

**Ergebnisse der kombinierten bilateralen Medialisrücklagerung mit  
Fadenoperation bei kindlichem Innenschielen**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**vorgelegt von Thomas Hanns-Holger Gerlach  
geboren in Marktredwitz**

**Gießen (2016)**

Aus der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen  
Direktorin: Prof. Dr. med. Birgit Lorenz

Gutachter: Prof. Dr. med. Michael Gräf

Gutachter: Prof. Dr. med. Kaps

Tag der Disputation: 02.05.2017

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Schielen.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Esotropie (manifestes Innenschielen).....	1
1.1.2 Esophorie (latentes Innenschielen).....	3
<b>1.2 Korrespondenz .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Normale Korrespondenz .....	4
1.2.2 Anormale Korrespondenz .....	5
<b>1.3 Binokularsehen .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Folgen des unbehandelten Schielens.....</b>	<b>7</b>
1.4.1 Amblyopie.....	7
1.4.1.1 Deprivationsamblyopie .....	7
1.4.1.2 Suppressionsamblyopie.....	8
1.4.2 Psychosoziale Faktoren .....	9
<b>1.5 Operative Behandlung .....</b>	<b>10</b>
<b>1.6 Ziel der Studie.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Patienten und Methoden .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Patienten.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Auswertung.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Datenschutz.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Diagnostik .....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Visusbestimmung .....	14
2.4.2 Refraktometrie.....	16
2.4.2.1 Objektive Refraktionsbestimmung .....	17
2.4.2.2 Subjektive Refraktionsmessung .....	18
2.4.3 Einseitiger Abdecktest.....	20
2.4.4 Alternierender Abdecktest.....	21
2.4.5 Messung des Schielwinkels im Prismenabdecktest .....	21
2.4.6 Prüfung des Binokularsehens .....	25
2.4.6.1 Lichtschweiftest nach Bagolini.....	25
2.4.6.2 Titmus-Stereotest .....	27
2.4.6.3 Lang-Stereotest .....	28
<b>2.5 Operatives Vorgehen.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6 Statistik.....</b>	<b>31</b>

<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>32</b>
3.1 Allgemeine Daten.....	32
3.2 Schielwinkel präoperativ .....	32
3.3 Operationsstrecke.....	33
3.4 Schielwinkel postoperativ .....	34
3.4.1 Schielwinkel 1 Woche postoperativ .....	34
3.4.2 Schielwinkel 3 Monate postoperativ .....	35
3.4.3 Über- und Unterkorrektur.....	38
3.4.4 Schielwinkel 1 Woche postoperativ .....	39
3.4.5 Schielwinkel 3 Monate postoperativ .....	39
3.5 Binokularsehen .....	40
3.6 Konvergenzexzess.....	40
3.7 Bulbuslänge.....	41
3.8 Subgruppenanalyse Patienten mit großem Fernschielwinkel.....	41
3.8.1 Allgemeine Daten.....	42
3.8.2 Präoperative Schielwinkel.....	42
3.8.3 Operation.....	42
3.8.4 Postoperative Schielwinkel .....	42
3.8.5 Konvergenzexzess.....	43
3.8.6 Binokularsehen.....	43
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>44</b>
4.1 Evaluation der beidseitigen Medialisrücklagerung mit Fadenoperation....	44
4.2 Vergleich mit anderen Behandlungsmethoden bei kindlichem Innenschielen .....	47
4.3 Über- und Unterkorrektur .....	48
4.4 Dosis, Bulbuslänge und Binokularsehen .....	49
4.5 Vergleich mit der beidseitigen Medialisrücklagerung (BMR).....	51
<b>5. Zusammenfassung .....</b>	<b>57</b>
5.1 Hintergrund .....	57
5.2 Patienten und Methoden.....	57
5.3 Ergebnisse .....	58
5.4 Schlussfolgerung.....	59

<b>6. Summary .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1 Background.....</b>	<b>60</b>
<b>6.2 Patients and Methods.....</b>	<b>60</b>
<b>6.3 Results .....</b>	<b>60</b>
<b>6.4 Conclusion.....</b>	<b>61</b>
<b>7. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>62</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>64</b>
<b>9. Publikationsverzeichnis.....</b>	<b>75</b>
<b>10. Erklärung zur Dissertation.....</b>	<b>76</b>
<b>11. Danksagung.....</b>	<b>77</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BMRF .....	beidseitige Medialis-Rücklagerung mit Fadenoperation
cd .....	..... candela
dpt .....	..... Dioptrien
F .....	..... Faden (in mm)
M. ....	..... musculus
p .....	..... p-Wert, Signifikanzwert
pdpt .....	..... Prismendioptrien
r .....	..... Korrelationskoeffizient
sph .....	..... Sphäre (in Dioptrien)
Ver. ....	..... Version

# 1. Einleitung

Die Häufigkeit von Schielerkrankungen in Mitteleuropa wird mit 5,3% bis 7,4% beziffert [de Decker, 2004], wobei 4/5 der Patienten an einem Innenschielen (Esotropie) leiden, nur 1/5 schielt nach außen (Exotropie) [de Decker und Tessmer, 1973; Haase und Muhlig, 1979]. Bei vielen Patienten wird das Schielen schon im ersten Lebenshalbjahr manifest. Dies wurde von Kornhuber, Ciancia, Costenbader und Lang als frühkindliches Innenschielen bzw. infantile Esotropie bezeichnet [Kornhuber, 1960; Costenbader, 1961; Lang, 1967; Conrad und Treumer, 1981].

## 1.1 Schielen

Schielen ist eine Störung des Gleichgewichts der Augenmuskeln, die sich darin äußert, dass sich die Gesichtslinien beider Augen nicht im fixierten Objekt treffen oder sie treffen sich zwar im Fixationsobjekt, aber die Netzhautkoordinaten sind gegeneinander um die Gesichtslinien verdreht (Verrollungsschielen). Unter den verschiedenen Formen der Esotropie ist das frühkindliche Innenschielen in Mitteleuropa die häufigste Schielform. Sie wird im ersten bis dritten Lebensjahr sichtbar. In Ostasien ist das Außenschielen in Form der intermittierenden Exotropie wesentlich häufiger als in Europa. Bei dieser Schielform ist der Patient in der Lage, zwischen manifestem Außenschielen und „Parallelstand“ der Augen zu wechseln, wobei in den Außenschielfasen sogenanntes Panoramasehen, eine Form korrespondenzlosen Simultansehens, ohne Doppelbildwahrnehmung möglich ist und in den Parallelstandsphasen normales Stereosehen, welches beim frühkindlichen Innenschielen nicht möglich und auch operativ in der Regel nur in verminderter Qualität zu erreichen ist.

### 1.1.1 Esotropie (manifestes Innenschielen)

Die Gesichtslinie bezeichnet die gedachte Verbindungslinie zwischen einem fixierten Punkt bzw. Objekt und der Sehgrube (Fovea centralis), dem Punkt des schärfsten Sehens auf der Netzhaut. Beim Innenschielen (Strabismus convergens) weicht die Richtung der Gesichtslinie eines oder abwechselnd auch des anderen Auges bei Fixation

eines bestimmten Objekts in Richtung Nase ab. Welches Auge schielt, also von der normalen Achse abweicht, hängt davon ab, mit welchem Auge der oder die Betroffene vorzugsweise fixiert. Streng einseitiges Schielen deutet auf eine (stärkere) Amblyopie des schielenden Auges hin, alternierendes Schielen auf gleich gute Sehfunktion beider Augen. Alternierendes Schielen schließt eine Sehschwäche beider Augen, zum Beispiel durch eine Refraktionsamblyopie, nicht aus. Diese Form des Schielens wird als Esotropie bezeichnet [de Decker, 2004; Rüßmann, Neugebauer und Fricke, 2004]. Da hierbei die Abbildungsorte der betrachteten Objekte an völlig unterschiedlichen Netzhautstellen beider Augen abgebildet werden, entstehen in der Sehregion der Hirnrinde auch zwei nicht mehr zur Überlagerung zu bringende Projektionen. Die hieraus resultierende Irritation - bedingt durch zwei unterschiedliche Objekte am gleichen Ort - und die entstandenen Doppelbilder – bedingt durch die unterschiedliche Lage desselben Objektes - verursacht eine drastische Beeinträchtigung der räumlichen Orientierung. Wenn die Schielerkrankung beim Kleinkind auftritt, erfolgt relativ früh eine zumindest teilweise Unterdrückung des Seheindrucks des einen Auges [Haase und Gräf, 2004]. In den meisten Fällen entwickeln die betroffenen Patienten entweder rein zufällig oder aufgrund einer Anisometropie eine Präferenz für ein Auge und der visuelle Kortex unterdrückt dauerhaft das Bild des anderen Auges, bei Anisometropie in der Regel das Bild des stärker fehlsichtigen Auges. Das wiederum führt dazu, dass in der visuellen und weiterverarbeitenden Großhirnrinde eine Unterrepräsentation des Seheindrucks des supprimierten Auges und damit eine Unterentwicklung der Sehfähigkeit dieses Auges entsteht, denn das menschliche visuelle System reift erst nach der Geburt aus. Die so entstandene Sehschwäche wird als Suppressionsamblyopie bezeichnet. In Analogie zum Begriff der Deprivationsamblyopie, die durch fehlende oder mangelhafte visuelle Reizung verursacht wird, schuf Crone den Begriff der Dislokationsamblyopie [Hamburger, 1949; Crone, 1973; Haase und Gräf, 2004]. Die Patienten können im späteren Leben keine normale Sehschärfe mehr entwickeln, da die Möglichkeiten des Gehirns, die Schwäche durch Aussprossung neuer Synapsen (Neuroplastizität) zu beheben, im Wesentlichen auf die frühe Kindheit begrenzt sind und schon im weiteren Kindesalter deutlich abnehmen. Wenn wechselweise zeitweilig das eine, zeitweilig das andere Auge supprimiert wird, entsteht keine Suppressionsamblyopie. Die Suppression als evolutionär sinnvoller Adaptationsmechanismus zur Vermeidung störender Diplopie geht stets mit einer Beeinträchtigung oder dem Verlust von Stereosehen einher.



Im Gegensatz dazu stehen erworbene Schielformen im Erwachsenenalter. Das visuelle System ist normal entwickelt mit Binokularfunktion höchster Qualität in Form von Stereosehen. Die Fähigkeit zur Suppression wurde nicht erworben. Die durch ein erworbenes Schielen bedingten Doppelbilder (Diplopie) und die Wahrnehmung zweier unterschiedlicher Objekte in der selben Richtung (Konfusion) können meist nicht mehr unterdrückt werden.

### **1.1.2 Esophorie (latentes Innenschielen)**

Als verborgenes oder latentes Innenschielen wird die Abweichung der Sehachsen bezeichnet, wenn der Winkel des Schielens und der damit verbundene Bildabstand unter einem bestimmten Individualwert liegt, und somit dieser Schielwinkel unter normalen Sehbedingungen durch gegensinnige Augenbewegungen kompensiert werden kann [Rüßmann, Neugebauer und Fricke, 2004]. Dies wird auch als Esophorie bezeichnet. Zum Nachweis dieses Schielwinkels stehen zum einen objektive Methoden zur Verfügung, wie der simultane oder alternierende Prismenabdecktest, zum anderen subjektive Methoden, wobei der Patient Angaben zu seinen Seheindrücken beider Augen bei diagnostischer Dissoziation macht. Alternativ fällt das Schielen dem Patienten selbst auf, wenn das bisher fusionierende und kompensierende System durch kompromittierende Einflüsse wie Schlafmangel, Stress, Krankheit oder ähnliches, dekomponiert und sich in Doppelbildern, Kopf- oder Augenschmerzen oder Konzentrationsstörungen äußert, was man als Asthenopie bezeichnet. Das bestmögliche Binokularsehen der betroffenen Personen unterscheidet sich in der Regel nicht von dem unbeeinträchtigter Personen. Das latente Schielen erhält erst dann einen Krankheitswert, wenn es symptomatisch wird, also dekomponiert, womit das Schielen manifest wird und zu Doppelbildwahrnehmung führt oder durch die angestrengte Vermeidung der Dekompensation asthenopische Beschwerden verursacht wie Kopfschmerzen, Unschärfsehen, Augenbrennen, rasche Ermüdung bei visueller Beanspruchung und andere Beschwerden.

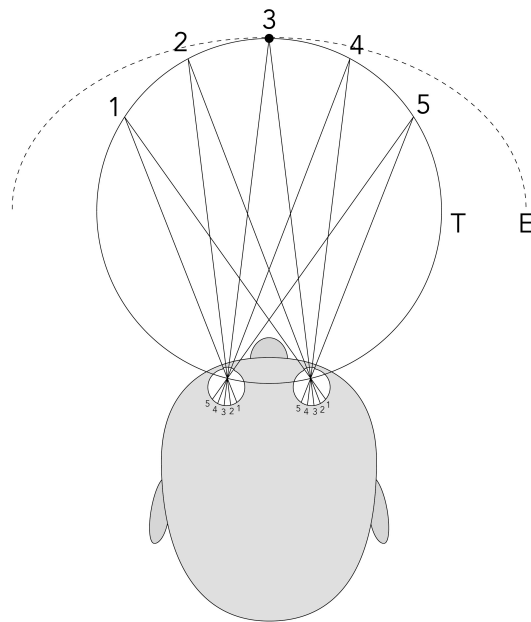
## 1.2 Korrespondenz

Korrespondenz bezeichnet ein funktionales Beziehungssystem beider Augen zueinander, das die Grundlage für das beidäugige Sehen, also das Binokularsehen darstellt [Lang, 1982; Herzau, 2004b].

### 1.2.1 Normale Korrespondenz

Normalerweise erhält das Zentrum der Fovea centralis im visuellen Cortex des Gehirns den Richtungswert „geradeaus“. Bei normaler Korrespondenz sind die Zentren der Foveae (Stellen des schärfsten Sehens) beider Augen zerebral miteinander verschaltet und ebenso alle entsprechenden Netzhautorte in einem gedachten Netzhautkoordinatensystem durch die Foveae. Das heißt, dass sich die Gesichtsfelder des linken und des rechten Auges überdecken und entsprechende Netzhautorte den gleichen Richtungswert vermitteln. Wenn nun beide Augen auf das gleiche Objekt gerichtet sind, kommt es auf der Stelle des schärfsten Sehens beider Augen zu fast identischen Abbildungen [Lang, 2003].

Diese korrespondierenden Punkte auf der Netzhaut entsprechen dem Horopter, einer imaginären Fläche im Raum, entsprechend einem Ellipsoid, der durch den Fixierpunkt beider Augen gebildet wird (**Abbildung 1**). Nur Objekte, die auf diesem Horopter liegen, können zentral zu einem einzigen binokularen Seheindruck verarbeitet werden. Objekte, die vor oder hinter dem Horopter liegen, werden doppelt gesehen, es sei denn, sie liegen bis zu einem bestimmten Abstand so dicht vor oder hinter dem Horopter, dass sie sensorisch fusioniert werden können. Diese Region nennt man Panum'schen Raum. Es ist der Sehraum, in dem eine Tiefenwahrnehmung möglich ist [von Noorden, 1996a; Lang, 2003]. Objekte außerhalb dieses Panumraums werden bei normalem Binokularsehen dann endgültig doppelt wahrgenommen. Das lässt sich am Beispiel der sogenannten physiologischen Diplopie darstellen, welche wir unter normalen Alltagsbedingungen nicht wahrnehmen, aber uns einfach bewusst machen können, indem wir bei Fixation eines nahen Objektes (z.B. eigener Daumen) entfernte Objekte im Hintergrund doppelt sehen und umgekehrt, bei Fixation des fernen Objekts den Daumen doppelt sehen. Eine Möglichkeit der Darstellung des Prinzips der gleichen Sehrichtungen ist das Hering'sche Doppelauge. Hier werden die Netzhäute graphisch so übereinander platziert, dass korrespondierende Stellen zur Deckung kommen [Hering, 1861].



**Abbildung 1:** Horopter. Die Augen fixieren Punkt 3. Die übrigen Ziffern stellen beliebige Punkte auf dem theoretischen Horopter T dar. E entspricht dem empirischen Horopter. [Zenz, 2005]

### 1.2.2 Anormale Korrespondenz

Wenn sich die Gesichtslinien beider Augen nicht im selben Objekt kreuzen, kommt es bei normaler Korrespondenz, wie oben beschrieben, zur Wahrnehmung von Doppelbildern. Da dies die Orientierung in der Umgebung stört und einen deutlichen Nachteil bedeutet, haben sich in der Evolution Mechanismen zur Vermeidung dieser Doppelbildwahrnehmung ausgebildet. Einerseits kann der Seheindruck eines Auges in der Sehrinde supprimiert werden, wodurch bereits im Kleinkindesalter eine Schwachsichtigkeit (Suppressionsamblyopie) entsteht, wenn stets dasselbe Auge unterdrückt wird [Bangerter, 1953; Haase und Gräf, 2004]. Als zweite, vergleichsweise vorteilhafte Adaptation ist anormale Korrespondenz möglich. Hierbei wird ein geringfügig peripherer Netzhautort des abweichenden Auges zerebral auf die Richtung „geradeaus“ umgewertet, auf den das mit dem anderen Auge fixierte Objekt im Rahmen des binokularen Sehens abgebildet wird [Herzau, 2004a]. Diese Umwertung ist

abhängig von der jeweiligen Situation. Sie erfolgt nämlich nur unter binokularen Sehbedingungen. Unter monokularen Bedingungen ist ein Fixieren mit der Sehgrube, die die Richtung „geradeaus“ hat, weiterhin der Standard. Exzentrische Fixation, also eine Fixation, bei der ein dezentraler Netzhautort auch unter monokularen Bedingungen den Richtungswert „geradeaus“ hat, ist eher selten. In einem solchen Fall liegt immer eine Amblyopie vor. Normalerweise entspricht dabei der Anomaliewinkel nicht dem Winkel der exzentrischen Fixation. Sollten hier identische Winkel vorliegen, so ist ein manifestes Schielen nicht mehr mit dem Abdecktest nachzuweisen. Durch die Korrespondenz im Anomaliewinkel ist die Möglichkeit einer Zusammenarbeit beider Augen, wenn auch nur mit minderqualitativem Ergebnis, gegeben. Die anormale Korrespondenz stabilisiert den kleinen manifesten Schielwinkel [von Noorden, 1996a]. Für die Diagnosestellung eines primären Mikrostrabismus ist die anomale retinale Korrespondenz ein grundlegendes Kriterium [Lang, 1982; Lang, 2003; Rost, Kretschmar und Gräf, 2006]. Mit geeigneten Methoden ist sie oft schon präoperativ auch bei großwinkligem frühkindlichen Innenschielen, bei dem noch keine binokulare Zusammenarbeit aufgrund des großen Schielwinkels möglich ist, nachzuweisen und die Ursache für den postoperativ in aller Regel messbaren kleinen Restschielwinkel (konsekutiver Mikrostrabismus). Der konsekutive Mikrostrabismus ist mithin das Ergebnis einer erfolgreichen Korrektur frühkindlichen Innenschielens.

### **1.3 Binokularsehen**

Nach Worth wird das binokulare Sehen in drei Stufen, nämlich Simultansehen, Fusion und Stereopsis klassifiziert [Worth, 1905].

Simultansehen beschreibt die Fähigkeit, die Bilder der linken und rechten Netzhaut gleichzeitig wahrzunehmen, was zum Beispiel bei der oben genannten Exotropie in Form von Panoramasehen möglich ist. Das Pendant dazu ist das Mosaiksehen bei großwinkligem frühkindlichen Innenschielen. Simultansehen besteht aber im Prinzip auch dann, wenn bei erworbenen Schielformen Konfusion oder Diplopie vorliegt.

Unter Fusion versteht man die Fähigkeit des sensorischen und okulomotorischen Apparats, die Augenstellung so zu steuern, dass die Lage der Netzhautbilder beider Augen auf korrespondierenden Netzhautstellen übereinstimmt (motorische Fusion) und die in dieser Augenstellung nahezu identischen, nur noch gering abweichenden Bilder

beider Augen zu einem einzigen Bild zu vereinen (sensorische Fusion) [Lang, 2003; Herzau, 2004b]. Die sensorische Fusion wird erst durch eine nahezu deckungsgleiche Lage der Netzhautbilder möglich [Rüßmann, Fricke und Neugebauer, 2004]. Ohne Fusion ist kein normales Binokularsehen möglich.

Stereopsis oder räumliches Sehen als höchste Stufe ist die Fähigkeit, die Bilder auf der linken und rechten Netzhaut zerebral unter der Wahrnehmung eines räumlichen Tiefeneindrucks zu verarbeiten. Der Tiefeneindruck entsteht dadurch, dass diese Bilder, bedingt durch die Interpupillardistanz, geringfügig voneinander abweichen (Querdisparation, so bezeichnet man die Verschiedenheit der Bildlage auf der rechten und der linken Netzhaut, die durch den Augenabstand entsteht).

## **1.4 Folgen des unbehandelten Schielens**

Die Folgen des nicht operativ oder konservativ behandelten Schielens können sich gravierend auf das weitere Leben der Patienten, sowohl im sozialen, als auch im physischen Bereich auswirken.

### **1.4.1 Amblyopie**

Amblyopie beschreibt die gestörte Entwicklung des Sehvermögens, obwohl die neuronalen Anlagen für dessen Entwicklung normal waren oder immer noch normal sind [Bangerter, 1953; Haase und Gräf, 2004]. Demzufolge ist die Gefahr einer Amblyopie im Erwachsenenalter, nachdem das Sehvermögen voll entwickelt ist, äußerst gering. Nach ihrer Entstehung werden üblicherweise zwei Amblyopieformen unterschieden, die Suppressionsamblyopie und die Deprivationsamblyopie.

#### **1.4.1.1 Deprivationsamblyopie**

Diese Form der Schwachsichtigkeit wird durch angeborene Störungen, wie zum Beispiel Trübungen der brechenden Bestandteile des Auges (Kornea, Glaskörper oder Linse), aber auch durch Hämangiome oder eine kongenitale Ptosis verursacht. Diese Defekte bedingen eine gänzlich fehlende oder verminderte foveolare Reizung. Dadurch bedingt fehlt die zur Entwicklung eines normalen Sehens erforderliche Stimulanz der Sehirnrinde [Haase und Gräf, 2004]. Wesentlich häufiger als diese organischen

Störungen sind Fehlsichtigkeiten, durch die es aufgrund der unscharfen Abbildung auf der Netzhaut nicht zur Entwicklung einer normalen Sehschärfe kommt.

#### 1.4.1.2 Suppressionsamblyopie

Eine Suppressionsamblyopie entsteht, wenn der Seheindruck eines Auges dauerhaft unterdrückt wird, weil er zerebral nicht mit dem Bild des anderen Auges in Übereinstimmung gebracht werden kann. Dies kann bedingt sein durch unterschiedliche Bildlage (Schielen), Bildgröße (Aniseikonie) oder Bilddetails. Ist die Bildverschiebung aufgrund eines Schielens die Ursache, so spricht man von einer Schielamblyopie, sofern andere Faktoren, wie Ametropie („Fehlsichtigkeit“, also mangelnde Fokussierung aufgrund einer Refraktionsanomalie und/oder einer Achsenlängenveränderung des Auges), Anisometropie (unterschiedliche Brechkraft beider Augen, sowohl durch unterschiedliche Brechwerte der Hornhaut, als auch unterschiedliche Bulbuslängen) oder ein Nystagmus fehlen [Haase und Gräf, 2004]. In den meisten Fällen ist kindliches Schielen mit einer Ametropie assoziiert, weswegen oft eine Mischform aus Refraktions- und Schielamblyopie vorliegt. Die stets schwere Amblyopie bei exzentrischer Fixation wird der Schielamblyopie zugerechnet. Die Hauptsehrichtung des Auges, die üblicherweise mit der Foveola assoziiert ist, befindet sich an der Stelle der exzentrischen Fixation [Baldwin, 1990; Lang, 2003]. Hier ist die retinale Rezeptordichte geringer als in der Foveola. Auch geringer sind die Dichte der rezeptiven Felder, sowie das Zahlenverhältnis zwischen retinalen Ganglienzellen und Photorezeptoren. Bei weit exzentrischer Fixation ist im visuellen Kortex auch deswegen nur eine stark verminderte Auflösung möglich, weil für periphere Reize weniger Kortexvolumen zur Verfügung steht.

Eine unbehandelte Schielamblyopie kann zu extremen Visuseinschränkungen führen, was im schlimmsten Falle bei Verlust des gesunden Auges eine Blindheit nach gesetzlicher Definition zur Folge hat [Haase und Gräf, 2004]. Die Behandlung der Amblyopie erfolgt im Fall der Deprivationsamblyopie durch Korrektur der Ursache (Katarakt, Ptosis). Die Behandlung der Suppressionsamblyopie erfolgt dadurch, dass das supprimierte Auge in der Regel durch Abdecken des anderen Auges zur Fixation gezwungen wird. Bei Innenschielen mit ausgeprägtem Nystagmus vom Latenstyp, der im Rahmen des frühkindlichen Schielsyndroms häufig vorliegt, kann die Korrektur des Innenschielens zur Nystagmusberuhigung und somit zur Amblyopietherapie beitragen.

## 1.4.2 Psychosoziale Faktoren

Als psychische Folgen des Strabismus werden Interaktions- und Kommunikationsstörungen genannt, die sich als soziale Ängste und Selbstwertprobleme bei den erkrankten Patienten äußern. Jaensch beschreibt bereits 1956 die Reaktion schielender Schulkinder, die von Mitschülern gehänselt werden: „Das schielende Kind leidet unter seinem Zustand, es wird unsicher und gehemmt, bleibt in seinen Leistungen oft zurück, ja es wird menschenscheu und eigenbrötlerisch“ [Jaensch, 1956]. Bei an Strabismus erkrankten Patienten sei damit ein Selbstbild, das sich als „hässlich, dumm und möglicherweise verrückt“ darstellt, weit verbreitet [Lipton, 1971]. Diese These des erhöhten Risikos psychosozialer Auswirkungen des Strabismus auf die Entwicklung von Kindern wird durch Fallstudien [Lion, O’Neill und Prager, 1943; Lipton, 1970], aber auch durch systematische Studien an Kindern (z.B. [Tonge, Lipton und Crawford, 1984]) bestätigt und gestützt. Sattlerfield et al. führten eine Fragebogenstudie an 43 jugendlichen und erwachsenen Schielpatienten unter anderem zu den Punkten Selbstbild, Beruf, Sport, soziale Beziehungen und Schule durch, wobei sich in diesen Selbstberichten deutliche Zeichen für Störungen oder unangenehme Folgen zu den abgefragten Themen fanden [Satterfield, Keltner und Morrison, 1993]. Die Werte der abgefragten Skalen für Depression und Ängstlichkeit, Zwanghaftigkeit, Unsicherheit und Somatisierung waren im Vergleich zu einer alters- und geschlechtsparallelen gesunden Kontrollgruppe deutlich erhöht. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Burke und Mitarbeiter in einer Studie an 15 erwachsenen Patienten mit langjährig sichtbarem Strabismus [Burke, Leach und Davis, 1997]. Diese Studien beruhen auf postalisch durchgeführten Befragungen in denen eine Rückmeldequote von mehr als 50% erreicht wurde. (Burke et al. 16 von 31, Sattlerfield et al. 43 von 77) [Klauer, Schneider, Bacskulin et al., 2000] Klauer, Schneider, Bacskulin und Guthoff konnten die Stress-Entlastungs-Hypothese eindrucksvoll herausarbeiten, wobei sie 48 weibliche und 33 männliche Patienten, die sich einer Schieloperation unterzogen hatten, in normierten Fragebogenverfahren, sowie auf verschiedenen Ratingskalen erhoben und zu strabologischen Basisdaten in Beziehung setzten [Klauer, Schneider, Bacskulin et al., 2000].

## 1.5 Operative Behandlung

Zur operativen Korrektur des frühkindlichen Innenschielens kommen vorzugsweise die beidseitige Medialisrücklagerung (BMR) und die kombinierte Konvergenzoperation zur Anwendung. Vor allem in Europa wird bei Esotropie mit nicht akkommodativem Konvergenzexzess zudem die Medialis-Fadenoperation angewendet [Adelstein und Cüppers, 1969; Cüppers, 1976a; Cüppers, 1976b; von Noorden, 1978; Rüssmann, 1981; Kaufmann und Kolling, 1982; de Decker, Friedrich und Baenge, 1987; Kaufmann, 1990; de Decker, 1997; Buckley, 1999; von Noorden und Campos, 2002; Roth und Speeg-Schatz, 2002; Kaufmann und Steffen, 2012]. Diese Operationen sind auch in Kombination mit der operativen Korrektur assoziierten Höhenschielens über die schrägen Augenmuskeln durchführbar. Um eine großwinklige Esotropie in einer einzigen Sitzung zu sanieren, werden die beidseitige Medialis-Rücklagerung mit zusätzlicher Faden-Operation (BMRF), die kombinierte Konvergenzoperation mit zusätzlicher Medialisrücklagerung am anderen Auge und die großstreckige beidseitige Medialis-Rücklagerung durchgeführt [Hess und Calhoun, 1979; Prieto-Diaz, 1980; Kushner und Morton, 1984; Szymd, Nelson, Calhoun et al., 1985; Nelson, Calhoun, Simon et al., 1987; Weakley, Stager und Everett, 1991; Stager, Weakley, Everett et al., 1994; Altintas, Yilmaz und Duman, 1999; Vroman, Hutchinson, Saunders et al., 2000; Keskinbora und Pular, 2004; Wang und Wang, 2012]. Über die beidseitige, durch eine Faden-Operation verstärkte Medialisrücklagerung speziell bei dieser Indikation existieren nur wenige Veröffentlichungen [Spiritus, 1991; Sansonetti, Roth, Delarue et al., 1992; Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997]. Spiritus beschreibt in ihrer vergleichenden Studie 1991, dass von unter 5-jährigen Kindern mit frühkindlichem Innenschielen von  $\geq 40$  Prismendioptrien (entsprechend ca.  $>20^\circ$ ) mit beidseitiger Medialisrücklagerung allein 76% und mit beidseitiger Medialisrücklagerung mit Faden-Operation 50% auf einen Restschielwinkel  $<6^\circ$  korrigiert werden konnten [Spiritus, 1991]. Diese Operationsergebnisse der beidseitigen Medialisrücklagerung bei frühkindlichem Innenschielen mit sehr großen Schielwinkeln wurden des Öfteren bestätigt und veröffentlicht. [Prieto-Diaz, 1980; Kushner und Morton, 1984; Nelson, Calhoun, Simon et al., 1987]. Hierzu ist allerdings festzuhalten, dass diese Unterschiede in den postoperativen Schielwinkeln nicht zwingend zu bedeuten haben, dass die beidseitige Medialisrücklagerung mit Fadenoperation der beidseitigen Medialisrücklagerung grundsätzlich unterlegen ist, vielmehr sind diese Abweichungen



durch die angewendete Dosis oder auch den jeweils gewählten Zeitpunkt der Operation erklärbar. Aufgrund der Tatsache, dass die beidseitige Medialisrücklagerung über große Strecken bei Kleinkindern mit einem relativ hohen Risiko postoperativen Außenschielens verbunden ist [Stager, Weakley, Everett et al., 1994], wurde die beidseitige Medialisrücklagerung in der Gießener Klinik bei Kindern mit stark ausgeprägter Esotropie kaum durchgeführt. Ebenso wird die beidseitige Medialisrücklagerung mit Fadenverstärkung nur sehr selten angewendet. Das Innenschielen mit nicht akkommodativem Konvergenzexzess und einem Fernschielwinkel von mehr als etwa  $10^\circ$ , welcher durch eine alleinige Fadenoperation nicht ausreichend sicher korrigiert werden kann, ist die eigentlich klassische OP-Indikation zur beidseitigen Medialisrücklagerung mit Fadenoperation. Eine alternative Indikation ist die frühkindliche Esotropie mit sehr großem Fernschielwinkel, welcher mit einem Konvergenzexzess und einer nystagmusbedingten abwechselnden Kopfdrehung, einhergehend mit Fixation in Adduktion, verbunden sein kann.

## **1.6 Ziel der Studie**

In der vorliegenden Studie sollen die Wirksamkeit und Ergebnisse der im Kindesalter durchgeführten beidseitigen Medialisrücklagerung mit Fadenverstärkung bei großwinkliger Esotropie untersucht, die Eignung der Operationsmethode als Therapieoption beurteilt und die Methode mit anderen Operationsmethoden verglichen werden.

## **2. Patienten und Methoden**

### **2.1 Patienten**

Mit Zustimmung der lokalen Ethikkommission wurde anhand der - teils in gedruckter, teils in digitaler Version - vorliegenden Operationspläne eine Liste aller in den Jahren 1997 bis 2011 mit beidseitiger Medialisrücklagerung und Fadenoperation (BMRF) an der Universitäts-Augenklinik Gießen behandelten Patienten erstellt. Patienten, die bereits früher eine Augenmuskeloperation erhalten hatten, Patienten mit Lähmungsschielen und Patienten mit vorangegangenem Orbitatrauma bzw. einer vorangegangenen Orbitaoperation wurden ausgeschlossen. Gleichzeitige Obliquus-Chirurgie an einem oder beiden Augen war kein Ausschlusskriterium. Bei allen Kindern war die in Zyклоplegie am Autorefraktometer oder skiaskopisch gemessene Refraktion präoperativ durch eine entsprechende Brille korrigiert. Die entsprechenden Krankenakten wurden aus dem Archiv und Altarchiv von Hand herausgesucht und retrospektiv ausgewertet. Die Gesamtzahl der erfassten Patienten konnte nicht in die Auswertung einbezogen werden, da die Akten zum Teil aufgrund aktueller Nachbehandlungstermine in Verwendung, oder aufgrund des in der Phase der Datenerhebung stattfindenden Umzugs des Archivs in ein anderes Gebäude nicht mehr auffindbar waren.

### **2.2 Auswertung**

Aus den Patientenakten wurden folgende Daten pseudonymisiert in eine Datei übertragen:

- Alter bei Operation in Monaten
- Geschlecht
- Refraktion in Zyклоplegie
- bestkorrigierter postoperativer Visus

- postoperative Binokularfunktion (Bagolini, Titmus-, Lang-, TNO-Test)
- Operationsstrecken (Fadendosis und Medialisrücklagerungsstrecke)
- manifeste (S) und maximale Schielwinkel (A) prä- und 3 Monate postoperativ in jeweils Ferne und Nähe
- axiale Bulbuslänge

Von etlichen, jedoch längst nicht allen Patienten lagen Befunde mehrere Jahre postoperativ vor. Trotz der teilweise sehr langen Anfahrtswege lagen in fast allen Fällen die Befunde zur routinemäßigen Qualitätskontrolle nach drei Monaten vor. Zur Wahrung der Einheitlichkeit wurden daher nur die Befunde der 3-Monats-Kontrolle verwendet.

### **2.3 Datenschutz**

Der Datenaustausch zwischen dem Betreuer der Dissertation und dem Verfasser erfolgte mittels verschlüsselter und komprimierter Dateien (.zip- Files), die Passwörter wurden mündlich ausgetauscht und beinhalteten mindesten 6 Zeichen, bestehend aus Buchstaben und Ziffern.

Die Datensicherung auf dem Computer erfolgte 256bit-verschlüsselt, insbesondere die Kodierungsliste der Namen und Geburtsdaten der Patienten. Die Verschlüsselung erfolgte mit Hilfe des Verschlüsselungstools „TrueCrypt Ver. 7.1a“ (GNU- Public License, verfügbar unter <http://www.truecrypt.org>). Die Passwörter beinhalteten mindestens 16 Zeichen, bestehend aus Buchstaben, Sonderzeichen und Ziffern. Außerdem wurden unabhängige Keyfiles verwendet. Während der direkten Arbeiten an der Dissertation selbst bestand zu keinem Zeitpunkt eine unverschlüsselte Internetverbindung.

## 2.4 Diagnostik

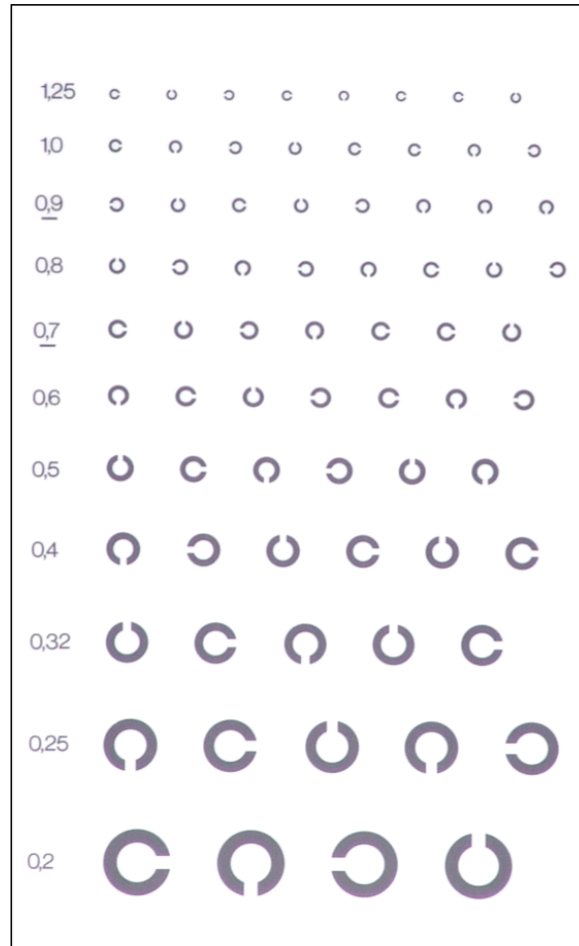
Im Folgenden werden die Grundlagen und die Durchführung der standardisierten Diagnoseverfahren beschrieben, die im Rahmen der prä- und postoperativen augenärztlichen und orthoptischen Untersuchungen routinemäßig zur Anwendung kamen.

### 2.4.1 Visusbestimmung

In der Regel wird die Sehschärfe subjektiv anhand der Angaben des Untersuchten bestimmt. Es existieren auch objektive Messmethoden wie das Preferential Looking für Kleinkinder und Säuglinge oder Bestimmungen anhand des optokinetischen Nystagmus. Bei guter Mitarbeit ist jedoch das subjektive Vorgehen einfacher, präziser und zuverlässiger und daher allgemein üblich [Gräf, Becker und Kaufmann, 2000; Gräf, 2008].

Der Visus wird dabei unter Zuhilfenahme von Sehzeichen, nämlich Landolt-Ringen oder bei Kleinkindern mit Hilfe von Lea-Symbolen bestimmt, welche eine definierte Größe, Form und Helligkeit aufweisen, sowie einen definierten Kontrast. Um eine reproduzierbare Visusprüfung zu gewährleisten, existieren Normen (Europäische Norm EN ISO 8596), in denen die physikalischen Parameter der Visusbestimmung festgelegt sind, nämlich der Untersuchungsabstand von mindestens 4 m, die Testfeldleuchtdichte ( $80\text{-}320\text{ cd/cm}^2$ ), die Testfeldgröße (Durchmesser  $2,0^\circ\text{-}5,0^\circ$ ), der Abstand der Sehzeichen zueinander ( $>15$  Winkelminuten und mehr, abhängig von der Visusstufe), der Abstand der Sehzeichen zum Rand des Testfeldes ( $0,5^\circ$ ) und der Kontrast (Leuchtdichte der Sehzeichen  $<15\%$  der Leuchtdichte des Testfeldes) [DIN EN ISO 8597, 1996]. Das Standard-Testzeichen ist der Landolt-Ring. Hierbei handelt es sich um einen Ring mit einer Öffnung an einer Seite, dessen Außen- zum Innendurchmesser im Verhältnis 5:3 stehen muss. Die Lücke muss dabei die Breite  $1/5$  des Außendurchmessers betragen und kann in acht verschiedenen Richtungen angeordnet sein. Ist der Proband in der Lage, die jeweilige Richtung der Lücke zu erkennen, kann festgehalten werden, dass das Auflösungsvermögen seiner Augen mindestens der Breite der Lücke entspricht. Wenn andere Sehzeichen verwendet werden, müssen diese an den Landolt-Ring „angeschlossen“ sein [DIN EN ISO 8597, 1996]. Wenn der mit diesen abweichenden Symbolen bestimmte Messwert bei entsprechender Sehzeichengröße um

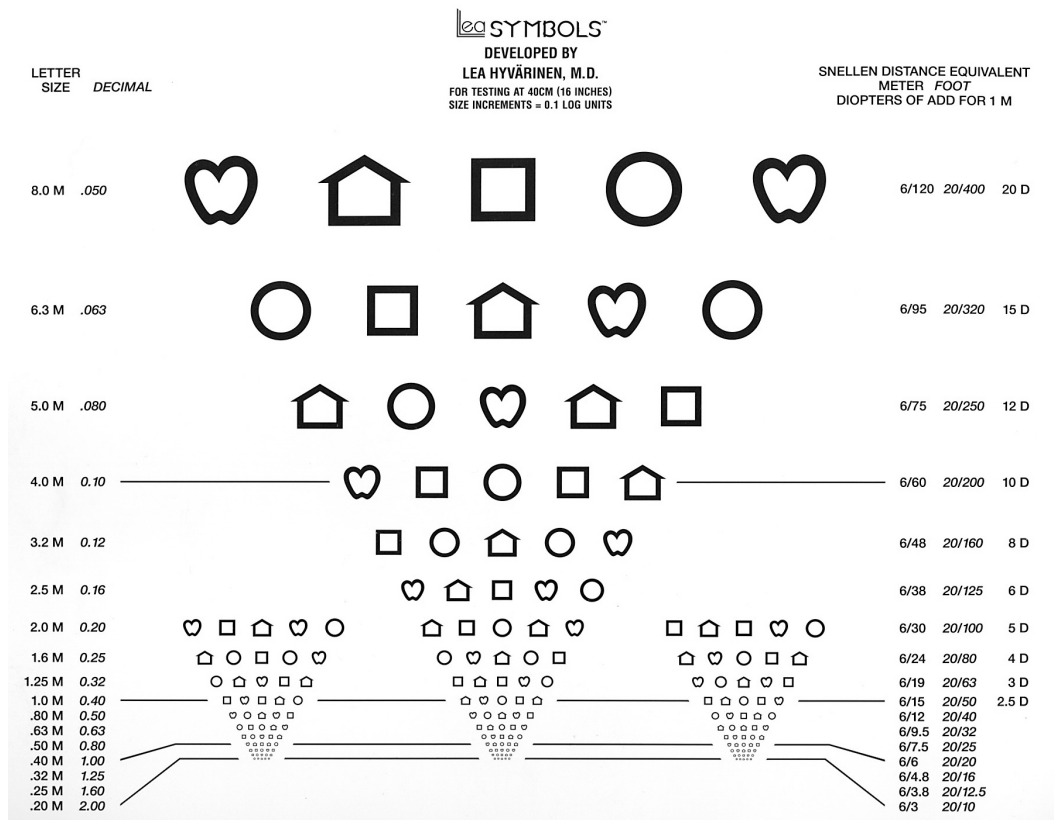
weniger als 0,5 Visusstufen von dem mit Landolt-Ringen gemessenen Wert abweicht, gelten sie als gleichwertig [DIN EN ISO 8597, 1996].



**Abbildung 2:** Landoltringe (hier im C-Test nach Haase mit 17,2' Abstand zwischen den Sehzeichen bei Verwendung in 5 m Prüfdistanz) [Haase und Hohmann, 1982]

Bei kleineren Kindern, bei denen es unter Umständen zu Schwierigkeiten in der Kommunikation und dem Verständnis bezüglich der Aussage, wo sich die Ringöffnung befindet, kommen könnte, verwendet man - wie auch an der Gießener Klinik - Lea-Symbole. Dies sind fest definierte Symbole, die dem Kind nach vorherigem Kennenlernen in unterschiedlichen Abständen demonstriert werden, bis es diese nicht mehr erkennt, was sich meist in Desinteresse äußert [Hyvärinen, Näsänen und Laurinen, 1980; Becker, Gräf und Kaufmann, 1999; Gräf, Becker und Kaufmann, 2000]. Zur sensitiveren Entdeckung einer Amblyopie können diese Symbole in enger Reihe

angeboten werden. Das Vorgehen entspricht dem der Prüfung mit Landolt-Ringen. Es hat sich gezeigt, dass diese Symbole ein gleiches oder sogar besseres Untersuchungsergebnis durch bessere Mitarbeit der Kinder erbringen, vor allem, wenn eine Amblyopie vorliegt [Becker, Hübsch, Gräf et al., 2002; Repka, 2002], weswegen sie in der Gießener Augenklinik zur Anwendung bei Kleinkindern bevorzugt werden.



**Abbildung 3:** Symbole nach Lea Hyvärinen in enger Reihe angeordnet. Anders als beim C-Test nach Haase mit konstanten Abständen zwischen den Symbolen entsprechen die Abstände hier der Größe der Sehzeichen (proportionally crowded).

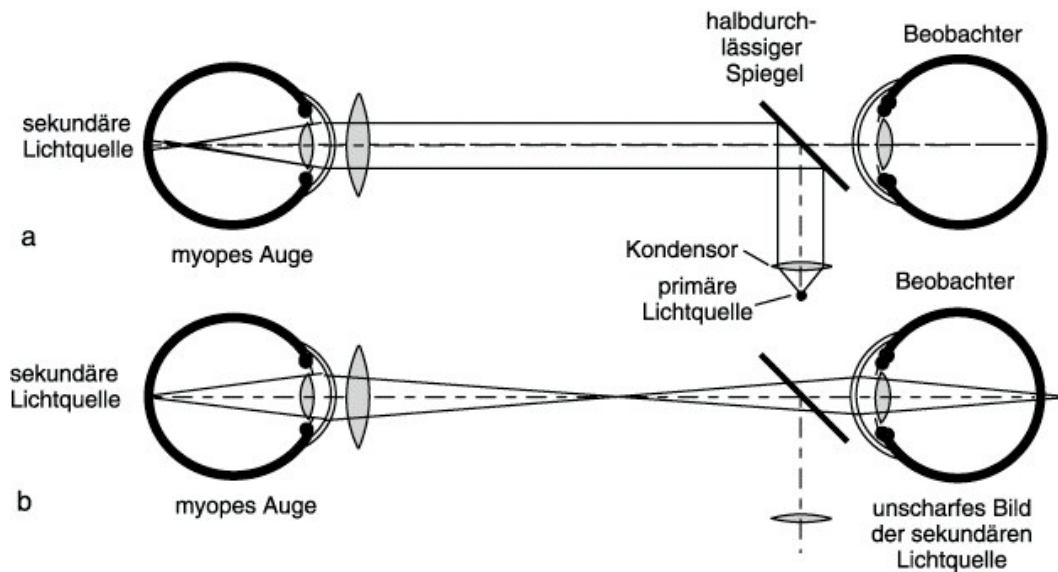
## 2.4.2 Refraktometrie

Unter Refraktion versteht man das Brechkraftdefizit des Auges, welches eine Kurzsichtigkeit (Myopie), Weitsichtigkeit (Hyperopie oder Hypermetropie) und eine Stabsichtigkeit (Astigmatismus = Brennpunktlosigkeit) bedingt. Der Brechwert einer optischen Korrektur (Brille, Kontaktlinse), mit deren Hilfe das Auge ein in unendlicher Entfernung befindliches Objekt ohne Akkommodation scharf darstellen kann, entspricht

der in Zykloplegie (unter medikamentöser Lähmung der Naheinstellung der Linse) gemessenen Refraktion. Emmetropie bezeichnet hierbei den „idealen“ (unter Alltagsbedingungen für das Scharfsehen in der Ferne nicht optimalen) Zustand, also den Wert Null, es wird keine Korrektur benötigt. Alle anderen Werte werden als Ametropie bezeichnet. Die Messwerte können subjektiv oder - bei Kindern des hier untersuchten Alters immer erforderlich - objektiv unter Zykloplegie bestimmt werden. Zykloplegie ist das vollständige Aufheben der Akkommodationsfähigkeit eines oder beider Augen durch die - in diesem diagnostischen Fall medikamentöse - Lähmung des Musculus ciliaris. Hierzu finden Parasympatolytika, klassischerweise Atropin oder Scopolamin, heute wegen der kürzeren Wirkdauer meist Zyklopentolat und Tropicamid Anwendung. Zykloplegika wirken als Blocker der muskarinischen Acetylcholinrezeptoren, die sich auch am M. sphincter pupillae befinden. Sie bewirken deswegen auch eine Mydriasis (Pupillenerweiterung).

#### 2.4.2.1 Objektive Refraktionsbestimmung

Die Verfahren zur objektiven Refraktionsmessung basieren meist auf einer Projektion eines Objektes auf den Augenhintergrund, dessen messbares Bild mit Hilfe vorgeschalteter Linsen vom Untersucher scharfgestellt wird [Krause und Friedburg, 2003]. Heute werden fast ausschließlich Autorefraktometer verwendet, bei denen dieser Vorgang unter Verwendung von Infrarotstrahlung automatisiert abläuft. Bei der Skiaskopie (Schattenprobe) wird als Objekt eine virtuell in unendlicher Entfernung befindliche Lichtquelle benutzt, deren scharfgestelltes Bild in einer gleichmäßigen Beleuchtung des gesamten Augenhintergrunds besteht (Abbildung 4). Die Skiaskopie ist in jedem Lebensalter und auch bei schlechter Compliance und in jeder Körperlage durchführbar, erfordert keinen großen Materialaufwand (Skiaskop und Messgläser oder Gläserleiste), erfordert allerdings große Erfahrung des Untersuchers in der Methodik und einen entsprechenden Zeitaufwand [Krause und Friedburg, 2003].

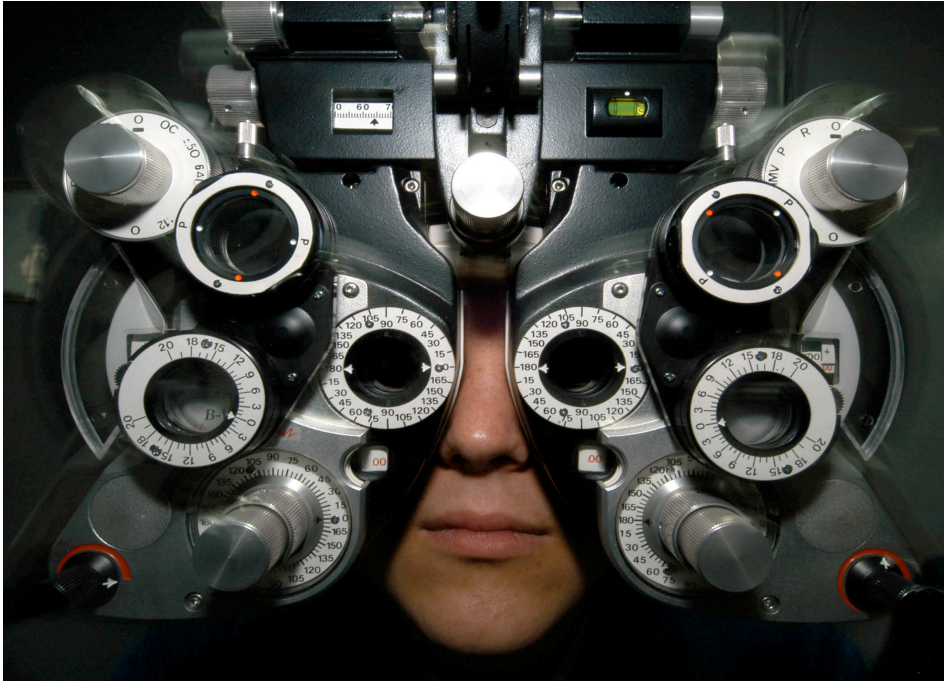


**Abbildung 4:** Skiaskopie schematisch; a: physiologischer Befund. b: pathologischer Befund (nach [Krause und Friedburg, 2003])

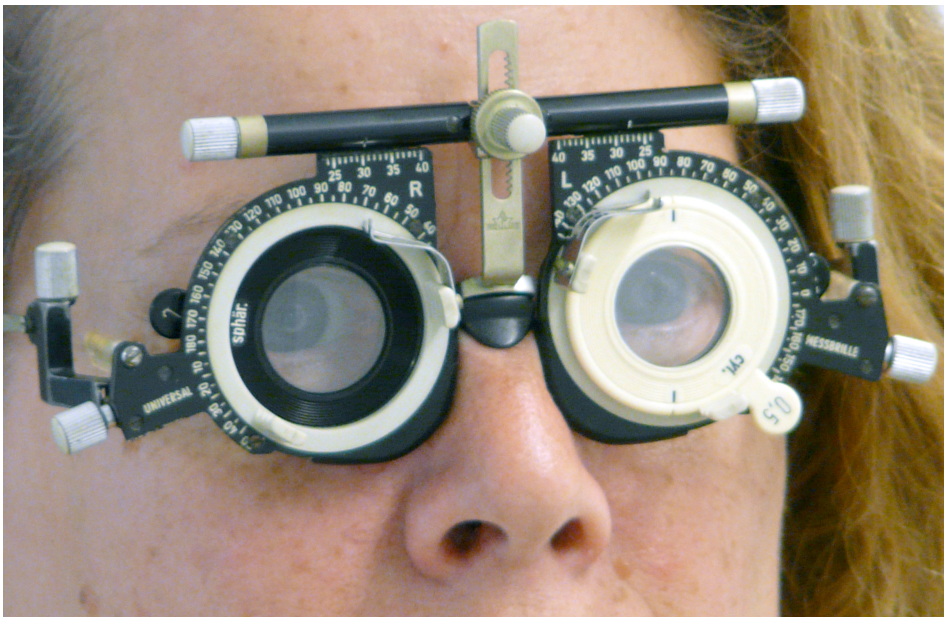
#### 2.4.2.2 Subjektive Refraktionsmessung

Die subjektive Bestimmung der Refraktion gestaltet sich am zuverlässigsten, wenn die objektiven Werte zuvor ermittelt wurden. Dem Patienten oder der Patientin werden nacheinander systematisch verschiedene Linsen vorgehalten und eine entsprechende Verbesserung oder Verschlechterung des subjektiv empfundenen Seheindrucks abgefragt. Dabei werden in der Regel die Sehzeichen, die auch für die Bestimmung der Sehschärfe verwendet werden, als Objekte zur Betrachtung angeboten. Die Auswahl und das Vorhalten der Linsen wird klassischerweise mittels eines Probierrggestells durchgeführt. Durch die Verwendung eines Phoropters, einer Apparatur, mit deren Hilfe rasch zwischen verschiedenen Linsen hin- und hergeschaltet werden kann, wird der Messvorgang deutlich beschleunigt.





**Abbildung 5:** Phoropter



**Abbildung 6:** Messbrille [Müller, 2011] Brillenähnliches Gestell, welches mithilfe von genormten Steckgläsern die Möglichkeit bietet, unter kontinuierlicher Befragung des Patienten verschiedene Gläser in eine Halterung zu stecken und so probatorisch die Sehschärfe zu bestimmen.

### 2.4.3 Einseitiger Abdecktest

Der einseitige Abdecktest dient der Suche nach einem manifesten Schielen. Beim einseitigen Abdecktest wird der Patient aufgefordert, ein kleines Objekt, meist eine kleine Lichtquelle, in 5 m Entfernung zu fixieren. Dann wird der Patient aufgefordert, weiterhin das Licht anzuschauen, während der Untersucher ein Auge des Patienten mit einer undurchsichtigen Scheibe abdeckt. Führt das nicht abgedeckte Auge zum weiteren Fixieren der Lichtquelle eine Bewegung aus, eine so genannte Einstellbewegung, hat es das Licht vorher nicht fixiert, also manifest geschielt (Heterotropie). Wenn diese Einstellbewegung aus Richtung Nase erfolgt, besteht ein manifestes Innenschielen (Esotropie), kommt sie von schläfenwärts, besteht ein manifestes Außenschielen (Exotropie). Selbstverständlich bewegt sich das andere Auge hinter der Abdeckscheibe in dieselbe Richtung mit. Das Fehlen einer Einstellbewegung schließt ein manifestes Schielen nicht aus, denn es könnte das abgedeckte Auge schielen. Deshalb führt man den Test nacheinander an beiden Augen durch. Erfolgt auch beim Abdecken des anderen Auges keine Einstellbewegung, ist ein manifestes Schielen sehr unwahrscheinlich. Allerdings könnte ein Mikrostrabismus mit anomaler Netzhautkorrespondenz und zusätzlich exzentrischer Fixation vorliegen, bei dem der Winkel dieser Exzentrizität und der Anomaliewinkel identisch sind. Diese Situation ist jedoch sehr selten und dann ausgeschlossen, wenn der Visus beider Augen normal ist, denn exzentrische Fixation geht stets mit einer erheblichen Visusreduktion einher. Wenn eine Visusbestimmung altersbedingt noch nicht möglich ist, lässt sich normale zentrale Fixation nur ophthalmoskopisch nachweisen.

Im Anschluss erfolgt der gleiche Test nochmals, jetzt mit einem nahen (30cm entfernten) Objekt mit feinen Details, welche die Akkommodation anregen, was bei Verwendung eines Fixierlichtes nicht sicher wäre [von Noorden, 1996b; Rüßmann, Fricke und Neugebauer, 2004; Rüßmann und Kaufmann, 2007]. Auch bei der Freigabe des abgedeckten Auges achtet man auf eine Einstellbewegung (Aufdecktest). Bewegt es sich im Fall eines manifesten Schielens, also einer vorangegangenen Einstellbewegung beim Abdecken, sofort in seine ursprüngliche Position zurück, übernimmt also die Fixation sofort wieder, so ist dies typisch für eine Amblyopie des anderen Auges. Der Patient kann die Fixation mit dem anderen Auge offensichtlich nicht aufrechterhalten. Manche Patienten können die Fixationsseite beliebig wechseln, was für eine seitengleiche Sehschärfe spricht (die jedoch nicht normal sein muss – es könnte zum

Beispiel eine beidseitige Refraktionsamblyopie vorliegen), andere die Fixation nur bis zum Lidschlag beibehalten [Rüßmann und Kaufmann, 2007].

#### **2.4.4 Alternierender Abdecktest**

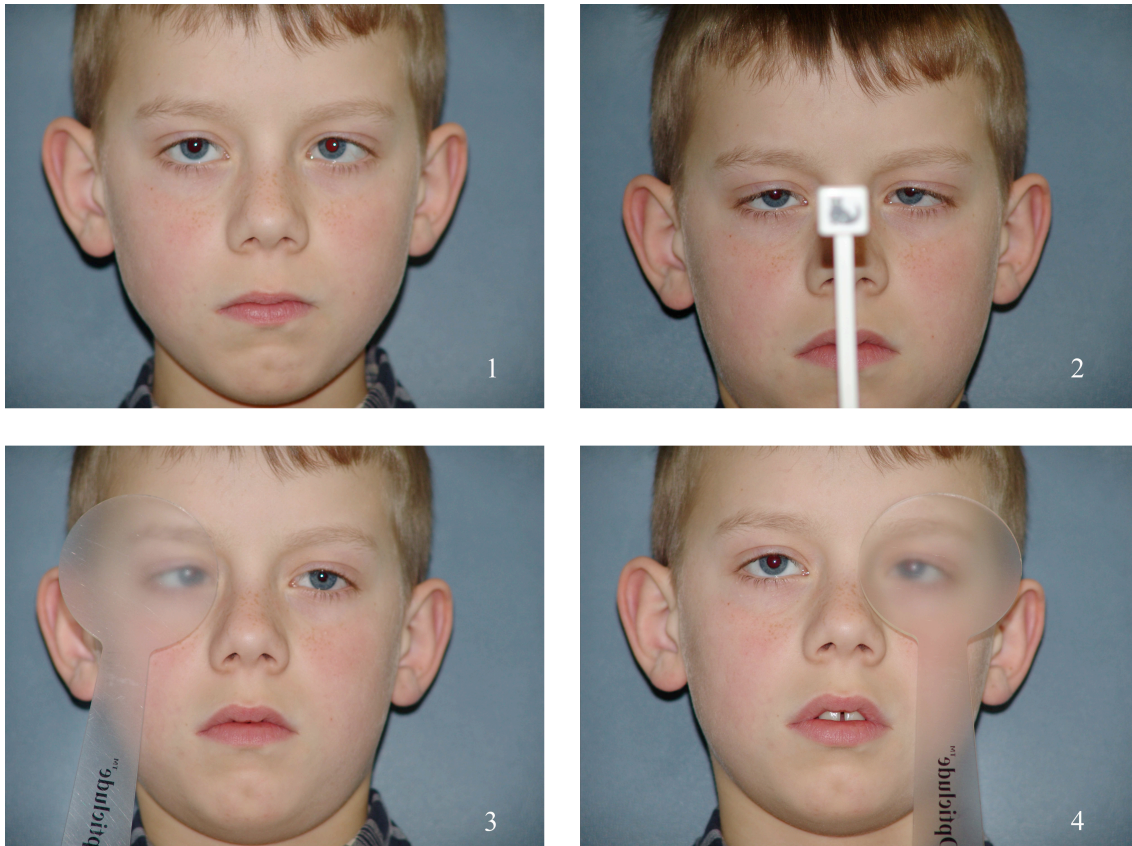
Beim anschließenden wechselseitigen (alternierenden) Abdecktest fixiert der Patient wieder die Lichtquelle. Ein Auge wird abgedeckt und die Abdeckscheibe dann schnell vor das andere Auge bewegt. Dieser Vorgang wird permanent wiederholt, ohne dass zwischenzeitlich das jeweils andere Auge freigegeben wird. Ein verstecktes Schielen (latentes Schielen, Heterophorie) liegt dann vor, wenn man bei diesem Test eine Bewegung des jeweils aufgedeckten Auges beobachten kann, die im vorherigen einseitigen Abdecktest nicht beobachtet werden konnte. Eine Einstellbewegung von schläfenwärts entspricht einem latenten Außenschielen (Exophorie), eine Einstellbewegung von nasenwärts einem latenten Innenschielen (Esophorie). Eine Differenzierung zwischen manifestem und latentem Schielen ist allein mit diesem Test nicht möglich, ebenso muss der Mikrostrabismus mit exzentrischer Fixation und Identität außen vor gelassen werden [Rüßmann, Fricke und Neugebauer, 2004]. Der alternierende Abdecktest zeigt die Summe der manifesten und latenten Schielwinkelkomponenten. Die Größe des Schielwinkels kann beim ein- und wechselseitigen Abdecktest aus der Größe der Einstellbewegung geschätzt werden. Bei einem normalen Durchmesser des Auges von ca. 23 mm, einem Umfang somit von ca. 72 mm, entspricht eine Bewegung von 1 mm mit hinreichender Genauigkeit einem Winkel von 5°. Zur präzisen Messung dient der Prismen-Abdecktest, der prä- und postoperativ routinemäßig durchgeführt wurde.

#### **2.4.5 Messung des Schielwinkels im Prismenabdecktest**

Zur Messung des manifesten Schielwinkels wurde der Abdecktest mit Vorhalteprismen durchgeführt, wobei die in der Gießener Klinik verwendeten Prismen in Grad (nicht wie vielerorts in Prismendioptrien) kalibriert sind. Da die Ablenkung eines Prismas vom Einfallswinkel abhängt, muss bei den verwendeten Prismen die patientenzugewandte Seite vereinbarungsgemäß rechtwinklig zum Verlauf der Gesichtslinie zwischen dem Prisma und dem Fixierobjekt gehalten werden. Der *manifeste* Schielwinkel wurde im *simultanen* Prismenabdecktest mit Brillenkorrektion (Refraktion in Zykloplegie abzüglich 0,5 D sph) gemessen. Hierbei wird das Prisma *gleichzeitig* mit dem Abdecken des anderen Auges vor das nicht abgedeckte Auge gehalten. Dies wird

solange mit immer stärkeren Prismen wiederholt, bis keine Einstellbewegung des Auges mehr erfolgt. Sollte eine Einstellbewegung aus der Gegenrichtung erfolgen, wird der Vorhalteversuch mit einem schwächeren Prisma erneut durchgeführt. Dies bedeutet, dass das vorgehaltene Prisma den Schielwinkel des Patienten ausgleicht, wenn keine Einstellbewegung mehr zu beobachten ist. Die Stärke dieses Prismas entspricht der Größe des Schielwinkels.

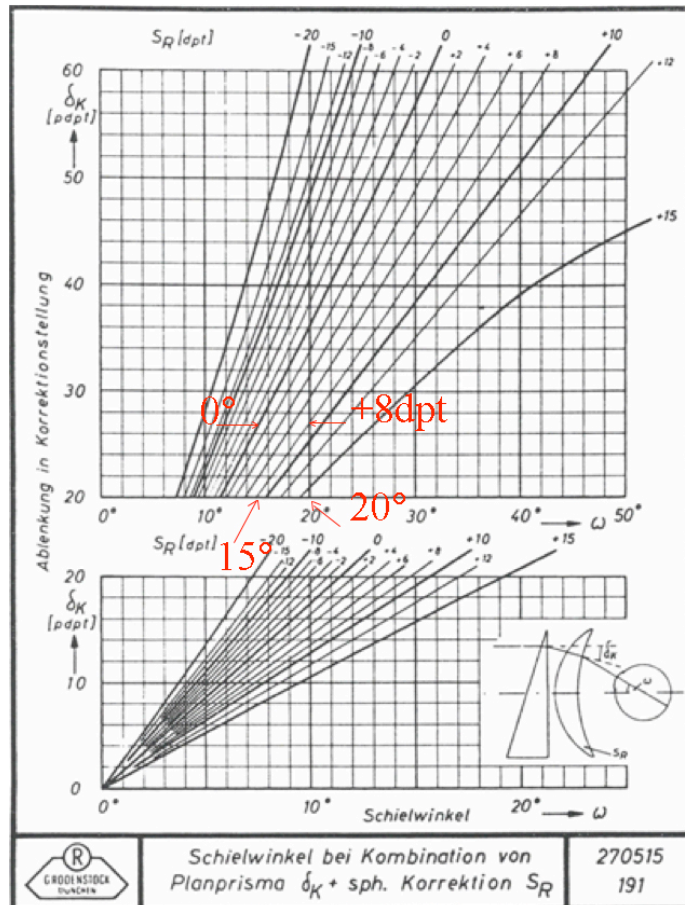
Der *alternierende* Prismenabdecktest (Abbildung 7) wurde in gleicher Weise zur Bestimmung des maximalen Schielwinkels (Summe aus manifester und latenter Komponente) durchgeführt. Hier wurden ebenfalls Prismen vorgehalten und alternierend abgedeckt. Erfolgte dann eine Einstellbewegung des Auges von schläfenwärts, wurde die Prismenstärke verringert, erfolgte eine Einstellbewegung von medial, wurde die Prismenstärke erhöht. Bei vorliegendem Außenschielen wurde das Prisma mit der Basis nach innen, beim Innenschielen mit der Basis nach außen vorgehalten. Bei Brillenträgern ist auf die prismatische Nebenwirkung der Brillengläser zu achten, die bei größeren Schielwinkeln und bei stärkeren Brillengläsern beträchtlich sein kann, zur Stärke des Messprismas addiert werden muss und insbesondere bei der Operationsdosierung zu beachten ist [Guilino, 1966-1968]. In der Gießener Klinik erfolgt diese Korrektur routinemäßig. Für Winkel über  $30^\circ$  wurden Prismen vor beide Augen gegeben, weil Prismen mit entsprechend starker Ablenkung nicht verfügbar sind und zum Teil nach Lage der Hornhautspiegelbilder gemessen, wobei 1 mm (Rest-) Asymmetrie  $12^\circ$  gleichgesetzt wurde [Brodie, 1987; Barry, 1999]. (In der ophthalmologischen Literatur und in vielen Lehrbüchern wird vielfach immer noch die aus den Beschreibungen von Hirschberg abgeleitete Beziehung zugrunde gelegt, wonach 1 mm Asymmetrie  $7^\circ$  Schielwinkel entspräche.)



**Abbildung 7:** Alternierender Abdecktest: 1. Geradeausblick Fixation eines fernen Objektes; 2. Objektfixation in der Nähe ohne Prisma; 3. Abdecken des rechten Auges, hierbei nimmt das zuvor schielende linke Auge nach einer Einstellbewegung (Blickbewegung nach links) die Fixation auf; 4. Beim Schwenken der Abdeckscheibe vor das linke Auge erfolgt eine Einstellbewegung nach rechts.

Wenn Prismen vor beide Augen gehalten werden, ist zu bedenken, dass bei gerader Kopfhaltung auch das fixierende Auge nicht in Primärposition steht, sondern im Falle der hier vorliegenden Schielwinkel in mehr oder weniger starker Adduktion. Die Messung in Primärposition wäre möglich, wenn der Kopf entsprechend der Prismenablenkung (mit Berücksichtigung der prismatischen Brillenglaswirkung) zur Gegenseite gedreht wird. Dann wäre jedoch bei großen Innenschielwinkeln die Sehlinie des schielenden Auges durch die Nase verdeckt. Die Messung in dieser Position wäre nur an einem Synoptometer oder Synoptophor möglich, optischen Geräten, die das Bild über kleine Spiegel ins Auge einblenden, aber wiederum den Nachteil haben, dass sie - insbesondere bei Kindern - durch die Nahempfindung eine sogenannte Apparatekonvergenz auslösen und dadurch den horizontalen Schielwinkel verfälschen.

Deshalb wurde der bei der beschriebenen Messung mit verteilten Prismenwerten vor beiden Augen mögliche Fehler, bzw. die Nichteinhaltung der Primärposition, hingenommen.



**Abbildung 8:** Schielwinkel bei Kombination einer sphärischen Brillenkorrektur mit einem Planprisma [Guilino, 1966-1968]. Im Fall eines Konvexglases (Hyperopiekorrektur), wie hier dargestellt, würde der Schielwinkel allein durch das Prisma, ohne Berücksichtigung der Prismenwirkung des Brillenglases, unterschätzt. Im Fall einer Myopie würde er überschätzt. Als Beispiel verwenden wir hier ein 15° Prisma bei einer Brillenstärke von +8,0 dpt. Man sucht den Punkt auf der Kurve „Null“ über dem Wert 15°, von da aus wird der Schnittpunkt einer Waagerechten mit der Kurve „+8 dpt“ ermittelt und von dort senkrecht wieder die Abszisse geschnitten. So ergibt sich der tatsächliche Schielwinkel von 20°.

## 2.4.6 Prüfung des Binokularsehens

Präoperativ waren aufgrund des großen Schielwinkels keine Binokularfunktionen im Sinne von Korrespondenz möglich. Es bestand entweder einseitige oder alternierende Suppression. Beidäugiges Sehen konnte allenfalls in Form sogenannten Mosaiksehens, eines korrespondenzlosen Binokularsehens, stattfinden, bei dem Objekte in der linken Blickfeldhälfte vorwiegend mit dem rechten Auge fixiert werden, Objekte in der rechten Blickfeldhälfte überwiegend mit dem linken Auge, ohne dass die Gesichtsfeldperipherie beider Augen komplett supprimiert zu sein braucht.

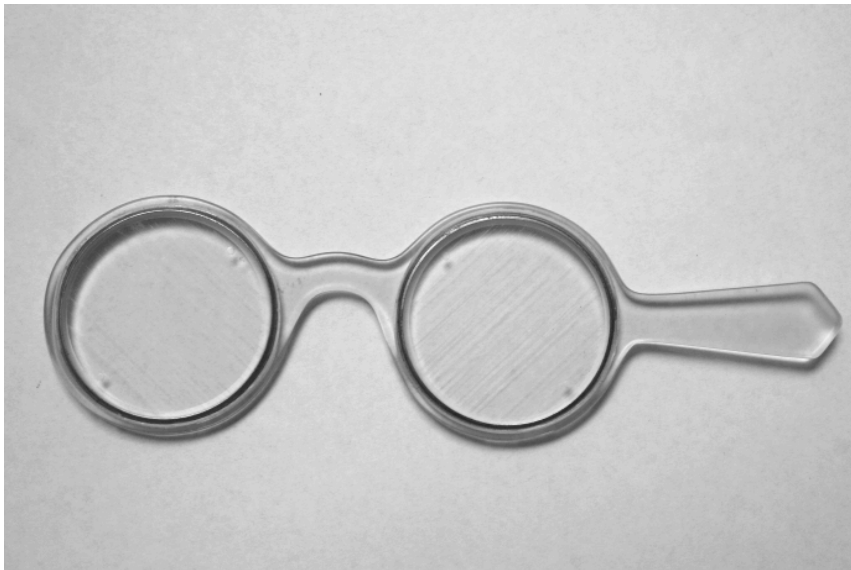
Postoperativ, im kleinen Restschielwinkel (konsekutiver Mikrostrabismus), war Binokularsehen auf der Basis anomaler Korrespondenz prinzipiell möglich und oft nachweisbar. Die 3 Monate postoperativ angegebenen Binokularfunktionen in der Nähe wurden klassifiziert in: Exklusion (0), Simultansehen im Bagolini-Lichtschweiftest (1), Titmus-Fliege (2), Titmus/Randot-Ringe oder -Tiere (3) und Random-Dot-Stereosehen im Lang- oder TNO-Test (4). Die Werte in den Klammern entsprechen der Kodierung in der Auswertung.

### 2.4.6.1 Lichtschweiftest nach Bagolini

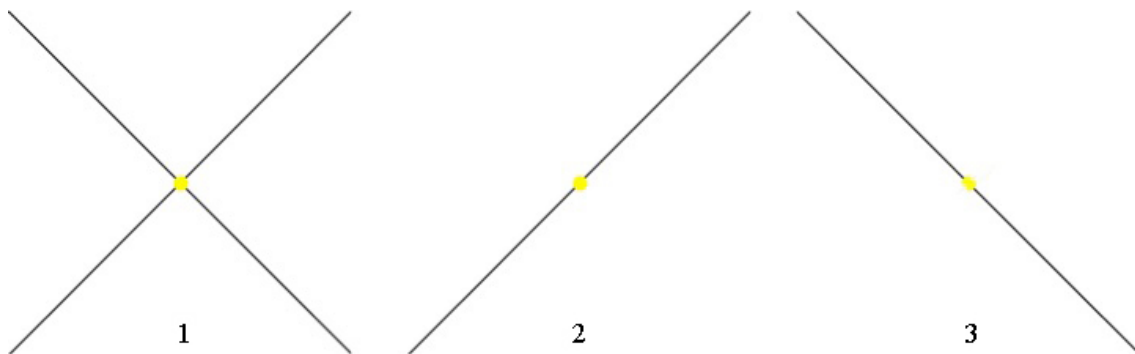
Der Lichtschweiftest nach Bagolini [Bagolini, 1957; Bagolini, 1958] überprüft das Simultansehen. Er wird zur qualitativen Beurteilung des Binokularsehens verwendet und ist auch zur Ermittlung des Fusionsblickfeldes geeignet. Man verwendet Plangläser mit feiner Parallelstreifung nach dem TABO-Schema, rechts in  $45^\circ$ , links in  $135^\circ$  ausgerichtet (**Abbildung 9**). Fixiert der Patient durch die Streifengläser eine punktförmige Lichtquelle, so entsteht der Eindruck zweier schmaler Lichtschweife, die senkrecht zur Streifung des jeweiligen Glases, also in zwei Richtungen verlaufen. Aus Patientensicht verläuft der Lichtschweif des rechten Auges von rechts oben nach links unten, der des linken Auges von links oben nach rechts unten [Rüßmann, Fricke und Neugebauer, 2004] (**Abbildung 10**). Unter Fixation der Lichtquelle wird der Patient aufgefordert anzugeben, ob ein Lichtschweif, ausgehend von dem Kreuzungspunkt, kürzer oder schwächer gesehen wird, unterbrochen ist oder vollständig fehlt und wo sich der Kreuzungspunkt im Verhältnis zur Lichtquelle bzw. zu den zwei wahrgenommenen Lichtquellen befindet.

Bei einem manifesten Außenschiel des rechten Auges beispielsweise, wird der mit dem rechten Auge sichtbare Schweif nach links lokalisiert und umgekehrt. Der Patient

sieht die Lichtquelle horizontal verschoben doppelt und den Kreuzungspunkt der Lichtschweifung oberhalb davon. Beim Mikrostrabismus, bei dem das rechte Auge fixiert, das linke schielt, geht der Lichtschweif vom rechten Auge durch das Licht, wohingegen der Schweif des linken Auges - der auf einer Geraden durch das Licht gelegen ist - um das Licht herum unterbrochen ist. (**Abbildung 11**)

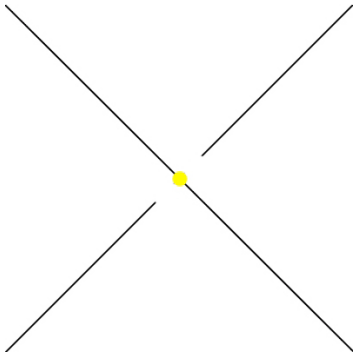


**Abbildung 9:** Lichtschweifglas nach Bagolini [Verfuerrth, 2009a]



**Abbildung 10:** 1.: Seheindruck Normalbefund, die schwarzen Linien stellen die Lichtschweifung dar, der des linken Auges geht von rechts oben nach links unten, der des rechten Auges von links oben nach rechts unten. Der gelbe Punkt verkörpert die Lichtquelle. 2.: Seheindruck bei rechtsseitiger Suppression. 3.: Seheindruck bei linksseitiger Suppression





**Abbildung 11:** Mikrostrabismus des linken Auges, die Umgebung der Lichtquelle ist supprimiert

#### 2.4.6.2 Titmus-Stereotest

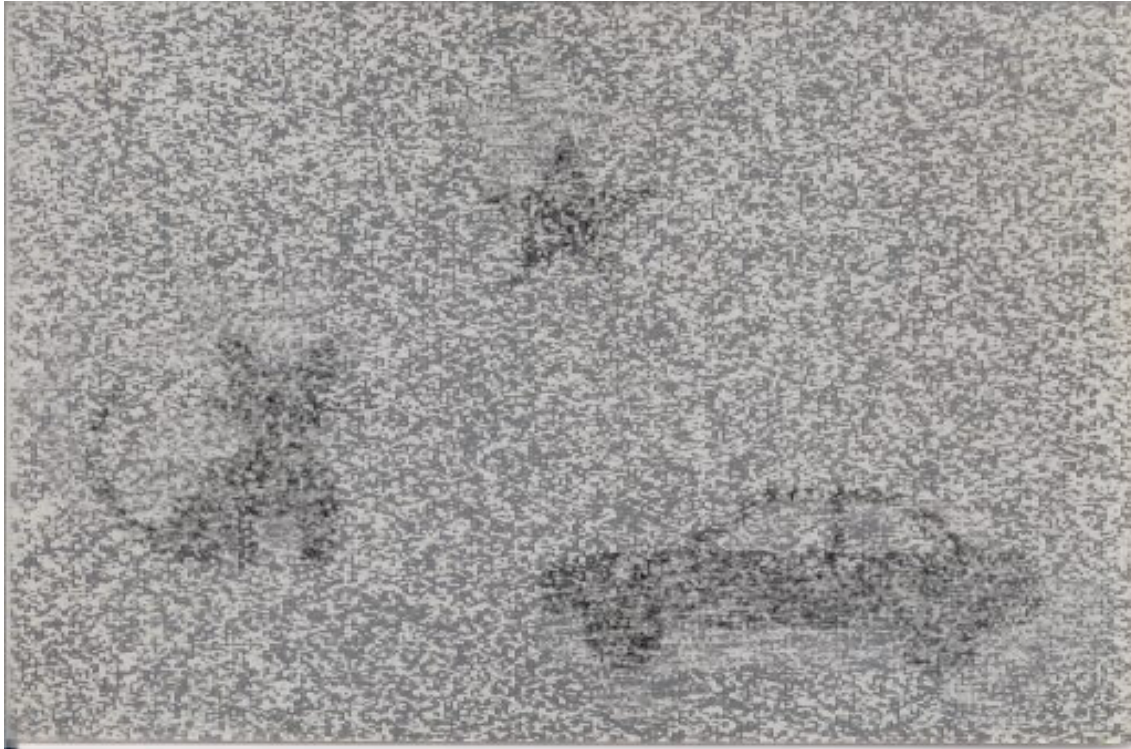
Hierbei handelt es sich um einen Test zum Nachweis des räumlichen Sehens, bei welchem dem Patienten eine Polarisationsbrille mit  $90^\circ$  gegeneinander versetzter Polarisationsrichtung beider Gläser aufgesetzt wird. Die Trennung der Seheindrücke beider Augen erfolgt durch ebenfalls  $90^\circ$  versetzte Polarisationsfilter in der Bildvorlage des Tests, die beiden Augen in bestimmten Details geringfügig verschobene Bilder darbieten, die auf querdysparaten Netzhautstellen abgebildet werden. Wenn dem Patienten Stereosehen möglich ist, erscheint das Bild dreidimensional. Es entsteht der Eindruck, dass Teile des Bildes etwas über der restlichen Abbildung schweben [Lang, 2003; Rüßmann, Fricke und Neugebauer, 2004]. Mit dem Titmus-Fliege-Test ist grobes räumliches Sehen nachweisbar (Abbildung 12). Zur Quantifizierung der Stereofunktion gibt es Variationen des Tests mit Titmus-Tieren und Titmus-Ringen. Hierzu werden dem Patienten auf einer Unterlage fünf Tiere oder vier Ringe gleicher Größe angeboten. Durch die Polarisationsbrille soll der Patient erkennen, welches der vorgelegten Tiere oder Ringe sich dreidimensional von den anderen abhebt.



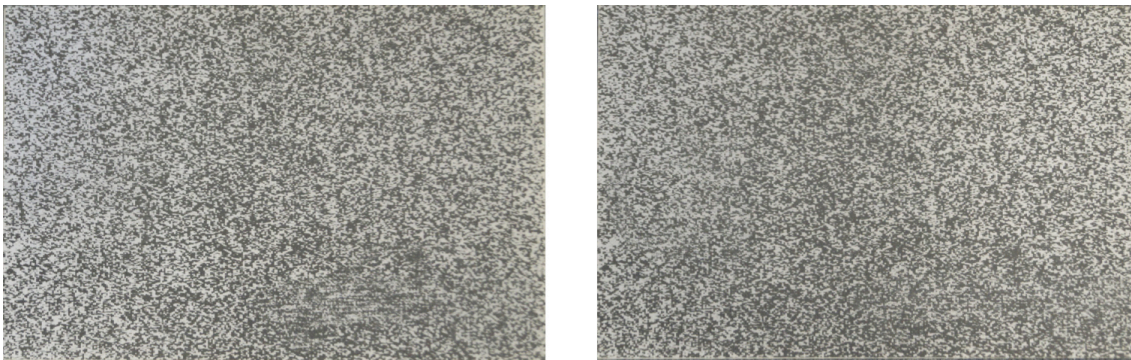
**Abbildung 12:** Titmus-Test mit zugehöriger Brille. Auf der linken Seite finden sich in der oberen Hälfte die verschiedenen Ringe, auf der rechten Seite die Fliege und darunter die Polarisationsbrille.

#### 2.4.6.3 Lang-Stereotest

Der von Joseph Lang entwickelte Test [Lang, 1983] dient dazu, räumliches Sehen für Zufallspunktmuster, sogenannte Random-Dot-Stereogramme [Julesz, 1960; Julesz, 1971], nachzuweisen. Der Vorteil von Zufallspunktmustern liegt darin, dass sie keine längeren durchgehenden Konturen aufweisen und sich daher nur bei sehr guter Binokularität Formen erkennen lassen. Dem Patienten werden zwei fast identische Bilder mit einem Muster zufällig verteilter und gleichartiger Punkte gezeigt, wobei aber in einem der Bilder eine zusammenhängende Teilmenge dieser Punkte horizontal verschoben ist, was bei einzelner Betrachtung des Bildes aufgrund der zufälligen Anordnung der Punkte nicht zu erkennen ist (Abbildung 13 & 14). Bei Fusion des Bildpaares verschiebt sich dieser Anteil des Musters horizontal und wird über den Prozess des globalen räumlichen Sehens als zusammenhängende Fläche oder Figur vor oder hinter dem Referenzanteil des Bildes wahrgenommen [Cooper, 1979; Herzau, 2004b].



**Abbildung 13:** Lang-Stereobilder, zur Veranschaulichung wurden die zu entdeckenden Symbole sichtbar gemacht [Verfuerrth, 2009b]

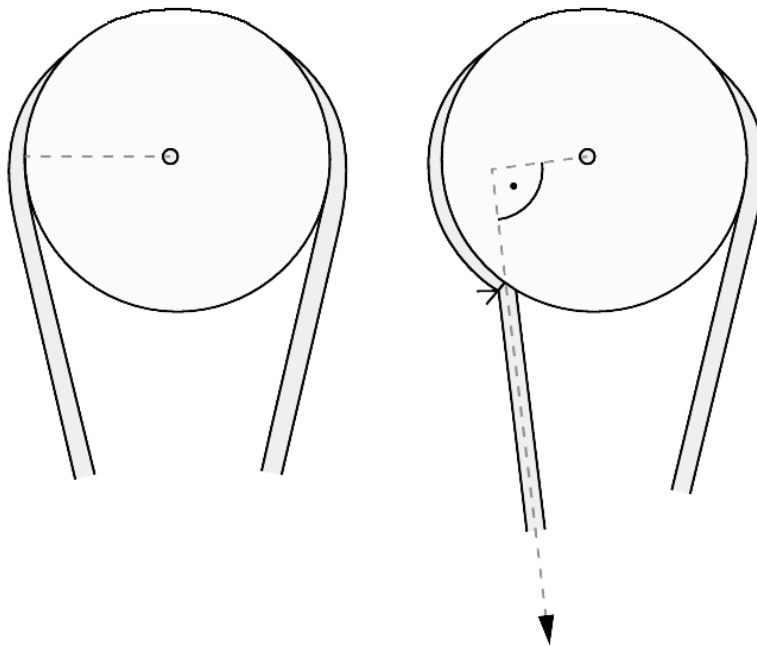


**Abbildung 14:** Lang-Stereobilder. Um die Objekte plastisch zu sehen, muss der Betrachter aus ca. 30 cm Abstand so weit konvergieren, dass die beiden Flächen zu einer Fläche verschmelzen.

## 2.5 Operatives Vorgehen

Bei der Fadenoperation nach Cüppers wird der Musculus rectus medialis hinter dem Äquator des Auges, somit hinter seinem eigentlichen Tangentialpunkt, am Augapfel mit nicht resorbierbaren Fäden an der Sklera fixiert, so dass ein neuer funktionaler Ansatzpunkt entsteht [Adelstein und Cüppers, 1969; Cüppers, 1973; Cüppers, 1976a].

Die Fadenoperation entspricht im Prinzip der gleichzeitigen Resektion und Rücklagerung desselben Muskels um denselben Betrag, einer Kombination, aus der sie letztlich hervorgegangen ist. Kombiniert mit der Rücklagerung entspricht sie einer großen Rücklagerung um die Fadendosis zusammen mit einer geringeren Resektion. Dadurch wird zusätzlich zur Fadenwirkung die Vorspannung des Muskels und somit seine Zugkraft reduziert.



**Abbildung 15:** Prinzip der Fadenoperation. Nach [Kaufmann und Steffen, 2012]

Als Resultat wird das Drehmoment (Muskelkraft x Hebelarm), welches die Adduktion bewirkt, in Zugrichtung des operierten Muskels immer geringer. Die Wirkung der Operation ist mit zunehmender Adduktion bzw. zunehmendem Innenschielwinkel progressiv [Adelstein und Cüppers, 1969; Buckley, 1999]. Die Fadenoperation ist geeignet, einen großen konvergenten Nahschielwinkel stärker zu reduzieren als den Fernschielwinkel. Demnach wird sie bei großem Nahschielwinkel und deutlich kleinerem Fernschielwinkel angewandt. Wegen des bereits großen Fernschielwinkels wurde bei den Patienten dieser Auswertung zusätzlich zur Fadenfixation (Myopexie) eine Medialisrücklagerung von 4-5 mm durchgeführt. Eine Myopexie in 18,5 mm

Abstand vom Limbus corneae, gemessen entlang der Muskelränder, entspricht der traditionellen Notierung „Faden 13“ (F13), die sich unabhängig von der Lage der Medialisinsertion auf deren Normalabstand von 5,5 mm vom Hornhautrand bezieht. Der Zugang erfolgte über einen Limbusschnitt mit radiären Erweiterungen bis zur Plica semilunaris und Darstellung des Muskels bis zur Tenonpforte. Die Distanz der Myopexie vom Limbus corneae wurde mit einem gebogenen Lineal entlang dem Muskelrand gemessen und durch Impression skleral markiert. Die sklerale Verankerung erfolgte mit zwei Myopexienähten aus nicht resorbierbarem mit ¼-Kreis-Spatula-armiertem 4-0 Polyester (Mersilene®). Die Fäden wurden um die Strecke der geplanten Rücklagerung in Richtung der Insertion durch das obere und untere Muskeldrittel geführt. Die Rücklagerung erfolgte unter Verwendung von ¼-Kreis-Spatula-armiertem 6-0 Polyglaktin (Vicryl®), wobei der sklerale Einstich um die geplante Rücklagerungsstrecke weiter vom Limbus entfernt lag, als die Naht vor dem Abtrennen der Sehne [Kushner, Preslan und Vrabec, 1987; Keech, Scott und Baker, 1990]. Anschließend wurden die vorgelegten Myopexiefäden geknüpft [Kaufmann und Steffen, 2012]. In einigen Fällen wurden die Myopexienähte erst nach der Rücklagerung gelegt. Die Bindehaut wurde mit ¾-Kreis-Spatula-armiertem 9-0 Vicryl® verschlossen. Eine eventuelle zusätzliche Obliquus-Operation erfolgte vor dem Eingriff am Medialis über einen distalen radiären BH-Tenon-Schnitt im entsprechenden temporalen Quadranten, in der Regel temporal unten zur Rücklagerung des M. obliquus inferior.

## 2.6 Statistik

Es wurden die Streubreiten, 0,1-, 0,5- (Mediane) und 0,9-Quantile sowie Mittelwerte und einfache Standardabweichungen zum Vergleich mit anderen Arbeiten berechnet. Um die Operationsergebnisse möglichst anschaulich darzustellen, wurden diese in den graphischen Abbildungen nach der Größe der postoperativen und präoperativen Schielwinkel sortiert. Die Beziehungen zwischen der mittleren axialen Bulbuslänge und der mittleren Refraktion beider Augen einerseits und dem maximalen Schielwinkel nach 3 Monaten andererseits, wurden mittels Varianzanalyse untersucht.

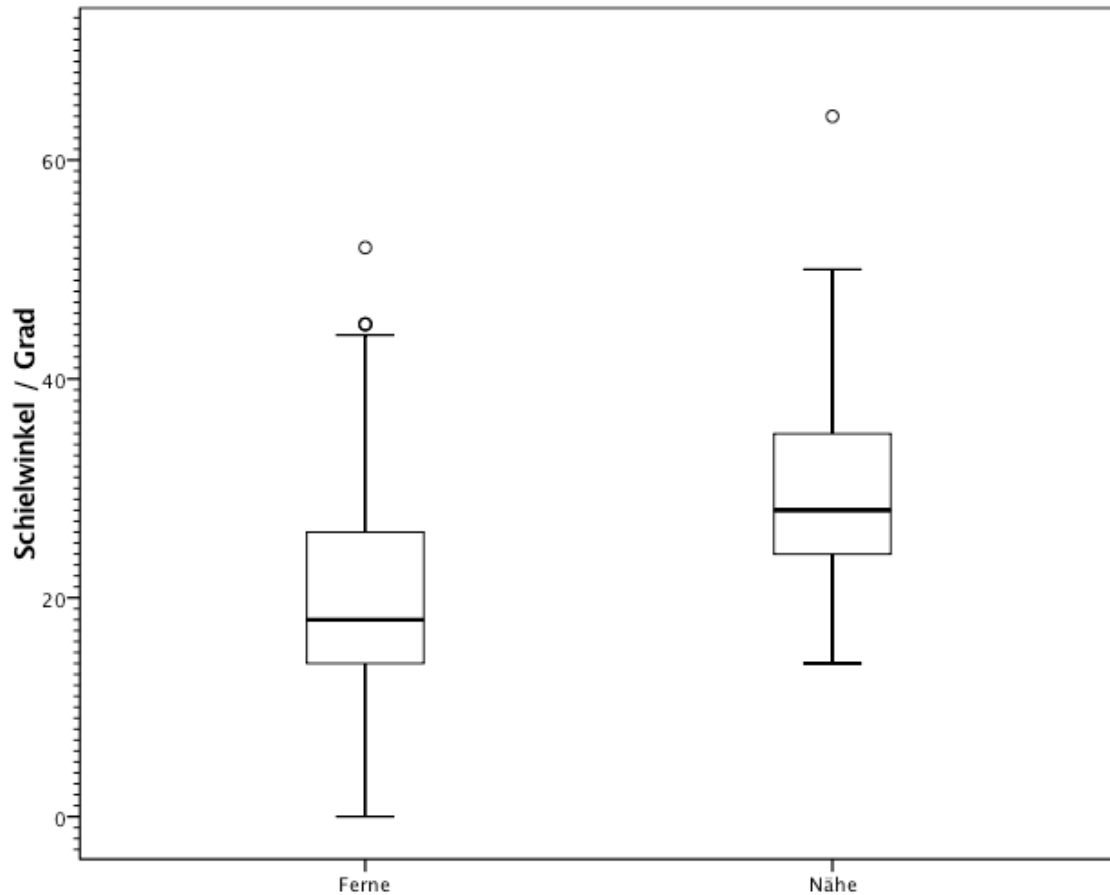
### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Allgemeine Daten**

161 Kinder (76 (47,2%) männlich, 85 (52,8%) weiblich) erfüllten die formulierten Einschlusskriterien. Die Kinder waren 10,52 bis 128,05 Monate alt, im Median 58,52 Monate (22,11; 86,63). Zur Vereinheitlichung und Wahrung der Vergleichbarkeit der Daten wurden nur die 142 Kinder (88,2%) in die Berechnungen einbezogen, bei denen eine postoperative Kontrolle nach 3 Monaten stattgefunden hatte. In den Klammern sind die 10%- und 90%-Quantile dargestellt, der davorstehende Wert ist immer der Median. Das sphärische Äquivalent (Refraktion in Zykloplegie) betrug 2,75 dpt (0,5; 5,50), der Visus beider Augen präoperativ 0,8 (0,32; 1,00), in der Kontrolle 3 Monate postoperativ 0,8 (0,32; 1,00), mit Landoltring oder Lea-Symbolen in enger Reihe gemessen.

#### **3.2 Schielwinkel präoperativ**

Der im alternierenden Abdecktest gemessene (maximale) Schielwinkel betrug in der Nähe im Median 28° (20,0; 44,9), in der Ferne 18° (12,0; 36,0), der im simultanen Abdecktest gemessene (manifeste) Schielwinkel betrug in der Nähe mit 28° (18,0; 44,9), in der Ferne 18° (5,0; 36,0). In der folgenden Abbildung 16 sind die maximalen Schielwinkel der Patienten in der Nähe und Ferne dargestellt. Es wiesen 69 Patienten (42,9%) einen maximalen Fernschielwinkel von  $\geq 20^\circ$  auf, 24 Patienten (14,9%) sogar einen Winkel  $> 30^\circ$  und 79 Kinder (49,1%) hatten einen Schielwinkel von  $< 20^\circ$ . Bei 12 Patienten (7,5%) war der präoperative Wert aus den verfügbaren Unterlagen nicht mehr eruierbar.



**Abbildung 16:** Maximale Schielwinkel von 142 gemessenen Kindern präoperativ. Das Rechteck beinhaltet 50% der Werte, die dicke schwarze Linie markiert den Median, die Whiskers jeweils das 10% und 90% Quantil, die Punkte sind extreme Ausreißer. Der maximale Whisker in der Ferne (oberer) liegt beim 1,5fachen des Interquantilabstands, also 45°, der kleinste (untere) bei 0°. In der Nähe reicht der maximale Whisker bis 50°, der minimale bis 14°

### 3.3 Operationsstrecke

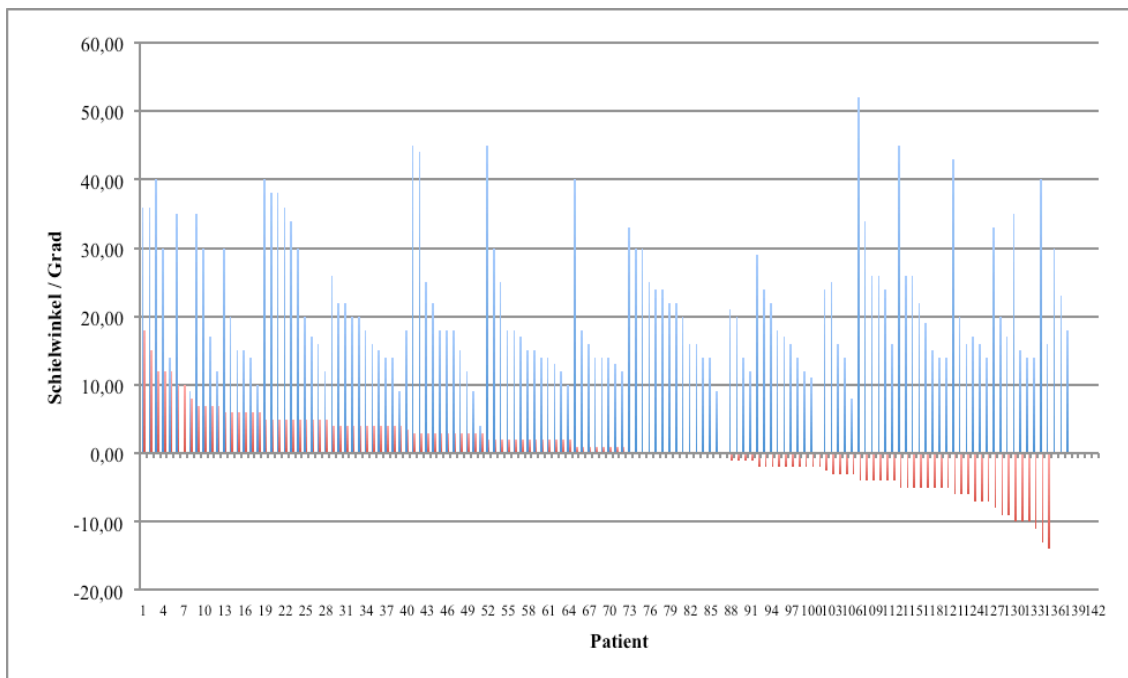
Die Myopexieabstände vom Limbus corneae, gemessen entlang des oberen und unteren Muskelrandes, betragen im Median 18,5mm (18,5; 19,0), die Strecke der Rücklagerung betrug im Median 4,0mm (3,0; 5,0). In den Klammern wieder jeweils das 10% und 90% Quantil.

### 3.4 Schielwinkel postoperativ

Von den 161 im untersuchten Zeitraum operierten Kindern waren von 146 (90,7%) Messdaten 1 Woche postoperativ, von 142 Kindern (88,2%) auch 3 Monate postoperativ vorhanden. Von diesen wiederum waren bei 6 (4,2%) Kindern keine präoperativen Werte zu erheben. Trotzdem wurden alle 142 Kinder in die folgenden Berechnungen einbezogen, um die Vergleichbarkeit zu wahren.

#### 3.4.1 Schielwinkel 1 Woche postoperativ

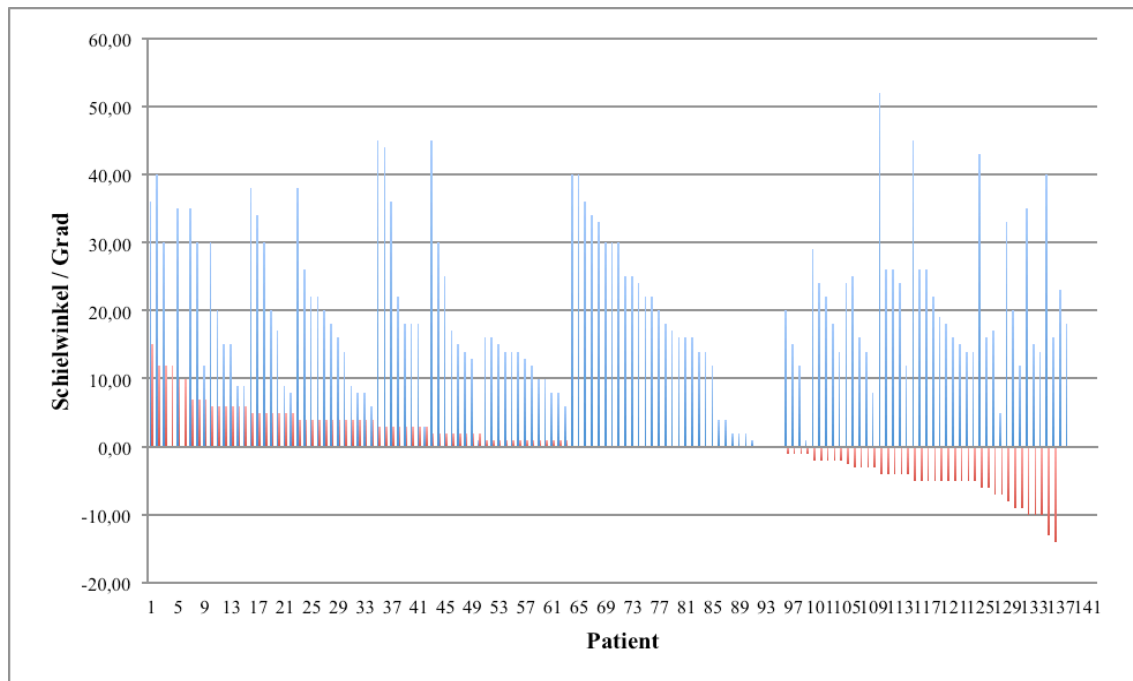
Der maximale Schielwinkel eine Woche nach der Operation betrug in der Nähe  $4,0^\circ$  ( $-3,1; 10,0$ ), in der Ferne  $1,00^\circ$  ( $-6,0; 6,0$ ), der manifeste Schielwinkel in der Nähe  $2,0^\circ$  ( $-3,0; 10,0$ ) und der Winkel in der Ferne  $0,0^\circ$  ( $-5,0; 6,0$ ). Von diesen 142 Kindern, bei denen postoperative Kontrollwerte vorlagen, waren 94 (66,2%) auf einen maximalen Nahschielwinkel von  $\leq \pm 5^\circ$  korrigiert, in der Ferne 117 (82,4%), beim manifesten Nahschielwinkel waren 105 (73,9%), beim manifesten Fernschielwinkel 121 (85,2%) auf  $\leq \pm 5^\circ$  Restschielwinkel korrigiert.



**Abbildung 17:** Maximale Fernschielwinkel aller 142 Patienten 1 Woche postoperativ, sortiert primär nach der Größe des postoperativen Schielwinkels (rote Säulen), sekundär nach der Größe des präoperativen Schielwinkels (blaue Säulen). In den nachfolgenden Grafiken beziffert die



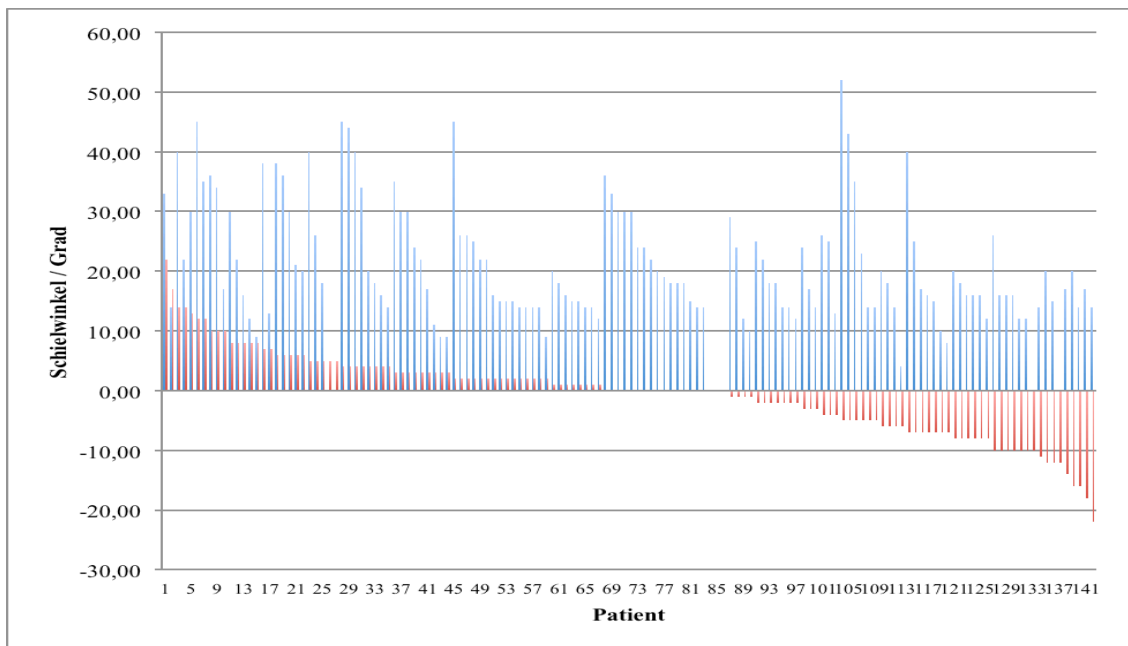
Nummerierung der X-Achse fortlaufend die Patienten, nicht eine dem Patienten zugewiesene Nummer.



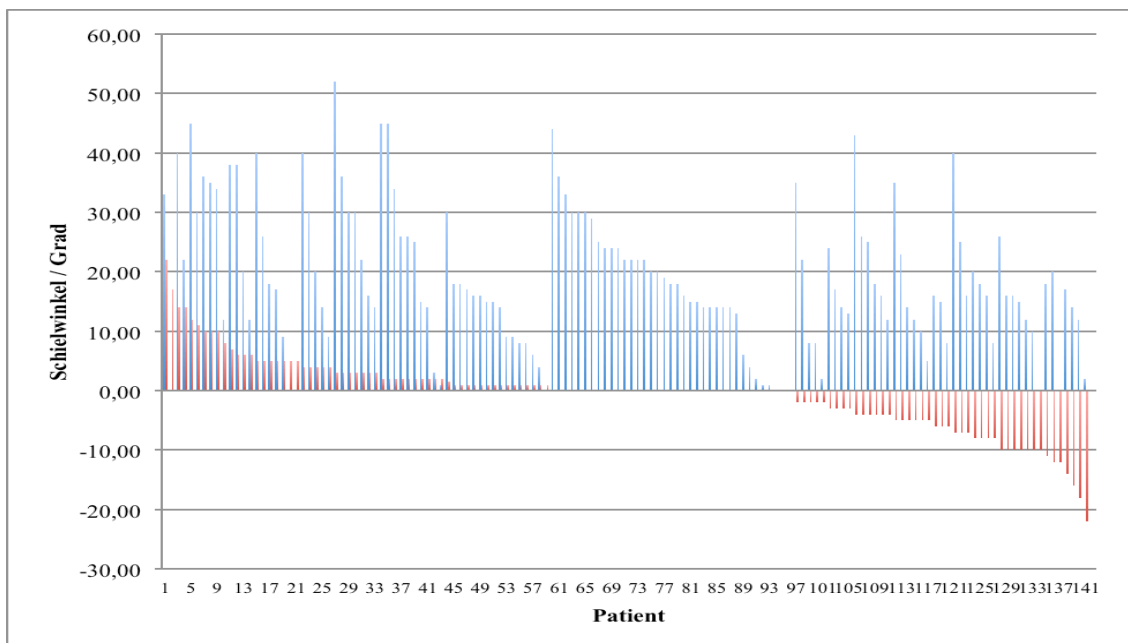
**Abbildung 18:** Manifeste postoperative Fernschielwinkel aller Patienten nach 1 Woche, sortiert primär nach der Größe des postoperativen Schielwinkels (rot), sekundär nach der Größe des präoperativen Schielwinkels (blau)

### 3.4.2 Schielwinkel 3 Monate postoperativ

Nach 3 Monaten betrug der maximale (im alternierenden Abdecktest gemessene) Schielwinkel in der Nähe  $3,0^\circ$  ( $-5,0; 10,0$ ), in der Ferne  $0,00^\circ$  ( $-10,0; 7,9$ ), der manifeste (im simultanen Abdecktest gemessene) Schielwinkel in der Nähe  $1,0^\circ$  ( $-5,0; 10,0$ ) und der Winkel in der Ferne  $0,0^\circ$  ( $-8,0; 5,0$ ). Es konnten 101 (71,1%) der 142 nachuntersuchten Kinder auf einen maximalen Nahschielwinkel von  $\leq \pm 5^\circ$  korrigiert werden, 120 (84,5%) auf einen entsprechenden maximalen Fernschielwinkel. Der manifeste Restschielwinkel  $\leq \pm 5^\circ$  wurde in der Nähe bei 113 (79,6%) Patienten erreicht, der entsprechende manifeste Fernschielwinkel bei 127 (89,4%).

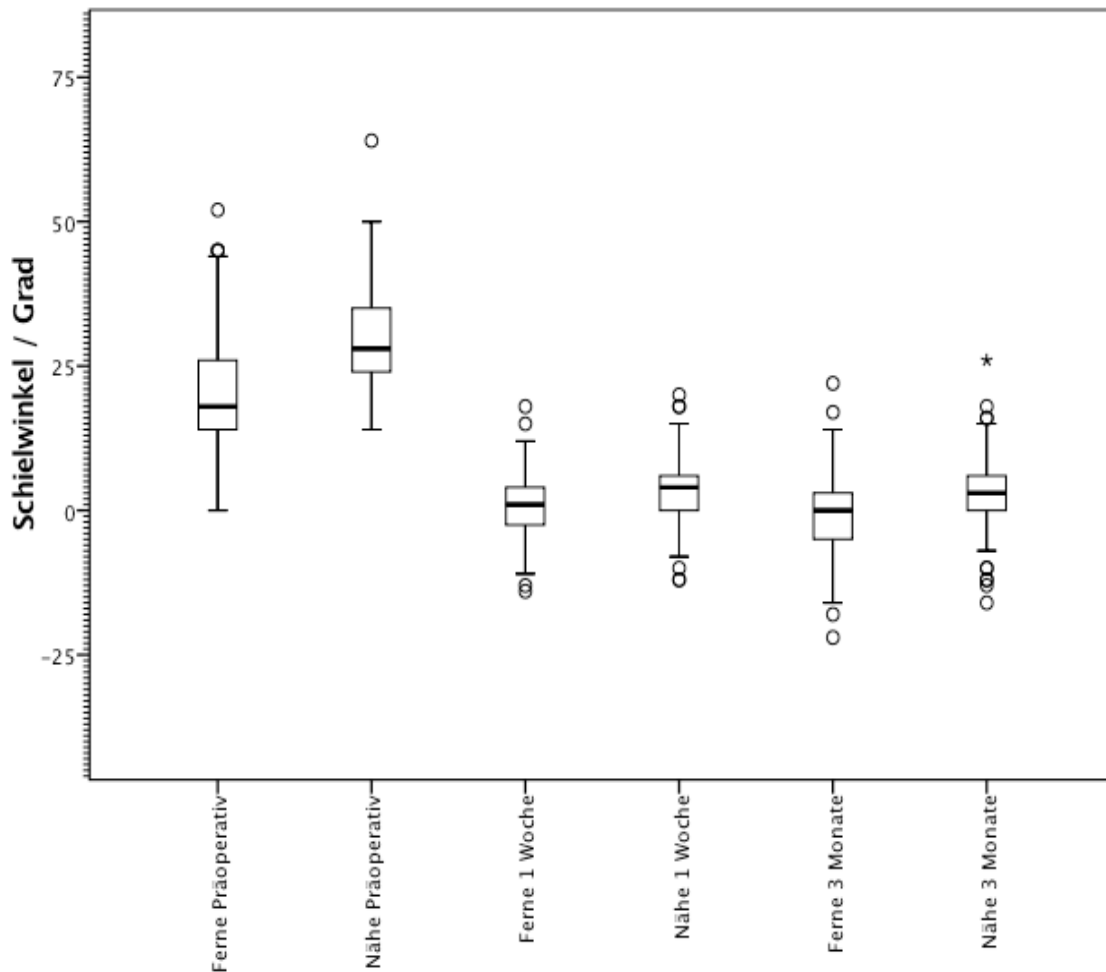


**Abbildung 19:** Maximale Fernschielwinkel aller 142 Patienten einzeln präoperativ (blaue Säulen) und 3 Monate postoperativ (rote Säulen), primär nach postoperativem, sekundär nach präoperativem Winkel sortiert

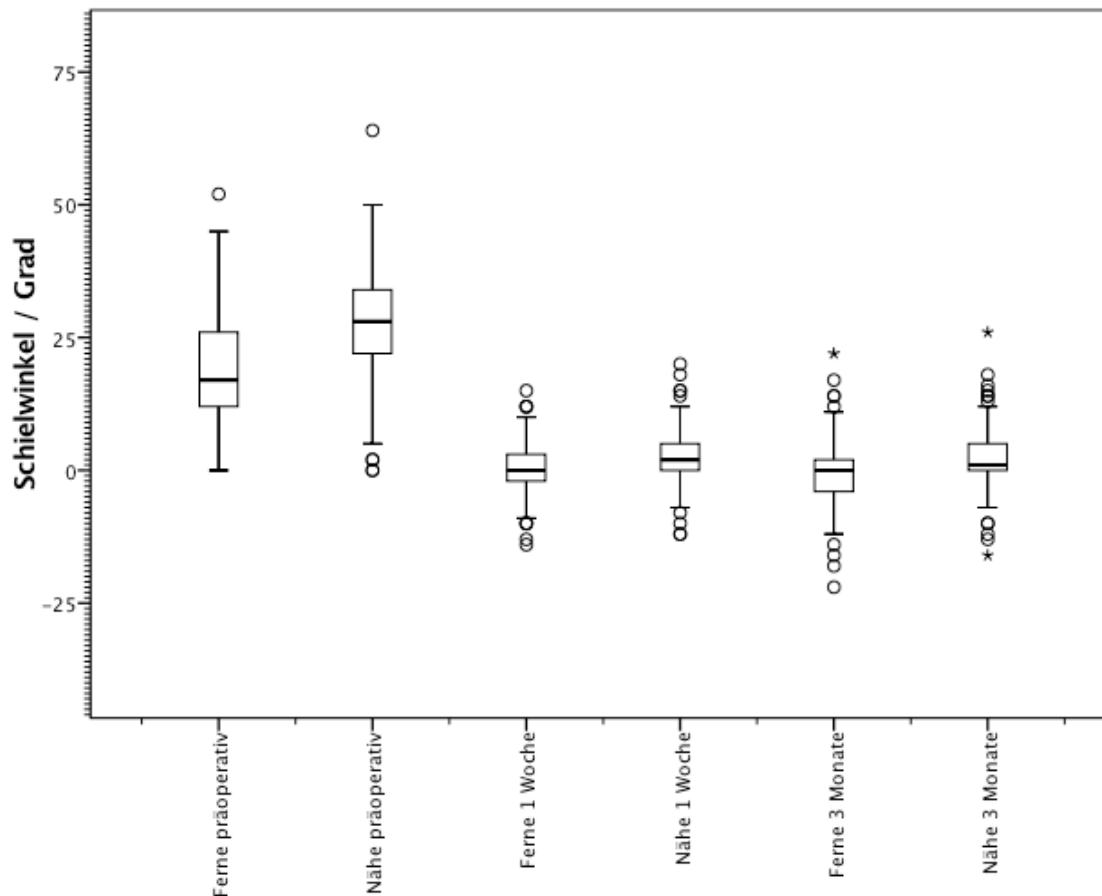


**Abbildung 20:** Manifeste Fernschielwinkel aller Patienten einzeln präoperativ (blaue Balken) und 3 Monate postoperativ (rote Balken), sortiert nach postoperativem Winkel und sekundär nach präoperativem Winkel

Im Vergleich der Untersuchungen eine Woche postoperativ mit der 3-Monatskontrolle zeigte sich ein etwas rückläufiger Operationseffekt. Die zu Anfang gemessenen Exodeviationen wurden weniger, wogegen sich die Esodeviationen etwas häufiger darstellten (siehe Abbildung 20).



**Abbildung 21:** Maximale Schielwinkel aller 142 nachuntersuchten Kinder in Ferne und Nähe.



**Abbildung 22:** Manifeste Schielwinkel aller 142 Kinder die auch nach 3 Monaten untersucht worden waren

### 3.4.3 Über- und Unterkorrektur

Eine Vollkorrektur auf  $0^\circ$  Restschielwinkel ist beim frühkindlichen Innenschielen im Prinzip nicht möglich, da regelhaft anomale Korrespondenz in kleinem esotropen Winkel vorliegt, so dass das Ziel des sensorischen Regelkreises im gering konvergenten Bereich liegt. Daher kann man bei einem Restschielwinkel bis zu  $5^\circ$  von guter oder ausreichender Korrektur sprechen. Ein Außenschielen, das  $5^\circ$  nicht übersteigt, würden wir ebenfalls dieser Kategorie zuordnen. Als Überkorrektur bezeichnen wir hier ein konsekutives Außenschielen von mehr als  $5^\circ$ , ein persistierendes Innenschielen von mehr als  $5^\circ$  bezeichnen wir als Unterkorrektur. Alltagsrelevant ist dabei der manifeste Schielwinkel.

#### **3.4.4 Schielwinkel 1 Woche postoperativ**

Nach 1 Woche zeigten 7 (4,9%) Kinder im alternierenden Abdecktest und ebenfalls 7 (4,9%) im simultanen Abdecktest eine Überkorrektur mit Schielwinkeln  $< -5^\circ$  (also ein Außenschielen von mindestens  $5^\circ$ ) in der Nähe. Bei 18 (12,7%) verblieb ein maximaler Fernschielwinkel, bzw. bei 15 (10,6%), ein manifester Fernschielwinkel  $> 5^\circ$ . Wobei 7 (4,9%) einen maximalen Fernschielwinkel von  $\geq 10^\circ$  und 19 (13,4%) einen maximalen Nahschielwinkel  $\geq 10^\circ$  aufwiesen.

Ein manifestes Innenschielen  $> 5^\circ$  wurde bei 35 (24,6%) Patienten in der Nähe, bei 15 (10,6%) in der Ferne gemessen; ein Nahschielwinkel  $\geq 10^\circ$  bei 17 (12,0%) und ein ebensolcher Fernschielwinkel bei 6 (4,2%). Die präoperative Esotropie dieser Kinder war mit  $24,5^\circ$  ( $5,0^\circ$ ;  $44,1^\circ$ ) deutlich größer. Bei diesen Kindern wurde mit einer Dosis von 18,0-18,5mm operiert, mit einer Rücklagerung von 3-5mm.

#### **3.4.5 Schielwinkel 3 Monate postoperativ**

3 Monate postoperativ bestand bei 12 (8,5%) Kindern ein manifestes Außenschielen  $< -5^\circ$  in der Nähe und bei 24 (16,9%) in der Ferne, wobei sich Außenschielwinkel  $\leq -10^\circ$  in der Nähe bei 5 (3,5%) und in der Ferne bei 14 (9,9%) nachweisen ließen.

Eine manifeste Restesotropie  $> 5^\circ$  bestand bei 29 (20,4%) Kindern in der Nähe und bei 14 (9,9%) in der Ferne, wobei davon wiederum 17 (12,0%) Kinder einen Nahschielwinkel von  $\geq 10^\circ$ , bzw. 9 (6,3%) einen Fernschielwinkel  $\geq 10^\circ$  aufwiesen.

Ebenfalls 12 (8,5%) Kinder zeigten 3 Monate postoperativ ein maximales Außenschielen  $< -5^\circ$  in der Nähe und 33 (23,2%) in der Ferne. Hierbei war eine postoperative Exotropie  $\leq -10^\circ$  in der Nähe bei 6 (4,2%) zu messen, in der Ferne bei 16 (11,3%).

Bei 41 (28,9%) verblieb ein Innenschielen  $> 5^\circ$  in der Nähe, bei 22 (15,5%) in der Ferne, wobei hier 24 (16,9%) Kinder mit Schielwinkeln  $\geq 10^\circ$  in der Nähe und 10 (7%) Kinder ebenso große Restschielwinkel in der Ferne behielten.

### 3.5 Binokularsehen

Vor der Operation war aufgrund des Schielwinkels bei keinem der Kinder korrespondierendes Binokularsehen möglich (siehe Kapitel 2.4.6, S. 25). In der Kontrolluntersuchung 3 Monate postoperativ zeigte sich bei 18 Kindern (12,7%) eine Exklusion bzw. Suppression, bei 87 Kindern (61,3%) war Simultansehen im Bagolini-Lichtschweiftest nachweisbar, 10 Kinder (7,0%) zeigten grobes Stereosehen mit positivem Titmus-Fliege-Test, 13 (9,2%) sogar feineres Stereosehen mit Erkennen von Titmus-Ringen oder -Tieren und 4 Kinder (2,8%) Stereosehen höchster Qualität mit Erkennung der Random-Dot-Stereogramme im Lang- oder TNO-Stereotest (Tabelle 1). Bei 10 Kindern (7,0%) lagen keine Angaben vor. Von den 101 Kindern mit einem manifesten Restschielwinkel  $\leq 5^\circ$  und  $\geq -5^\circ$  in der Nähe, in dem überhaupt erst feineres Stereosehen möglich ist, zeigten 8 (7,9%) Suppression, 61 (60,4%) Bagolini-Test positiv, 10 (9,9%) Titmus-Fliege, 10 (9,9%) Titmus-Ringe/ Tiere, 4 (4,0%) feineres Stereosehen, bei 8 (7,9%) erfolgte keine Angabe.

**Tabelle 1:** Qualität des Binokularsehens 3 Monate postoperativ

Exklusion bzw. Suppression	18	12,7%
Simultansehen (Bagolini-Test positiv)	87	61,3%
Titmus-Fliege-Test positiv	10	7,0%
Titmus-Ringe/Tiere-Test positiv	13	9,2%
Random-Dot-Stereosehen	4	2,8%
Kein Wert	10	7,0%
Summe	142	100%

### 3.6 Konvergenzexzess

In der Gesamtgruppe der operierten Patienten bestand präoperativ ein Fern-Nahwinkel-Unterschied von  $8,0^\circ$  (0,0; 16,0). Er wurde durch die Operation auf  $2,0^\circ$  (-1,0; 8,0) nach 1 Woche gemindert und blieb auch gering. Nach 3 Monaten betrug er  $2,8^\circ$  (-2,0; 10,0). Bei 115 Kindern (76,2%) bestand präoperativ ein Konvergenzexzess von  $5^\circ$  bis  $31^\circ$  Unterschied zwischen maximalem Nah- und Fernschielwinkel. Er wurde im Median von  $10,0^\circ$  auf  $3,0^\circ$  reduziert.

### **3.7 Bulbuslänge**

Von 135 der 161 Kinder (84%) lagen Angaben über die axiale Bulbuslänge vor. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Mittelwerte der gemessenen Strecken am linken und rechten Auge angegeben. Die axiale Bulbuslänge betrug im Median 21,30mm (20,00; 22,59). Bei den 103 Patienten, die 3 Monate postoperativ einen manifesten Fernschielwinkel von  $\leq \pm 5^\circ$  aufwiesen, also gut korrigiert waren, war präoperativ eine mediane Bulbuslänge von 21,4 mm gemessen worden. Bei den 24 überkorrigierten Kindern mit Außenschielwinkeln von  $> 5^\circ$  in der Ferne betrug die axiale Bulbuslänge 21,7 mm, bei den 14 Kindern mit Außenschielwinkeln  $\geq 10^\circ$  betrug sie 21,4mm. Bei den 14 Patienten, die ein Rest-Innenschiel  $> 5^\circ$  behalten hatten, betrug die axiale Bulbuslänge im Median 20,9 mm. In dieser Auswertung war also kein Einfluss der axialen Bulbuslänge auf das Operationsergebnis in der Form zu erkennen, dass der Operationseffekt bei kleineren Augen stärker wäre, als bei größeren Augen. Auch bei Anwendung einer Regressionsanalyse zwischen Bulbuslänge und Operationseffekt oder dem maximalen Schielwinkel fiel keine signifikante Beziehung auf (jeweils  $r < 0,1$  p). Der Korrelationskoeffizient für die Beziehung zwischen Bulbuslänge und Refraktion betrug  $-0,368$  ( $p < 0,001$ ).

### **3.8 Subgruppenanalyse Patienten mit großem Fernschielwinkel**

Die wesentliche und klassische Indikation zur beidseitigen Medialis-Fadenoperation besteht im nichtakkommodativen Konvergenzexzess bei Fernesotropie mit relativ kleinem Schielwinkel von bis zu  $10^\circ$  [Kaufmann und Kolling, 1982; Kaufmann, 1990]. Bei größerem Fernschielwinkel kann die Fadenoperation mit der Rücklagerung des M. rectus medialis an einem oder beiden Augen kombiniert werden [Kaufmann und Kolling, 1982; Kaufmann, 1990]. Die beidseitige Medialisfadenoperation mit größerer Rücklagerungsstrecke bis zu 5mm wurde aber auch zur Behandlung frühkindlichen Innenschielens mit sehr großen Schielwinkeln im Kleinkindalter bis zu 3 Jahren eingesetzt [Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997]. Hierbei wurden unterschiedliche Erfolgsraten berichtet [Spiritus, 1991; Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997]. Deswegen ist die Analyse der Patienten mit einem Fernschielwinkel von mindestens  $20^\circ$  besonders interessant.

### 3.8.1 Allgemeine Daten

61 Kinder (30♂, 31♀) erfüllten die Einschlusskriterien für diese Subgruppenanalyse (Einschlusskriterien der Gesamtstudie sowie präoperativer Schielwinkel  $\geq 20^\circ$ ). Das entspricht ca. 0,5% aller im gleichen Zeitraum wegen Strabismus operierten Patienten. Die Kinder waren 11 bis 97 Monate alt, im Median 48,4 Monate (23; 76). In Klammern sind die 10%- und 90%-Quantile angegeben, davor die Mediane. Die Refraktion in Zykloplegie (sphärisches Äquivalent) betrug 2,25 dpt (0,25; 5,50), der Visus beider Augen mit Ausnahme der 13 (21,3%) präverbalen Kinder präoperativ 0,5 (0,2; 0,8), postoperativ 0,63 (0,25; 1,0), gemessen mit Lea-Symbolen oder Landoltring in enger Reihe.

### 3.8.2 Präoperative Schielwinkel

Der manifeste Schielwinkel betrug in der Ferne  $29^\circ$  (20; 40), in der Nähe  $35^\circ$  (24; 45), der maximale Winkel in der Ferne  $29^\circ$  (21; 40), in der Nähe  $35^\circ$  (24; 45). 30 Patienten (49%) hatten einen Fernschielwinkel von  $\geq 30^\circ$ .

### 3.8.3 Operation

Der Abstand der Myopexie vom Hornhautrand betrug 18,5 mm (18,0; 18,5), die Rücklagerungsstrecke 5,0 mm (4,0; 5,0). Zwei Kinder erhielten einseitig, 27 beidseitig eine Rücklagerung des M. obliquus inferior.

### 3.8.4 Postoperative Schielwinkel

Von 58 Kindern lagen Daten 3 Monate nach der Operation vor. Der manifeste Schielwinkel betrug in der Ferne  $0^\circ$  (-6; 10), in der Nähe  $1^\circ$  (-5; 12), der maximale Winkel in der Ferne  $2^\circ$  (-6; 11), in der Nähe  $3,5^\circ$  (-5; 13). Von diesen Kindern waren 69,0% in der Ferne und 60,3% in der Nähe auf einen manifesten Schielwinkel  $\leq 5^\circ$  korrigiert. Bei 61,3% (Ferne) bzw. 51,7% (Nähe) war der maximale Winkel  $\leq 5^\circ$ . Gegenüber den früh postoperativen Befunden war eine gewisse Esodrift erkennbar, Esodeviationen  $>10^\circ$  wurden häufiger, Exodeviationen  $\leq 5^\circ$  seltener.

Eine konsekutive Exotropie  $>5^\circ$  (S) bestand in der Ferne bei 10,5%, in der Nähe bei 10,3% der Kinder, davon  $>10^\circ$  in der Ferne bei 3,5% und in der Nähe bei 1,7%. Der maximale präoperative Schielwinkel dieser 6 Kinder betrug in der Ferne 20-26°, bei



einem Kind  $40^\circ$  und in der Nähe  $28-40^\circ$ . Die Operationsdosis war F13, bei 5 Kindern mit 5 mm, bei einem mit 4 mm Rücklagerung. Ein Kind wurde nochmals operiert.

Eine restliche Esotropie  $>5^\circ$  (S) bestand in der Ferne bei 19,3%, in der Nähe bei 29,3%, davon  $>10^\circ$  in der Ferne bei 8,8% und in der Nähe bei 15,5%. Der präoperative Schielwinkel (A) war deutlich größer als bei den konsekutiv Exotropen. Er betrug in der Ferne bei 9 der 11 Kinder  $30-45^\circ$ , in der Nähe  $36-50^\circ$ . Operiert war F13, bei 6 Kindern mit 5 mm, bei 3 Kindern mit 4 mm und bei 2 Kindern mit 3 mm Rücklagerung. Sechs Kinder erhielten einen weiteren Eingriff.

### **3.8.5 Konvergenzexzess**

Ein Konvergenzexzess mit einer Nah-Fern-Differenz von  $5-18^\circ$  bestand bei 26 Patienten (42,6%). Er wurde von  $8,5^\circ$  (5; 13) auf  $2,0^\circ$  (-1; 6) reduziert. In der Gesamtgruppe wurde die Nah-Fern-Differenz von  $5^\circ$  (0; 12) auf  $2^\circ$  (-3; 6) vermindert.

### **3.8.6 Binokularsehen**

Postoperativ war bei 11 Kindern Exklusion/Suppression (18,0%), bei 41 Simultansehen im Bagolini-Test (67,2%), bei 2 grobes (Titmus-Fliege) (3,3%), bei einem Kind feineres Stereosehen (1,6%), aber nicht für Random-Dot-Stereogramme und bei 6 Kindern keine Angabe dokumentiert (9,8%). Von den 40 Kindern mit einem Restschielwinkel  $\leq 5^\circ$  zeigten 17,5% Suppression, 65,0% Bagolini-Test positiv, 5% Titmus-Fliege, 2,5% feineres Stereosehen, 10% keine Angabe.

## 4. Diskussion

### 4.1 Evaluation der beidseitigen Medialisrücklagerung mit Fadenoperation

Die Behandlung von großen Schielwinkeln bei frühkindlichem Innenschiel mithilfe der beidseitigen Medialisrücklagerung und retroäquatorialen Myopexie ist, wie diese Studie zeigt, eine probate Operationsmethode. So konnte gezeigt werden, dass der manifeste, also der für den Patienten und deren Umfeld sichtbare Schielwinkel in der Nähe in 71,1% der Fälle auf einen Betrag von  $\leq 5^\circ$  reduziert wurde. Ein maximaler, den rein mechanischen Operationseffekt exakter darstellender Betrag des Schielwinkels von  $\leq 5^\circ$ , wurde bei 62,0% der Kinder für die Nähe und 52,8% der Kinder für die Ferne erreicht.

In der bereits in der Einleitung erwähnten Studie aus Belgien wurden 30 der insgesamt 63 Kinder unter 5 Jahren mit einem Innenschiel von  $\geq 22^\circ$  einer beidseitigen Medialisrücklagerung mit zusätzlicher Faden-Operation unterzogen. Hier wurde eine Rücklagerung von nur 2-4mm durchgeführt, sowie eine Myopexie von nur 12-13mm hinter der physiologischen Ansatzstelle des Muskels. Durch diese kombinierte Operation konnte die Esotropie in der Ferne bei 50% der Patienten auf einen Restschielwinkel  $\leq 6^\circ$  (10 pdpt) reduziert werden [Spiritus, 1991]. Dass sich in der Subgruppe der Patienten mit primär großem Fernschielwinkel von mindestens  $20^\circ$  der hier vorliegenden Studie deutlich höhere Korrekturraten darstellen, ist hauptsächlich auf die höhere Dosierung zurückzuführen, was sowohl die größere Rücklagerungsstrecke betrifft, als auch die Lage der Myopexie.

Im Jahr 2001 wurde eine Auswertung der Ergebnisse beidseitiger Fadenoperationen mit Medialisrücklagerungen an 53 im Median 20 Monate alten Kindern an der Universitäts-Augenklinik Gießen veröffentlicht. Die Myopexie lag 12, 12,5 oder 13mm hinter der physiologischen Insertion, die Medialisrücklagerung betrug 3 bis 5 mm. Der präoperative Nahschielwinkel betrug im Median  $40^\circ$  ( $18^\circ$ - $70^\circ$ ), der präoperative Fernschielwinkel lag im Median bei  $35^\circ$  ( $10^\circ$ - $60^\circ$ ). Drei Monate postoperativ wurde bei allen Patienten ein medianer Nahschielwinkel von  $4^\circ$  und ein Fernschielwinkel von  $2^\circ$  gemessen, 34 Monate nach der Operation blieben diese Werte weitgehend stabil (in der

Nähe im Median  $6^\circ$ , in der Ferne im Median  $4^\circ$ ), allerdings war in der Zwischenzeit bei 18% der Patienten eine erneute Augenmuskeloperation notwendig geworden. Im Anschluss an die Abschlusskontrolle wurde bei 12% der Kinder eine Augenmuskeloperation erforderlich [Krzizok und Kaufmann, 2001]. Insgesamt unterscheiden sich diese Ergebnisse nicht wesentlich von den in der vorliegenden Studie erhobenen postoperativen Werten, wir fanden einen postoperativen Nahschielwinkel von im Median  $3^\circ$  und einen entsprechenden Fernschielwinkel von  $0^\circ$ . Allerdings muss beachtet werden, dass bei der vorliegenden Studie keine erneuten Kontrollen nach der 3-Monatskontrolle erfolgten und somit auch keine Aussage über die Notwendigkeit weiterer Operationen gemacht werden kann.

In einer Studie der Augen- und Poliklinik rechts der Isar der Technischen Universität München, ebenfalls aus dem Jahr 2001, zeigte sich, dass die Anzahl der Revisionseingriffe bei kombinierter Fadenoperation mit gleichzeitiger Medialisrücklagerung geringer ausfiel, als bei der Fadenoperation ohne Rücklagerung, was wenig überrascht. Dort wurden nach Randomisierung zwei Patientengruppen verglichen: In Gruppe 1 befanden sich 25 Kinder, die ausschließlich eine bilaterale Fadenoperation nach Cüppers erhielten. Das mittlere Alter betrug 4,7 (2-10) Jahre, der mittlere präoperative Fernschielwinkel betrug  $17,4^\circ$  ( $10^\circ$ - $35^\circ$ ), der mittlere präoperative Nahschielwinkel  $18,9^\circ$  ( $15^\circ$ - $35^\circ$ ). Die Gruppe 2 enthielt ebenfalls 25 Kinder, im Mittel 4,5 (2-9) Jahre alt, die einer beidseitigen Fadenoperation mit Medialis-Rücklagerung unterzogen wurden. Der mittlere präoperative Fernschielwinkel lag bei  $18,2^\circ$  ( $10^\circ$ - $40^\circ$ ), der mittlere präoperative Nahschielwinkel bei  $21,5^\circ$  ( $12,5^\circ$ - $40^\circ$ ). Da in jeder Gruppe 1 Patient einer erneuten Operation unterzogen werden musste, kamen jeweils 24 Patienten in die statistische Auswertung der 1-Jahreskontrolle. In Gruppe 1 konnten folgende Ergebnisse erhoben werden: der mittlere Fernschielwinkel betrug nun  $8,6^\circ$  (SD  $6,7^\circ$ ), der Nahwinkel  $9,5^\circ$  (SD  $8,5^\circ$ ). In der Gruppe 2 betrug der mittlere Fernschielwinkel  $3,1^\circ$  (SD  $4,6^\circ$ ), der Nahschielwinkel  $4,3^\circ$  (SD  $5,1^\circ$ ). Es zeigten sich also mit Rücklagerung deutlich kleinere Restschielwinkel, was sich in der geringeren Zahl von Sekundäreingriffen widerspiegelt: 4 (16%) in Gruppe 1 („nur Faden“), 1 (4%) aus Gruppe 2 („Faden+Rück“) [Schmidt, Schmidt und Klopfer, 2001]. Bei der kombiniert durchgeführten Medialisfadenoperation mit Myopexie ergaben sich praktisch gleiche postoperative Ergebnisse, wie in der vorliegenden Studie mit den besagten Nahschielwinkeln von  $3^\circ$  und Fernschielwinkeln von  $0^\circ$ . Der Vergleich demonstriert

deutlich, dass die kombinierte beidseitige Medialisrücklagerung mit Fadenoperation - zumindest bei großen präoperativen Schielwinkeln- bessere Ergebnisse liefert, als eine alleinige Fadenoperation. Dies mag banal erscheinen, bedurfte aber offensichtlich des Nachweises. Aufgrund der retroäquatorialen Lage der Myopexie ist die für die Wirkung der Fadenoperation wesentliche Hebelarmverkürzung und damit Drehmomentreduktion des M. rectus medialis mit zunehmender Adduktion progressiv. So kann irrtümlich angenommen werden, dass auch sehr große Innenschielwinkel allein durch eine beidseitige Fadenoperation korrigierbar wären. Richtig ist jedoch, dass zwar der Operationseffekt mit dem Schielwinkel zunimmt, aber mit dessen Zunahme nicht Schritt hält. Auch der Restschielwinkel ist bei größerem Schielwinkel und gleich bleibender Dosierung größer [Kaufmann und Steffen, 2012].

Eine 1997 durchgeführte Studie der Universitäts-Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Gießen untersuchte die Resultate von hauptsächlich beidseitiger Rücklagerung mit kombinierter Fadenoperation, die an insgesamt 42 Kindern zwischen dem 24. und 36. Lebensmonat durchgeführt worden war [Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997]. Vor der Operation wurde ein Fernschielwinkel  $\geq 20^\circ$  bei 80% der Kinder gemessen,  $\geq 30^\circ$  bei 48%, der entsprechende Nahschielwinkel betrug bei 65% der Patienten mehr als  $30^\circ$ . In der postoperativen Kontrolle, die 3-6 Monate postoperativ durchgeführt worden war, betrug der mittlere Schielwinkel in der Ferne  $3,3^\circ$  und in der Nähe  $5,5^\circ$ . Dies korreliert im Wesentlichen mit den Werten, die in der vorliegenden Studie bei allen Kindern erhoben wurden: Hier waren es in der Ferne im Median  $0^\circ$  und in der Nähe  $2^\circ$ . Größere manifeste Restwinkel in der Ferne  $>5^\circ$  machten in beiden Studien jeweils etwa 20% aus. Eine konsekutive Exotropie im Betrag von  $\geq 5^\circ$  war in beiden Studien selten zu verzeichnen. Letztendlich gleichen sich die Ergebnisse im Kleinkindalter, wobei in der aktuellen Studie eine Restesotropie  $\geq 5^\circ$  etwas häufiger auftrat und das Häufigkeitsmaximum im Zielbereich von bis zu  $\pm 5^\circ$  etwas geringer ausfiel. Dies kann unter Umständen darin begründet sein, dass in die vorliegende Studie nur Kinder mit sehr großen präoperativen Fernschielwinkeln eingeschlossen worden waren, bzw. kleinere präoperative Schielwinkel nicht berücksichtigt wurden, was bei gleicher Maximaldosis die Wahrscheinlichkeit eines größeren Restschielwinkels erhöht. Außerdem umfasste die vorliegende Studie ein größeres Altersspektrum, nur 20 Kinder (12%) waren zwischen 24 und 36 Monaten alt. Bei den Kindern, die einen sehr guten Operationseffekt mit Restschielwinkeln kleiner  $\pm 5^\circ$  erreicht hatten (101, 71,1%), fand

sich in der Mehrzahl (61, 60,0%) ein positiver Bagolini-Test, also Simultansehen, bzw. Fusion. Stereosehen konnte bei 16 (15,8%) erreicht werden. Die Rate ist nicht sicher repräsentativ, weil ein Teil der Kinder (6, 5,9%) noch keine zuverlässigen Angaben machte, bzw. aufgrund einer noch unzureichend ausgeprägten Sprachentwicklung machen konnte. In der früheren Studie war Stereosehen in 15% beschrieben [Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die präoperative Fern-Esotropie bei ca. 15% dieser Kinder  $\leq 11^\circ$  betrug, die Voraussetzungen für ein gutes Outcome also günstiger, zumindest nicht ungünstiger waren.

## **4.2 Vergleich mit anderen Behandlungsmethoden bei kindlichem Innenschielen**

Ein Vergleich mit anderen Behandlungsmethoden des frühkindlichen Innenschielens z.B. mittels intramuskulärer Botulinumtoxin-A-Applikation, Botulinumtoxin-A-Applikation und gleichzeitiger Medialisrücklagerung oder reiner Fadenoperation ist schwierig, da in den entsprechenden Studien keine exakten Angaben über die präoperative Verteilung der Schielwinkel gemacht wurden [de Decker, Friedrich und Baenge, 1987; Leitch, Burke und Strachan, 1990; de Decker, 1997; Ozkan, Topaloglu und Aydin, 2006; Kutschan, Schroeder und Schroeder, 2007; Kaufmann und Steffen, 2012; Lueder, Galli, Tychsen et al., 2012]. Diese Veröffentlichungen zeigen jedoch, dass z.B. die bilaterale Rücklagerung des M. medialis ohne eine gleichzeitige Fadenoperation in der Mehrzahl der Fälle nur einen unzureichenden Effekt hat, was in der Folge zu weiteren operativen Eingriffen führte [de Decker, 1997; Krzizok und Kaufmann, 2001]. Eine 1992 veröffentlichte Studie aus der Schweiz zeigte, dass von den insgesamt 151 Patienten 77% nach 2 Jahren stabile Restschielwinkel aufwiesen. Nur 6% wiesen ein verbliebenes Innenschielen und 17% ein konsekutives Außenschielen auf, welches einen oder mehrere weitere operative Eingriffe erforderlich machte [Sansonetti, Roth, Delarue et al., 1992]. Hier hatten die präoperativen Esotropiewinkel 8-24° betragen. Fadenoperationen mit einseitiger oder beidseitiger Medialisrücklagerung bei kleinen präoperativen Schielwinkeln zeigten Raten von 4,2% konsekutivem Außen- oder restlichem Innenschielen mit einem Betrag von  $\geq 5^\circ$  [Steffen, Auffarth und Kolling, 1997].

### 4.3 Über- und Unterkorrektur

Betrachtet man in der vorliegenden Studie die über- und unterkorrigierten Patienten, so ergibt sich, dass 3 Monate postoperativ 14 Patienten (9,9%) für die Ferne einen verbleibenden manifesten Innenschielwinkel  $>5^\circ$  behielten und 24 Patienten (16,9%) ein konsekutives manifestes Außenschiel im Betrag von  $>5^\circ$  aufwiesen.

Genauer betrachtet lagen bei den 24 postoperativ außenschielenden Patienten die präoperativen Fernschielwinkel bei  $16^\circ$  ( $8^\circ$ ;  $24^\circ$ ), gehörten also eher zu den präoperativ größeren Schielwinkeln, wobei hier ebenfalls mit der gleichen Dosis von 18,5mm (18,5; 19,0) und einer Rücklagerung von 3mm (3,0; 5,0) operiert wurde. Die Ursache der Überkorrektur ist so also nicht sicher zu erklären. Diese überkorrigierten Kinder hatten im Median eine Bulbuslänge von 21,7mm. (20,2mm; 22,65mm). Sollte hier ein erneuter Eingriff erfolgen, würde sich eine beidseitige Rücklagerung des M. lateralis anbieten, die aufgrund der protektiven Wirkung der Myopexie vor einem Rückfall in größere Esotropie dann auch großzügig dosiert werden kann [Gräf, Krzizok und Kaufmann, 1996]. Wenn die Adduktion stark eingeschränkt wäre, wäre eine Revision der Fadenoperation indiziert.

Untereffekte waren mit 9,9% weniger häufig vertreten, anders als in vorangegangenen Studien [de Decker, Friedrich und Baenge, 1987; Spiritus, 1991; Sansonetti, Roth, Delarue et al., 1992; de Decker, 1997; Kaufmann, Krzizok und Scharwey, 1997], was darauf schließen lässt, dass die Operationsmethode langfristig zu guten Endergebnissen führt und den behandelten Kindern ein Stereosehen ermöglicht. Neun der 14 Kinder (64,3%) mit einem verbliebenen manifesten Schielwinkel von  $>5^\circ$  in der Ferne wiesen in der präoperativen Untersuchung einen Fern-Schielwinkel von  $\geq 30^\circ$  auf, was aufgrund dieses sehr großen Winkels bei einer gleich gewählten Dosis zwangsläufig die Wahrscheinlichkeit einer Unterkorrektur erhöht. Dies wird in vorangegangenen Studien zur beidseitigen Medialisrücklagerung ebenso beschrieben [Kushner und Morton, 1984; Vroman, Hutchinson, Saunders et al., 2000].

Wenn man die gesamte Studiengruppe analysiert, lässt sich feststellen, dass sich im Vergleich der maximalen Schielwinkel in Ferne und Nähe 1 Woche und 3 Monate postoperativ eine gewisse Eso-Tendenz abzeichnete: der Prozentsatz der Innenschielwinkel  $>10^\circ$  nahm leicht zu, die Rate größerer Außenschielwinkel nahm etwas ab.

In der vorliegenden Studie bestand postoperativ bei 9,9% (14) der operierten Patienten ein manifester Innenschielwinkel  $>5^\circ$  in der Ferne, bei 20,4% (29) in der Nähe. Wie von Eckstein et al. beschrieben wurde, bedürfen verbliebene Nahschielwinkel bzw. bedarf ein Konvergenzexzess bei befriedigendem Fernschielwinkel nicht zwingend einer sofortigen erneuten Operation. Es wurde gezeigt, dass ein akkommodativer Konvergenzexzess in den meisten Fällen spontan abnimmt [Eckstein, Fischer und Esser, 1998]. Nur wenn auch ein größerer Innenschielwinkel in der Ferne vorliegt, ist eine verstärkende Operation in Erwägung zu ziehen, die aufgrund der dann deutlich stärkeren Wirkung vorsichtiger zu dosieren ist und technisch anspruchsvoller ist, wenn sie am voroperierten M. rectus medialis erfolgt. Alternativ käme eine ein- oder beidseitige, bei großem Fernschielwinkel eher beidseitige Lateralisresektion oder Lateralisfaltung in Betracht.

In der vorliegenden Studie zeigten 12 (8,5%) Kinder im simultanen Prismenabdecktest ein Außenschiel im Betrag von  $>5^\circ$  in der Nähe und 24 (16,9%) in der Ferne, 5 (3,5%) manifeste Außenschielwinkel  $\geq 10^\circ$  in der Nähe und 14 (9,9%) manifeste Fernschielwinkel  $\geq 10^\circ$ . Eine sichtbare, manifeste Restesotropie  $>5^\circ$  in der Nähe bestand bei 29 (20,4%) Patienten und in der Ferne bei 14 (9,9%), wobei von dieser Gruppe wiederum 17 (12,0%) einen simultanen Nahschielwinkel bzw. 9 (6,3%) einen entsprechenden Fernschielwinkel von  $\geq 10^\circ$  aufwiesen.

Hier zeigt sich recht deutlich aufgrund der Über- und Unterkorrektur der ursprünglichen Messwerte durch die beidseitige Medialisrücklagerung mit Fadenoperation, dass die Dosierung der Rücklagerung zwingend schielwinkelbezogen erfolgen muss, um ein entsprechend gutes Ergebnis zu erzielen. Was naheliegend scheint, nämlich, dass eine hohe Dosis zu einem stärkeren Effekt führt, als eine geringere Dosis [Kolling, 1989; Kaufmann und Steffen, 2012], wurde auch 1994 von Gräf et.al. beschrieben, die in den damaligen Studien die Korrelation zwischen Bulbuslänge und Operationseffekt untersuchten [Gräf, Krzizok und Kaufmann, 1994; Krzizok, Gräf und Kaufmann, 1994].

#### **4.4 Dosis, Bulbuslänge und Binokularesehen**

In der vorliegenden Auswertung zeigte der Vergleich zwischen medianer axialer Bulbuslänge und den postoperativ erreichten korrigierten Schielwinkeln keinen

signifikanten Zusammenhang, was erstens dadurch, dass die Bulbuslänge bei der Dosierung bereits berücksichtigt wurde und zweitens durch die Wirkung der Sensomotorik erklärbar ist. Durch den Einfluss vorhandener binokularer Zusammenarbeit, d.h. anomaler Korrespondenz, wird der postoperative Schielwinkel, wenn er dem Anomaliewinkel nahe genug kommt, auf diesen hin bewegt. Wenn die entsprechende Vergenzinnervation in einen Vergenztonus übergeht, dem schließlich eine Adaptation der Muskellängen folgt, wird dies geringe Dosisunterschiede - nichts anderem entsprechen schließlich Unterschiede in der Bulbusgröße - überlagern. Dies spiegelt sich dann vor allem in den postoperativen Schielwinkeln der Kinder wider, die einen Restschielwinkelbetrag  $\leq 5^\circ$  aufwiesen.

Wenn bei einem Patienten ein sehr großer präoperativer Schielwinkel von z.B.  $50^\circ$  durch eine bestimmte Dosis operiert wird und ein gutes Ergebnis mit einem Winkel  $< 5^\circ$  resultiert, so ist bei rein mechanischer Betrachtung anzunehmen, dass ein Patient mit einem kleineren Winkel von z.B.  $30^\circ$ , der mit der gleichen Dosis operiert wird, überkorrigiert wird. Dies ist, wie unter anderem aus der vorliegenden Arbeit ersichtlich, aber nicht immer der Fall. Wie man sieht, ist die operative Korrektur bei sehr heterogen verteilten Schielwinkeln von  $< 30^\circ$  bis  $> 50^\circ$  durch die gleiche Dosis (auch bei insgesamt wenig unterschiedlicher Bulbuslänge) allein durch mechanische Einflüsse nicht erklärbar [Hess und Calhoun, 1979; Kaufmann und Kolling, 1982; Kaufmann und Steffen, 2012].

Zwar nimmt die Hemmung der aktiven Bewegung, also der Operationseffekt, geschaffen durch die bei Operation produzierte Verklebung von Augenmuskel, Tenonkapsel und der Lederhaut des Auges und die progressiv zunehmende Verkürzung des Hebelarms mit dem Schielwinkel immer weiter zu, jedoch steigt auch in gleichem Zuge der Restschielwinkel, wie bereits 1990 von Kaufmann festgestellt wurde [Kaufmann, 1990]. Wenn trotzdem eine gute Korrektur resultiert, weist dies letztendlich darauf hin, wie individuell abhängig das Ergebnis des Eingriffs von der Befähigung des Patienten zur Einstellung eines kleinen postoperativen Schielwinkels mit entsprechenden korrespondierenden Sehwahrnehmungen ist.

Glücklicherweise verfügen Kleinkinder über sehr große Konvergenzreserven. Diese zunächst nur zerebral gesteuerte Konvergenz wird zunächst recht zügig in eine erhöhte Spannung der medialen Augenmuskeln umgesetzt, woraufhin bei persistierendem



Tonus konsekutiv eine anatomische Anpassung erfolgt [Brodsky, 2005; Guyton, 2006; Brodsky und Fray, 2007]. Dies ermöglicht die Angleichung eines eventuellen initialen mechanischen Übereffektes, zumindest in einem gewissen Umfang. Aus dem korrigierenden Einfluss der Netzhautkorrespondenz darf jedoch nicht auf eine Wiederherstellung von Stereosehen geschlossen werden. Die Auswertung des Binokularsehens zeigt, dass postoperativ keineswegs jeder Patient mit Schielwinkeln von unter  $5^\circ$  auch Stereosehen hatte.

#### **4.5 Vergleich mit der beidseitigen Medialisrücklagerung (BMR)**

Da die beidseitige Medialisrücklagerung mit Fadenoperation schwieriger durchzuführen ist, als die alleinige beidseitige Medialisrücklagerung, wird sie weltweit viel seltener angewandt, als die beidseitige Medialisrücklagerung. Dies macht einen Vergleich der Operationsergebnisse umso interessanter. In der folgenden Tabelle 2 wurden nur die prä- und postoperativen Fernschielwinkel betrachtet, da in etlichen anderen Studien die Nahschielwinkel nicht einheitlich erfasst worden waren, bzw. gar nicht erhoben wurden.

In einer vergleichenden Studie im Jahr 2000 mit 40 Patienten mit präoperativen Schielwinkeln  $\leq 27^\circ$  und 16 Patienten mit Winkeln  $\geq 27^\circ$  Esotropie zeigte sich, dass nach einer beidseitigen Medialisrücklagerung noch 25% der Gruppe mit einer Esotropie  $\leq 27^\circ$  einen zweiten, verstärkenden Eingriff erhielten, aus der Gruppe mit großen,  $\geq 27^\circ$  messenden Schielwinkeln, mussten 19% wegen eines konsekutiven Außenschielens oder einer dissoziierten Horizontaldeviation, 19% aufgrund eines postoperativen Innenschielens und 19% aufgrund einer postoperativen, dissoziierten Vertikaldeviation oder einer Obliquusstörung ein weiteres Mal operiert werden [Vroman, Hutchinson, Saunders et al., 2000]. Die Kinder hatten eine Rücklagerung von 6-7mm erhalten. Hierbei ist zu beachten, dass international meist viel früher operiert wird als in Deutschland. In dieser Studie waren die Kinder jünger als 18 Monate zum Zeitpunkt der Operation, in der Gießener Studie waren sie im Median 59,6 Monate alt.

Eine Studie aus dem Jahr 1984 von Kushner und Morton konnte von einer Erfolgsrate von 85% nach erfolgter standardisierter beidseitiger Medialisrücklagerung auf 10,5 mm Limbusabstand, also um zirka 5 mm, berichten. Die Patienten hatten präoperativ im Durchschnitt einen Innenschielwinkel von  $27^\circ$ - $28^\circ$  und waren im Alter von im Mittel

13,3 Monaten operiert worden [Kushner und Morton, 1984]. Das entspricht recht genau der Erfolgsrate von Helveston et al. nach beidseitiger Medialisrücklagerung [Helveston, Ellis, Schott et al., 1983]. Von den Kindern in Kushners Studie mit präoperativer Esotropie  $\leq 31^\circ$  erreichten sogar 94% einen verbliebenen Schielwinkel von  $\leq 6^\circ$  (10 pdpt), die Patienten mit größeren Schielwinkeln konnten in 50% der Fälle auf postoperative Werte  $\leq 6^\circ$  korrigiert werden [Kushner und Morton, 1984].

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Nelson et al. 1987. Sie beschrieben Korrekturraten von 84%. Die Patienten waren alle  $\leq 2$  Jahre alt und hatten eine bilaterale Medialisrücklagerung von 6-7 mm erhalten, wobei eine Brille erst ab  $\geq 3$  dpt Hyperopie, bei verbliebenem Innenschielen oder einem erneuten Innenschielen schon ab 1,5 dpt verordnet wurde. Die Gesamtgruppe wurde nach der Größe der Rücklagerungsstrecke geteilt, in der Nachbeobachtungszeit erfolgte in der Gruppe der mit 7 mm Rücklagerung operierten Patienten in 11% der Fälle eine erneute Operation aufgrund einer Unterkorrektur, in der 6 mm-Gruppe wurden 15% aufgrund einer Unterkorrektur und 2% wegen einer Überkorrektur nochmals operiert (Tabelle 2).

Die Auswertung der Ergebnisse der beidseitigen Medialisrücklagerung an 133 Patienten von Helveston et al. 1983, die zum Zeitpunkt der Operation alle jünger als 5 Jahre waren und eine Rücklagerungsstrecke von  $\leq 5,5$  mm erhielten, zeigte ähnlich gute Erfolge. Hier boten in der 2-Monatskontrolle 114 Kinder (86%) einen Restschielwinkel von weniger als  $\pm 6^\circ$  (10 pdpt). Bei den späteren Kontrollen (5 Monate bis 7 Jahre) blieb diese Quote mit 82% fast bestehen. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass 64% der Patienten präoperative Schielwinkel von  $\leq 22^\circ$  aufwiesen und dementsprechend geringere Operationsstrecken erhalten hatten. Außerdem wurden in die Studie nur die Patienten eingeschlossen, die auch zu den langfristigen Kontrollen erschienen waren [Helveston, Ellis, Schott et al., 1983]. Trotz der sehr guten motorischen Ergebnisse, welche die Erfolgsraten früherer Studien übertrafen [Gabriel, 1968], erreichten nur sehr wenige Kinder Stereosehen, vor allem keines der Kinder, die zum Zeitpunkt der Operation  $\leq 12$  Monate alt gewesen waren [Helveston, Ellis, Schott et al., 1983].

Stager et al. konnten zeigen, dass nach einer bilateralen Medialisrücklagerung von 7 mm in der postoperativen Kontrolle nach ungefähr 2 Jahren 27% der Kinder ein konsekutives Außenschielen aufwiesen. War der Eingriff im ersten Lebenshalbjahr erfolgt, so betrug die Rate der außenschielenden Patienten 38%, war er erst nach den

ersten 6 Lebensmonaten erfolgt, so waren 20% von einer Exotropie betroffen. Bei einer zu einem späteren Zeitpunkt erfolgten Operation betrug die Quote im Mittel 33% [Stager, Weakley, Everett et al., 1994].

Ein Problem der im frühen Lebensalter durchgeführten Operationen mit großer Medialisrücklagerung scheint also kurz- und mittelfristig die konsekutive Exotropie zu sein. Um dem entgegen zu wirken, kann die Medialisrücklagerung mit einer gleichzeitigen Resektion desselben Muskels kombiniert werden, dem Vorläufer der Fadenoperation. Bei gleicher Rücklagerungs- und Resektionsstrecke kommt der Effekt bezüglich der Reduktion der Muskelvorspannung und des Hebelarms dem einer entsprechenden Fadenoperation gleich. Der Unterschied besteht darin, dass das Muskelgewebe anterior der Fixationsstelle entfernt wird, während es bei der Fadenoperation erhalten bleibt. Die Fadenoperation mit Rücklagerung entspricht einer größeren Rücklagerung als Resektion desselben Muskels.

Eine weitere Untersuchung an 214 frühkindlichen Innenschielern konnte nur Korrekturquoten von 50% nachweisen. Hier erhielten 39 Patienten (18%) einen weiteren operativen Eingriff zur Korrektur einer dissoziierten Vertikaldeviation oder einer Obliquusstörung, 32 (15%) wegen einer dissoziierten Horizontaldeviation oder eines konsekutiven Außenschielens und 45 (21%) wurden aufgrund einer Restesotropie erneut operiert [Keskinbora und Pulur, 2004]. Zur Dämpfung von Schielwinkelschwankungen bei dissoziiertem Innenschielen, bei dem sich die Größe des Schielwinkels abhängig vom fixierenden Auge und von der visuellen Aufmerksamkeit ändert, dürfte die Fadenoperation als Adduktionsbremse ebenfalls vorteilhaft sein.

Es zeichnet sich ab, dass durch die jüngeren Studien die uneinheitlichen Operations-Ergebnisse der achtziger und frühen neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts mehr und mehr relativiert werden, also die teilweise sehr guten Erfolgsraten eher abnehmen, wie auch Wang und Wang mit einer Untersuchung an insgesamt 102 im Zeitraum von 2007 bis 2010 operierten Patienten zeigten. 53 dieser Kinder waren mit einer beidseitigen Medialisrücklagerung behandelt worden, die anderen 49 unilateral, das mediane Alter betrug zum OP-Zeitpunkt 5,78 Jahre ( $\pm 2,21$ ). Es ergab sich, dass bei guten präoperativen Voraussetzungen, wie z.B. geringem präoperativem Schielwinkel oder fehlendem, bzw. nur geringem Höhenschielen, 79% der Patienten erfolgreich, also mit

einem postoperativen Schielwinkel  $\leq 5^\circ$  behandelt worden waren, 21% behielten zunächst ein restliches Innenschielen von  $\geq 5^\circ$  [Wang und Wang, 2012].

**Tabelle 2:** Beidseitige Medialisrücklagerung bei Kindern mit großen Innenschielwinkeln (variiert nach [Gräf, Gerlach, Borchert et al., 2012])

Studie, Jahr	Pat.	Winkel Ferne/ $^\circ$	Alter bei OP	Rück/	Nachbeobachtungszeit	Korrekturrate	Eso/Exo
[Helveston, Ellis, Schott et al., 1983]	133	z.T.>22	5-99 M	$\leq 5\text{mm}$	5 M	85%	7 ED, 8 XD
[Kushner und Morton, 1984]	39	19-42	13 M (MW)	$\approx 5\text{mm}$	6 M	85%	15 ED
[Szymyd, Nelson, Calhoun et al., 1985]	45	>27	5-24 M	6-7mm	2 M	76%	24 ED
[Nelson, Calhoun, Simon et al., 1987]	97	>27	<3 J	6-7mm	6 M	84%	16 ED
[Weakley und Parks, 1990]	77	M 35	13 M	7mm	6 M	61%	27 ED, 12 XD
[Spiritus, 1991]	33	>20	10 M - 5 J	6-8mm	6 M	76%	
[Weakley, Stager und Everett, 1991]	36	M 37	13 M (MW)	7mm	MW 18 M	75%	
[Damanakis, Arvanitis, Ladas et al., 1994]	16	39-42	18-38 M	8mm	6 M	75%	25 ED
[Stager, Weakley, Everett et al., 1994]	88	>27	<7;7-12;>12M	7mm	2 J		27 XD
[Altintas, Yilmaz und Duman, 1999]	34	27-40	1-14 J	6-8mm	6 M	71%	29 ED
[Vroman, Hutchinson, Saunders et al., 2000]	16	>27	<18 M	6-7mm	1 M	75%	25 ED
[Wang und Wang, 2012]	53	17-35	1-12 J	5-7mm	6 M	79%	21 ED

Wie die vorliegende Arbeit zeigt, hängt das Ergebnis und somit der Erfolg der beidseitigen Medialisrücklagerung mit Fadenoperation und auch der alleinigen bilateralen Medialisrücklagerung von vielen Faktoren ab. Die Dosierung der Rücklagerung und der Myopexie spielt sicher eine wesentliche Rolle. Eine wichtige Einflussgröße ist aber auch das Ausmaß der präoperativen Esotropie. Bei geringeren Schielwinkeln ist eine Korrektur in einem einzigen Schritt wahrscheinlicher, als bei sehr großen Schielwinkeln.

Nicht unwesentlich sind das Alter der Patienten zum Zeitpunkt des Eingriffs, sowie das Alter beim Auftreten des Innenschielens. Setzt das Schielen erst nach dem ersten Lebensjahr ein, möglicherweise akkommodativ ausgelöst aufgrund einer unkorrigierten Hyperopie und es konnte sich im ersten Lebensjahr eine normale Korrespondenz etablieren, so kann dies postoperativ von Vorteil sein, indem die sensomotorische Regelung wieder in Richtung Orthotropie steuert.

Auch die Nachbeobachtungszeit hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Erfolgsrate. Wie der Vergleich mit den Studien zur bilateralen Medialisrücklagerung

ohne Fadenoperation zeigt, scheint die Fadenoperation stabile Langzeitergebnisse zu liefern. Gerade im frühen Kleinkind oder Säuglingsalter kann eine großstreckige beidseitige Medialisrücklagerung eine konsekutive Exotropie nach sich ziehen [Helveston, Ellis, Schott et al., 1983; Weakley und Parks, 1990; Stager, Weakley, Everett et al., 1994]. Hierbei ist auch zu bedenken, dass dieselbe Rücklagerungsstrecke auf einem kleineren Auge und bei geringerer Muskellänge eine relativ höhere Dosis darstellt, als nach dem Wachstum, im etwas späteren Alter. Eine konsekutive Exotropie lässt sich jedoch auch nach einer beidseitigen Medialisrücklagerung mit Myopexie nicht ausschließen. Zudem kann sie sich auch später noch entwickeln. Langzeitkontrollen über Jahrzehnte wären wünschenswert. Das wesentliche Problem derartiger Studien besteht jedoch in der Rekrutierung und Erreichbarkeit der Patienten nach längerer Zeit.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die beidseitige Medialisrücklagerung mit Myopexie gerade bei großen Innenschielwinkeln vor allem im frühen Kindesalter eine gute Therapieoption und eine Alternative zur alleinigen großstreckigen beidseitigen Medialisrücklagerung darstellt. Sie reduziert auch den Konvergenzexzess. Allerdings sind der technische Anspruch und das Risiko der Skleraperforation bei der Myopexie höher, als bei einer alleinigen Rücklagerung, die im Übrigen auch an Fadenschlaufen erfolgen kann. Als Alternative zur Myopexie für technisch weniger erfahrene Operateure wird daher in letzter Zeit auch vermehrt die Y-förmige Teilung des M. rectus medialis mit Rücklagerung und Transposition der beiden Muskelhälften in den oberen und unteren medialen Quadranten propagiert [Hoerantner, Priglinger und Haslwanter, 2004; Hoerantner, Priglinger, Koch et al., 2007]. Die Myopexie erfordert einen erfahrenen Operateur. Unter dieser Prämisse ist das Risiko ernster Komplikationen sehr gering.

Generell sind Augenmuskeloperationen mit einem sehr geringen Risiko ernsthafter Komplikationen behaftet [Scharwey, Gräf, Becker et al., 2000]. Jeder Eingriff an den Augenmuskeln führt zwangsläufig - wie jeder andere operative Eingriff auch - zu Verklebungen und einer gewissen Narbenbildung, die bei guter Operationstechnik gering ist und weitere Eingriffe nicht oder nur wenig erschwert. Besonders die Myopexie, deren Wirkung teilweise gerade auf einer gewissen Vernarbung beruht, erschwert eine eventuell notwendige nachfolgende Operation mehr, als eine alleinige Rücklagerung, vor allem durch die posteriore Lage der Myopexie.

Eine andere Behandlungsstrategie kann darin bestehen, schrittweise vorzugehen und zunächst eine kombinierte Konvergenzoperation (einseitige Medialisrücklagerung und Lateralisresektion oder –faltung) erfolgen zu lassen [Rüssmann, 1981], was zwar bei großen präoperativen Schielwinkeln öfter zu Folgeeingriffen führt, aber die Revisionen am selben Muskel einfacher und insgesamt seltener werden lässt, weil der zweite Eingriff in der Regel am anderen Auge erfolgt. Allerdings sollte bei mehrfachen Eingriffen das allgemeine Komplikationsrisiko einer Allgemeinanästhesie, welche bei Kindern dieses Alters nötig ist, nicht außer Acht gelassen werden, ebensowenig die postoperative Übelkeit nach Strabimusoperationen [Welters, Gräf, Menges et al., 2000; Welters, Menges, Gräf et al., 2000; Saiah, Borgeat, Ruetsch et al., 2001; Biallas, Rusch, de Decker et al., 2003], wobei hier anästhesiologisch bereits ein gutes perioperatives Management zur Kontrolle des PONV (postoperative Nausea and Vomiting) existiert.

Trotz der genannten Einschränkungen ist die beidseitige Medialisrücklagerung in Kombination mit einer Fadenoperation eine gerechtfertigte und geeignete Operationsmethode, um nicht nur eine moderate Esotropie mit nicht akkommodativem Konvergenzexzess, was die klassische Indikation dieser Operationsmethode ist, sondern auch eine großwinklige Esotropie im Kindesalter in einem einzigen Eingriff zu therapieren.

## **5. Zusammenfassung**

### **5.1 Hintergrund**

Schielen, insbesondere das frühkindliche Innenschielen, ist eine relativ häufige Störung des Sehens, die unter Umständen – besonders bei großem Schielwinkel – erhebliche Auswirkungen für den betroffenen Patienten haben kann. Die operative Behandlung der frühkindlichen Esotropie ist nicht einheitlich. Es werden vor allem die beidseitige Medialis- Rücklagerung (BMR), die kombinierte Konvergenzoperation, zum Teil kombiniert mit kontralateraler Medialis-Rücklagerung oder auch mit anderen Verfahren angewendet. Außerdem ist die beidseitige Medialis- Rücklagerung mit Myopexie (BMRF) eine Möglichkeit der operativen Versorgung. In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse der BMRF evaluiert und mit anderen Studien verglichen.

### **5.2 Patienten und Methoden**

Es erfolgte eine retrospektive Auswertung der Akten von Patienten, die von 1997 bis 2011 in der Universitätsaugenklinik Gießen als Ersteingriff eine BMRF mit oder ohne zusätzliche Obliquus-Chirurgie wegen frühkindlicher Esotropie erhielten. Erfasst wurden die präoperativen, sowie die 1 Woche und 3 Monate postoperativen Schielwinkel im simultanen (manifesten Schielwinkel) und alternierenden (maximaler Schielwinkel) Prismenabdecktest bei Geradeausblick in Ferne und Nähe. Außerdem wurde das Alter zum Zeitpunkt der Operation, das Geschlecht, die in Zykloplegie mittels Skiaskopie oder Refraktometrie ermittelte Refraktion, der bestkorrigierte postoperative Visus, bestimmt mit Landolt-Ringen und bei Kleinkindern mit Lea-Symbolen, die postoperative Binokularfunktion im Bagolini, Titmus-, Lang-, oder TNO-Test, die Operationsstrecken (Faden und Medialisrücklagerung) und die axiale Bulbuslänge der operierten Augen erfasst.

### 5.3 Ergebnisse

161 (76 ♂, 85 ♀) Kinder wurden von 1997-2011 in Giessen erstmalig einer BMRF unterzogen und hatten kein Orbitatrauma in der Vorgeschichte, erfüllten also kein Ausschlusskriterium. Es wurden nur die Daten der 142 Kinder (69 ♂, 73 ♀) ausgewertet, die zur Kontrolle nach 3 Monaten erschienen waren. Im Folgenden sind die Mediane und in Klammern die 10%- und 90%- Quantile angegeben: Die Kinder waren 58,52 Monate (22,11; 86,63) alt, das sphärische Äquivalent (Refraktion in Zykloplegie) betrug 2,75dpt (0,5; 5,50), der Visus beider Augen präoperativ 0,8 (0,32; 1,00), 3 Monate postoperativ 0,8 (0,32; 1,00). Der präoperative maximale Schielwinkel betrug in der Nähe 28° (20,0; 44,9), in der Ferne 18° (12,0; 36,0), der manifeste in der Nähe 28° (18,0; 44,9), in der Ferne 18° (5,0; 36,0). 1 Woche postoperativ betrug der maximale Schielwinkel in der Nähe 4,0° (-3,1; 10,0), in der Ferne 1,00° (-6,0; 6,0), der manifeste Winkel in der Nähe 2,0° (-3,0; 10,0) und in der Ferne 0,0° (-5,0; 6,0), wobei 94 (66,2%) in der Nähe auf  $\leq \pm 5^\circ$  korrigiert waren, in der Ferne 117 (82,4%), beim manifesten Nahschielwinkel 105 (73,9%), beim manifesten Fernschielwinkel 121 (85,2%). Nach 3 Monaten lag der maximale Schielwinkel in der Nähe bei 3,0° (-5,0; 10,0), in der Ferne bei 0,00° (-10,0; 7,9), der manifeste Schielwinkel in der Nähe bei 1,0° (-5,0; 10,0) und in der Ferne bei 0,0° (-8,0; 5,0). Hier waren 101 (71,1%) Kinder in der Nähe und 120 (84,5%) in der Ferne auf Maximalschielwinkel im Betrag von  $\leq \pm 5^\circ$  korrigiert. Manifeste Restschielwinkel im Betrag von  $\leq \pm 5^\circ$  wurden in der Nähe bei 113 (79,6%), in der Ferne bei 127 (89,4%) Kindern erreicht. 3 Monate postoperativ zeigten 18 Kinder (12,7%) einseitige Exklusion bzw. Suppression, 87 (61,3%) hatten Simultansehen im Bagolini-Lichtschweiftest, 10 (7,0%) Titmus-Fliege-Test positiv, 13 (9,2%) Titmus-Ringe oder -Tiere positiv und 4 Kinder (2,8%) erkannten die Random-Dot-Stereogramme im Lang- oder TNO-Stereotest. Die axiale Bulbuslänge betrug 21,30mm (20,0; 22,6). Die Myopexieabstände vom Hornhautrand betrugen 18,5mm (18,5; 19,0), die Strecke der Rücklagerung betrug 4,0mm (3,0; 5,0).



## 5.4 Schlussfolgerung

Bei frühkindlichem Innenschielen mit großen Schielwinkeln konnte der Schielwinkel durch eine beidseitige Medialis-Rücklagerung mit Myopexie in ca. drei Viertel der Fälle in einem Schritt auf einen Betrag von  $\leq 5^\circ$  korrigiert werden, ca. zwei Drittel gewinnen so zumindest ein binokulares Simultansehen, teilweise auch Stereosehen. Allerdings erfordert der Eingriff einen erfahrenen Operateur. Auch eventuelle Revisionseingriffe sind technisch anspruchsvoller, als nach einer großstreckigen beidseitigen Medialisrücklagerung ohne Myopexie.

## **6. Summary**

### **6.1 Background**

Strabismus, particularly esotropia in childhood, is a wide spread disorder which can have, under circumstances huge effects on affected patients, especially those with large angles of strabismus. Surgical methods are not uniform. Bilateral medial rectus muscle recession (BMR), combined recess and resect surgery, also combined with contralateral medial rectus recession or with other procedures are used. Alternatively, bilateral medial rectus recession with posterior fixation suture (BMRF) can be used. In this study the results of the BMRF should be evaluated and compared to other studies.

### **6.2 Patients and Methods**

We performed a retrospective analysis of the records of patients who received BMRF for infantile esotropia as a first surgery, at the University hospital Gießen between 1997 and 2011, casting with or without additional oblique surgery. The following data were recorded: Patients' age and gender, preoperative as well as 1 week and 3 months postoperative angles of strabismus measured in the simultaneous (manifest angle) and alternating (maximum angle) prism cover test in the primary gaze direction at 5m (distance) and 0.3m (near), cycloplegic refractive error as measured by retinoscopy or auto-refractometry, the best corrected postoperative visual acuity using the Landolt-C or with small children Lea symbols, postoperative binocular vision (Bagolini-, Titmus-, Lang- and TNO-tests), the amount of bimedial rectus recession and retro-equatorial myopexy, and the axial length of the eyes.

### **6.3 Results**

161 (76 ♂, 85 ♀) children received a BMRF as a first surgery and didn't have an anamnestic ocular trauma. Only those 142 children (69 ♂, 73 ♀) with available 3-month followup data were evaluated. The children were 58.52 months (22.11; 86.63) old. The spherical equivalent was 2.75dpt (0.5, 5.50). Visual acuity of both eyes was 0.8 (0.32;

1.00) both before and 3 months after surgery. The preoperative maximum squint angle was 28° (20.0; 44.9) at near and 18° (12.0; 36.0) at distance. Manifest angles were 28° (18.0; 44.9) at near and 18° (5.0; 36.0) at distance. 1 week postoperatively the maximum squint angles were 4.0° (-3.1, 10.0) and 1.0° (-6.0; 6.0) and the manifest squint angles were 2.0° (-3.0, 10.0) and 0.0° (-5.0; 6.0), respectively. A residual absolute squint angle  $\leq \pm 5^\circ$  was noted in 94 children (66.2%) at near and 117 children (82.4%) at distance. The absolute manifest squint angle was  $\leq \pm 5^\circ$  in 105 children (73.9%) at near and 121 children (85.2%) at distance. After 3 months, the absolute maximum squint angles were 3.0° (-5.0, 10.0) and 0.0° (-10.0, 7.9) and the absolute manifest squint angles were 1.0° (-5.0, 10.0) and 0.0° (-8.0; 5.0), respectively. 101 (71.1%) children had an absolute maximum angle  $\leq \pm 5^\circ$  at near and 120 (84.5%) at distance. Absolute manifest residual squint angles  $\leq \pm 5^\circ$  were achieved in 113 (79.6%) and 127 (89.4%) children, respectively. 3 months postoperatively 18 children (12.7%) had monocular exclusion or suppression, 87 (61.3%) showed simultaneous binocular vision in the Bagolini striated glasses test. Ten children (7.0%) gained stereopsis in the Titmus-fly test, 13 (9.2%) for Titmus-rings or -pets and 4 children (2.8%) recognized the random dot stereograms of the Lang- or TNO-stereo tests. The axial bulbus length was 21.3mm (20.0; 22.6). The myopexy was placed at 18.5mm (18.5; 19.0) from the corneal limbus, the amount of recession was 4.0mm (3.0; 5.0).

## 6.4 Conclusion

In this study of large infantile esotropia about three quarters of the cases could be corrected by bimedial rectus recession with retroequatorial myopexy and about two-thirds of them achieved at least simultaneous vision, some of them even stereopsis. However, the method requires an experienced surgeon. Following procedures are also technically more demanding than a bilateral medial rectus recession.

## 7. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Horopter. Die Augen fixieren Punkt 3. Die übrigen Ziffern stellen beliebige Punkte auf dem theoretischen Horopter T dar. E entspricht dem empirischen Horopter. [Zenz, 2005] .....	5
<b>Abbildung 2:</b> Landoltringe (hier im C-Test nach Haase mit 17,2' Abstand zwischen den Sehzeichen bei Verwendung in 5 m Prüfdistanz) [Haase und Hohmann, 1982] .....	15
<b>Abbildung 3:</b> Symbole nach Lea Hyvärinen in enger Reihe angeordnet. Anders als beim C-Test nach Haase mit konstanten Abständen zwischen den Symbolen entsprechen die Abstände hier der Größe der Sehzeichen (proportionally crowded). .....	16
<b>Abbildung 4:</b> Skiaskopie schematisch; a: physiologischer Befund. b: pathologischer Befund (nach [Krause und Friedburg, 2003]) .....	18
<b>Abbildung 5:</b> Phoropter .....	19
<b>Abbildung 6:</b> Messbrille [Müller, 2011] Brillenähnliches Gestell, welches mithilfe von genormten Steckgläsern die Möglichkeit bietet, unter kontinuierlicher Befragung des Patienten verschiedene Gläser in eine Halterung zu stecken und so probatorisch die Sehschärfe zu bestimmen. ....	19
<b>Abbildung 7:</b> Alternierender Abdecktest: 1. Geradeausblick Fixation eines fernen Objektes; 2. Objektfixation in der Nähe ohne Prisma; 3. Abdecken des rechten Auges, hierbei nimmt das zuvor schielende linke Auge nach einer Einstellbewegung (Blickbewegung nach links) die Fixation auf; 4. Beim Schwenken der Abdeckscheibe vor das linke Auge erfolgt eine Einstellbewegung nach rechts. ....	23
<b>Abbildung 8:</b> Schielwinkel bei Kombination einer sphärischen Brillenkorrektur mit einem Planprisma [Guilino, 1966-1968]. Im Fall eines Konvexglases (Hyperopiekorrektur), wie hier dargestellt, würde der Schielwinkel allein durch das Prisma, ohne Berücksichtigung der Prismenwirkung des Brillenglases, unterschätzt. Im Fall einer Myopie würde er überschätzt. Als Beispiel verwenden wir hier ein 15° Prisma bei einer Brillenstärke von +8,0 dpt. Man sucht den Punkt auf der Kurve „Null“ über dem Wert 15°, von da aus wird der Schnittpunkt einer Waagerechten mit der Kurve „+8 dpt“ ermittelt und von dort senkrecht wieder die Abszisse geschnitten. So ergibt sich der tatsächliche Schielwinkel von 20°. ....	24
<b>Abbildung 9:</b> Lichtschweifglas nach Bagolini [Verfuert, 2009a] .....	26
<b>Abbildung 10:</b> 1.: Seheindruck Normalbefund, die schwarzen Linien stellen die Lichtschweif dar, der des linken Auges geht von rechts oben nach links unten, der des rechten Auges von links oben nach rechts unten. Der gelbe Punkt verkörpert die Lichtquelle. 2.: Seheindruck bei rechtsseitiger Suppression. 3.: Seheindruck bei linksseitiger Suppression .....	26

<b>Abbildung 11:</b> Mikrostrabismus des linken Auges, die Umgebung der Lichtquelle ist supprimiert .....	27
<b>Abbildung 12:</b> Titmus-Test mit zugehöriger Brille. Auf der linken Seite finden sich in der oberen Hälfte die verschiedenen Ringe, auf der rechten Seite die Fliege und darunter die Polarisationsbrille.....	28
<b>Abbildung 13:</b> Lang-Stereobilder, zur Veranschaulichung wurden die zu entdeckenden Symbole sichtbar gemacht [Verfueth, 2009b] .....	29
<b>Abbildung 14:</b> Lang-Stereobilder. Um die Objekte plastisch zu sehen, muss der Betrachter aus ca. 30 cm Abstand so weit konvergieren, dass die beiden Flächen zu einer Fläche verschmelzen. ....	29
<b>Abbildung 15:</b> Prinzip der Fadenoperation. Nach [Kaufmann und Steffen, 2012] .....	30
<b>Abbildung 16:</b> Maximale Schielwinkel von 142 gemessenen Kindern präoperativ. Das Rechteck beinhaltet 50% der Werte, die dicke schwarze Linie markiert den Median, die Whiskers jeweils das 10% und 90% Quantil, die Punkte sind extreme Ausreißer. Der maximale Whisker in der Ferne (oberer) liegt beim 1,5fachen des Interquantilabstands, also 45°, der kleinste (untere) bei 0°. In der Nähe reicht der maximale Whisker bis 50°, der minimale bis 14° .....	33
<b>Abbildung 17:</b> Maximale Fernschielwinkel aller 142 Patienten 1 Woche postoperativ, sortiert primär nach der Größe des postoperativen Schielwinkels (rote Säulen), sekundär nach der Größe des präoperativen Schielwinkels (blaue Säulen). In den nachfolgenden Grafiken beziffert die Nummerierung der X-Achse fortlaufend die Patienten, nicht eine dem Patienten zugewiesene Nummer. ....	34
<b>Abbildung 18:</b> Manifeste postoperative Fernschielwinkel aller Patienten nach 1 Woche, sortiert primär nach der Größe des postoperativen Schielwinkels (rot), sekundär nach der Größe des präoperativen Schielwinkels (blau) .....	35
<b>Abbildung 19:</b> Maximale Fernschielwinkel aller 142 Patienten einzeln präoperativ (blaue Säulen) und 3 Monate postoperativ (rote Säulen), primär nach postoperativem, sekundär nach präoperativem Winkel sortiert .....	36
<b>Abbildung 20:</b> Manifeste Fernschielwinkel aller Patienten einzeln präoperativ (blaue Balken) und 3 Monate postoperativ (rote Balken), sortiert nach postoperativem Winkel und sekundär nach präoperativem Winkel .....	36
<b>Abbildung 21:</b> Maximale Schielwinkel aller 142 nachuntersuchten Kinder in Ferne und Nähe. ....	37
<b>Abbildung 22:</b> Manifeste Schielwinkel aller 142 Kinder die auch nach 3 Monaten untersucht worden waren .....	38
<b>Tabelle 1:</b> Qualität des Binokularsehens 3 Monate postoperativ .....	40
<b>Tabelle 2:</b> Beidseitige Medialisrücklagerung bei Kindern mit großen Innenschielwinkeln (variiert nach [Gräf, Gerlach, Borchert et al., 2012]) .....	54

## 8. Literaturverzeichnis

1. Adelstein, F. E. und Cüppers, C.: Probleme der operativen Schielbehandlung. Ber Dtsch Ophthalmol Ges; 1969, Ausgabe 69: S. 580-593
2. Altintas, A. K., Yilmaz, G. F. und Duman, S.: Results of classical and augmented bimedial rectus recession in infantile esotropia. Strabismus; 1999, Ausgabe 7, (4): S. 227-236
3. Bagolini, B.: Presentation of a bar of light ray-absorbing filters of progressive density; its utility in the diagnosis & treatment of strabismus. Boll Ocul; 1957, Ausgabe 36, (10): S. 638-651
4. Bagolini, B.: Technic for examination of binocular vision without introduction of dissociating elements: the striated glass test. Boll Ocul; 1958, Ausgabe 37, (3): S. 195-209
5. Baldwin, W. R.: Refractive status of infants and children. In: Lippincott, J. B. (Hrsg.), Pediatric Optometry; 1990: S. 104-152
6. Bangerter, A.: Amblyopiebehandlung. Bibl Ophthalmol; 1953, Ausgabe 112, (37): S. 1-96
7. Barry, J. C.: Hier irrte Hirschberg: Der richtige Winkelfaktor beträgt  $12^\circ/\text{mm}$  Hornhautreflexdezentrierung. Geometrisch-optische Analyse verschiedener Methoden der Strabismometrie. Klin Monbl Augenheilkd; 1999, Ausgabe 215, (2): S. 104-113
8. Becker, R., Gräf, M. und Kaufmann, H.: Sehschärfebestimmung mit LH-Symbolen. Z prakt Augenheilkd 1999, Ausgabe 20: S. 327
9. Becker, R., Hübsch, S., Gräf, M. und Kaufmann, H.: Examination of young children with Lea symbols. Br J Ophthalmol 2002, Ausgabe 86: S. 513-516
10. Biallas, R., Rusch, D., de Decker, W., Wulf, H., Siebrecht, D. und Scholz, J.: Prophylaxe von Übelkeit und Erbrechen bei Kindern nach Strabismuschirurgie.

Sevofluran/Lachgas vs. Propofol/Remifentanyl unter Gabe von Dimenhydrinat.

Anaesthesist; 2003, Ausgabe 52, (7): S. 586-595

11. Brodie, S. E.: Photographic calibration of the Hirschberg test. Invest Ophthalmol Vis Sci; 1987, Ausgabe 28, (4): S. 736-742

12. Brodsky, M.: Visuo-vestibular eye movements: infantile strabismus in 3 dimensions. Arch Ophthalmol; 2005, Ausgabe 123: S. 837-842

13. Brodsky, M. und Fray, K.: Dissociated horizontal deviation after surgery for infantile esotropia. Arch Ophthalmol; 2007, Ausgabe 125: S. 1683-1692

14. Buckley, E. G.: Fadenoperation (posterior fixation suture). In: Rosenbaum, A. L. und Santiago, A. P. (Hrsg.), Clinical strabismus management - principles and surgical techniques; 1999: S. 491-505

15. Burke, J. P., Leach, C. M. und Davis, H.: Psychosocial implications of strabismus surgery in adults. J Pediatr Ophthalmol Strabismus; 1997, Ausgabe 34, (3): S. 159-164

16. Conrad, H. G. und Treumer, H.: Zum Wirkungsprofil der Fadenoperation. Klin Monbl Augenheilkd; 1981, Ausgabe 178, (3): S. 174-179

17. Cooper, J.: Clinical stereopsis testing: contour and random dot stereograms. J Am Optom Assoc; 1979, Ausgabe 50, (1): S. 41-60

18. Costenbader, F. D.: Infantile esotropia. Trans Am Ophthalmol Soc; 1961, Ausgabe 59: S. 397-429

19. Crone, R. A.: Pathology of binocular vision, amblyopia. In: Crone, R. A. (Hrsg.), Diplopia; 1973: S. 134-136

20. Cüppers, C.: Korrektur der Horizontalabweichung. Schielbehandlung; 1973, Ausgabe 5: S. 11-19

21. Cüppers, C.: Die sogenannte Fadenoperation. Schielbehandlung; 1976a, Ausgabe 6: S. 222-231

22. Cüppers, C.: The so-called „Fadenoperation“ (Surgical correction by well-defined changes in the arc of contact); 1976b, In: Fells, P., (Hrsg.). Transactions of the 2nd

Congress International Strabismological Association 1974; 1976; Marseilles; S. 395-400

23. Damanakis, A. G., Arvanitis, P. G., Ladas, I. D. und Theodossiadis, G. P.: 8 mm bimedral rectus recession in infantile esotropia of 80-90 prism dioptres. Br J Ophthalmol; 1994, Ausgabe 78, (11): S. 842-844

24. de Decker, W.: Langzeitresultate früher Fadenoperationen bei frühkindlichem Innenschielen. Z prakt Augenheilkd; 1997, Ausgabe 18: S. 257-262

25. de Decker, W.: Heterotropie (manifestes Strabismus). In: Kaufmann, H. (Hrsg.), Strabismus; 2004: S. 188-243

26. de Decker, W., Friedrich, D. und Baenge, J.: Results of bi-medial posterior fixation (modified Cüppers procedure) after 8 years.; 1987, In: Kaufmann, H., (Hrsg.). Transactions 16th Meeting European Strabismological Association Giessen 1987; Giessen; S. 61-69

27. de Decker, W. und Tessmer, J.: Zur Schielhäufigkeit und Behandlungseffizienz in Schleswig-Holstein. Klin Monbl Augenheilkd; 1973, Ausgabe 162, (1): S. 34-42

28. DIN EN ISO 8597: Sehschärfepfung. Verfahren zum Anschluss von Sehzeichen.; 1996.

29. Eckstein, A. K., Fischer, M. und Esser, J.: Normakkommodativer Konvergenzexzess-Langzeitverlauf bei konservativer Therapie mit Bifokalbrille. Klin Monbl Augenheilkd; 1998, Ausgabe 212, (4): S. 218-225

30. Gabriel, L.: Indikation und Ergebnisse der doppelseitigen Internus-Rücklagerung. Klin Monbl Augenheilkd; 1968, Ausgabe 153, (2): S. 224-233

31. Gräf, M.: Objektive Sehprüfungen und Plausibilitätskontrollen. In: Kroll, P., Kühle, M. und Kühle, H. (Hrsg.), Augenärztliche Untersuchungsmethoden; 2008: S. 58-78

32. Gräf, M., Becker, R. und Kaufmann, H.: Lea-Symbols: visual acuity assessment and detection of amblyopia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol; 2000, Ausgabe 238: S. 53-58



33. Gräf, M., Gerlach, T., Borchert, O. und Lorenz, B.: Beidseitige Medialis-Rücklagerung mit Fadenoperation bei großer frühkindlicher Esotropie. *Klin Monbl Augenheilkd*; 2012, Ausgabe 229, (10): S. 987-994
34. Gräf, M., Krzizok, T. und Kaufmann, H.: Einfluss der axialen Bulbuslänge und des präoperativen Schielwinkels auf den Effekt horizontaler kombinierter Schieloperationen. *Ophthalmologe*; 1994, Ausgabe 91, (1): S. 62-67
35. Gräf, M., Krzizok, T. und Kaufmann, H.: Qualitätskontrolle in der operativen Schielbehandlung: Beidseitige Lateralis-Rücklagerung bei Faden-Übereffekt. *Z prakt Augenheilkd*; 1996, Ausgabe 17: S. 269-274
36. Guilino, G.: Die Ablenkung starker Probier- und Brillengläser, Definition und Anwendung. Freigang, M.: Arbeitskreis Schielbehandlung (Hrsg.) Einführungs- und Fortbildungsvorträge der Arbeitskreistagungen Wiesbaden 1966-1968, Ausgabe 2: S. 99-106
37. Guyton, D. L.: The 10th Bielschowsky Lecture. Changes in strabismus over time: the roles of vergence tonus and muscle length adaptation. *Binocul Vis Strabismus Q*; 2006, Ausgabe 21, (2): S. 81-92
38. Haase, W. und Gräf, M.: Amblyopie. In: Kaufmann, H. (Hrsg.), *Strabismus*; 2004: S. 243-318
39. Haase, W. und Hohmann, A.: Ein neuer Test (C-Test) zur quantitativen Prüfung der Trennschwierigkeiten (crowding) - Ergebnisse bei Amblyopie und Ametropie. *Klin Monbl Augenheilkd*; 1982, Ausgabe 180: S. 210
40. Haase, W. und Muhlig, H. P.: Schielhäufigkeit bei Hamburger Schulanfängern. *Klin Monbl Augenheilkd*; 1979, Ausgabe 174, (2): S. 232-235
41. Hamburger, F. A.: Der Wettstreit und seine Rolle im Binokularsehen. *Klin Monbl Augenheilkd*; 1949, Ausgabe 115: S. 289-319
42. Helveston, E. M., Ellis, F. D., Schott, J., Mitchelson, J., Weber, J. C., Taube, S. und Miller, K.: Surgical treatment of congenital esotropia. *Am J Ophthalmol*; 1983, Ausgabe 96, (2): S. 218-228

43. Hering, E.: Vom Orientierungssinne der Netzhaut. Beiträge zur Physiologie; 1861, Ausgabe 1
44. Herzau, V.: Binokulare Sensorik bei Strabismus. In: Kaufmann, H. (Hrsg.), Strabismus; 2004a: S. 319-329
45. Herzau, V.: Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann, H. (Hrsg.), Strabismus; 2004b: S. 97-127
46. Hess, J. B. und Calhoun, J. H.: A new rationale for the management of large angle esotropia. Pediatric Ophthalmologic Strabismus; 1979, Ausgabe 16: S. 345-348
47. Hoerantner, R., Priglinger, S. und Haslwanter, T.: Reduction of ocular muscle torque by splitting of the rectus muscle II: technique and results. Br J Ophthalmol; 2004, Ausgabe 88, (11): S. 1409-1413
48. Hoerantner, R., Priglinger, S., Koch, M. und Haslwanter, T.: A comparison of two different techniques for oculomotor torque reduction. Acta Ophthalmol Scand; 2007, Ausgabe 85, (7): S. 734-738
49. Hyvärinen, L., Näsänen, R. und Laurinen, P.: New visual acuity test for pre-school children. Acta Ophthalmol 1980, Ausgabe 58: S. 507
50. Jaensch, P. A.: Diagnose und Therapie des Schielens; Heterophorie und Strabismus concomitans. Bücherei des Augenarztes; 1956, Ausgabe 24: S. 2
51. Julesz, B.: Binocular depth perception of computer generated patterns. Bell Systems Technical Journal; 1960, Ausgabe 39: S. 1125-1162
52. Julesz, B.: Foundations of cyclopean perception; 1971; Chicago; University of Chicago Press
53. Kaufmann, H.: Fadenoperation nach Cüppers. Z prakt Augenheilkd; 1990, Ausgabe 11: S. 57-61
54. Kaufmann, H. und Kolling, G.: Ergebnisse der Fadenoperation nach Cüppers. Klin Monbl Augenheilkd; 1982, Ausgabe 180: S. 36-39

55. Kaufmann, H., Krzizok, T. und Scharwey, K.: Ergebnisse sogenannter Frühoperationen beim frühkindlichen Innenschielen. *Z prakt Augenheilkd*; 1997, Ausgabe 18: S. 250-256
56. Kaufmann, H. und Steffen, H.: Augenmuskeloperationen. In: Kaufmann, H. und Steffen, H. (Hrsg.), *Strabismus*; 2012: S. 550-634
57. Keech, R. V., Scott, W. E. und Baker, J. D.: The medial rectus muscle insertion site in infantile esotropia. *Am J Ophthalmol*; 1990, Ausgabe 109, (1): S. 79-84
58. Keskinbora, K. H. und Pular, N. K.: Long-term results of bilateral medial rectus recession for congenital esotropia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*; 2004, Ausgabe 41, (6): S. 351-355
59. Klauer, T., Schneider, W., Bacskulin, A. und Guthoff, R.: Psychosoziale Korrelate von Strabismus und chirurgischer Strabismuskorrektur bei Erwachsenen. *Zeitschrift für Medizinische Psychologie*; 2000, Ausgabe 9, (4): S. 167-176
60. Kolling, G. H.: Vor- und Nachteile hochdosierter kombinierter Operationen an den Horizontalmotoren. *Z prakt Augenheilkd*; 1989, Ausgabe 10: S. 267-271
61. Kornhuber, H. H.: Über Begleitschielen und latenten Nystagmus aus neurologischer Sicht; 1960, In: Zimmermann und Balve, (Hrsg.). 102. Vers Rhein Westf Augenärzte; S. 45-48
62. Krause, K. und Friedburg, D.: Objektive Refraktionsbestimmung. In: Kampik, A. und Grehn, F. (Hrsg.), *Augenärztliche Diagnostik*; 2003: S. 1-10
63. Krzizok, T., Gräf, M. und Kaufmann, H.: Einfluss der Bulbuslänge auf die Schielwinkelreduktion nach Fadenoperation. *Ophthalmologe*; 1994, Ausgabe 91, (1): S. 68-76
64. Krzizok, T. und Kaufmann, H.: Ergebnisse der beidseitigen Medialis-Rücklagerungen als sogenannte Frühoperation bei frühkindlicher Esotropie. *Z prakt Augenheilkd*; 2001, Ausgabe 22, (7): S. 283-288
65. Kushner, B. J. und Morton, G. V.: A randomized comparison of surgical procedures for infantile esotropia. *Am J Ophthalmol*; 1984, Ausgabe 98, (1): S. 50-61

66. Kushner, B. J., Preslan, M. W. und Vrabc, M.: Artifacts of measuring during strabismus surgery. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*; 1987, Ausgabe 24, (4): S. 159-164
67. Kutschan, A., Schroeder, B. und Schroeder, W.: Ist die bimediale Gürteloperation eine Alternative zur Fadenoperation bei Strabismus convergens mit Konvergenzexzess? *Ophthalmologe*; 2007, Ausgabe 104: S. 582-587
68. Lang, J.: Der kongenitale oder frühkindliche Strabismus. *Ophthalmologica*; 1967, Ausgabe 154, (3): S. 201-208
69. Lang, J.: Mikrostrabismus. *Bücherei des Augenarztes*; 1982: S. 150
70. Lang, J.: Ein neuer Stereotest. *Klin Monbl Augenheilkd*; 1983, Ausgabe 182: S. 373-375
71. Lang, J.: Strabismus. 2003: S. 27-31
72. Leitch, R. J., Burke, J. P. und Strachan, I. M.: Convergence excess esotropia treated surgically with fadenoperation and medial rectus muscle recessions. *Br J Ophthalmol*; 1990, Ausgabe 74, (5): S. 278-279
73. Lion, E. G., O'Neill, C. und Prager, R. E.: Strabismus and children's personality reactions. *American Journal of Orthopsychiatry*; 1943, Ausgabe 13: S. 121-124
74. Lipton, E. L.: A study of the psychological effects of strabismus. *Psychoanal Study Child*; 1970, Ausgabe 25: S. 146-174
75. Lipton, E. L.: Remarks on the psychological aspect of strabismus. *Sight Sav Rev*; 1971, Ausgabe 41, (3): S. 129-138
76. Lueder, G. T., Galli, M., Tyhsen, L., Yildirim, C. und Pegado, V.: Long-term results of botulinum toxin-augmented medial rectus recessions for large-angle infantile esotropia. *Am J Ophthalmol*; 2012, Ausgabe 153, (3): S. 560-563
77. Müller, F.: (2011). "Messbrille." Zugriff am 07.07.2015, von [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Messbrille\\_fcm.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Messbrille_fcm.jpg)

78. Nelson, L. B., Calhoun, J. H., Simon, J. W., Wilson, T. und Harley, R. D.: Surgical management of large angle congenital esotropia. *Br J Ophthalmol*; 1987, Ausgabe 71, (5): S. 380-383
79. von Noorden, G. K.: Indications of the posterior fixation operation in strabismus. *Ophthalmology*; 1978, Ausgabe 85: S. 512-520
80. von Noorden, G. K.: Binocular vision and space perception. In: K., v. N. G. (Hrsg.), *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and Management of Strabismus*; 1996a: S. 8-40
81. von Noorden, G. K.: Introduction to neuromuscular anomalies of the eyes, examination of patient -III. In: van Noorden, G. (Hrsg.), *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and Management of Strabismus*; 1996b: S. 206-296
82. von Noorden, G. K. und Campos, E.: *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and Management of Strabismus*; 2002
83. Ozkan, S. B., Topaloglu, A. und Aydin, S.: The role of botulinum toxin A in augmentation of the effect of recession and/or resection surgery. *J AAPOS*; 2006, Ausgabe 10, (2): S. 124-127
84. Prieto-Diaz, J.: Large bilateral medial rectus recession in early esotropia with bilateral limitation of abduction. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*; 1980, Ausgabe 17, (2): S. 101-105
85. Repka, M. X.: Use of Lea symbols in young children. *Br J Ophthalmol*; 2002, Ausgabe 86, (5): S. 489-490
86. Rost, D., Kretzschmar, A. und Gräf, M.: Durchführung und Ergebnisse der Prismenüberkorrektur nach Operation eines Strabismus convergens mit großem Anomaliewinkel. *Z prakt Augenheilkd*; 2006, Ausgabe 27: S. 355-358
87. Roth, A. und Speeg-Schatz, C.: Eye muscle surgery: basic data, operative techniques, surgical strategy. *Am Orthopt J*; 2002, Ausgabe 52: S. 121-122
88. Rüssmann, W.: Erfahrungen mit der Fadenoperation. *Orthoptik Pleoptik* 1981, Ausgabe 9: S. 82-88

89. Rüßmann, W., Fricke, J. und Neugebauer, A.: Untersuchung des Binokularsehens. In: Kaufmann, H. (Hrsg.), Strabismus; 2004: S. 333-415
90. Rüßmann, W. und Kaufmann, H.: Untersuchungsmethoden von Augenbewegungsstörungen. In: Kroll, P., Kühle, M. und Kühle, H. J. (Hrsg.), Augenärztliche Untersuchungsmethoden; 2007: S. 479-536
91. Rüßmann, W., Neugebauer, A. und Fricke, J.: Heterophorie und Asthenopie. In: Kaufmann, H. (Hrsg.), Strabismus; 2004: S. 159-188
92. Saiah, M., Borgeat, A., Ruetsch, Y. A., Seifert, B. und Klainguti, G.: Myopexy (Faden) results in more postoperative vomiting after strabismus surgery in children. Acta Anaesthesiol Scand; 2001, Ausgabe 45, (1): S. 59-64
93. Sansonetti, A., Roth, A., Delarue, L. und al., e.: Results of retroequatorial myopexy in esotropia: a retrospective study; 1992, In: Kaufmann, H., (Hrsg.). Transactions 20th Meeting European Strabismological Association; Brussels; S. 189-194
94. Satterfield, D., Keltner, J. L. und Morrison, T. L.: Psychosocial aspects of strabismus study. Arch Ophthalmol; 1993, Ausgabe 111, (8): S. 1100-1105
95. Scharwey, K., Gräf, M., Becker, R. und Kaufmann, H.: Heilungsverlauf und Komplikationen nach Augenmuskeloperationen. Ophthalmologe; 2000, Ausgabe 97, (1): S. 22-26
96. Schmidt, T., Schmidt, M. und Klopfer, M.: Ergebnisse der Fadenoperation nach Cüppers mit und ohne Muskelrücklagerung: ein Vergleich erforderlicher Sekundäreingriffe. Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & augenärztliche Fortbildung; 2001, Ausgabe 22: S. 271-275
97. Spiritus, M.: Infantile esotropia. Large bimedial rectus recessions versus bimedial posterior fixation with additional rectus recessions; 1991, In: Kaufmann, H., (Hrsg.). Transactions 19th Meeting European Strabismological Association; Crete; S. 59-63
98. Stager, D. R., Weakley, D. R., Jr., Everett, M. und Birch, E. E.: Delayed consecutive exotropia following 7-millimeter bilateral medial rectus recession for congenital esotropia. J Pediatr Ophthalmol Strabismus; 1994, Ausgabe 31, (3): S. 147-150

99. Steffen, H., Auffarth, G. U. und Kolling, G. H.: Zur Häufigkeit von postoperativen Divergenzen bei normalen und modifizierten Fadenoperationen nach Cüppers am M. rectus medialis. *Z prakt Augenheilkd*; 1997, Ausgabe 18: S. 263-268
100. Szmyd, S. M., Nelson, L. B., Calhoun, J. H. und Spratt, C.: Large bimedial rectus recessions in congenital esotropia. *Br J Ophthalmol*; 1985, Ausgabe 69, (4): S. 271-274
101. Tonge, B. J., Lipton, G. L. und Crawford, G.: Psychological and educational correlates of strabismus in school children. *Aust N Z J Psychiatry*; 1984, Ausgabe 18, (1): S. 71-77
102. Verfuerrth, C.: (2009a). "Lichtschweifglas nach Bagolini." Zugriff am 25.03.2015, von [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Bagolini\\_01.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Bagolini_01.jpg)
103. Verfuerrth, C.: (2009b). "Testbilder des Lang-Stereotest." Zugriff am 25.03. 2015, von [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Lang\\_02.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Lang_02.jpg)
104. Vroman, D. T., Hutchinson, A. K., Saunders, R. A. und Wilson, M. E.: Two-muscle surgery for congenital esotropia: rate of reoperation in patients with small versus large angles of deviation. *J AAPOS*; 2000, Ausgabe 4, (5): S. 267-270
105. Wang, L. und Wang, X.: Comparison between graded unilateral and bilateral medial rectus recession for esotropia. *Br J Ophthalmol*; 2012, Ausgabe 96: S. 540-543
106. Weakley, D. R., Jr. und Parks, M. M.: Results from 7-mm bilateral recessions of the medial rectus muscles for congenital esotropia. *Ophthalmic Surg*; 1990, Ausgabe 21, (12): S. 827-830
107. Weakley, D. R., Jr., Stager, D. R. und Everett, M. E.: Seven-millimeter bilateral medial rectus recessions in infantile esotropia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*; 1991, Ausgabe 28, (2): S. 113-115
108. Welters, I. D., Gräf, M., Menges, T., Beikirch, C., Kaufmann, H. und Hempelmann, G.: Postoperative nausea and vomiting after Faden operation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*; 2000, Ausgabe 238, (1): S. 59-63
109. Welters, I. D., Menges, T., Gräf, M., Beikirch, C., Menzebach, A. und Hempelmann, G.: Reduction of postoperative nausea and vomiting by dimenhydrinate

suppositories after strabismus surgery in children. *Anesth Analg*; 2000, Ausgabe 90, (2): S. 311-314

110. Worth, C.: *Das Schielen: Äthiologie, Pathologie und Therapie*. 1905.

111. Zenz, R.: (2005). "Horopter, schematische Darstellung." Zugriff am 25.03.2015, von <http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Horopter.png>



## **9. Publikationsverzeichnis**

Gräf, M., Gerlach, T., Borchert, O. und Lorenz, B.: Beidseitige Medialis-Rücklagerung mit Fadenoperation bei großer frühkindlicher Esotropie. Klinische Monatsblätter Augenheilkunde; 2012; 229: 987–994; Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York;

## 10. Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## **11. Danksagung**

Ich danke Prof. Dr. med. Michael H. Gräf für die Überlassung des Themas. Seine unermüdliche Geduld und Energie waren mir eine große Hilfe. Er stand mir jederzeit mit kritischem und vor allem konstruktivem Rat zur Seite.

Des Weiteren danke ich den Orthoptistinnen und dabei ganz besonders Frau Borchert für die weitreichende Unterstützung bei der Datenbeschaffung und der Orientierungshilfe in den Untiefen des Archivs der Augenklinik. Ohne ihre Mitwirkung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Für die stetige Unterstützung und Ermunterung bei der Erstellung und Korrektur der Dissertation möchte ich mich bei meinen Eltern und Freunden bedanken, hier besonders bei Christoph Engl, der trotz vollkommener Fachfremdheit immer zur richtigen Zeit die richtigen Worte findet. Außerdem ergeht mein Dank an Nanine Lilla und Nadine Willner.

Der größte Dank gebührt meiner Frau, deren bedingungslose Unterstützung in allen Belangen unersetzlich war und ist.