ergänzung der anderen Testmöglichkeiten vielleicht nützlich. Dazu sollte man die Mittelpositionen, an denen auch normalsichtige Probanden Fehler machen, und die äußeren Meßorte weglassen und nur die Positionen -5 bis -2 und 2 bis 5 testen.

An diesen Testorten war der Unterschied zwischen den normalsichtigen und den amblyopen Kindern am ausgeprägtesten. Dadurch würde sich die Testdauer halbieren.

Bei der Auswertung könnte die Fehlerschwere auf den verschiedenen Meßpositionen durch die ermittelten Multiplikatoren in die Bewertung mit einbezogen werden. Die Multiplikatoren sind über den „Normalfehler“ der Kontrollgruppe berechnet worden und wären daher nur zur Bewertung von Patienten zwischen sechs und zehn Jahren anwendbar.

Die wichtigste Überlegung ist jedoch, wieweit die Lokalisationsunsicherheit tatsächlich Einfluß auf die Sehschärfe bzw. das Sehen der Patienten nimmt. Da der Visus und das Ausmaß der Lokalisationsunsicherheit korrelieren, nicht aber der Therapieerfolg stellt sich die Frage, welcher Zusammenhang zwischen diesen beiden Minderleistungen besteht. Bedell und Flom waren der Auffassung, daß die Fehllokalisierung die Ursache des Strabismus und der Visusverringerng sein könnten. Nach den erhobenen Daten scheint jedoch die Unsicherheit bei der Lokalisation eher die Folge der Minderleistung des visuellen Systems zu sein. Es könnte sich um ein zentrales „Zuordnungsproblem“ handeln.

Einer der Pathomechanismen bei Amblyopie ist die Störung der zentralen Verarbeitung der Seheindrücke. Diese Verarbeitung beinhaltet eine Komprimierung, Zuordnung und Gewichtung der Seheindrücke, was teilweise bereits in der Netzhaut, teilweise auf zentraler Ebene geschieht. Diese komplexen Verarbeitungsvorgänge sind im Kindesalter noch sehr plastisch und werden vermutlich durch eine ständige Abgleichung nach dem „Trial and Error“-Prinzip aktualisiert.

Bei der Amblyopie wird durch verschiedene Mechanismen (z.B. Deprivation oder Strabismus) dieses Rückkoppelungssystem durchbrochen und es resultiert eine immer stärker werdende „Sollabweichung“. Demnach ist eine Amblyopie immer sekundär.

In der vorliegenden Arbeit konnte kein statistisch relevanter Unterschied zwischen Strabismusamblyopien und Amblyopien aus anderen Gründen festgestellt werden. In verschiedenen anderen Arbeiten (8) wurde jedoch eine stärkere Fehllokalisierung bei Strabismusamblyopie gefunden. Diese Ergebnisse ließen sich durch eine „erlernte“

Unsicherheit, eine „Sollwertverstellung“ durch das Sehen irritierender Falschinformationen erklären.

Die Feststellung, daß vor allem strabismusamblyope und weniger deprivations- und anisometropieamblyope Patienten eine erhöhte Lokalisationsunsicherheit zeigen, könnte darauf hinweisen, daß es sich dabei vor allem um eine Unsicherheit aufgrund der Störung des binokularen Sehens handelt. Möglicherweise ist die Lokalisation im Raum nicht ausschließlich eine binokulare Funktion und kann auf zentraler Ebene auch bei monokularen Verhältnissen gestört sein.

5. Zusammenfassung

Diese Studie, bei der nach der Methode von Bedell und Flom die Fehllokalisierung bei einer Patientengruppe (n=36) und einer Kontrollgruppe gleichaltriger Schulkinder (n=63) sowie neun Erwachsene untersucht wurde erbrachte folgende Ergebnisse:

Die Lokalisationsunsicherheit der an Amblyopie erkrankten Kinder unterscheidet sich von derjenigen der Kinder in der Kontrollgruppe in bezug auf die Anzahl der Fehler, nicht jedoch in der Qualität der Fehler. Der quantitative Unterschied ist mit $p = 0,002$ deutlich signifikant.

Eine gewisse Unsicherheit bei der Lokalisation ist offensichtlich physiologisch und die Verteilung der Fehler innerhalb des Gesichtsfelds zeigt bei logarithmischer Auftragung keine typischen Unterschiede zwischen den Erkrankten und den Gesunden.

Auch die Fehleranzahl kann nur bedingt zur Diagnostik eingesetzt werden, da sich die Fehlerspanne der normalsichtigen Kontrollgruppe mit derjenigen der Patientengruppe überschneidet. Darüber hinaus zeigt die mit diesem Test gemessene Lokalisationsfähigkeit eine deutliche Altersabhängigkeit, wobei wir nicht unterscheiden konnten zwischen der Verbesserung durch die physiologische Reifung des optischen Systems und der Verbesserung durch die wachsenden Fähigkeiten im Bereich der Informationsverarbeitung und Konzentrationsfähigkeit. Allgemein kann man sagen, daß der Test nach Bedell und Flom von älteren Kindern physiologischerweise mit weniger Fehlern bestanden wird und daß Erwachsene in der Regel die Testmarken fehlerfrei zuordnen können.

Bei der Testwiederholung in verschiedenen Zeitabständen bei der Kontrollgruppe zeigte sich ein signifikanter Lerneffekt. Die normalsichtigen Kinder machten am zweiten Testtag im Durchschnitt 2,8 Fehler weniger.

Bei dem Vergleich der Fehleranzahl der Patientengruppe vor und nach der pleoptischen Therapie von durchschnittlich zwei Wochen ergab sich nach Abzug des zu erwartenden Lerneffekts keine signifikante Verbesserung des durchschnittlichen Lokalisationsvermögens. Dagegen zeigte Der Visus der amblyopen Augen eine deutliche Verbesserung um 0,18 in der Ferne und 0,1 in der Nähe. Die Visusverbesserung war mit $p = 0,0004$ (in 5m) und $p = 0,045$ (in 40cm) hochsignifikant.

Ein Zusammenhang der Visusverbesserung mit einer Verringerung der Fehllokalisierung konnte nicht bestätigt werden.

Der Vergleich der passiven Testmethode nach Bedell und Flom und der aktiven nach einer Modifikation von Sireteanu und Fronius zeigte bis auf die größere Altersabhängigkeit keine

wesentlichen Unterschiede bei der Anwendung, der Auswertung oder der Interpretation der Ergebnisse.

Insgesamt scheint die Bedeutung der Lokalisationsschwierigkeiten bei amblyopen Kindern geringer als bisher angenommen. Der Auffassung, daß die Fehllokalisierung die grundlegende Störung bei Strabismusamblyopie darstellt, muß nach diesen Ergebnissen widersprochen werden. Es scheint sich darüber hinaus bei der Verschlechterung des Lokalisationsvermögens und der Visusverringerng nicht um Ursache und Wirkung zu handeln, sondern um zwei unterschiedliche, wenn auch zusammenhängende Pathomechanismen.

Der eingesetzte Test nach Bedell und Flom zeigte sich bei kleineren Kindern (unter fünf Jahren) als nicht anwendbar. Selbst bei älteren Kindern ist das Meßergebnis sehr stark von der intellektuellen Reife und der Motivation des Probanden abhängig. Eine modifizierte Testversion (siehe S. 104) kann jedoch in Ergänzung zu anderen Testmethoden zur Diagnostik beitragen.

7. Literaturverzeichnis

- 1) **ARDEN, G.B.; BARNARD, W.M.; MUSHIN, A.K.**(1974): Visually evoked responses in amblyopia Brit. J. Ophthal. 58 /183
- 2) **BANGERTER, A.** (1953): Amblyopiebehandlung, 2. Aufl. Karger, Basel
- 3) **BANGERTER, A** (1960): Amblyopiebehandlung. Karger, Basel.
- 4) **BORNSTEIN, Y.** (1976): »Visual evoked response« bei der Schielamblyopie. Ophthalmologica (Basel) 172 /188
- 5) **BEDELL, H.E.; FLOM, M.C.;; BARBEITO, J** (1985): Spatial aberrations and acuity in strabismus and amblyopia. Invest. Ophthalmol. Vis sci. 26/7 909-916
- 6) **CÜPPERS, C.** (1961): Grenzen und Möglichkeiten der pleoptischen Therapie in: Schielen, Bücherei des Augenarztes H. 38. Enke Verlag Stuttgart S.1
- 7) **DOLENEK, A.** (1960): Beitrag zur Pupillographie. Ophthalmologica (Basel) 139/72
- 8) **FUISTING, B** (1991): Gestörte relative Lokalisation bei Amblyopie vor und nach pleoptischer Therapie. Dissertation, Fb Medizin, Universität Hamburg,
- 9) **GOLDMANN, H.** (1951): Diskussionsbemerkung zum Vortrag von P. Müller: Über das Sehen des Amblyopen. Ophthalmologica (Basel) 121 /143
- 10)**HAASE, W.** (1982): Trennschwierigkeiten ("crowding")-Vorschlag einer quantitativen Messung. klin. Mbl. Augenheilk. 180, 314.
- 11)**HAASE, W.; GOOSENS, H.:** Latency (P2) of the transient response (VECP) in different types of amblyopia. Isa-AAPO + S meeting okt. 1982 monterey (Calif.), Reinecke R., Gruner & Stratton 1984 173-180
- 12)**HAASE W.** (1986) : Amblyopie. In: Kaufmann, Strabismus, Stuttgart, Enke-Verlag
- 13)**HAASE, W.** (1989): Amblyopie-Forschung unter klinischen Gesichtspunkten. Hamb. Arztebl. 10, 375-382.
- 14)**HARMS, H.** (1938): Ort und Wesen der Bildhemmung bei Schielenden. V. Graefe's Arch. Ophthalmol. 138, 149-210.
- 15)**HESS, R.F.; HOWELL, E.R.** (1977): The threshold contrast sensitivity function in strabismic amblyopia: Evidence for a two type classification. Vis. Res. 17, 1049-1055.
- 16)**HESS, R.F.; CAMPBELL, F.W.; GREENHALGH, T.** (1978): On the nature of the neural abnormality in human amblyopia; Neural aberrations and neural sensitivity loss. Pflügers Arch. 377, 201-207.
- 17)**HESS R.F.** (1982): Developmental sensory impairment: Amblyopia or tarachopia. Human Neurobiologie 1, 17-29.
- 18)**vom HOFE, K.** (1930): Untersuchungen über das Sehen in Fällen von Schielamblyopie. Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 48, 41-45.
- 19)**KANDEL, G.L.; GRATTAU, P.E.; BEDELL, H.E.** (1980): Are the dominant eyes of amblyopes normal? Amer. J. Optometry 57, 1-6.
- 20)**KRÜGER, K.** (1961): Pupillenstörung und Amblyopie. Ber. dtsh. ophthal. Ges. 63 /275
- 21)**KUNDT, A.** (1863): Untersuchungen über Augenmaß und optische Täuschungen. Ann. Physik (Leipzig) 120, 118-158.
- 22)**LANG, J.** (1965): Die »Ansteigeokklusion« zur Behandlung der Amblyopie mit exzentrischer Fixation. Ophthalmologica (Basel) 149/456
- 23)**LANG, J.** (1992): Die Amblyopiebehandlung in: H. Pau (hrsg.) Lehrbuch der Augenheilkunde G. Fischer Verlag, 13. Auflage, S.95.
- 24)**LAWWILL, T.; BURIAN, H.M.** (1966): Luminance, contrast function and visual acuity in functional amblyopia. Amer. J. Ophthal, 62 /511
- 25)**MACKENSEN, G.; KRÖNER, B.; POSTIC, G.; KELOK W.**(1967): Untersuchungen zum Problem der exzentrischen Fixation. Docum. ophthal. 23/228
- 26)**MÜLLER, P.** (1951): Über das Sehen der Amblyopen. Ophthalmologica (Basel) 121 /143

- 27) **MOHINDRA, J.; JACOBSON, S.G.; THOMAS, J.; HELD, R.** (1979): Development of amblyopia in infants. *Trans Ophthalmol. Soc. U.K.* 99, 344.
- 28) **Von NOORDEN G.K.** (1977): Mechanisms of amblyopia. *Adv. Ophthalmol.* 34, 93-115.72.
- 29) **Von NOORDEN, G.K.** (1980): Zur Entstehung der Amblyopie. Experimentelle Untersuchungen. *Ber. dtsh. Ophthalmol. Ges.* 77, 815-828.
- 30) **Von NOORDEN, G.K.** (1985): Amblyopia: A multidisciplinary Approach. In *Visually evoked responses in amblyopia* *Brit. J. Ophthalmol.* 58 /183
- 31) **OLSON, D.R.** (1966): on conceptual strategies. In: J.S. Bruner, R.R. Olver & P.M. Greenfield (Eds.) *Studies in cognitive growth*, New York: Hemisphere Publishing
- 32) **OTTO, J.** (1983): Therapie der Amblyopie in: J. Francois und F. Hollwich (hrsg.) *Augenheilkunde in Klinik und Praxis*, G. Thieme Verlag Band 3 Teil 1, S.3.27
- 33) **OTTO, J.** (1983): Therapie der Amblyopie in: J. Francois und F. Hollwich (hrsg.) *Augenheilkunde in Klinik und Praxis*, G. Thieme Verlag Band 3 Teil 1, S.3.13/3.14
- Korrespondenz bei Strabismus convergens concomitans. *Conc. Ophthalmol. Belgica* 1 / 202
- 34) **PFANDL** (1958): Ein neuer Weg zur Verhinderung der Ausbildung einer anomalen retinalen Korrespondenz bei Strabismus convergens concomitans. *Conc. Ophthalmol. Belgica* 1 / 202
- 35) **POULIQUEN, P.** (1972): Zum Problem der Penalisation. In: *Schielbehandlung* Bd. IV, hrsg. vom Berufsverband der Augenärzte Deutschlands, Arbeitskreis Schielbehandlung, Nürnberg, Josephsplatz 20, S. 47
- 36) **PUGH, M.** (1958): Visual distortion in amblyopia. *Brit. J. Ophthalmol.* 42 (Communications), 449-460.
- 37) **SIRETEANU, R.; FRONIUS, M.** (1986): Verzerrte Raumwahrnehmung bei Amblyopen. *Z. prakt. Augenheilkd.* 7, 243-246.
- 38) **STEIDELE, M.** (1962): *Die Grundschulung bei Amblyopie in der Pleoptik-und Orthoptikschule* St. Gallen. Zehnder, St. Gallen
- 39) **WIESEL, T.N.; HUBEL, D.H.** (1963): Effects of visual deprivation on morphology and physiology of cells in cat's lateral geniculate body. *J. Neurophysiol.* 26, 978-993
- 40) **WIESEL, T.N.; HUBEL, D.H.** (1963): Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *J. Neurophysiol.* 26, 1003-1017.
- 41) **WIESEL, T.N.; HUBEL, D.H.** (1965): Comparison on the effects of unilateral and bilateral eye closure on cortical unit responses in kittens. *Neurophysiol.* 28, 1029-1040

Danksagung

Ich möchte Prof. Dr. med. W. Haase für die Betreuung dieser Arbeit, seine Geduld und seinen Rat über mehrere Jahre danken. Vor allem seinem unbürokratischen und nie erlahmenden Interesse ist diese Dissertation zu verdanken.

Ebenso danke ich meinen Eltern für Ihre geduldige Unterstützung, und meinem Vater für seinen Rat und seine Mühe bei der Durchsicht und Korrektur der Texte. Seine Sichtweise hat oft den entscheidenden Hinweis gebracht und geholfen, die Daten richtig zu gewichten. Dank gebührt auch Dr. B. Fuisting deren Hilfe bei der Einarbeitung in das Thema unverzichtbar war. Ihre Dissertation ermöglichte mir das Verständnis der Problematik und der noch offenen Fragen.

Lebenslauf

Name: Beda Krieter
Wohnort: Langenberg 6
21077 Hamburg
Erreichbar: Tel: 040/760 78 65
e-mail: bkrieter@gmx.de
Geburtstag: 22.06.1971
Geburtsort: Hamburg
Familienstand: ledig
Nationalität: deutsch
Name / Beruf des Vaters: Ulrich Otto Andreas Krieter / Lehrer
Name / Beruf der Mutter: Ingrid Josefine Krieter, geb. Diedrich / Hausfrau

Schulbildung

06.1977 - 06.1981 Kath. Grundschule Harburg
07.1981 - 06.1990 Sankt-Ansgar-Gymnasium Hamburg
12.06.1990 Abitur

Berufsausbildung

01.11.1990 - 31.03.1991 Krankenpflagedienst im Wilhelmsburger Krankenhaus
„Groß Sand“
01.04.1991 Zulassung zum Studium der Humanmedizin an der
Universität
Hamburg
04.1991 - 09.1993 Vorklinischer Studienabschnitt Universität Hamburg
08./09.1993 Ärztliche Vorprüfung
04.1995 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
04.1999 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
04.1999 - 04.2000 Praktisches Jahr, AK Harburg (Wahlfach: Radiologie)
24.05.2000 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung