

**Diplomarbeit**

**VERLAUF UND BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN DES  
KONVERGENZEXZESSES**

eingereicht von

**Martina Lingg**

Mat.Nr.: 0433607

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitäts-Augenklinik**

unter der Anleitung von

**Ao.Univ.-Prof.Dr.med.univ. Andrea Langmann**

**und OÄ Dr. Martina Brandner**

Graz, Oktober 2011

## *Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, Oktober 2011*

## Danksagung

Ich danke Frau Univ.-Prof. Dr. Andrea Langmann und OÄ Dr. Martina Brandner für ihre gute, zuverlässige und geduldige Betreuung meiner Arbeit. Sie waren bei Problemen immer erreichbar - dafür möchte ich mich ganz besonders bedanken.

Mein Dank gilt auch Frau Wiebke Sauer für ihre fachmännische Hilfe bei der Zuordnung der Patienten zu den Arten des Konvergenzexzesses.

Meinen lieben Eltern möchte ich an dieser Stelle nicht nur für ihre Unterstützung während der Diplomarbeit danken, sondern für mein ganzes Studium. Ohne eure Hilfe und euren Weitblick hätte ich mein Studium nicht absolvieren können!

## **Vorwort**

Aus stilistischen Gründen und Gründen der leichteren Lesbarkeit – vor allem im Hinblick auf die Vermeidung einer ausufernden Verwendung von Pronomen – habe ich mich dazu entschlossen, alle geschlechtsbezogenen Wörter nur in eingeschlechtlicher Form – der deutschen Sprache gemäß zumeist die männliche – zu verwenden. Selbstredend gelten alle Bezeichnungen im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes gleichwertig für Frauen.

## Zusammenfassung

**Hintergründe:** Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Verlauf des Konvergenzexzesses (KE) und dessen Therapiemöglichkeiten. Während der nichtakkommodative KE nur operativ und der hypoakkommodative KE ausschließlich mit einer Bifokalbrille behandelt werden kann, besteht beim normakkommodativen KE eine Kontroverse betreffend die Vorzüge einer Operation gegenüber einer jahrelangen Behandlung mit der Bifokalbrille.

**Methoden:** In einer retrospektiven Studie wurden die Daten von 78 Patienten mit KE ausgewertet. Die Daten aus den Jahren 1996 bis 2011 wurden von der Augenklinik der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt. Die Resultate dieser Studie wurden in Beziehung gesetzt zu den Ergebnissen der wichtigsten anderen Studien, die den aktuellen Stand der Kontroverse repräsentieren und dienen der als Ausgangswert für die Qualitätssicherung in der Schielabteilung.

**Ergebnisse:** Die Diagnosestellung des KE erfolgte mit  $5 \pm 3,3$  Jahren. 65 Patienten hatten einen akkommodativen, 13 einen nichtakkommodativen KE. Die durchschnittliche Behandlungsdauer in der Schielabteilung betrug  $59 \pm 43$  Monate.

Der Nahzusatz (NZ) konnte bei Patienten mit akkommodativem KE in 20 Fällen (30,8 %) reduziert werden, bei 36 (55,4 %) musste er beibehalten und bei 9 (13,8 %) erhöht werden. Eine Operation brachte bei Patienten mit normakkommodativem KE eine Reduktion des NZ von durchschnittlich 1,67 dpt, während die konservative Therapie eine Reduktion um durchschnittlich 0,71 dpt ergab. Die Reduktion des NZ beim hypoakkommodativem KE betrug im Durchschnitt 0,39 dpt.

44 (57 %) der Patienten wurden ausschließlich mit NZ therapiert, 5 davon (7 %) konnten den NZ ohne Operation ablegen.

**Schlussfolgerung:** Die Behandlung des normakkommodativen KE wird von vielen Faktoren beeinflusst. So zum Beispiel von der Höhe des AC/A-Quotienten und von zusätzlichen Diagnosen der Patienten wie Mikrostrabismus mit oder ohne phorischer Komponente. Unter Beachtung dieser zusätzlichen Faktoren ist es möglich, eine genauere Prognose zum Verlauf des normakkommodativen KE zu treffen und die Therapieoptionen optimaler zu nutzen.

Die Operation ist dabei in vielen Fällen eine Alternative zur konservativen Behandlung des normakkommodativen KE. Sie verkürzt die Behandlungsdauer in der Schielabteilung und führt zu einer zum Teil auch vollständigen Reduktion des Schielwinkels.

## Abstract

**Purpose:** This diploma thesis deals with convergence excess esotropia, its course and optimal treatment. While nonaccommodative convergence excess esotropia (CE) is treated surgically, hypoaccommodative CE can be treated exclusively with bifocals. However, there is a controversy concerning the benefits of surgery compared to years of treatment with bifocals in the treatment of normacommodative CE.

**Methods:** Data from 78 patients with CE were evaluated in a retrospective study. The data from 1996 to 2011 were provided by the Department of Ophthalmology, Medical University of Graz. The findings of this study were compared to the results of the most prominent studies representing the status quo of the controversy.

**Results:** Diagnosis was confirmed at the age of  $5 \pm 3.3$  years. 65 patients had an accommodative, 13 a nonaccommodative CE. The average duration of treatment in the Orthoptics was  $59 \pm 43$  months. Treatment of accommodative CE with bifocals led to a reduction of the near add in 20 cases (30.8 %), in 36 cases (55.4 %) near add stayed stable and in 9 cases (13.8 %) it had to be increased. Patients treated surgically showed an average reduction of near add by 1.67 diopters, while patients treated with bifocals showed an average reduction of near add by 0.71 diopters. The reduction in cases with hypoaccommodative CE was 0.39 diopters.

44 patients (57%) were exclusively treated with bifocals, 5 patients (7 %) were able to dispose of the near add.

**Conclusion:** The treatment of normacommodative CE is influenced by many factors. For example the amount of AC/A ratio and additional diagnosis like microstrabismus with or without phoric component. In consideration of these additional factors it may be possible to make a more accurate prediction of the course of CE and a better utilization of therapeutic options.

Surgical treatment is an alternative to conservative treatment with bifocals in many cases of normacommodative CE. It leads to a shorter duration of treatment in the Orthoptics and in many cases to complete reduction of squint.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	2
Vorwort.....	3
Zusammenfassung .....	4
Abstract.....	5
Inhaltsverzeichnis .....	6
Abbildungsverzeichnis .....	8
Tabellenverzeichnis .....	10
1 Einleitung.....	11
1.1 Hintergründe und Aufbau der Arbeit.....	11
2 Strabismus allgemein.....	12
2.1 Anatomische Grundlagen und Definitionen .....	12
2.2 Physiologie des Binokularsehens.....	17
2.2.1 Sensorische Aspekte:.....	17
2.2.2 Motorische Aspekte:.....	19
2.3 Augenmotilität .....	20
2.4 Diagnostik .....	23
2.4.1 Anamnese und Inspektion.....	23
2.4.2 Untersuchung der Sehschärfe .....	23
2.4.3 Untersuchung des Binokularsehens .....	26
2.4.4 Motilitätsprüfung .....	32
2.4.5 Messung der Abweichung und Untersuchung der Diplopie .....	32
2.4.6 Refraktion in Zykloplegie und Funduskopie .....	39
2.5 Schielformen und Schielstellungen.....	40
2.5.1 Primärer und sekundärer Strabismus .....	40
2.5.2 Manifestes und latentes Schielen.....	40
2.5.3 Konkomitantes und inkomitantes Schielen .....	41
2.5.4 Vergenzanomalie, Esotropie, Exotropie und Vertikalschielen.....	42
2.6 Häufigkeit und Ursachen des Schielens.....	45
2.7 Therapieprinzipien .....	46
3 Konvergenzexzess .....	49
3.1 Definition des Konvergenzexzesses.....	49
3.1.1 Akkommodation und Konvergenz.....	49
3.1.2 AC/A-Quotient .....	51
3.2 Akkommodativer Konvergenzexzess .....	53
3.2.1 Hyperkinetischer bzw. normakkommodativer Konvergenzexzess.....	53
3.2.2 Hypoakkommodativer Konvergenzexzess .....	53
3.3 Nichtakkommodativer Konvergenzexzess.....	55
3.4 Behandlungsmöglichkeiten.....	56
3.4.1 Konservative Therapie mit Bifokal- oder Gleitsichtbrille .....	56
3.4.2 Operative Therapie mit der Fadenoperation nach Cüppers .....	57
4 Ergebnisse zu Verlauf und Behandlungsmöglichkeiten des Konvergenzexzesses .....	60
4.1 Material und Methoden.....	60
4.2 Resultate.....	61
4.3 Diskussion.....	71
4.4 Konklusion.....	77
5 Literaturverzeichnis .....	79
Anhang: Auswertungsbogen.....	82
Anhang: Tabellen.....	83

## Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
ANK	anomale Netzhautkorrespondenz
BES	Binokulares Einfachsehen
bzw.	beziehungsweise
cc	cum correctione
cm	Zentimeter
dpt	Dioptrien
et al.	und andere
KE	Konvergenzexzess
KZH	Kopfzwangshaltung
M.	Musculus
m	Meter
mm	Millimeter
Mm.	Musculi
N.	Nervus
NNK	normale Netzhautkorrespondenz
NZ	Nahzusatz
od	rechtes Auge
os	linkes Auge
PD	Pupillardistanz
pdpt	Prismendioptrien
sc	sine correctione
s.o.	siehe oben
VEP	visuell evozierte Potentiale
VOR	vestibulookulärer Reflex

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anatomische Achse und Sehachse mit Winkel Kappa .....	S 12
Abbildung 2:	Orbitaachse und Sehachse .....	S 13
Abbildung 3:	Anatomie der extraokulären Muskeln .....	S 15
Abbildung 4:	Horopter und korrespondierende Netzhautstellen.....	S 17
Abbildung 5:	Listing-Ebene und Achsen nach Fick .....	S 20
Abbildung 6:	Versionen.....	S 21
Abbildung 7:	Vergenzen .....	S 21
Abbildung 8:	Überprüfung der Augenmotilität.....	S 24
Abbildung 9:	Überprüfung der Fixation.....	S 24
Abbildung 10:	Preferential-looking-Test .....	S 25
Abbildung 11:	Kay-Bilder.....	S 26
Abbildung 12:	Keeler-LogMAR-Test .....	S 26
Abbildung 13:	Lang-Test .....	S 27
Abbildung 14:	Titmus-Test .....	S 27
Abbildung 15:	TNO-Test .....	S 28
Abbildung 16:	Frisby-Test .....	S 29
Abbildung 17:	Bilder des Synoptophor zur Überprüfung von simultaner Wahrnehmung, Fusion und Stereopsis.....	S 31
Abbildung 18:	Mögliche Ergebnisse des Hirschberg-Tests .....	S 33
Abbildung 19:	Mögliche Ergebnisse des Cover-Tests.....	S 34
Abbildung 20:	Mögliche Ergebnisse des Uncover-Tests .....	S 35
Abbildung 21:	Schielwinkelmessung .....	S 36
Abbildung 22:	Tangententafel nach Harms .....	S 37
Abbildung 23:	Leesscreen.....	S 38
Abbildung 24:	Luxeye® als Alternative zum Augenpflaster .....	S 47
Abbildung 25:	Pflasterokklusion des rechten Auges .....	S 47
Abbildung 26:	Operation an einem geraden Augenmuskel .....	S 48
Abbildung 27:	Abnahme der Akkommodationsfähigkeit im Laufe des Lebens.....	S 50
Abbildung 28:	Untersuchung der Akkommodation.....	S 51
Abbildung 29:	Reduktion des NZ bei Patienten mit normakkommodativem KE - Operation und Bifokalbrille im Vergleich.....	S 62

Abbildung 30:	Reduktion in dpt bei Patienten mit hypoakkommodativem KE .....	S 63
Abbildung 31:	Nahschielwinkelreduktion bei Patienten mit KE im Vergleich.....	S 64
Abbildung 32:	Bifokalbrille und Operation im Vergleich.....	S 64
Abbildung 33:	Verteilung der Patienten zu den Gruppen.....	S 66
Abbildung 34:	Verhältnis der männlichen und weiblichen Patienten in den jeweiligen Gruppen .....	S 67
Abbildung 35:	Durchschnittliches Alter bei Diagnosestellung des KE.....	S 68
Abbildung 36:	Durchschnittliche Behandlungsdauer in der Schielabteilung.....	S 68
Abbildung 37:	Reduktion des Nahschielwinkels in Grad im Behandlungsverlauf .....	S 69
Abbildung 38:	Reduktion des Nahzusatzes in Dioptrien im Verlauf.....	S 70

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geschlechtsverteilung der Patienten .....	S 61
Tabelle 2:	Veränderung des NZ bei akkommodativem KE .....	S 62
Tabelle 3:	Reduktion des Nahzusatzes im Behandlungsverlauf– norm- akkommodativer und hypoakkommodativer KE im Vergleich.....	S 63
Tabelle 4:	Verteilung der Patienten zu den Gruppen.....	S 67

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergründe und Aufbau der Arbeit

In der vorliegenden Diplomarbeit soll erörtert werden, ob beim normakkommodativen Konvergenzexzess eine konservative Therapie mit Bifokalbrille der operativen Therapie mit der Fadenoperation vorzuziehen ist. Vor allem die Frage nach der optimalen Therapie des normakkommodativen Konvergenzexzesses, aber auch insgesamt der Verlauf dieser Erkrankung, die sehr häufig mit anderen strabologischen Erkrankungen auftritt, soll untersucht werden.

Stellt die Bifokalbrille die optimale Therapie des normakkommodativen Konvergenzexzesses dar? Hat eine frühzeitige Operation möglicherweise Vorteile für die Patienten? Oder ist eine Operation erst bei fehlendem Therapieerfolg mit der Bifokalbrille oder einem erforderlichen Nahzusatz von über +3 Dioptrien indiziert?

Während die Therapie des nichtakkommodativen Konvergenzexzesses operativ erfolgt und die Behandlung des hypoakkommodativen Konvergenzexzesses einzig die Bifokalbrille darstellt, ist diese Eindeutigkeit beim normakkommodativen Konvergenzexzess nicht gegeben.

Im ersten Teil der Diplomarbeit werden zunächst wichtige Begriffe erörtert, die für das Verständnis der Strabologie essentiell sind. Anschließend wird auf die Anatomie der extraokulären Muskeln und die Augenmotilität eingegangen.

Auch die Physiologie des Binokularsehens, Anamnese und orthoptische Untersuchung speziell von Kindern werden beschrieben. Häufigkeit, Ursachen und Formen des Schielens bilden mit den Therapiemöglichkeiten den Abschluss des ersten Teils der Diplomarbeit.

In Kapitel 2 geht es um die Definition des Konvergenzexzesses, die Bedeutung der Akkommodation und des AC/A-Quotienten, sowie um die Behandlungsmöglichkeiten der verschiedenen Arten des Konvergenzexzesses. Dabei findet die Frage nach operativer oder konservativer Therapie besondere Beachtung.

Im letzten Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der Datenauswertung dargestellt und die Ergebnisse in Zusammenschau mit den in PubMed recherchierten Studien zum Thema diskutiert. Die Grundlage für die Ergebnisse bilden Daten aus den Jahren 1996 bis 2011, die von der Augenklinik der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt wurden.

## 2 Strabismus allgemein

### 2.1 Anatomische Grundlagen und Definitionen

Wichtig für das Verständnis des Strabismus sind Begriffe wie Sehachse, anatomische Achse, Orbitaachse, die Kenntnis der Anatomie des Auges, im Besonderen aber die Kenntnis der Anatomie der extraokulären Muskeln - Musculi oculi, welche den Bulbus um die Achsen nach Fick in der Listing-Ebene bewegen.

#### Sehachse:

*„Die Sehachse verläuft von der Fovea durch den Knotenpunkt des Auges zum Fixierpunkt (fixiertes Objekt). Bei normalem binokularem Einfachsehen kreuzen sich die beiden Sehachsen im Fixierpunkt. Der Fusionsreflex sorgt dafür, dass die Bilder der beiden Augen übereinstimmen und binokulare Antwortzellen im visuellen Kortex kombinieren sie zu binokularem Einfachsehen.“ [1]*

#### Anatomische Achse:

Die anatomische Achse und die Sehachse sind nicht identisch, da die anatomische Achse vom hinteren Pol der Netzhaut durch die Mitte der Hornhaut verläuft und die Sehachse von der Fovea ausgeht. Die Fovea befindet sich weiter temporal als das Zentrum des hinteren Pols, deswegen ergibt sich auch ein bestimmter Winkel, wenn die beiden Achsen miteinander geschnitten werden. Der Winkel nennt sich Winkel Kappa und sollte etwa  $5^\circ$  betragen. Er kann positiv oder negativ sein, je nachdem wo sich die Fovea im Verhältnis zum hinteren Pol befindet. [1]

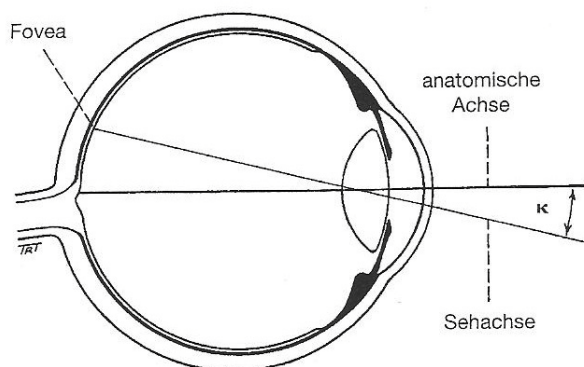
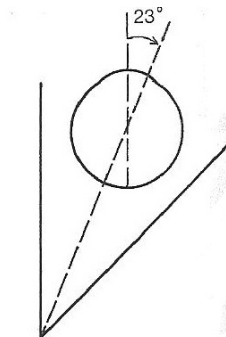


Abb.1: Anatomische Achse und Sehachse mit Winkel Kappa [1]

### **Orbitaachse:**

Die Orbitaachse ist jene Achse, die die Mitte zwischen medialer und lateraler Orbitawand bildet. Da diese beiden Orbitawände in einem Winkel von  $45^\circ$  zueinander stehen, bilden sowohl mediale als auch laterale Orbitawand mit der Orbitaachse einen Winkel von  $22,5^\circ$  (aufgerundet  $23^\circ$ ). Beim Geradeausblick entsteht zwischen Blick- und Orbitaachse ein Winkel von  $23^\circ$ . [1]



*Abb.2: Orbitaachse und Sehachse [1]*

### **Musculi oculi:**

Die Musculi oculi sind jeweils zwei gerade horizontale und vertikale, sowie zwei schräge Augenmuskeln. Die Musculi oculi haben von der Primärposition des Bulbus aus gesehen Haupt- und Nebenfunktionen auf dessen Motilität. Alle sechs Augenmuskeln sind in das Corpus adiposum orbitae eingebettet, setzen am Bulbus an und bis auf den M. obliquus inferior entspringen alle am Anulus tendineus communis (Zinnii). Der Anulus tendineus communis ist ein ovaler, trichterförmiger, aus den Sehnen von fünf der sechs Augenmuskeln bestehender Ring um den N. opticus, N. abducens, N. oculomotorius, N. nasociliaris und um die A. ophthalmica. Diese Nerven und die A. ophthalmica treten also durch den Anulus tendineus communis in die Orbita ein. Das Corpus adiposum orbitae ist von Bindegewebe durchsetzt, welches ebenso eine wichtige Funktion als Widerlager und Halteapparat für den Bulbus hat. [1-3]

Die Blutversorgung der Augenmuskeln, die aus zwei verschiedenen Arten von Muskelfasern bestehen, erfolgt durch die A. ophthalmica, die A. infraorbitalis und die A. lacrimalis. Während die so genannten A-Fasern dicke Muskelfasern mit Fibrillenstruktur sind und für schnelle Augenbewegungen Verantwortung tragen, sind die dünnen B-Fasern durch eine Felderstruktur und multiple Nervenendigungen charakterisiert. Sie sind verantwortlich für die Haltearbeit und tonische Bewegungen des Auges. [4]

### **Gerade Augenmuskeln:**

Der M. rectus medialis und M. rectus lateralis sind die beiden horizontalen geraden Augenmuskeln. Beide haben ihren Ursprung am Anulus von Zinn. Wenn sich das Auge in Primärposition befindet, hat der M. rectus lateralis nur Hauptfunktion in Form von Abduktion, während der M. rectus medialis bei gleichen Voraussetzungen für die Adduktion um die vertikale Z-Achse zuständig ist. Der M. rectus lateralis inseriert am äußeren Quadranten der Sklera, 6,9 mm hinter dem temporalen Limbus. Der M. rectus medialis setzt 5,5 mm hinter dem nasalen Limbus an. [1-3]

Generell muss bei den Augenmuskeln zwischen anatomischem und funktionellem Ansatz unterschieden werden. Der funktionelle Ansatz ist jener Tangentialpunkt, an dem sich der Muskel nicht mehr an den Bulbus anschmiegt, sondern sich von ihm abhebt. Je nach Stellung des Bulbus ändert sich auch der Tangentialpunkt. [4]

Die Ansätze der vier Rekti sind auch deshalb von Bedeutung, weil durch die imaginäre Verbindung der Ansätze die so genannte Spirale von Tillaux entsteht - eine wichtige anatomische Orientierung bei chirurgischen Eingriffen. [1]

Die beiden vertikalen geraden Augenmuskeln sind der M. rectus superior und inferior. Sie entspringen ebenso wie die beiden anderen Rekti am Anulus von Zinn und bewegen den Bulbus um die horizontale X-Achse, wenn dieser 23° abduziert ist und somit die Sehachse und die Orbitaachse (s. o.) identisch sind. In dieser Stellung wirkt der durch den N. oculomotorius innervierte M. rectus superior als reiner Elevator. Als Adduktor und Innenroller wirkt er, wenn er parallel zur Orbitaachse und somit in einem Winkel von 23° zur Sehachse liegt. Er setzt 7,7 mm hinter dem Limbus im oberen Quadranten an. Der M. rectus inferior setzt 6,5 mm vom unteren Hornhautrand an und senkt den Bulbus, rotiert ihn nach außen und adduziert. Er ist jedoch reiner Senker, wenn der Bulbus in 23° Abduktion steht und reiner Auswärtsdreher bei einer Adduktionsstellung von 67°. [1, 2]

### **Schräge Augenmuskeln:**

Medial am Keilbeinkörper entspringt der vom N. trochlearis innervierte M. obliquus superior. Er verläuft bis nahe an den Orbitalrand, wo seine Sehne sich dann durch die Trochlea fortsetzt. In der faserknorpeligen Trochlea knickt die Sehne in einem Winkel von 50° nach hinten und lateral ab und inseriert hinter dem Äquator auf der oberen, temporalen Bulbusseite. Mit der Sehachse bilden beide schrägen Augenmuskeln einen Winkel von 51°, somit ergibt sich für den M. obliquus superior die Hauptfunktion Einwärtsrollen des Bulbus (besonders die vorderen Fasern der Sehne) und als Nebenfunktionen ergeben sich

Senkung (besonders die hinteren Fasern) und Abduktion. Dem entsprechend verändert sich die Funktion des oberen schrägen Augenmuskels hin zu einem reinen Senker, wenn das Auge um  $51^\circ$  adduziert ist. Der Funktionswechsel bzw. die Zugrichtung des M. obliquus superior sowie auch der anderen Augenmuskeln hängt also mit der Stellung der Sehachse zur Orbitaachse, sowie mit den Muskelansätzen zusammen. So wird der M. obliquus superior, wenn seine Sehne senkrecht zur Sehlinie verläuft (was bei einer  $39^\circ$  Abduktion der Fall ist) zum reinen Einwärtsroller.

Durch das gleiche Prinzip wird der M. obliquus inferior bei einer  $39^\circ$  Abduktion zum reinen Auswärtsroller, was auch seine Hauptfunktion ist. Seine Nebenfunktionen sind Hebung (in  $51^\circ$  Adduktion ist er sogar reiner Heber) und Abduktion. Dieser Muskel ist der einzige der Augenmuskeln, der vorne am Orbitaboden entspringt. Er verläuft zum hinteren, unteren lateralen Quadranten des Bulbus, wo er ansetzt. [1-3]

Zusammenfassend zur Innervation der Augenmuskeln gilt: der N. oculomotorius versorgt den M. rectus medialis, inferior und superior, sowie den M. obliquus inferior, M. levator palpebrae, M. sphincter pupillae und den M. ciliaris. Der M. obliquus superior wird vom N. trochlearis versorgt und der M. rectus lateralis vom N. abducens.

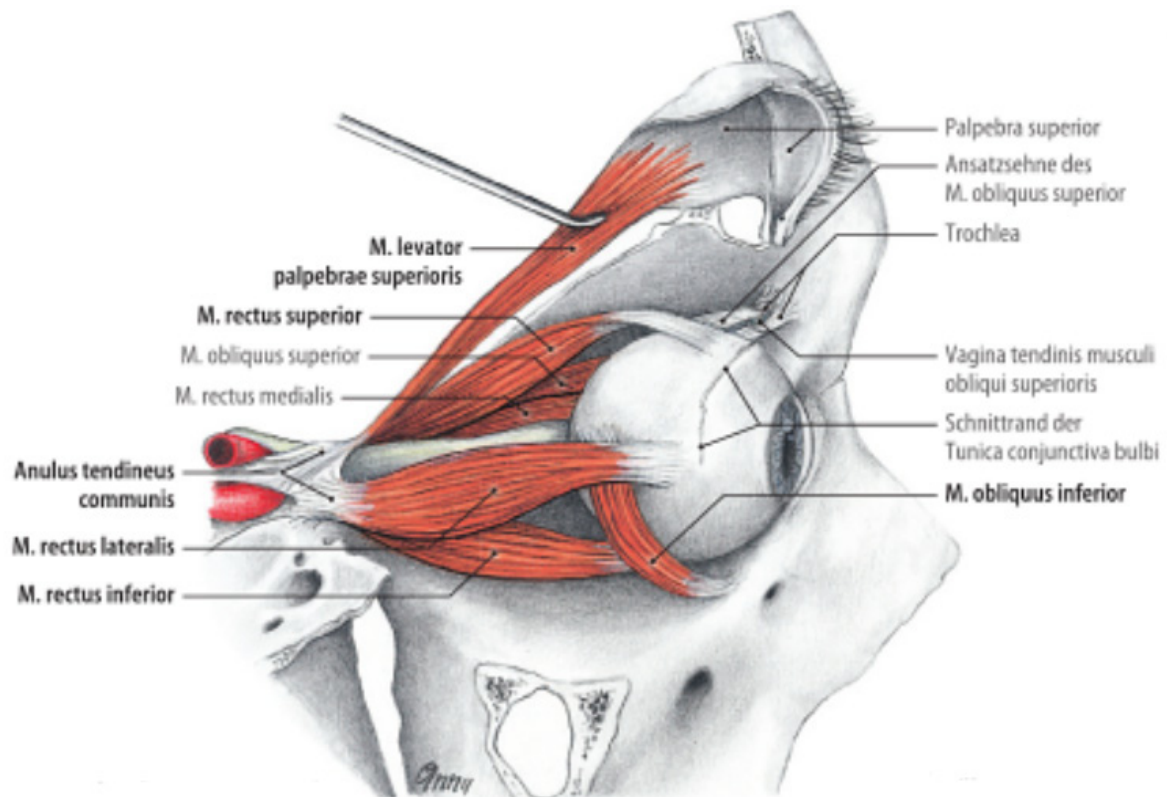


Abb.3: Anatomie der extraokulären Muskeln [5]

Um die Augen in Balance halten zu können, müssen sie gleichsinnig bewegt werden. Das bedeutet, dass die Innervation des Muskels eines Auges mit der Innervation des gleich wirkenden Muskels des anderen Auges gekoppelt ist. Daraus ergeben sich zum Beispiel Konsequenzen für diverse Operationen oder Muskellähmungen, da sich ein operativer Eingriff bei Muskeln einer Seite auch auf die Intensität der Innervation der Muskeln der anderen Seite auswirkt (Sherringtons Gesetz der reziproken Innervation). [1-3]

## 2.2 Physiologie des Binokularsehens

Das beidäugige Sehen, das normale binokulare Einfachsehen (BES), ist ein komplexer Vorgang von der Bildaufnahme der Augen über die Netzhaut bis hin zur Verarbeitung der Informationen in der Sehrinde. Das binokulare Sehen hat sensorische und motorische Aspekte, deren Zusammenspiel zwar subjektiv nicht registriert wird, dennoch von großer Bedeutung ist um ein einheitliches Bild des fixierten Gegenstandes zu erhalten. Für das normale binokulare Einfachsehen müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Zu diesen Voraussetzungen gehören ein normaler Verlauf der Sehbahnen mit Überlappung der Gesichtsfelder, binokular induzierte Neurone in der Sehrinde, normale Netzhautkorrespondenz (NNK), sowie circa gleiche Bildgröße und Bildklarheit beider Augen. Außerdem müssen die Sehachsen auf das Objekt gerichtet und auf diesem gehalten werden können, wofür eine präzise neuromuskuläre Entwicklung Voraussetzung ist. Es werden drei Stufen des binokularen Sehens unterschieden: Das Simultansehen, die Fusion und die Stereopsis. [1, 6]

### 2.2.1 Sensorische Aspekte:

#### Simultansehen

Unter Simultansehen versteht man, dass durch die beiden Retinae zwei unterschiedliche Bilder gleichzeitig wahrgenommen werden. [4]

Für das Verständnis des Simultansehens muss jedoch zuerst der Begriff „Horopter“ erklärt werden. Es handelt sich hierbei um einen geometrischen bzw. physiologischen Sehkreis, der für jede Fixationsentfernung anders ist.

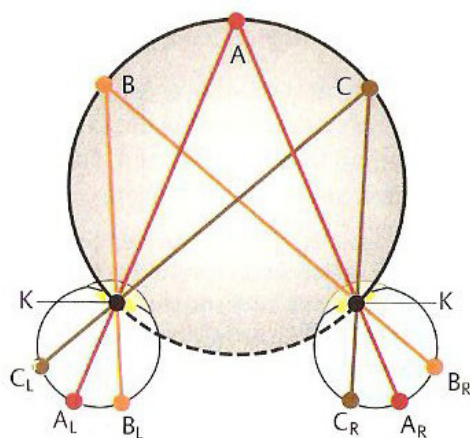


Abb.4: Horopter und korrespondierende Netzhautstellen [7]

Die auf dem Horopter liegenden Fixationsobjekte werden einfach wahrgenommen, da sie auf den beiden geradeaus projizierenden Foveae abgebildet werden (simultane bifoveale Fixation) und die beiden Bilder im Gehirn durch Fusion zu einem einheitlichen verarbeitet werden können. [1, 6]

Aber auch Objektpunkte die auf peripheren korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet werden, werden einfach gesehen. [1, 6]

*„Korrespondierende Netzhautstellen sind diejenigen Netzhautanteile, die nach Fusion durch das gleiche Reizmuster erregt werden.“ [4]*

Durch die korrespondierenden Netzhautareale erfolgt auch die Zuordnung eines Objektes im Raum. So zum Beispiel wird ein Objekt rechts im Raum wahrgenommen, wenn das Sehobjekt am rechten Auge die nasale Retina stimuliert und am linken Auge die temporale. Dem physiologischen Horopter entsprechend wird auch noch ein im Panum-Fusions-Raum befindliches Objekt einfach wahrgenommen werden, während die Objekte außerhalb des Panum-Raumes zur Entstehung von Doppelbildern führen. Diese werden in der Regel aber unterdrückt und nicht wahrgenommen (physiologische Suppression). Die Doppelbilder sind eine physiologische Diplopie, die wie beschrieben durch die Abbildung des nicht im Panum-Raum liegenden Objektes auf nicht korrespondierende Netzhautstellen zurück zu führen ist. [1, 6]

### **Fusion**

Die Fusion, die Verschmelzung der Netzhautbilder durch die Sehrinde zu einem einheitlichen Bild, findet zum ersten Mal zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat statt. [4] Sie kann nur geschehen, wenn von beiden Netzhäuten ein Seheindruck an das Gehirn weitergeleitet wird. Ist der Vorgang der Fusion gestört, kann es zu Diplopie kommen. Bei der sensorischen Fusion wird zwischen zentral und peripher unterschieden. Bei der zentralen Fusion werden Bilder aus der Fovea centralis integriert, bei der peripheren Fusion Bilder außerhalb derselben. [1, 6]

### **Stereopsis**

Bei der Stereopsis handelt es sich um die Tiefenwahrnehmung, das räumliche Sehen, welches die qualitativ höchste Stufe des Binokularsehens darstellt. Aus zwei verschiedenen zweidimensionalen Bildern kann das Gehirn ein dreidimensionales Bild erzeugen. Dieser dreidimensionale Eindruck eines Objektes entsteht durch die gleichzeitige Stimulation horizontaler disparater (nichtkorrespondierender, querdissparater) Netzhautareale durch die

Lage des Objektes vor oder hinter dem Fixierpunkt im Panum-Fusions-Raum. Die retinale Disparität würde ja eigentlich die Entstehung einer Diplopie bedeuten, da das Objekt nicht auf dem Horopter liegt und somit nicht auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet wird. Das Gehirn hat aber die Fähigkeit, diese nichtkorrespondierenden, aber noch im Panum-Fusions-Raum liegenden Objektpunkte in dreidimensionales Sehen mit unterschiedlichen Tiefen umzusetzen und den Seheindruck nicht als Doppelbilder wahrzunehmen. [1, 6]

*„Der Panum-Raum an der Fixation ist eng (6 Bogenminuten) und wird zur Peripherie hin breiter (30-40 Bogenminuten  $15^\circ$  von der Fovea entfernt).“ [1]*

### **2.2.2 Motorische Aspekte:**

Bei Disparität von Retinabildern müssen der Kopf und die Augen in die richtige Position gebracht werden, damit es zur bifovealen Fixation kommen kann. Diese physische Ausrichtung wird motorische Fusion genannt. Sie ist die Voraussetzung dafür, dass auf beiden Netzhäuten ein gleiches Bild entstehen kann. Auch die fusionale Vergenz trägt zur Überwindung der Bilddisparität bei, indem durch disjunktive Augenbewegungen das Sehobjekt richtig positioniert wird. Die Fusionsbreite (fusionale Vergenzamplitude) in die Konvergenz liegt bei 15-20 pdpt für die Ferne und 25 pdpt für die Nähe, bei Divergenz für die Ferne bei 6-10 pdpt und für die Nähe 12-14 pdpt, vertikal sind 2-3 pdpt normal und für die Zyklivergenz  $2-3^\circ$ . Die Vergenzamplitude wird mit Prismen oder am Synoptophor gemessen. Sie kann durch Training mit Prismen verbessert werden. [1, 4]

## 2.3 Augenmotilität

Wichtig für die Einteilung der Augenbewegungen sind die Achsen nach Fick und die Listing-Ebene. „Die Listing-Ebene ist eine imaginäre koronare Ebene, die durch das Zentrum der Bulbusrotation verläuft. Der Bulbus rotiert um die Achsen nach Fick, welche die Listing-Ebene schneiden.“ [1]

Die Listing-Ebene ist also jene Ebene, die sich aus der X- und Z-Achse bildet, wenn das Auge in Nullstellung ist.

Die Achsen nach Fick sind eine horizontale X-Achse, um die der Bulbus nach oben und unten bewegt wird, eine vertikale Z-Achse, um die er nach links und rechts bewegt wird und eine sagittale, der anatomischen Achse des Auges entsprechenden Y-Achse, um die der Bulbus eine Verrollung erfährt. Der Kreuzungspunkt der drei Achsen ist der Drehpunkt, um den das Auge rotiert. [1, 4]

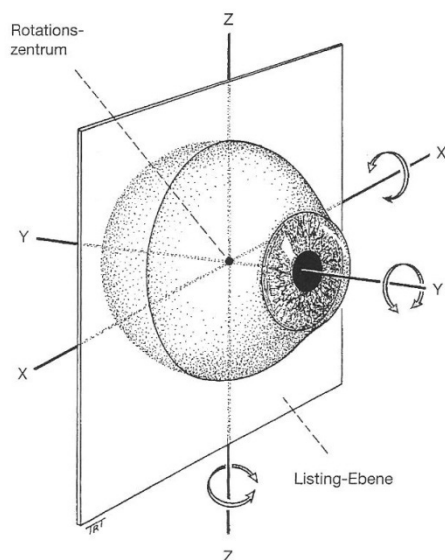


Abb.5: Listing-Ebene und Achsen nach Fick [1]

Die Augenbewegungen werden unterteilt in Duktionen, Versionen und Vergenzen, außerdem können sechs Kardinalblickpositionen und neun diagnostische Blickpositionen unterschieden werden. Zu den Kardinalpositionen zählen die Dextro- und Lävoversion, die Dextro- und Lävoelevation und die Dextro- und Lävodepression. Sie sind dadurch charakterisiert, dass beide Augen von jeweils einem Muskel in die entsprechende Position gebracht werden. Die diagnostischen Blickpositionen dienen der Messung der Abweichung und setzen sich aus den sechs Kardinalblickpositionen sowie Elevation, Depression und Primärposition zusammen. [1]

**Duktionen** sind Bewegungen des einzelnen Auges - Adduktion, Abduktion, Elevation (Supraduktion), Depression (Infraduktion), Inzykloduktion und Exzykloduktion. Sie werden unter Okklusion des zweiten Auges untersucht.

**Versionen** sind binokulare, simultane, konjugierte Bewegungen des Bulbus. Dazu gehören Supraversion, Infraversion, Dextroversion und Lävoversion, die den Bulbus aus der Primärstellung durch die Kardinalbewegungen in die sekundären Blickpositionen bringen, sowie Dextroelevation, Dextrodepression, Lävoelevation, Lävodepression, die ihn in die Tertiärposition bringen.

Auch Dextrozykloverversion und Lävozykloverversion, die durch eine Neigung des Kopfes bzw. als Stellreflex entstehen, werden zu den Versionen gezählt.

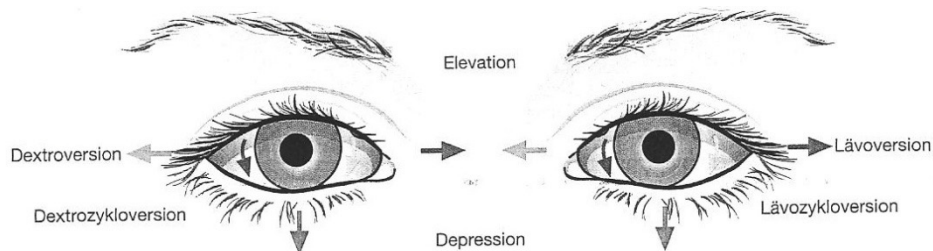


Abb.6: Versionen [1]

**Vergenzen** sind ebenfalls binokulare, simultane, jedoch disjugierte Bewegungen der Augen. Zu ihnen werden die Konvergenz, also die willentliche oder reflektorische gleichzeitige Adduktion beider Augen und die Divergenz, die die Auswärtsdrehung aus der Konvergenz darstellt, gezählt. Bei ersterer schneiden sich die Gesichtslinien vor dem Auge, bei der Divergenz hinter dem Auge.

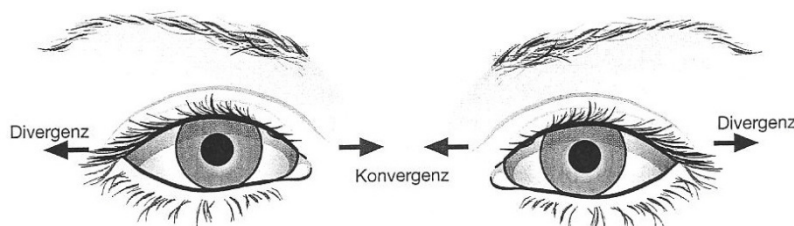


Abb.7: Vergenzen [1]

Die Reflexkonvergenz setzt sich aus tonischer, proximaler, fusionaler und akkommodativer Konvergenz zusammen. Die gleichzeitige Änderung der Pupillengröße,

Konvergenz und Akkommodation wird als Nahtrias bezeichnet und erfolgt als Anpassung auf eine Bildunschärfe oder temporäre retinale Bilddisparität. [1, 4]

Neben den oben genannten Augenbewegungen gibt es auch noch viel unscheinbarere, kleinere Augenbewegungen, deren Bedeutung aber zunehmend erkannt wird. Es handelt sich um Mikrobewegungen, die eingeteilt werden in langsame Mikrobewegungen - auch Drifts genannt, in Mikrosakkaden und Mikrotremor. [8]

Jedes Auge hat **Agonist-Antagonisten-Paare**. Es handelt sich hierbei um zwei Muskeln desselben Auges, von denen der Agonist das Auge in eine Richtung bewegt und der Antagonist seine Wirkung in die entgegengesetzte Richtung entfaltet.

Beispiel: Der linke M. rectus medialis ist der Antagonist des linken M. rectus lateralis beim Blick nach links.

**Synergisten** sind hingegen Muskeln eines Auges, deren Kräfte in die gleiche Richtung wirken und das Auge jeweils in die gleiche Richtung bewegen.

Beispiel: Bei der Adduktion sind der M. rectus superior und inferior die Synergisten des M. rectus medialis.

*„Yoke-Muskeln sind Muskelpaare (einer in jedem Auge), die konjugierte Augenbewegungen produzieren“.* [1]

Beispiel: Der M. rectus inferior des rechten und des linken Auges sind Yoke-Muskeln, oder auch der M. rectus inferior des rechten und der M. obliquus superior des linken Auges.

Für Version und Vergenz gilt das **Sherringtons Gesetz der reziproken Innervation**. Es beschreibt die reziproke Abnahme der Innervation des Antagonisten bei verstärkter Innervation seines Agonisten.

Beispiel: Wenn sich der M. rectus lateralis kontrahiert, ist er auch verstärkt innerviert. Sein Antagonist, der M. rectus medialis wird weniger innerviert und verliert an Spannung.

Das **Herings Gesetz** besagt, dass die Yoke-Muskeln bei konjugierten Augenbewegungen gleich stark und simultan innerviert werden.

Beispiel: Bei einer Abduzensparese rechts ist der sekundäre Schielwinkel beim Blick nach rechts größer als der primäre, weil die verstärkte Innervation des rechten M. rectus lateralis auch zu einer verstärkten Innervation des M. rectus medialis der linken Seite führt, sobald der Patient mit dem paretischen Auge fixiert. Die Innervation des linken M. rectus medialis ist demnach zu stark und es kommt zu einer Vergrößerung des Schielwinkels. Denn die Innervation aller Yoke-Muskeln ist immer gleich und wird vom fixierenden Auge bestimmt. [1]

## **2.4 Diagnostik**

### **2.4.1 Anamnese und Inspektion**

Bei der Anamnese sollte der Schielbeginn erfragt werden. Dazu hilfreich können auch frühere Fotos sein. Der Schielbeginn kann einen Hinweis auf die Ätiologie geben und eine operative Behandlung ist umso wahrscheinlicher indiziert, je früher das Schielen beginnt. Außerdem ist die Gefahr für eine Amblyopie höher, je länger das Kind in der frühen Kindheit schielt, es sei denn es fixiert alternierend. Tritt das Schielen erstmals zwischen dem 18. und 36. Lebensmonat auf, ist eine akkommodative Komponente wahrscheinlich.

Als auslösende Faktoren für das Schielen sollten in der Anamnese auch der Allgemeinzustand des Patienten (Kinder mit zerebralen Problemen schielen häufiger), Verletzungen, insbesondere Stürze und Allgemeinerkrankungen wie zum Beispiel Röteln, Masern oder bei Erwachsenen Grunderkrankungen wie Diabetes mellitus erfragt werden. Ebenso wichtig ist bei Kindern die Geburtsanamnese mit Erkrankungen von Mutter und Kind, Gestationsalter, Geburtsprobleme und allgemein der perinatale Verlauf. [1, 4]

Im Rahmen der Familienanamnese sollte gefragt werden, ob auch andere Familienmitglieder einen Strabismus aufweisen, denn obwohl es kein bekanntes Vererbungsmuster gibt, tritt der Strabismus doch familiär gehäuft auf. Auch Fragen nach anderen Augenerkrankungen in der Familie, Refraktionsanomalien und Amblyopie sollten beantwortet werden.

Zusätzlich dürfen in der Anamnese Fragen über verschwommenes Sehen, Doppelbilder (sowie deren Form, die Blickrichtung und Entfernung bei der sie auftreten und tageszeitliche Schwankungen), Asthenopie oder Blendung, Müdigkeit, Stress und Alkoholkonsum nicht fehlen.

Zu guter Letzt sollen noch Brillen, Okklusionsbehandlungen, pleoptische Übungsbehandlungen, Penalisation und vorangegangene Operationen erfasst werden.

Über die Inspektion können eine Kopfzwangshaltung und Lidschlussdefizite festgestellt werden und auch welches Auge schielt. [1, 4]

### **2.4.2 Untersuchung der Sehschärfe**

Beim Erwachsenen wird die Sehschärfe normalerweise mit Einzeloptotypen ermittelt, zuerst monokular, dann binokular. Es werden immer Fernvisus und Nahvisus ohne Korrektur (sc), mit eigener Korrektur (cc) und mit bestmöglicher Korrektur untersucht.

Auch bei Kindern erfolgt die Ermittlung der Sehschärfe mit Hilfe der Okklusion eines Auges, denn es kann sein, dass die Sehschärfe binokular besser ist als monokular. Wehrt sich das Kind gegen die Okklusion, kann das schon ein Hinweis auf eine schlechte Sehschärfe des nicht abgedeckten Auges sein.

Grundsätzlich muss bei der Untersuchung von Kindern darauf geachtet werden, ob es präverbale Kinder sind, oder ob sie sich schon in ausreichendem Maß mitteilen können.

Bei präverbalen Kindern werden **Fixieren und Folgebewegungen** durch das Vorhalten eines auffälligen, hellen Objektes, zum Beispiel eines Spielzeuges oder einer Lichtquelle untersucht. Die Fixation ist ab dem 10. – 12. Lebenstag vorhanden, Folgebewegungen festigen sich in den ersten Lebensmonaten. [1, 4]



Abb.8: Überprüfung der Augenmotilität [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]



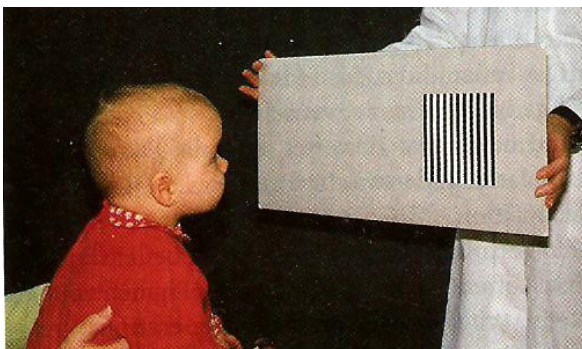
Abb.9: Überprüfung der Fixation [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

Beim so genannten **Fixationstest** wird festgestellt, ob das manifest schielende Auge in der Sehschärfe reduziert ist oder nicht, beziehungsweise ob sie gleich gut wie beim kontralateralen Auge ist. Dazu wird dem Kind, während es einen Gegenstand fixiert, das dominante Auge okkludiert. Die Qualität der Fixation kann dann mit „zentral oder nicht zentral, sicher, suchend, unsicher“ beschrieben werden und ob sie „kurz, gar nicht oder normal gehalten“ werden kann. „Wenn die Fixation sofort wieder auf das andere Auge übergeht, ist die Sehschärfe reduziert. Wenn die Fixation nach dem Lidschlag gehalten werden kann, ist die Sehschärfe gut. Wenn der Patient abwechselnd fixiert, haben beide Augen eine gleiche Sehschärfe“. [1]

Mit einem ähnlichen Prinzip funktioniert der **10-Prismendioptrien-Test**, er kann auch bei manifestem Schielen angewendet werden. Durch ein vertikales Prisma werden Doppelbilder ausgelöst. Wenn der Patient abwechselnd fixiert, spricht dies für eine gleiche Sehstärke beider Augen.

Weiters kann bei präverbalen Kindern der **Rotations-Test** durchgeführt werden. Der Untersucher dreht sich mit dem Kind um 360° und beobachtet, ob ein Nystagmus in die Gegenrichtung entsteht und ob dieser 1 bis 2 Sekunden nach dem Ende der Rotation durch das visuelle Feedback auf den vestibulookulären Reflex von selbst wieder endet, so wie es physiologisch wäre. Ist das nicht der Fall, kann auf eine stark reduzierte Sehschärfe geschlossen werden, denn der Nystagmus kann aufgrund des fehlenden visuellen Feedbacks nicht stoppen. [1]

Eine quantitative Bestimmung der Sehschärfe kann mit dem **Preferential-looking-Test** bereits bei Säuglingen durchgeführt werden, die noch keine Bilder oder Buchstaben erkennen können. Stattdessen werden Muster und homogene Flächen verwendet und man macht sich die Eigenschaft der Kinder, lieber auf Muster als auf eine homogene Fläche zu schauen, zunutze. Das Kind wird von einem Erwachsenen gehalten oder in einem kindergerechten Sitz hingesezt. Dann wird ihm eine Tafel vorgehalten, die einerseits eine homogene Fläche enthält und auf der anderen Seite Streifen oder Formen mit verschiedenen Konturen (Teller-Sehschärfe-Karten und Cardiff-Sehschärfe-Karten). Der Untersucher befindet sich hinter der Tafel und kann durch ein Loch zwischen den beiden Feldern beobachten, ob das Kind mit den Augen Fixationsbewegungen macht oder nicht. Kinder können generell Formen mit groben Konturen besser erkennen, deswegen werden die Karten getauscht und Karten mit immer dünneren Streifen vorgehalten. Je nachdem, ab wann das Kind keinen Unterschied mehr zwischen den Streifen und der homogenen Fläche erkennen kann, wird die Sehschärfe eingeschätzt.



*Abb.10: Preferential-looking-Test [9]*

**Muster-VEP** (visuell evozierte Potentiale) können bei Kindern gemessen werden, bei denen der Preferential-looking-Test nicht aufschlussreich ist, um das räumliche Auflösungsvermögen zu testen oder eine Optikusneuropathie zu diagnostizieren. Dabei

wird mit Elektroden gemessen, ob und bis zu welcher Strichstärke die gezeigten Bilder Reaktionen hervorrufen. [1, 10]

Zur Untersuchung der Sehschärfe **verbaler Kinder** werden circa ab dem zweiten bis dritten Lebensjahr LH-Tafeln (Lea Hyvärinen-Tafeln) oder crowded Kay-Bilder benutzt, da Kinder in diesem Alter die Bilder meist schon benennen können. Ab dem dritten Lebensjahr kommen Buchstaben-Optotypen zur Anwendung, zum Beispiel der Keeler-LogMAR-Test. [1]

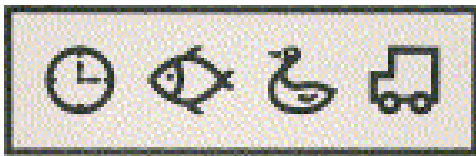


Abb.11: Kay-Bilder [1]



Abb.12: Keeler-LogMAR-Test [1]

## 2.4.3 Untersuchung des Binokularsehens

### 2.4.3.1 Stereosehen

#### Treffversuch

Der Treffversuch ist ein qualitativer Test zum Nachweis des Vorhandenseins von binokularem Tiefensehen. Er wird sowohl binokular als auch monokular durchgeführt und besteht für den Patienten in der Aufgabe, mit der Spitze eines Bleistiftes die Spitze des vom Untersucher senkrecht vorgehaltenen Bleistiftes zu treffen. Während der Patient versucht die Spitze des Bleistiftes zu treffen, beobachtet der Untersucher seine Treffsicherheit. Auch die Augenstellung, Hornhautreflexe und Fusionsbewegungen werden beobachtet. Bei der monokularen Prüfung ist es auch für Gesunde normal, die Spitze zu verfehlen, da kein räumliches Sehen mehr möglich ist. [8]

#### Lang-Test

Der Lang-Test besteht aus einer Karte, auf der einfache Bilder wie z.B. ein Stern oder ein Auto räumlich wahrnehmbar werden, wenn Stereosehen besteht und wenn die Karte parallel vor das Gesicht gehalten wird. Mit diesem Test kann bereits im Säuglingsalter das räumliche Sehvermögen getestet werden, da die Kinder instinktiv nach den Bildern greifen oder ihre Augenbewegungen von einem Bild auf der Karte zu einem anderen beobachtet werden können. [1, 4]

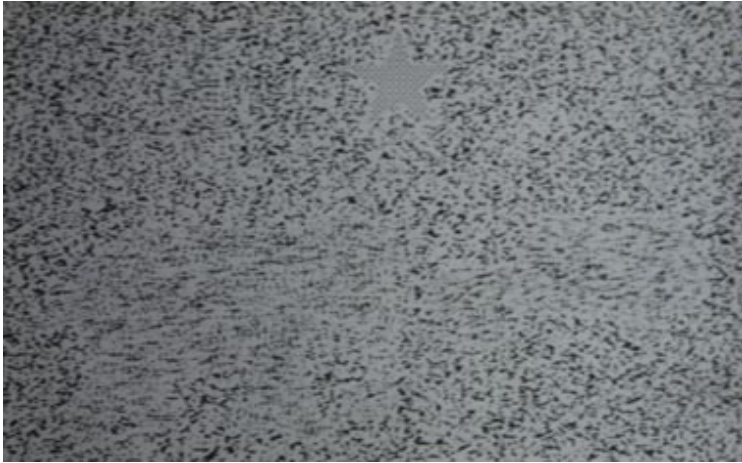


Abb.13: Lang-Test [1]

### Titmus-Test

Wie der TNO-Test kann der Titmus-Test nicht bei manifestem Schielen verwendet werden. Mithilfe einer Brille mit Polarisationsfilter werden beide Augen getrennt. Bei normalem Stereosehen erscheinen die Polaroid-Vektographen bei Betrachtung mit der Brille dreidimensional. Die Polaroid-Vektographen haben die Form eines Buches, bei dem auf einer Seite eine Fliege abgebildet ist. Wenn diese räumlich wahrgenommen werden kann, spricht das für eine grobe Stereopsis von 3.000 Bogensekunden. Die Kreise und Tiere auf der anderen Seite dienen der genaueren Einteilung der feinen Tiefenwahrnehmung und umfassen insgesamt einen Grad der Disparität von 800 bis 40 Bogensekunden. [1, 9]



Abb.14: Titmus-Test [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

## TNO-Test

Etwa ab dem Alter von 4 Jahren ist der TNO-Test, welcher wie der Frisby-Test ein „Random-dot-Test“ ist, für Kinder zu bewältigen. Der TNO-Test besteht aus sieben Tafeln, auf denen zufällig verteilte rote, grüne und braune Punkte zu sehen sind. Diese Punkte bilden verschiedene Formen, etwa Kreise und Quadrate, von denen einige auch ohne Rot-Grün-Brille erkannt werden können. Andere können nur gesehen werden, wenn die Rot-Grün-Brille getragen wird und Stereopsis besteht. *„Die ersten drei Tafeln werden verwendet, um Stereopsis festzustellen, und die weiteren zu ihrer Quantifizierung.“ [1]*

Der Test sollte in einer Entfernung von 40 cm durchgeführt werden und erreicht in diesem Abstand einen Disparitätsgrad von 480 bis 15 Bogensekunden. Da der TNO-Test ein gutes binokulares Einfachsehen (BES) voraussetzt, ist bei anomaler Korrespondenz oder schwachem BES mit dem Titmus-Test ein verlässlicheres Ergebnis zu erzielen. [1]



Abb.15: TNO-Test [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

## Frisby-Test

Die drei transparenten Plastik- oder Glastafeln für den Frisby-Test haben eine Dicke von 1,5 mm, 3 mm und 6 mm. Auf jeder dieser Tafeln sind vier Quadrate mit zufällig verteilten Formen aufgedruckt. In einem der Quadrate ist auf jeder Tafel ein Kreis aus zufällig verteilten Formen „versteckt“, der auf der Rückseite der Platte aufgedruckt ist und vom Patienten, dem der Kreis dreidimensional erscheint, gezeigt werden soll. Während der Untersuchung darf die Tafel nicht gekippt werden. Die Disparität entsteht durch die Dicke der Platten und den Abstand des Betrachters zu den Tafeln. Aus diesem Grund muss der

Abstand von den Augen zur Tafel gemessen werden und in die Berechnung mit einbezogen werden. Bei diesem Test kann ein Disparitätsgrad von 600 bis 15 Bogensekunden gemessen werden. [1]

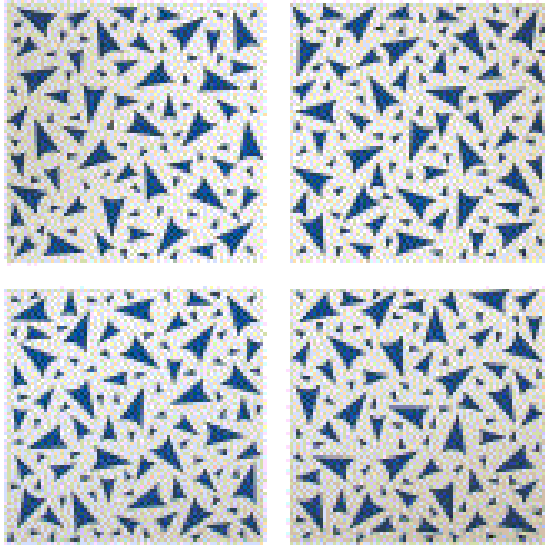


Abb.16: Frisby-Test [1]

#### **Frisby-Davis-Test für die Ferne**

Der von John P. Frisby und Helen Davis entwickelte „FD2 stereoacuity test“ wird in einem Abstand von 6 Metern durchgeführt. Er besteht aus einer großen Box, deren Front offen ist. Im Inneren der Box befinden sich vier kleine Objekte, von denen der Patient sagen soll, welches ihm am nächsten erscheint. [1, 11]

#### **2.4.3.2 Simultansehen**

##### **Worth-Test**

Zur Durchführung des Tests setzt der Patient eine Rot-Grün-Brille auf, welche als Farbfilter dient. Die rote Linse ist vor dem rechten und die grüne Linse vor dem linken Auge. Aus etwa 5 Metern Entfernung (es gibt allerdings auch einen Test für die Nähe), sollen die vier rautenförmig angeordneten Lichter betrachtet werden. An der oberen Spitze der Raute befindet sich ein weißes Licht, an der unteren ein rotes, dazwischen zwei grüne Lichter. Sieht der Patient die vier Lichter in ihrer richtigen Anordnung, liegt entweder normale Fusion oder anomale Netzhautkorrespondenz vor, sieht er zwei rote Lichter übereinander so spricht das für eine Suppression des linken Auges, während drei grüne Lichter für die Suppression des rechten Auges sprechen. Sieht der Patient zwei rote und drei grüne Lichter, so liegt eine Diplopie vor.

Dieser Test wurde durch den Bagolini-Lichtschweiftest verdrängt, sein Wert liegt eher im Nachweis von Labilität der Binokularfunktionen. [1, 4, 8]

### **Bagolini-Lichtschweiftest (Bagolini-Streifentest, Lichtstreifentest nach Bagolini)**

Mit dem Bagolini-Test sowie auch mit dem Synoptophor können Fusion und grob die Netzhautkorrespondenz überprüft werden. Der Patient bekommt Plangläser in 45° und 135° vorgesetzt die sehr feine, parallel verlaufende Rillen haben. Somit erscheint einem Gesunden mit normalem Simultansehen eine vorgehaltene punktförmige Lichtquelle als diagonales Kreuz in Form eines X, da durch die Rillen aus der punktförmigen Lichtquelle ein Lichtstreifen wird. Gibt der Patient an, nur einen diagonalen Lichtstreifen zu sehen, deutet das auf eine Suppression eines Auges hin. Wenn er zum Beispiel einen Lichtstreifen sieht, der sich aus seiner Sicht von links unten nach rechts oben erstreckt, wird das linke Auge unterdrückt. Sieht er hingegen die beiden Linien getrennt voneinander, besteht Diplopie. Ein Suppressionsskotom äußert sich als kleine Lücke in einem Streifen und kann auf Mikrostrabismus hinweisen. [1, 6]

### **4-Prismendioptrien-Test**

Mit dem 4-Prismendioptrien-Test können die bifoveale Fixation und ein zentrales Suppressionsskotom bei Mikrostrabismus unterschieden werden, je nachdem, welche Reaktion durch das Vorhalten des Prismas verursacht wird. Es ist beim Vorhalten des Prismas darauf zu achten, ob beide Augen in eine Richtung abweichen und Fusionsbewegungen entstehen, oder ob keine Augen- und Refixationsbewegungen stattfinden. Ersteres spricht für bifoveale Fixation, das Fehlen von Augen- und Refixationsbewegungen weist auf einen Mikrostrabismus mit zentralem Suppressionsskotom hin. [1]

### **Synoptophor**

Der Synoptophor hat zwei zylindrische Röhren, die sich in Form von Schwenkarmen in verschiedenen Winkeln zueinander einstellen lassen. An den Enden der Schwenkarme können Bilder eingeschoben und beleuchtet werden. Durch den im Inneren der Röhren befindlichen Umlenkspiegel um 90° und eine +6,5 dpt-Linse kommt es zu einer optischen Testdistanz von 6 Metern und zu einer Bildtrennung beider Augen. Der Synoptophor wird vielseitig verwendet. So können damit sehr gut der Schielwinkel und dessen horizontale, vertikale und torsionale Komponenten gemessen werden, was für eine eventuelle Operationsplanung hilfreich sein kann. Mit dem Synoptophor werden jedem Auge getrennt

voneinander Stimuli angeboten. Somit wird es möglich zu erkennen, ob Suppression besteht, Fusion und räumliches Sehen und Stereopsis vorhanden sind. Auch die Feststellung anormaler Netzhautkorrespondenz ist möglich.

In einer bestimmten Reihenfolge werden am Synoptophor die verschiedenen Grade des Binokularsehens getestet, wobei mit der Testung der simultanen Wahrnehmung begonnen wird und danach Fusion und Stereopsis getestet werden. Für die gleichzeitige Wahrnehmung wird der Patient aufgefordert durch Verstellung der Schwenkarme des Synoptophors die Bilder zu vereinen, zum Beispiel einen Vogel in den Käfig zu setzen.

Zum Nachweis der Fähigkeit zur Fusion dienen zwei gleiche Bilder, die aber jeweils in einem kleinen Detail verschieden sind und ein einheitliches, vollständiges Bild ergeben sollen. Ein typisches Beispiel dafür sind zwei Hasen, von denen einem der Schwanz fehlt und der zweite einen Blumenstrauß hält. Die Stereopsis schließlich wird mit der Fähigkeit zur Wahrnehmung eines dreidimensional erscheinenden Objektes überprüft.

Allerdings hat der Synoptophor auch Nachteile, wie zum Beispiel Messfehler in den tertiären Blickrichtungen. Auch die Messung der Zyklodeviation ist schwer und eine Apparatekonvergenz kann bei kindlichem Schielen auftreten. [1, 8, 9]

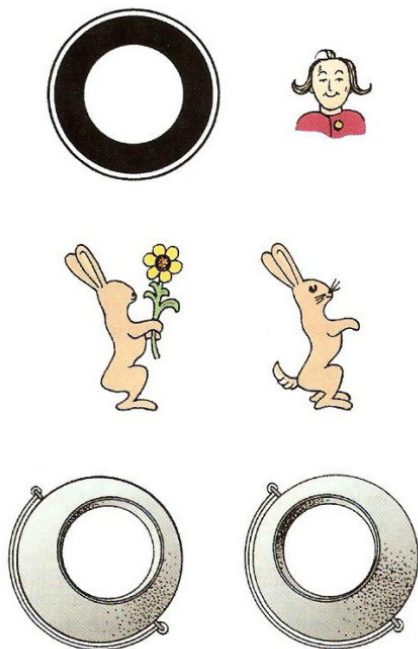


Abb.17: Bilder des Synoptophor zur Überprüfung von simultaner Wahrnehmung, Fusion und Stereopsis [9]

## **2.4.4 Motilitätsprüfung**

### **Augenbewegungen**

Meist mit einer Stablampe, deren Licht der Patient fixieren und mit beiden Augen verfolgen soll, werden die Augen in alle acht exzentrischen Blickpositionen und die Primärposition geführt und dabei die Folgebewegungen und die anschließenden Sakkaden der Augen beobachtet. Mit dieser einfachen Methode können Versionen untersucht werden. Um Duktionen zu testen wird ein Auge abgedeckt und unter Beobachtung der Hornhautreflexe werden die Bewegungen des nicht abgedeckten Auges beobachtet. Die Bewegungsgrade werden in normale Funktion und verschiedene Grade der Unter- und Überfunktion eingeteilt. [1]

### **Nahpunkt der Konvergenz und der Akkommodation**

Siehe Kapitel 3.1.1

### **Test der binokularen Fusion für Kleinkinder ohne manifesten Strabismus**

#### **Basis-außen-Prismen**

Zur Fusionsüberprüfung wird ein 20 Prismendioptrien Prisma mit der Basis nach außen vor das Auge gehalten, wodurch eine Diplopie entsteht, da das Netzhautbild nach temporal verschoben wird. Eine physiologische Reaktion bei Vorhalten des Prismas vor das rechte Auge wäre zuerst eine Adduktion rechts, durch das Heringsgesetz dadurch eine Abduktion links, die jedoch in einer Korrektursakkade zur Refixation nach rechts endet. Bei Entfernung des Prismas kommt es zu einer Dextroversion und anschließenden Fusionsbewegung des linken Auges nach außen. [1]

#### **Binokulare Konvergenz**

Diese wird bei Kleinkindern ganz einfach überprüft, indem ein interessantes Objekt bis zur Nasenspitze herangeführt wird und eine eventuell zu starke Konvergenz oder Divergenz beobachtet werden kann. [1]

## **2.4.5 Messung der Abweichung und Untersuchung der Diplopie**

### **Hirschberg-Test**

Der Hirschbergtest zur Beurteilung von Lichtreflexen ist mit einer Stablampe oder einem Augenspiegel durchzuführen, deren Licht vom Patienten fixiert werden soll. So werden Hornhautreflexe sichtbar, die eine grobe objektive Schätzung des Schielwinkels ermöglichen. Sind die Hornhautreflexbilder nicht symmetrisch in der Pupille zu sehen, so ist

pro mm Abweichung des schielenden Auges mit einem Schielwinkel  $\varphi$  von  $11 - 12^\circ$  zu rechnen. Julius Hirschberg selbst schätzte seinerzeit den Winkel auf etwa  $\bar{\rho}$  pro mm. Eine Abweichung des Hornhautreflexes des schielenden Auges nach temporal entspricht einem Einwärtsschielen und umgekehrt einem Auswärtsschielen. Analog dazu ist bei Höhenschielen eines Auges der Hornhautreflex am betroffenen Auge entsprechend dem Schielwinkel nach unten verlagert. Der Hirschbergtest kann außerdem für die Diagnose eines Pseudostrabismus verwendet werden, der durch einen negativen oder großen positiven Winkel  $\kappa$  oder einen prominenten Epikanthus verursacht wird. [1, 8]

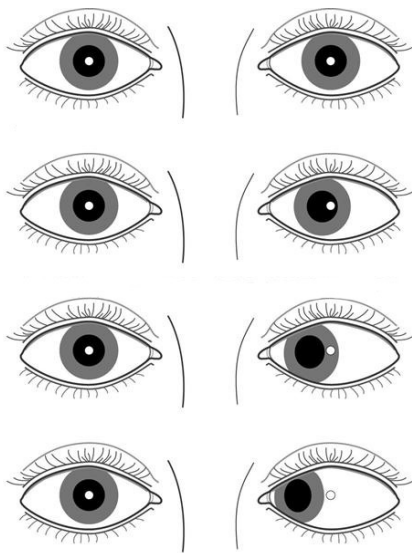


Abb.18: Mögliche Ergebnisse des Hirschberg-Tests [12]

### **Krimsky- und Prismenreflexions-Test**

Hier werden wie beim Hirschberg-Test die Hornhautreflexe beobachtet, zusätzlich aber der Schielwinkel mit verschiedenen starken Prismen ausgeglichen, die vor das fixierende Auge gehalten werden bis der Hornhautreflex symmetrisch ist. Die Stärke der Prismen, bei der der Hornhautreflex symmetrisch erscheint, ist analog zum Schielwinkel.

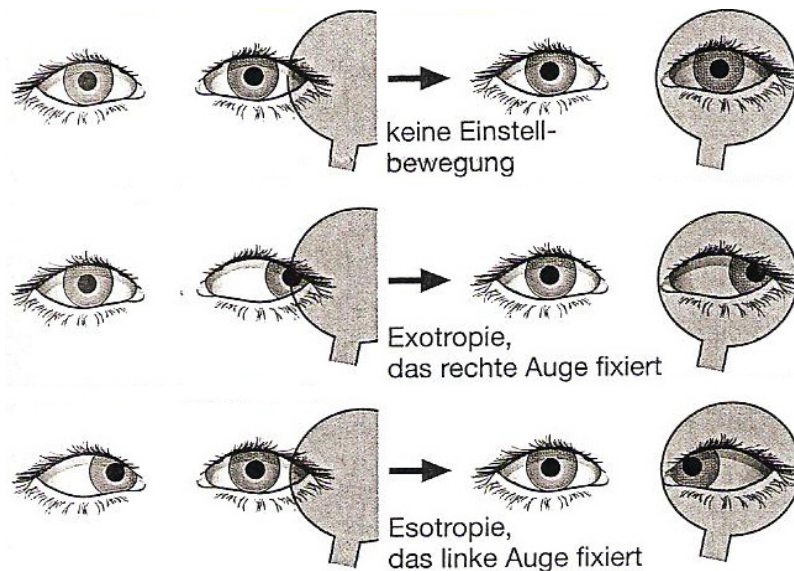
Im Gegensatz dazu werden die Prismen beim seltener verwendeten Prismenreflexions-Test vor das schielende Auge gehalten. [1]

### **Cover-Tests**

*„Diese Tests erlauben es dem Untersucher, manifestes von latentem Schielen zu unterscheiden, die Richtung und die ungefähre Größe des Schielwinkels und das Ausmaß von Kontrollmechanismen zu bestimmen sowie einen Hinweis auf eine Amblyopie zu erhalten. Diese Tests basieren auf der Fähigkeit des Patienten zu fixieren. Sie werden bei*

*Fixation in der Nähe und in der Ferne, mit und ohne Brille oder Kopfwangshaltung durchgeführt.“ [1]*

**Cover-Test (Abdeck-Test):** Während der Patient ein Objekt fixiert, wird ein Auge vom Untersucher mit einer Abdeckscheibe abgedeckt und mögliche Einstellbewegungen in Form von Sakkaden des nicht abgedeckten Auges werden beobachtet. Wenn das führende Auge abgedeckt wird, kann eine Einstellbewegung festgestellt werden sowie ein Zurückspringen in die Ausgangsstellung nach Abdecken des Auges. Wird hingegen das schielende Auge abgedeckt, so kommt es zu keiner Einstellbewegung. Ein positiver einseitiger Abdecktest spricht für manifesten Strabismus. [1, 9]



*Abb.19: Mögliche Ergebnisse des Cover-Tests [1]*

Bei Abdecken des linken Auges sind folgende Befunde möglich: „Keine Einstellbewegung spricht für eine Orthophorie oder eine Heterotropie links, eine Adduktion des rechten Auges zur Fixationsaufnahme wird bei einer Esotropie beobachtet, eine Einstellbewegung nach unten spricht für eine Hypertropie und eine Einstellbewegung nach oben für eine Hypotropie“. [1]

„Bei bilateralem, wechselseitigem Schielen fixieren demgegenüber beide Augen abwechselnd bzw. verfallen in eine Schielstellung.“ [6]

**Uncover-Test (Aufdeck-Test):** Wiederum wird ein Auge des Patienten abgedeckt, während er ein Objekt fixiert. Nach einigen Sekunden entfernt der Untersucher die Abdeckscheibe und kann folgende Beobachtungen machen: bei Orthophorie kommt es zu

keinen Fusionsbewegungen nach dem Abdecken, bei einer Refixationsbewegung des zuvor abgedeckten Auges handelt es sich je nach Bewegungsrichtung um eine Exophorie, Esophorie oder eine vertikale Phorie. [1]

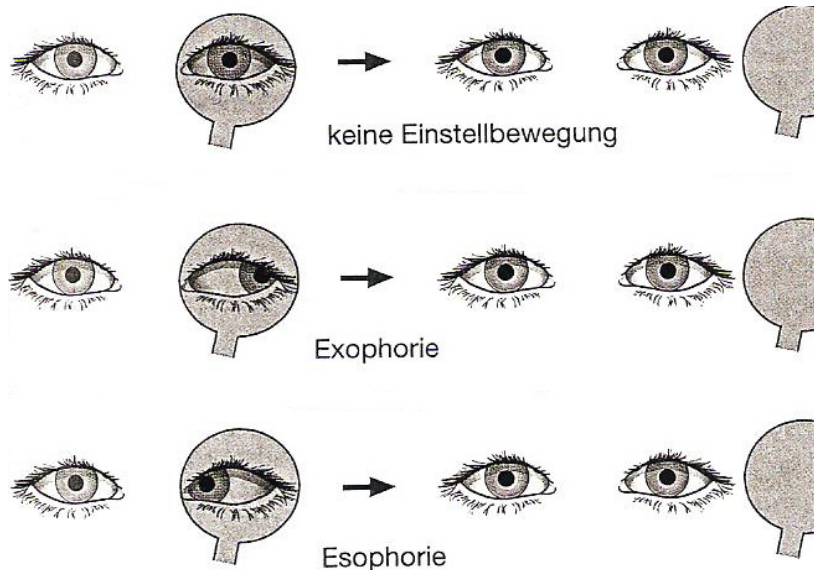


Abb.20: Mögliche Ergebnisse des Uncover-Tests [1]

**Alternierender Cover-Test (wechselseitiger Abdecktest):** Der Patient fixiert das Objekt, während der Untersucher abwechselnd das rechte und das linke Auge abdeckt, um die Fusion zu unterbrechen. Mit diesem Test kann latentes Schielen nachgewiesen werden, wenn während des wechselnden Abdeckens Einstellbewegungen auftreten und nach dem Abdecken das gerade nicht fixierende Auge eine langsame Fusionsbewegung zeigt. [1]

**Prismen-Cover-Test:** Bei diesem Test werden zusätzlich zum Cover-Test Prismen verwendet, um mit dem simultanen Prismen-Cover-Test den kleinsten, mit dem alternierenden Prismen-Cover-Test den größten Schielwinkel quantitativ zu bestimmen.

In der Stärke zunehmende Prismen werden beim simultanen Prismen-Cover-Test vor das nicht fixierende, also schielende Auge gehalten, bis keine Einstellbewegung mehr zu beobachten ist und darüber hinaus (Umschlagpunkt). Der Schielwinkel entspricht der Stärke des Prismas, bei dem das der Fall ist.

Der alternierende Prismen-Cover-Test wird mit abwechselnder Okklusion der Augen vorgenommen und sollte in allen Blickrichtungen durchgeführt werden. [1, 4]



Abb.21: Schielwinkelmessung [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

### **Maddox-Zylinder**

Maddox-Zylinder sind zylindrische rote Glasstäbchen, die für die Untersuchung dem Patienten mit Hilfe einer Brille vor das rechte Auge platziert werden. Durch die Stäbchen erscheint dem Patienten eine punktförmige weiße Lichtquelle als roter Lichtstreifen, der immer im rechten Winkel zu den parallelen Glasstäbchen steht. Da der rote Lichtstreifen nicht mit dem weißen Lichtpunkt fusioniert werden kann, kommt es zu Dissoziation beider Augen. Das Ausmaß dieser Dissoziation kann mit Prismen gemessen werden und so eine horizontale Abweichung festgestellt werden.

Vor dem anderen Auge kann auch ein farbloser Maddox-Zylinder angebracht werden, der die punktförmige Lichtquelle als weißen Lichtstreifen erscheinen lässt. Die Aufgabe des Patienten entsteht dann darin, die beiden Linien in Parallelstand zu bringen. Mit dieser Methode lässt sich sehr gut eine Zyklodeviation feststellen. [1, 4]

### **Bestimmung des AC/A-Quotienten**

Siehe Kapitel 3.1.2

### **Tangententafel (Harms)**

*„Die Untersuchung an der Tangententafel erlaubt die Messung von Horizontal-, Vertikal- und Zyklodeviationen, die Analyse einer Kopfwangshaltung sowie die Darstellung des Fusionsblickfeldes.“ [4]*

Der Patient sitzt in einem Abstand von 2,5 Metern vor der Tafel und fixiert das mittige Licht. Auf seinem Kopf trägt er zur Überprüfung seiner Kopfhaltung einen Stirnprojektor, der in die Mitte der Tangententafel ein Kreuz projiziert. Vor dem fixierenden Auge wird

ein Rotglas angebracht und der Patient wird aufgefordert, mit einem Laserpointer das für ihn rot erscheinende Licht anzuleuchten. Überlagern sich die beiden Lichter, so besteht keine Deviation. Wenn eine Distanz zwischen den beiden Lichtern entsteht, kann sie bei dem vorgeschriebenen Abstand von 2,5 Metern, über den Tangens direkt in Grad umgerechnet werden. Dieser Vorgang wird in allen neun Blickpositionen durchgeführt und auch am anderen Auge wiederholt, um primären und sekundären Schielwinkel vergleichen zu können. [4, 6]



Abb.22: Tangententafel nach Harms [9]

### Hess-Schirm

Für den Hess-Test wird eine Tangententafel benötigt, vor welcher der Patient im Abstand von 0,5 m mit Hauptblickrichtung auf den Mittelpunkt der Tafel sitzt und eine Rot-Grün-Wendebille trägt. Das Hellrotglas befindet sich vor seinem rechten Auge um zuerst die Rechtsfixation zu überprüfen, das Grün glas ist vor dem linken Auge. In der Hand hält der Patient einen grünen Lichtzeiger bzw. grünen Laser-Pointer, mit dessen Licht er während der Untersuchung auf verschiedene rote Ziele zeigen soll. Die roten Ziele stehen für die Kardinalblickpositionen jedes extraokulären Muskels in einem zentralen und einem peripheren Feld. So wird es mit dieser Untersuchung möglich, zwischen neurogen bedingtem paretischem Strabismus und einer restriktiven Myopathie zu unterscheiden, sowie auch zwischen neu aufgetretenen und älteren Paresen.

Da der Patient den roten Punkt wegen der Rot-Grün-Brille nur mit dem rechten Auge und den grünen Lichtpunkt nur mit dem linken Auge sehen kann, ist das rechte Auge das

fixierende und die Position des grünen Lichtpunktes zeigt die relative Position des linken zum rechten Auges an, eine normale Netzhautkorrespondenz vorausgesetzt. Die Ergebnisse werden auf einer Karte markiert. Danach wird die Brille gewendet und die Untersuchung wiederholt. Das Endergebnis sind zwei unterschiedlich große Polygone, deren Form und Größe Rückschlüsse auf die Lokalisation und das Ausmaß der Parese zulassen. Für die gleiche Fragestellung kann auch ein so genannter Lees-Screen verwendet werden. [1, 4, 8]



Abb.23: Leesscreen [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

### **Prüfung des optokinetischen Nystagmus und des VOR**

Die Prüfung des optokinetischen Nystagmus ist eine einfach durchzuführende, vor allem bei neuroophthalmologischen Fragestellungen indizierte Untersuchung. Für den Patienten besteht sie darin, ein Muster oder Figuren auf einem Band zu fixieren, das vor ihm in verschiedenen Geschwindigkeiten horizontal und vertikal vorbeigezogen wird. Der Untersucher achtet dabei auf Stärke und Auslösbarkeit der Bulbusbewegungen. Eine ähnliche, jedoch den vestibulookulären Reflex prüfende Untersuchungsmethode besteht darin, dem Patienten kleine Optotypen anzubieten und den horizontalen Nystagmus durch immer schnelleres seitliches hin und her Drehen des Kopfes auszulösen, den vertikalen durch in der Frequenz zunehmendes Nicken. Nun kann der Untersucher im Normalfall das durch den vestibulookulären Reflex (VOR) ausgelöste Puppenkopffhänomen beobachten. Der VOR seinerseits wird von den Bogengängen des Innenohres gesteuert und hilft uns, unsere Augen im Raum zu stabilisieren, während wir uns bewegen. Für die Unterscheidung zwischen optokinetischem Nystagmus und VOR ist wesentlich, dass der optokinetische Nystagmus für die Kompensation langsamer Kopfbewegungen zuständig ist und der VOR für die Kompensation schneller Kopfbewegungen. [4, 8]

#### **2.4.6 Refraktion in Zykloplegie und Funduskopie**

Da Strabismus sehr oft mit anderen, vor allem ophthalmologischen Erkrankungen assoziiert ist, sind eine genaue Refraktion und eine Funduskopie ein absolutes Muss in der Vervollständigung des strabologischen Status. Ein Refraktionsfehler in Form einer Myopie, eines Astigmatismus oder einer Hyperopie kann ebenso eine Ursache des Schielens sein, wie auch ein Retinoblastom, eine Makulanarbe, eine kongenitale Katarakt, eine Frühgeborenenretinopathie, Entzündungen oder Hornhauttrübungen.

Je nach Alter des Patienten finden verschiedene Zykloplegika Anwendung, um bei der Erstuntersuchung des Schielpatienten eine Skiaskopie in Mydriasis durchzuführen. Cyclopentolat, Atropin, Homatropin und Tropicamid stehen zur Verfügung, wobei Cyclopentolat das am häufigsten verwendete ist. Atropin kann eine 4-6 Tage dauernde Mydriasis verursachen und so den Einsatz von Cholinesterasehemmern oder Diazepam nötig machen. Homatropin dient als Ausweichpräparat und Tropicamid verursacht nur eine kurze Zykloplegie mit einer Dauer von 15-20 Minuten. [1, 4, 9]

## **2.5 Schielformen und Schielstellungen**

### **2.5.1 Primärer und sekundärer Strabismus**

Generell wird unterschieden zwischen einem primären und einem sekundären Strabismus. Primär bedeutet, dass keine andere ophthalmologische Erkrankung als Ursache für den Strabismus besteht, während beim sekundären Strabismus eine andere Erkrankung, wie ein erhöhter Hirndruck durch einen Hirntumor, ein Retinoblastom oder ein Trauma ursächlich für die Abweichung ist. [9]

### **2.5.2 Manifestes und latentes Schielen**

#### **Manifestes Schielen (Heterotropie)**

Die zwei Hauptformen der Heterotropie sind das Begleitschielen und das Lähmungsschielen. Charakterisiert ist eine Heterotropie dadurch, dass eine ständige Abweichung eines Auges von der Sehrichtung besteht. Sie wird mit dem einseitigen Abdecktest festgestellt, wenn das abweichende Auge beim Abdecken des führenden Auges eine Einstellbewegung macht. Erfolgt eine Einstellbewegung von temporal nach nasal, so handelt es sich um ein Außenschielen, eine Exotropie oder **Strabismus divergens**. Eine Einstellbewegung von nasal nach temporal zeigt einen **Strabismus convergens**, auch als Esotropie oder Innenschielen bezeichnet. Analog dazu liegt ein Höhenschielen, eine **Vertikaltropie** vor, wenn das nicht abgedeckte Auge eine Supraduktion bzw. Infraduktion ausführt, um zu fixieren. Genauer gesagt spricht man z. B. beim Höherstehen des rechten Auges von einer **Hypertropie**, was beim Abdecken des linken Auges zu einer Bewegung des rechten Auges von oben nach unten führt und beim Abdecken des rechten Auges zur Einstellbewegung des linken Auges von unten nach oben. **Hypotropie** bezeichnet in diesem Fall das Höherstehen des linken Auges, beim Abdecktest kommt es zu den umgekehrten Ergebnissen wie bei einer Hypertropie. **Exzyklotropie** und **Inzyklotropie** stellen die Verrollung um die sagittale Achse dar. Eine Zyklotropie kommt praktisch nie isoliert vor, bis auf eine beidseitige symmetrische Trochlearisparese ist es mit einem Höhenschielen assoziiert. [6, 8, 9]

#### **Latentes Schielen (Heterophorie)**

Da die perfekte Ausrichtung der Augen, die **Orthophorie**, nur selten vorkommt, ist bei fast allen Menschen (70-80% der Bevölkerung) eine leichte Tendenz zur Abweichung vorhanden, die jedoch durch den motorischen und sensorischen Fusionsreflex ausgeglichen

werden kann. Wenn die Normophorie dekompenziert, das heißt wenn die Fusionsamplitude nicht mehr ausreicht um Parallelstand zu erhalten, wie es zum Beispiel während Stressphasen, Krankheit oder bei Vergiftungen der Fall sein kann, kommt es zur Diplopie durch eine Esophorie oder eine Exophorie, seltener durch eine Vertikalphorie. Erst dann bekommt die Heterophorie Krankheitswert. [1, 6, 8, 9]

Das latente Schielen äußert sich durch verschwommen sehen, rasche Ermüdung der Augen sowie Kopfschmerzen. Es wird mit dem wechselseitigen Abdecktest untersucht, da es sich ja um ein „verstecktes“ Schielen handelt, das nur bei einer Unterbrechung des bilateralen Sehens in Erscheinung tritt. Zu erkennen ist es daran, dass das wieder freigegebene Auge eine Einstellbewegung ausführt. Beim einseitigen Abdecktest hingegen ist keine Einstellbewegung zu sehen, weder vom rechten noch vom linken Auge. Am Ende der Untersuchung ist eine Fusionsbewegung nach Freigabe beider Augen zu beobachten, wenn eine Heterophorie vorliegt. Liegt eine **Esophorie** vor, ein latentes Innenschielen, so ist die Einstellbewegung in Form einer Abduktion festzustellen, bei einer **Exophorie** in Form einer Adduktion. Ein latentes Höhenschielen, eine so genannte **Vertikalphorie** besteht, wenn das abweichende Auge höher (**Hyperphorie**) oder tiefer (**Hypophorie**) steht. Weitere Formen des latenten Schielens können eine **Inzyklophorie** oder **Exzyklophorie** sein, sie beschreiben eine Verrollung des abweichenden Auges um die Sagittalachse nach innen bzw. nach außen. [8, 9]

### 2.5.3 Konkomitantes und inkomitantes Schielen

#### **Strabismus concomitans (Begleitschielen)**

Der Strabismus concomitans ist ein manifestes Schielen und hat seinen Namen vom lateinischen „comitari“ (begleiten), was bedeutet, dass der Schielwinkel in jeder Blickrichtung gleich ist. Das schielende Auge folgt dem führenden Auge in alle Richtungen in einem annähernd gleich bleibenden Schielwinkel.

Anders als beim paretischen Schielen ist in diesem Fall die Beweglichkeit des schielenden Auges nicht eingeschränkt. Beispiele dafür sind das frühkindliche Innenschielen, der primäre Strabismus divergens und sekundäre Strabismusformen. Begleitschielen zeigt die Qualität des Schielens auf, sagt aber nichts über die Richtung der Abweichung der Sehachse aus. Da es sich um eine manifeste Schielform handelt, werden auch hierfür die in Kapitel 2.5.2 angeführten Begriffe verwendet. [6, 9]

Die Therapie des Begleitschielen und dessen Folgeerscheinungen wie die Amblyopie kann im Kindesalter mit einer Brille, Pflasterokklusion und durch operative

Stellungskorrektur erfolgen. Sie kann über Jahre andauern und wird maßgeblich von der Compliance von Eltern und Kind beeinflusst. Eine Operation bei frühkindlichem Innenschielen sollte erst nach einer erfolgreichen Amblyopiebehandlung und unzureichender Korrekturmöglichkeit durch eine Brille durchgeführt werden. [6]

### **Strabismus incomitans (Lähmungsschielen / Strabismus paralyticus)**

Hier ist der Schielwinkel je nach Blickrichtung unterschiedlich. Ursachen sind in erster Linie Augenmuskellähmungen, wobei dann von einem Strabismus paralyticus, einem Lähmungsschielen gesprochen wird. Weiters sind Krankheiten wie eine okuläre Myasthenie oder eine endokrine Orbitopathie durch die verminderte Dehnbarkeit der Muskeln Ursache des Strabismus incomitans. [4, 9]

Beim Lähmungsschielen ist der primäre Schielwinkel (Fixation mit dem gesunden Auge) immer kleiner als der sekundäre Schielwinkel (Fixation mit dem gelähmten Auge), da bei Fixation mit dem gelähmten Auge auch der Synergist des betroffenen paretischen Augenmuskels einen verstärkten Impuls erfährt, was den Schielwinkel vergrößert. [6]

## **2.5.4 Vergenzanomalie, Esotropie, Exotropie und Vertikalschielen**

### **Vergenzanomalie**

Zu den Vergenzanomalien gehört neben Konvergenzinsuffizienz, Konvergenzlähmung und Konvergenzspasmus auch die Divergenzinsuffizienz oder -paralyse, die nur selten in Verbindung mit anderen neurologischen Erkrankungen auftritt. Häufiger tritt eine Konvergenzinsuffizienz auf, charakterisiert durch einen reduzierten Nahpunkt der Konvergenz bei Personen mit exzessiven Visusanforderungen. Eine Konvergenzinsuffizienz durch eine Parese des Nahreflexes hat eine Verstärkung der Konvergenz und Akkommodationsinsuffizienz mit Mydriasis zu Folge und kann mit einer Lesebrille, Basis-innen-Prismen oder Botulinumtoxin therapiert werden. [1]

### **Esotropie**

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Esotropie um ein manifestes Innenschielen, welches in Form eines Begleit- oder Lähmungsschielens auftreten kann. [1]

#### **· Frühkindliches Innenschielen**

Das frühkindliche Schielsyndrom (kongenitale Esotropie) ist bereits bei der Geburt vorhanden oder entsteht innerhalb der ersten sechs Lebensmonate durch einen Defekt in der Entwicklung des Vergenzsystems. Das frühkindliche Schielsyndrom ist mit 0,1-1%

Prävalenz die häufigste Schielform. Es umfasst einen ausgeprägten Strabismus convergens, einen latenten Nystagmus, ein dissoziiertes Höhenschielen, eine Kopfneigung und eine Störung der Innervation der schrägen Augenmuskeln mit Strabismus sursoadductorius oder deorsoadductorius, sowie gestörtes Binokularsehen (meist in Form einer Suppression) und gestörte Fusionsfähigkeit.

Die Therapie des frühkindlichen Schielsyndroms sollte in erster Linie aus der rechtzeitigen und ausreichenden Therapie der Amblyopie bestehen, später kann auch eine operative Korrektur des Schielwinkels erfolgen. [6, 9]

#### • **Mikrostrabismus**

Der Mikrostrabismus ist ein unauffälliges einseitiges Einwärtsschielen mit einem Schielwinkel bis maximal 5 Grad. Trotz - oder gerade wegen des kleinen Schielwinkels - ist es eine sehr tückische Schielform die oft erst spät erkannt wird, wenn eine Amblyopie und ANK schon sehr ausgeprägt vorhanden sind. Die Binokularfunktionen können teilweise erhalten sein und auch genutzt werden, gegen die Amblyopie und exzentrische Fixation sollte eine Okklusionstherapie auch im Schulalter noch versucht werden. [6, 9]

#### • **Normosensorisches Spätschielen**

Das normosensorische Spätschielen tritt im Alter zwischen 3 und 7 Jahren auf. Wenn das Binokularsehen schon vorhanden ist, treten Doppelbilder auf. Allerdings sind diese nur kurz vorhanden und können durch Zukneifen eines Auges auffällig werden. Je jünger die Patienten sind, desto schneller verschwinden die Doppelbilder aufgrund einer Amblyopie. Damit das Binokularsehen nicht verlernt wird, sollte beim normosensorischen Spätschielen eine rasche Prismenkorrektur sowie eine operative Korrektur erfolgen. Dadurch ist eine Wiedererlangung des Stereosehens möglich. [6, 9]

#### **Exotropie**

Das Außenschielen tritt seltener als das Innenschielen auf, wobei die intermittierende Form häufiger als die manifeste Form anzutreffen ist. Ein Außenschielen findet sich häufiger bei Erwachsenen als bei Kindern.

#### • **Strabismus divergens intermittens**

Während die primär konstante Exotropie selten, teilweise im Rahmen frühkindlicher neurologischer Anomalien und mit einem großen, konstanten Schielwinkel auftritt, ist die intermittierende Exotropie die häufigste Form des Außenschielens. Die betroffenen Patienten haben normalerweise einen guten Visus sowie gutes Stereosehen, durch

schwächende Faktoren wie Ermüdung und nachlassende Konzentration kann die Fusion gestört werden und dadurch eine intermittierende Exotropie ausgelöst werden.

Der Strabismus divergens intermittens erfordert bis auf sehr ausgeprägte Fälle keine operative Behandlung.

Das intermittierende Außenschielen lässt sich einteilen in „Neutraltyp / unspezifische Exotropie“ (am häufigsten, Schielwinkel für Ferne und Nähe gleich), „Konvergenzinsuffizienztyp / Exotropie in der Nähe“ (Schielwinkel ist in der Nähe größer als in der Ferne) und „Divergenzexzess / Exotropie in der Ferne“ (Schielwinkel in der Ferne größer als in der Nähe). [1, 4, 6, 13]

#### · **Konsekutiver und sensorischer Strabismus divergens**

Wie eine Esotropie kann auch eine Exotropie konsekutiv oder sensorisch entstehen. Konsekutiv meist nach chirurgischer Überkorrektur einer Esodeviation und sensorisch zum Beispiel durch Trübungen der optischen Medien wie Katarakt oder traumatische Hornhauttrübung. [1, 4, 6]

#### **Vertikalschielen**

Differentialdiagnostisch zu einer Überfunktion der Mm. recti superiores muss an den ebenfalls zum Vertikalschielen gehörenden Strabismus sursoadductorius gedacht werden. Die hier auftretende Störung des M. obliquus inferior führt meist zu einem V-Symptom. Im Gegensatz dazu ist beim Strabismus deorsoadductorius ein A-Symptom charakteristisch. [1]

## **2.6 Häufigkeit und Ursachen des Schielens**

Insgesamt liegt die Häufigkeit des Schielens in Mitteleuropa bei 5 - 7%. Dabei ist ein Strabismus convergens häufiger als ein Strabismus divergens, Begleitschielen meist bei Kindern und Lähmungsschielen eher bei Erwachsenen anzutreffen. Interessant ist, dass in Asien ein Strabismus divergens häufiger vorkommt als ein Strabismus convergens.

Während für das Lähmungsschielen häufig eine Ursache zu finden ist, kann über die Ätiologie des Begleitschielens oft nur gemutmaßt werden. Als Ursache des Begleitschielens lässt sich eine genetische Disposition nicht abstreiten; rund 60% der Kinder haben eine positive Familienanamnese. 5,3 - 7,4 % aller Kinder sind von einem Begleitschielen betroffen, es manifestiert sich in den meisten Fällen bis zum zweiten Lebensjahr. [6, 9]

Zwar bleiben die Gründe für ein Begleitschielen oft im Dunkeln, bekannt ist aber, dass neben der genetischen Disposition perinatale Schädigungen, Gehirntraumata und Gehirnentzündungen, unkorrigierte Refraktionsfehler wie z. B. eine manifeste und latente Hypermetropie, eine Fusionschwäche oder einseitige Sehschwäche eine Rolle spielen. [9] Das kindliche Auge kann nach der Geburt weder scharf, noch binokular sehen. Sensorik, Motorik und die zentrale Weiterverarbeitung der optischen Sinneseindrücke müssen erst erlernt werden. Während dieser plastischen Phase können Störungen, z.B. durch unkorrigierte Refraktionsfehler, weitreichende und im schlimmsten Fall nicht mehr korrigierbare Folgen haben.

Bei den sogenannten „Erkrankungen mit kongenitaler kranieller Fehlinnervation“ (Möbius-Syndrom, Kongeniale Ptosis, kongenitale Gesichtslähmung, Duane-Syndrom, Marcus-Gunn-Syndrom und kongenitale Fibrose der extraokulären Muskeln) führen, wie der Name schon sagt, Entwicklungsfehler der Innervation der Augen- und Gesichtsmuskeln zu entsprechenden Motilitätsstörungen. [1]

Die Ursachen für Augenmuskellähmungen und supranukleäre Augenbewegungsstörungen sind so vielfältig, dass deren Behandlung in meiner Diplomarbeit über den Rahmen hinaus gehen würde.

## **2.7 Therapieprinzipien**

Es gilt, bei Kindern die Behandlung des Schielens so bald als möglich zu beginnen, idealer Weise unmittelbar nach der Diagnosestellung. Denn je länger mit der Behandlung gewartet wird, desto gravierendere Folgen ergeben sich für die Sehentwicklung des Kindes und dadurch auch insgesamt für dessen Entwicklung. Da die Behandlung lange dauern kann, in manchen Fällen bis zur Pubertät, ist eine gute Compliance unbedingt erforderlich. Es ist daher nötig, die Compliance durch Aufklärung von Eltern und Kind zu verbessern. Je nach Art und Ursache des Schielens wird unterschiedlich vorgegangen in Bezug auf die Stärke der Brille, die Frage nach einer Okklusionstherapie und den Zeitpunkt einer Operation. [9, 14]

### **Nicht operative Maßnahmen**

Hierzu zählen Brille, Pflasterokklusion und in seltenen Fällen Brillenokklusion oder Penalisation.

Beim Begleitschielen sollte, so erforderlich, eine Brille so früh als möglich in Form einer Vollkorrektur verordnet werden. Eine Okklusionstherapie sollte beim Begleitschielen dann zum Einsatz kommen, wenn der Verdacht oder der Nachweis einer Amblyopie bestehen. Bei der Okklusionstherapie wird das besser sehende Auge durch ein Pflaster okkludiert, um eine Amblyopie des anderen Auges zu verhindern. [6, 8, 9, 14]

Bevor ein operatives Verfahren zum Einsatz kommt wird untersucht, ob das Schielen mit einer Brille behandelt werden kann, wie dies zum Beispiel bei einem vollakkommodativen Innenschielen der Fall ist. Das präoperative Ziel ist, das maximale Visuspotential beider Augen zu erreichen. Sei es mit Brille oder wenn diese nicht ausreicht, durch Okklusionsbehandlungen um eine Amblyopie zu verhindern oder zu vermindern. Die Dosierung der Okklusion, wird an das Alter der Kinder und auch an die Schwere der Amblyopie angepasst. [6, 8, 9, 14]

Bei Unverträglichkeit des Pflasters kann mit der Luxeye® Augenklappe Abhilfe geschaffen werden. Die Augenklappe wird an der Brille befestigt und verhindert so die Reizung der Haut. Das Auge wird vollständig abgedeckt und die Klappe kann individuell auf die verschiedenen anatomischen Voraussetzungen angepasst werden.

Nach der Vorsorge bzw. Behandlung einer Amblyopie und der Korrektur eines signifikanten Refraktionsfehlers kann der Restschielwinkel chirurgisch behoben werden. [1, 6, 9, 14, 15]



Abb.24: Luxeye® als Alternative zum Augenpflaster [15]



Abb.25: Pflasterokklusion des rechten Auges [16]

Bei der Brillenokklusion, dem Abkleben der Brille mit einer matten Folie, besteht die Gefahr, dass die Brille entweder nicht getragen oder über deren Rand hinausgeschaut wird. Nur in Ausnahmefällen angewendet wird die so genannte Penalisation, wenn weder Okklusion, noch Luxeye® oder Brillenokklusion möglich sind. Sie wird in Form einer lokalen Atropin-Applikation am dominanten Auge durchgeführt. [1, 6, 9, 14]

Im Falle eines akkommodativen Konvergenzexzesses kommt die Bifokalbrille zur Anwendung, um durch einen Nahzusatz von +1 bis +3 dpt den akkommodativ bedingten größeren Nahschielwinkel zu verkleinern und Binokularsehen zu ermöglichen. [14]

### **Operative Maßnahmen**

*„Das Auge nimmt immer die Position ein, in der sich alle angreifenden Drehmomente im Gleichgewicht befinden. Ziel jeder Schieloperation ist es, die Drehmomente so zu verändern, dass das Gleichgewicht nicht in Schiel- sondern in Normalstellung des Auges eintritt.“ [17]*

Es gibt also sowohl kosmetische, als auch funktionelle Ziele in der Strabismuschirurgie. Zeitpunkt der Operation und Operationstechnik richten sich nach Art und Verlauf des Schielens. Während beim frühkindlichen Schielsyndrom erst nach der Okklusionstherapie etwa im Vorschulalter operiert wird, sollte beim normosensorischen Spätschielen zum Erhalt der Binokularfunktionen so früh als möglich operiert werden. [6, 8, 9]

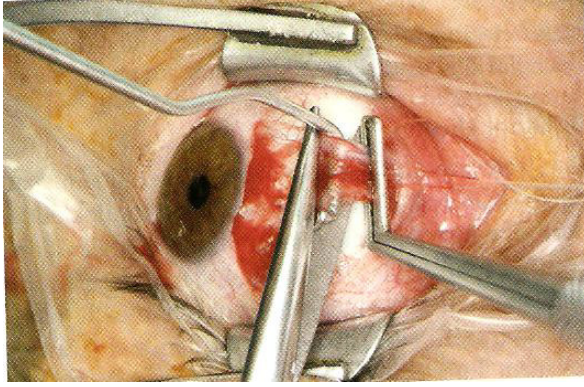


Abb.26: Operation an einem geraden Augenmuskel [18]

Die Hauptverfahren für eine Schieloperation sind zum einen die Änderung der Muskelkraft, also Schwächung oder Stärkung des Muskelzuges, zum anderen die Änderung der Richtung der Muskelaktion.

Wird eine Verkürzung eines Muskels mit der gleichzeitigen Rücklagerung seines ipsilateralen Antagonisten vorgenommen, spricht man von einer „**kombinierten Schieloperation**“. Vor allem bei größeren Schielwinkeln über  $8^\circ$  ist eine kombinierte Schieloperation anzuwenden. Bei dieser Art der Schieloperation werden die Spannungsänderungen des passiven orbitalen Gewebes ausgeglichen, da ein Muskel rückgelagert und der andere Muskel verkürzt wird. Der rückgelagerte Muskel wird entspannt, während der verkürzte Muskel angespannt wird.

Eine **isolierte Verkürzung** oder Resektion eines Augenmuskels kann in mäßiger Dosierung bei einem Begleitschielen, jedoch nur bei den geraden Augenmuskeln, angewendet werden.

Auch durch Faltung kann ein Muskel verkürzt werden, was am häufigsten bei einer Verkürzung des Musculus obliquus superior angewendet wird. [1, 4, 17]

Eine **isolierte Rücklagerung** (Verlängerung) hingegen kommt zum Einsatz, um eine relative Überfunktion eines Augenmuskels abzuschwächen, indem seine Vordehnung vermindert wird.

## 3 Konvergenzexzess

### 3.1 Definition des Konvergenzexzesses

*„Reiner Konvergenzexzess liegt vor, wenn bei Emmetropie oder bestkorrigierter Fehlsichtigkeit für die Ferne Parallelstand oder Mikrostrabismus besteht, im Nahbereich jedoch ein größerer Innenschielwinkel auftritt.“ [8]*

Obwohl beim Konvergenzexzess (KE) häufig eine Hyperopie zu finden ist, so treten sowohl der Konvergenzexzess, als auch die anderen nicht refraktiven Esotropien unabhängig von Refraktionsfehlern in Form von Hyperopien auf. Während refraktive akkommodative Esotropien eine normale AC/A-Ratio aufweisen, ist diese beim akkommodativen Konvergenzexzess hoch. Das bedeutet, dass es dabei zu einer Zunahme der Akkommodation mit einer disproportionalen und zu stark ausgeprägten Zunahme der Konvergenz kommt. Damit erklärt sich auch, warum die alleinige Therapie eines Refraktionsfehlers bei Patienten mit Konvergenzexzess nicht ausreichend ist, sondern eine Bifokalbrille mit verstärktem Nahteil notwendig ist. Trotz einer Korrektur mit Bifokalbrille oder Gleitsichtbrille kann ein Restschielwinkel verbleiben, bei nichtakkommodativen Schielformen kann auch eine Bifokalbrille zu keiner Akkommodationsentlastung und Änderung des Schielwinkels führen. [1, 6]

#### 3.1.1 Akkommodation und Konvergenz

##### **Akkommodation**

Bei Fixation eines Objektes zwischen Nah- und Fernpunkt (Akkommodationsbreite) kann die Brechkraft der Linse durch Akkommodation geändert werden. Dabei kontrahiert sich der durch parasympathische Fasern des N. oculomotorius innervierte M. ciliaris während der Nahakkommodation, die Zonulafasern erschlaffen und die Linse kann sich aufgrund ihrer Eigenelastizität wölben. Die Wölbung der Linse ist dabei an der Vorderseite stärker ausgeprägt.

Bei Fernfixation wird die Linse durch die Erschlaffung des Ziliarkörpers und den dadurch entstehenden Zug der Zonulafasern flacher (Desakkommodation).

Die Fähigkeit zur Nahakkommodation nimmt durch Wachstum und Verhärtung des Linsenkernes im Alter ab, was dann zur Presbyopie führt. Durch diesen physiologischen Alterungsprozess der Linse benötigt ein emmetroper Patient etwa ab dem 45. Lebensjahr

eine Lesebrille mit ca. +1 dpt. In diesem Alter ist die Akkommodation von ursprünglich etwa +14 bis +19 dpt bereits auf +3 dpt gesunken und der Patient empfindet das Lesen als anstrengend. Mit 50 Jahren braucht er bereits eine Brille mit +2 dpt, mit 55 Jahren +2,5 dpt. Mit 60 bis 70 Jahren erlischt die Fähigkeit zur Akkommodation. [1, 8, 9, 19]

Wie ausgeprägt der Elastizitätsverlust der Linse und die damit verbundene Abnahme der Fähigkeit zur Akkommodation im Alter sind, wird mit der Kurve nach Duane deutlich (siehe Abbildung 27).

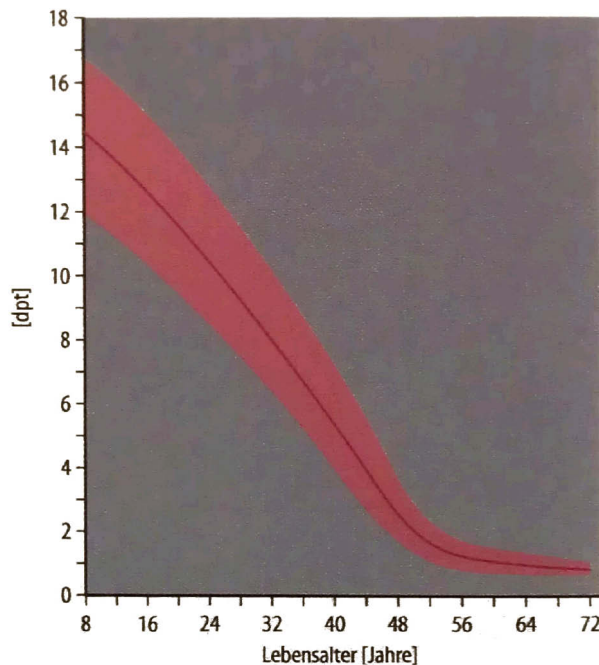


Abb.27: Abnahme der Akkommodationsfähigkeit im Laufe des Lebens [9]

### **Nahpunkt der Konvergenz und der Akkommodation**

Sowohl der Nahpunkt der Konvergenz, der der nächste Punkt ist, an dem das Auge noch fixieren kann, wie auch der Nahpunkt der Akkommodation, der den nächsten Punkt beschreibt an dem noch klar fokussiert werden kann, können mit dem so genannten RAF-Messgerät gemessen werden. Das Messgerät wird auf den Wangen des Patienten platziert. Zur Bestimmung des objektiven Nahpunktes der Fixation wird das Konvergenz-Zielobjekt in Richtung des Nasenrückens des Patienten bewegt, bis ein Auge nach lateral ausweicht, da es nicht mehr fixieren kann. Im Gegensatz zum objektiven Nahpunkt der Konvergenz ist der subjektive Nahpunkt jener Punkt, ab dem der Patient Doppelbilder sieht. Beide sollten näher als 10 cm am Auge sein. Im Alter von 20 Jahren sollte der Nahpunkt der Akkommodation 8 cm betragen. Das ist jener Abstand des Auges, ab dem eine Zeile verschwommen gesehen wird. Im Alter nimmt mit der Presbyopie der Nahpunkt der Akkommodation signifikant auf etwa 46 cm ab. [1]



Abb.28: Untersuchung der Akkommodation  
[Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]

### **Konvergenz**

Konvergenz ist die Fähigkeit der Augen, ein nahes Objekt binokular zu fixieren, ohne dass dabei Doppelbilder ausgelöst werden. Beim Blick auf ein nahes Objekt entsteht durch die Akkommodation und gleichzeitige Konvergenz ein scharfes Bild. Wichtig dabei ist, dass Akkommodation und Konvergenz das richtige Verhältnis zueinander haben. Dieses Verhältnis ist beschrieben durch die AC/A-Ratio. [1, 9, 19]

*„Wenn das Verhältnis zwischen Akkommodation und Konvergenz gestört ist, kann der Schielwinkel schwanken, je nachdem, ob ein Objekt in der Ferne oder Nähe fixiert ist. Beim Konvergenzexzess beispielsweise ist der Schielwinkel beim Blick auf ein Objekt in der Nähe größer als beim Blick auf ein Objekt in der Ferne.“ [6]*

#### **3.1.2 AC/A-Quotient**

Akkommodation und Konvergenz sind gekoppelt und diese Koppelung kann beschrieben werden durch den AC/A-Quotienten. Der AC/A-Quotient ist demnach ein Maß dafür, wie viel cm/m akkommodativer Konvergenz pro Dioptrie Akkommodation aufgebracht werden. Wenn er erhöht ist bedeutet das, dass pro Dioptrie Akkommodation zu viel Konvergenz aufgebracht wird. Nicht nur für den KE ist die AC/A-Ratio ein wichtiger Wert, auch die Konvergenzinsuffizienz, die Divergenzinsuffizienz und der Divergenzexzess gehen mit einem veränderten Wert einher. Ab einer Stellungsabweichung von mehr als 10-15 cm/m bei Fern- und Nahfixation ist von einer anomalen Beziehung zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz auszugehen. [4, 6, 19, 20]

Es wurde durch einige Studien gezeigt, dass eine monokulare Okklusion eines Auges für etwa 30 Minuten die AC/A-Ratio in ihrer Ausprägung ändern kann. Auch die Entfernung

der Fixation hat Einfluss auf das Ergebnis. Laut der Studie von Garretty könne dadurch ein echter von einem simulierten Konvergenzexzess unterschieden werden und mit dieser Unterscheidung genauere Aussagen über das Operationsergebnis gemacht werden, wenn der Konvergenzexzess operativ behandelt wird. [21]

Zur Ermittlung des Quotienten stehen zwei numerische Verfahren zu Verfügung, sowie auch graphische und mit dem Synoptophor ermittelte Werte. Die zu klinisch verwertbareren Ergebnissen führende Heterophoriemethode und die Gradientenmethode sind die beiden wichtigsten Verfahren. Beide ergeben, angewendet bei ein und demselben Patienten, selten den exakt gleichen Wert. [4, 8, 19, 20]

### **Heterophoriemethode**

Unter optimaler Korrektur für die Ferne wird bei der Heterophoriemethode der Schielwinkel mit dem alternierenden Prismen-Cover-Test, also unter Ausschaltung des Binokularsehens, für Ferne und Nähe ermittelt. Die Berechnung des AC/A-Quotienten ergibt sich aus der Interpupillardistanz (PD) in cm plus der Differenz von Fehlstellung in der Nähe (FN) minus der Fehlstellung in der Ferne (FF) in cm/m, der ermittelte Wert dividiert durch den Kehrwert der Prüfdistanz in der Nähe ergibt den AC/A-Quotienten. Die Prüfdistanz in der Nähe beträgt 0,33 m, der Kehrwert wird demnach mit 3 angegeben. Je größer die Interpupillardistanz ist, desto mehr Konvergenz muss der Patient aufwenden, um ein scharfes Bild zu erhalten. Im Gegensatz dazu muss jemand mit geringer Interpupillardistanz weniger Konvergenz leisten. [4, 8, 19, 20]

$$AC/A = PD + (FN - FF) / A$$

### **Gradientenmethode**

Im Unterschied zur Heterophoriemethode wird bei der Gradientenmethode nur der Fernwinkel, ebenfalls mit dem alternierenden Prismen-Cover-Test unter Ausschaltung des Binokularsehens und unter optimaler Korrektur, bestimmt. Danach werden dem Patienten Minusgläser vorgesetzt. Sobald ihm die gezeigten Optotypen unscharf erscheinen, wird die Deviation erneut bestimmt und in die Berechnung mit einbezogen.

Die Formel für die Berechnung mit der Gradientenmethode lautet: Differenz der Fehlstellung mit Vorsatzlinsen in cm/m (FL) minus der Fehlstellung ohne Vorsatzlinsen in cm/m (F) durch die Stärke der Vorsatzlinsen in Dioptrien (A). [4, 8, 19, 20]

$$AC/A = (FL - F) / A$$

## **3.2 Akkommodativer Konvergenzexzess**

Der akkommodative Konvergenzexzess ist dadurch charakterisiert, dass sich der größere Innenschielwinkel in der Nähe durch Nahaddition von Plusgläsern teilweise oder vollständig reduzieren lässt. Unterschieden wird der häufige hyperkinetische bzw. normakkommodative vom selteneren hypoakkommodativen Konvergenzexzess. [8, 14]

### **3.2.1 Hyperkinetischer bzw. normakkommodativer Konvergenzexzess**

Patienten mit hyperkinetischem Konvergenzexzess haben eine normale Akkommodationsbreite, während die Konvergenz verstärkt ist (erhöhter AC/A-Quotient). Wenn die Patienten also in der Nähe fixieren, kommt es unter der normalen Akkommodation zu einer übermäßigen Konvergenz. Die Miosis bei der Nahfixation entspricht derjenigen eines Gesunden. [1, 8, 14]

Zwar ist der größere Nahschielwinkel prinzipiell mit einem Nahzusatz zur Brille ausgleichbar, jedoch sollte dieser nicht mehr als +3 dpt zusätzlich zur Vollkorrektur nach skioskopischer Messung betragen.

Wäre ein größerer Nahzusatz notwendig, kann in diesen Fällen mit einer zusätzlichen Fadenoperation Abhilfe geschaffen werden. Die Dosierung der Fadenoperation sollte mit 13 mm begrenzt werden. Bei einer höheren Dosierung besteht die Gefahr der Einschränkung der Blickexkursion in der Ferne durch Einschränkung der Adduktionsfähigkeit. [8, 14]

### **3.2.2 Hypoakkommodativer Konvergenzexzess**

Beim hypoakkommodativen Konvergenzexzess ist die Akkommodation schwach. Da Akkommodation und Konvergenz gekoppelt sind, wird beim Versuch, eine ausreichende Akkommodation zu erreichen, eine zu starke Konvergenz ausgelöst. Ursächlich ist eine mangelnde Innervation zur Akkommodation mit gleichzeitig erhaltener Koinnervation zur Konvergenz.

Bei dieser Form des Konvergenzexzesses findet sich ein entfernter Nahpunkt der Akkommodation und eine teils ausgeprägte Miosis bei Nahfixation. Die Miosis ist erklärbar durch die ebenfalls erhaltene Koinnervation der Pupille. [1, 8, 14]

Therapeutisch kommt ausschließlich eine konservative Therapie mit Bifokalbrille zum Einsatz, eine Operation würde nur zu einer Einschränkung des Adduktionsvermögens führen und keinen Vorteil für den Nahsehraum bewirken, da die Hypoakkommodation

auch postoperativ bestehen bleiben würde. Die Diagnose eines hypoakkommodativen Konvergenzexzesses ist wahrscheinlich, wenn die Patienten bei der Akkommodationsnahpunktbestimmung vor kleingedruckten Texten mit der Zeit immer mehr zurückweichen und dabei eine teils ausgeprägte Miosis zeigen. Die Heterophorie- und Gradientenmethode ist hierbei nicht so gut zur Bestimmung der Akkommodationsbreite geeignet, da die Anforderung an die Akkommodation zu kurz andauert. [8, 14]

### **3.3 Nichtakkommodativer Konvergenzexzess**

Im Gegensatz zu den anderen Formen des Konvergenzexzesses gehört der nichtakkommodative Konvergenzexzess, wie der Name schon sagt, nicht zu den akkommodativen Strabismusformen. Die Gemeinsamkeit des nichtakkommodativen Konvergenzexzesses mit den anderen Formen liegt vielmehr darin, dass es sich bei allen um eine innervationelle Schielform handelt. [14]

Unter Rücksichtnahme auf die genaue Definition haben nur wenige Patienten einen echten nichtakkommodativen Konvergenzexzess, welcher definiert ist durch Parallelstand und Binokularsehen oder Mikrostrabismus mit binokularer Interaktion in der Ferne und ein fehlendes Ansprechen des größeren Nahschielwinkels auf einen Nahzusatz. [8]

Bei diesem Konvergenzexzesses kann mit Nahaddition keine Reduktion des Schielwinkels erreicht werden. Die Akkommodationsbreite ist normal, die Nahmiosis und Konvergenzfähigkeit fehlen den Patienten. Die Therapie erfolgt operativ mit der beidseitigen Fadenoperation der Mm. recti mediales, nach Ausschluss akkommodativer Formen des Konvergenzexzesses. [8, 14, 22]

### **3.4 Behandlungsmöglichkeiten**

Die Therapiewahl richtet sich nach der Art des Konvergenzexzesses, wobei der **nichtakkommodative Konvergenzexzess** operativ mit einer beidseitigen retroäquatorialen Myopexie behandelt wird, eventuell in Kombination mit Rücklagerungen oder Resektionen.

Der **hypoakkommodative Konvergenzexzess** ist einer konservativen Therapie zuzuführen. Der **normakkommodative Konvergenzexzess** ist in manchen Fällen nicht alleine mit der Brille korrigierbar und erfordert dann zusätzlich eine Fadenoperation. [14]

#### **3.4.1 Konservative Therapie mit Bifokal- oder Gleitsichtbrille**

Zur Behandlung eines akkommodativen Konvergenzexzesses werden Bifokalbrillen oder Gleitsichtbrillen (+1 bis +3 dpt zur Vollkorrektur, maximale Stärke des Nahzusatzes sollte +3,5 dpt nicht überschreiten) verschrieben, wenn damit in der Nähe Binokularsehen erreicht wird. Die Gleitsichtbrille ist nicht unumstritten und kommt eher bei einem hypoakkommodativen Konvergenzexzess in Frage.

Die Brille entspannt die Akkommodation und der Patient kann auch ohne in der Nähe zu schielen eine bifoveale Fixation halten. Für den Nahteil der Brille sollte das Plus-Minimum, das für die bifoveale Fixation in der Nähe nötig wird, verschrieben werden. Über die Jahre reduziert sich die Stärke des Nahteils beim normakkommodativen KE, sodass in der Pubertät der Bifokalteil zumeist überflüssig wird. In Fällen, in denen die Reduktion des Nahteils nicht gelingt, ist eine weiterführende Operation indiziert.

Die genauere Prognose richtet sich aber nach einer eventuell bestehenden Hyperopie, einem Astigmatismus und nach der AC/A-Ratio. [1, 14]

Die maximale Stärke des Nahzusatzes sollte +3,5 dpt nicht überschreiten. Werte darüber hinaus sind nach einer Studie von Thaller-Antlanger nicht mehr sinnvoll. Darüber hinaus hält Thaller-Antlanger ein Alter von fünf Jahren für einen günstigen Zeitpunkt zur Verordnung einer Bifokalbrille, da vor diesem Alter nur in etwa 10 % ein ausreichend exakter Binokularbefund erhoben werden könne. [23]

Eine relativ neue Alternative zur Bifokal- oder Gleitsichtbrille ist das neue atLast! Brillenglas. Es zeichnet sich durch eine gute Sicht in die Mitteldistanz und durch ein kaum auffallendes Nahteil aus. Neben diesem ästhetischen Vorteil und einem nahtlosen Übergang von Fern- zu Nahteil sollen diese neuartigen Brillengläser auch sehr bruchfest sein. [24]

### 3.4.2 Operative Therapie mit der Fadenoperation nach Cüppers

Wenn bei Vorliegen einer Esotropie mit Konvergenzexzess die Indikation für eine operative Behandlung gegeben ist, wird eine beidseitige „Fadenoperation nach Cüppers“, die so genannte retroäquatoriale Myopexie, durchgeführt. Diese Operation ist beim Konvergenzexzess die Operation der Wahl, da sich der Nahschielwinkel verringern lässt, ohne dass der Fernschielwinkel wesentlich verändert wird. Es entsteht durch die Fadenoperation und die Fixierung des Muskelbauches mit speziellen Fäden an der Sklera hinter dem Äquator eine künstliche „Parese“ des M. rectus medialis, sodass seine Überfunktion abgeschwächt wird.

Vor der Operation ist ein Ausgleich einer eventuell bestehenden Hyperopie mit einer Brille notwendig, um eine konsekutive Divergenz zu vermeiden. [1, 8, 14, 17]

Laut einer vergleichenden Studie zum Thema Risikofaktoren für eine konsekutive Exotropie nach Fadenoperation von Happe und Suleiman, zählt die Hyperopie jedoch nicht zu den spezifischen Risikofaktoren. [25]

Die Fadenoperation führt zu einer Verkürzung des Hebelarmes des operierten Muskels und einer Zunahme der Federkonstante des hinter den Fäden liegenden Muskelanteils über den präoperativen Wert des gesamten Muskels. Die Zunahme der Federkonstante bedeutet eine Entspannung des genannten Muskelanteils. Sie ist, wie auch der Effekt durch die Verkürzung des Hebelarmes, schwer im Voraus zu berechnen. Das Operationsergebnis ist abhängig von verschiedenen Operationstechniken, von der Größe des operierten Schielwinkels und auch von eventueller Narbenbildung.

Zusätzlich ist zu beachten, dass der postoperative Effekt zu- oder abnehmen kann, was durch die Anpassung des passiven orbitalen Gewebes und der Antagonisten der operierten Muskeln an die geänderten Spannungszustände erklärbar ist. Es ist noch nicht gelungen eine Methode zu entwickeln, mit der es möglich ist vorauszusagen, ob das passive orbitale Gewebe, der operierte Muskel oder dessen Antagonist die stärksten Tendenzen hat in den alten Zustand zurück zu kehren. Das bedeutet, dass es nicht wirklich möglich ist vorauszusagen, ob es postoperativ zu einer Zu- oder Abnahme der Wirkung der Schieloperation kommt. [17]

Die Dosierung der Operation hängt ab von Fernschielwinkel und Nahschielwinkel und auch von der Bulbuslänge. Die Winkel werden präoperativ mit dem alternierenden Prismen-Abdecktest eruiert. Eine „moderate Unterkorrektur“ soll ein funktionell besseres Ergebnis liefern und auch das Risiko einer konsekutiven Exotropie vermindern. [25, 26]

Die Spannungsänderung des passiven orbitalen Gewebes wird bei der Dosierung der Operation beachtet. Da die Spannungsänderung, die durch Drehung des Bulbus bei der Operation entsteht, dem Operationseffekt entgegenwirkt, müssen die Muskeln bei einer kombinierten Fadenoperation um eine längere Strecke rückgelagert werden als der eigentliche Schielwinkel groß ist. [17]

### **Durchführung der Operation**

Für die Fadenoperation gibt es verschiedene technische Varianten. Am Beginn der Operation wird nach dem Einsetzen des Lidsperrers und der Eröffnung der Bindehaut der Muskel tiefreichend präpariert. Nahe vor der Insertion des Muskels werden ein oder zwei Zügfäden in die Sklera gelegt, um den Bulbus mit Hilfe von anatomischen Klemmen (Halstead-Klemmen) in einer Abduktionsstellung von etwa 40° halten zu können. Dabei ist auf die Schonung der Ansatzgefäße zu achten. Im nächsten Schritt wird das Hüllgewebe des Muskels scharf abgelöst. Die Muskelscheide wird abgetrennt, wobei kein orbitales Fettgewebe vorfallen sollte. Dieses behindert zum einen die Sicht während der Operation, zum anderen kann es später unter der Bindehaut im Lidspaltenbereich zu sehen sein. Um starke Narbenbildung zu verhindern, sollen keine freien Fettzellen austreten. [17]

Mit Hilfe des eingesetzten Orbitaspatels und eines Schielhakens wird der Muskel frei gehalten, um mit einem Zirkel von der Insertion des Muskels aus die Myopexiestelle ausmessen zu können. Die ausgemessene Stelle wird auf der Sklera markiert. An der markierten Stelle wird der Muskelrand mit einem Polyesterfaden und einer Rund- oder Spatelnadel fixiert. Die Festigkeit des Knotens muss genau dosiert sein, denn während ein zu lockerer Knoten keine ausreichende Stabilität und keinen guten Kontakt mit der Sklera bietet, schnürt ein zu fester Knoten den Muskel ab. Vor dem Ende der Operation wird die Strecke nochmals überprüft und eventuell die Muskelscheide geschlossen. Sollte eine Revision nötig sein, ist das wegen der erwünschten und die Wirkung der Myopexie mit verursachenden myoskleralen Verwachsungen oft nicht sehr einfach. Verwachsungen zwischen Sklera und Hüllgewebe erschweren es, mit dem Schielhaken unter den Muskel zu kommen. [17] „Das Problem der konsekutiven Divergenz ist so alt wie die Strabismuschirurgie selbst.“ [25]

Sie kann bereits direkt nach der Operation vorhanden sein, oder aber auch erst Monate, sogar Jahre später auftreten. Happe und Suleiman geben den Prozentsatz der konsekutiven Exotropie nach Fadenoperation mit bis zu fünf Prozent an. Sie verweisen aber darauf, dass zu unterscheiden ist zwischen direkt nach der Operation aufgetretener konsekutiver

Exotropie als Folge einer zu großzügig gewählten Operationsdosierung und der später auftretenden Exotropie. Dieser nicht anhaltende Operationserfolg sollte laut der Autoren darüber nachdenken lassen, ob die Indikation zur Operation wirklich gegeben war und ob die Art der Operation richtig gewählt wurde. [25]

## **4 Ergebnisse zu Verlauf und Behandlungsmöglichkeiten des Konvergenzexzesses**

### **4.1 Material und Methoden**

Für den ersten Teil dieser Diplomarbeit wurde Basiswissen über Strabismus und Orthoptik anhand einschlägiger Fachliteratur erarbeitet. Die Literaturrecherche umfasste neben Lehrbüchern der Augenheilkunde und des Strabismus auch die Suche nach Publikationen zum Thema Konvergenzexzess in Fachzeitschriften via Medline und PubMed.

Die für die Datenerhebung benötigten Patientendaten wurden von der Augenklinik der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um Daten von Patienten mit Konvergenzexzess aus den Jahren 1996 bis 2011.

Die retrospektive Datenanalyse umfasste Fragen nach Alter und Geschlecht, nach der Dauer der Behandlung in der Schielabteilung, dem Alter bei Diagnosestellung des Konvergenzexzesses, die Art des Konvergenzexzesses, die verordneten Dioptrien des Nahzusatzes und den Schielwinkel zu Beginn und am Ende der Behandlungszeit sowie das Alter zum Zeitpunkt der Operation. Anhand der Daten wurden die Patienten in verschiedene Gruppen eingeteilt.

Einschlusskriterien waren ein diagnostizierter Konvergenzexzess, zumindest zwei Kontrolltermine im Laufe der Behandlung in der Schielabteilung, Dokumentation des Visus, des Nahzusatzes, der Refraktion sowie des Schielwinkels für Ferne und Nähe bei Diagnosestellung des Konvergenzexzesses und beim letzten Termin in der Schielabteilung. Ausgeschlossen wurden Patienten mit fehlenden oder unvollständigen Daten in der Dokumentation. Außerdem wurden Patienten ausgeschlossen, die bereits eine Schieloperation gehabt hatten und nicht klar war, ob die Indikation für die Operation ein Konvergenzexzess darstellte.

Nach diesen Kriterien konnten 78 Patienten in die retrospektive Datenanalyse einbezogen werden.

## 4.2 Resultate

### 1. Geschlechterverteilung

Die statistische Auswertung der Daten ergab eine Geschlechterverteilung von 32 (41 %) männlichen und 46 (59 %) weiblichen Patienten.

männlich	32	41 %
weiblich	46	59 %
gesamt	78	100 %

Tab.1: Geschlechterverteilung der Patienten

### 2. Behandlungsdauer in der Schielabteilung

Die durchschnittliche Behandlungsdauer der Patienten in der Schielabteilung betrug  $59 \pm 43$  Monate. Die Behandlungszeiten reichten von wenigen Monaten bis hin zu vielen Jahren und bezogen sich nicht ausschließlich auf die Zeit, in der die Patienten wegen eines KE behandelt wurden. Vielfach waren die Patienten zuerst wegen anderer Strabismusformen und Amblyopie in Behandlung, bevor der Konvergenzexzess diagnostiziert wurde.

### 3. Durchschnittliches Alter bei Diagnosestellung

Das durchschnittliche Alter bei der Diagnosestellung des Konvergenzexzesses war 5 Jahre, mit einer Standardabweichung von  $\pm 3,3$  Jahren.

### 4. Häufigkeitsverteilung der Patienten zu den Arten des KE

Von den 78 Patienten hatten 65 einen akkommodativen KE, 13 einen nichtakkommodativen KE. Das entspricht einer prozentuellen Verteilung von 83,3 % zu 16,7 %. Von den 65 Patienten mit akkommodativem KE wurde bei 22 ein normakkommodativer und bei 26 ein hypoakkommodativer KE diagnostiziert, bei 17 Patienten war bei der Durchsicht der Untersuchungsbefunde nicht ersichtlich, um welche Art des akkommodativen KE es sich handelte.

### 5. Alter bei der Operation

Das durchschnittliche Alter der Patienten die operiert wurden (Gruppe 1 C, 2 A, 2 B und 2 C, Gruppeneinteilung siehe Seite 66) betrug 7,7 Jahre mit einer Standardabweichung von  $\pm 4,1$  Jahren.

Bei der zweiten Operation (Gruppe 2 C) betrug das durchschnittliche Alter  $12 \pm 4,3$  Jahre.

## 6. Verlauf des Konvergenzexzesses

### a) Reduktion des Schielwinkels

#### · Nahschielwinkelreduktion bei Patienten mit KE im Vergleich

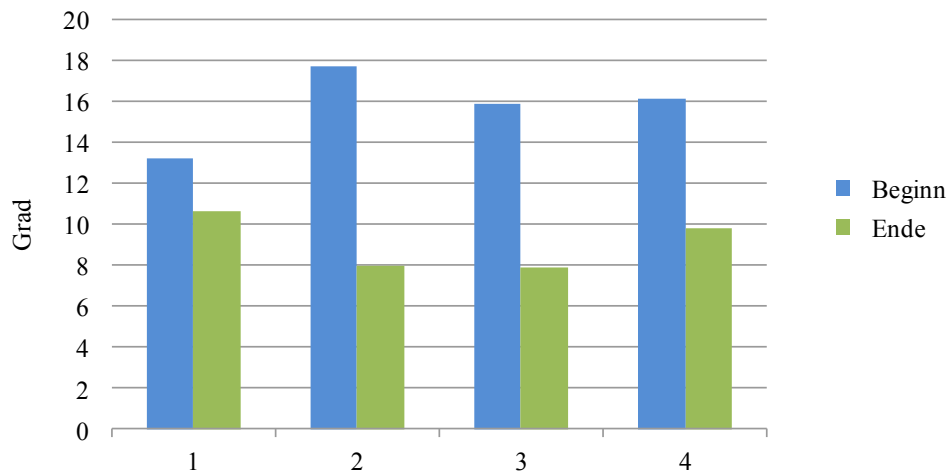


Abb.29: Nahschielwinkelreduktion bei Patienten mit KE im Vergleich (cc Fernkorrektur)

- 1: normakkommodativer KE konservativ mit der Bifokalbrille behandelt
- 2: normakkommodativer KE mit Bifokalbrille und operativ behandelt
- 3: hypoakkommodativer KE mit Bifokalbrille behandelt
- 4: nichtakkommodativer KE operativ behandelt

In der Gruppe 1 betrug die Schielwinkelreduktion  $2,58^\circ$ , also 19,6 %, in Gruppe 2  $9,7^\circ$ , das entspricht 54,8 %. Gruppe 3 kann eine Reduktion von  $8,02^\circ$  aufweisen, was einer Reduktion um 50,4 % entspricht und Gruppe 4 zeigt eine Reduktion um  $6,33^\circ$  entsprechend 39,2 %. Die Schielwinkel am Ende der Therapie betragen in Gruppe 1 durchschnittlich  $12,3^\circ$ , in Gruppe 2  $10^\circ$ , in Gruppe 3  $9,5^\circ$  und in Gruppe 4  $10,1^\circ$  (cc Fernkorrektur, ohne NZ).

In Abbildung 30 wird ersichtlich, dass die Reduktion des Nahschielwinkels bei operierten Patienten wesentlich ausgeprägter ausfiel als bei Patienten, die mit einer Bifokalbrille behandelt wurden. Die Operation brachte eine Reduktion um  $10^\circ$ , was einer Reduktion um 56,3 % entspricht, die Bifokalbrille brachte vergleichsweise eine Reduktion um  $2,82^\circ$ , also 20,1 %.

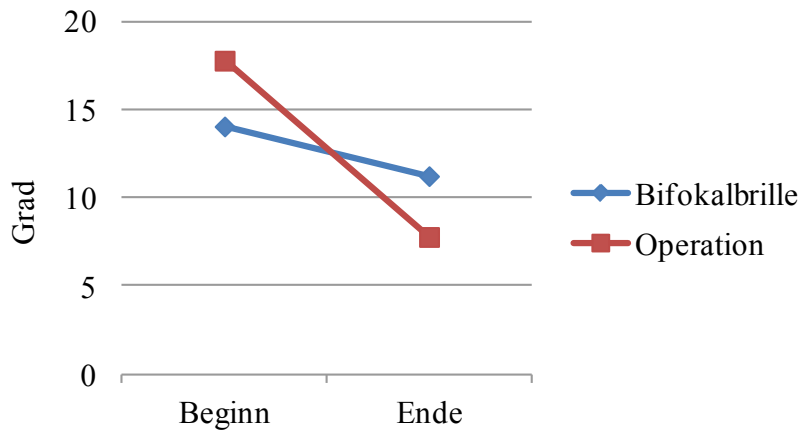


Abb.30: Bifokalbrille und Operation im Vergleich

## b) Reduktion des Nahzusatzes

### · Veränderung des NZ bei akkommodativem KE

Tabelle 2 zeigt, bei wie vielen Patienten mit akkommodativem KE der NZ nicht mehr notwendig war und reduziert werden konnte, bei wie vielen er gleich blieb und bei wie vielen er erhöht werden musste.

NZ ↓	20	30,8 %
NZ →	36	55,4 %
NZ ↑	9	13,8 %
Gesamt	65	100 %

Tab. 2: Veränderung des NZ bei akkommodativem KE

### · Reduktion des NZ bei Patienten mit normakkommodativem KE

Von 22 Patienten mit normakkommodativem Konvergenzexzess wurden 9 operativ und 13 konservativ behandelt. Der Vergleich der Reduktion des Nahzusatzes zwischen Beginn und Ende der Therapie zeigt eine Reduktion um 1,67 dpt in der Gruppe der operierten Patienten und eine Reduktion um 0,71 dpt bei den konservativ behandelten.

Das entspricht einer Reduktion um 81,3 % in der Gruppe der operierten Patienten und einer Reduktion um 26,8 % in der Gruppe der nicht operierten Patienten (Abbildung 31).

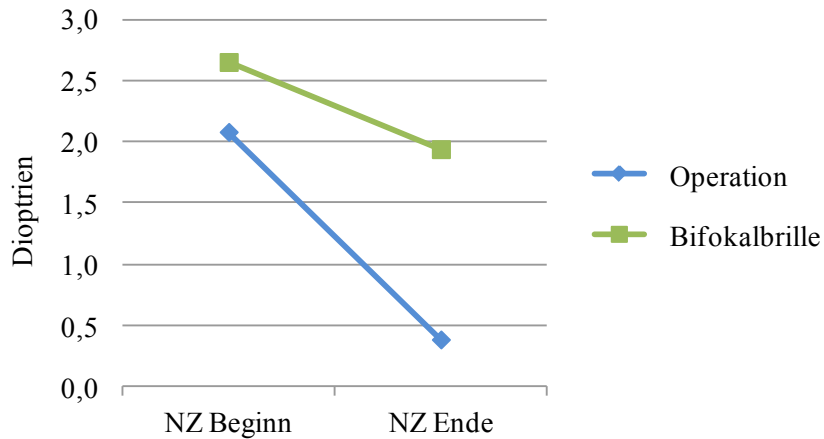


Abb.31: Reduktion des NZ bei Patienten mit normakkommodativem KE – Operation und Bifokalbrille im Vergleich

· **Reduktion des NZ bei hypoakkommodativem KE**

Bei 26 Patienten mit hypoakkommodativem KE konnte insgesamt eine Reduktion des NZ von durchschnittlich 0,39 dpt beobachtet werden. Das ist eine durchschnittliche Reduktion um 18,2 %. Wie bereits erwähnt gibt es in diesen Fällen keine Alternative zur Bifokalbrille (Abbildung 32).

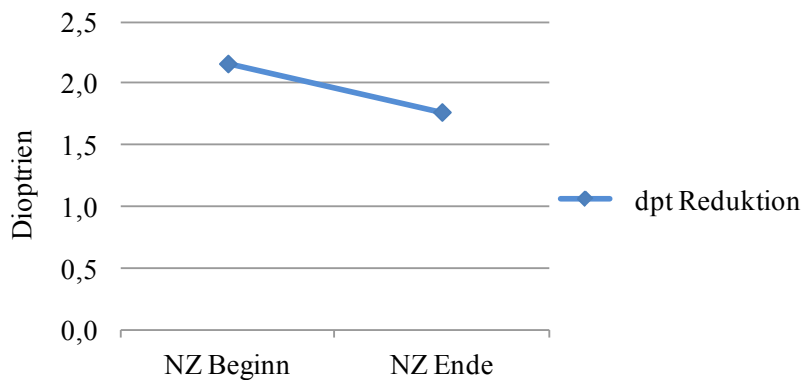


Abb.32: Reduktion in dpt bei Patienten mit hypoakkommodativem KE

· **Reduktion des NZ - normakkommodativer und hypoakkommodativer Konvergenzexzess im Vergleich**

Tabelle 3 veranschaulicht die Reduktion des Nahzusatzes bei Patienten mit normakkommodativem KE im Vergleich zu Patienten mit hypoakkommodativem KE. Die Fallzahlen sind hier geringer, da nicht bei allen Patienten mit akkommodativem Konvergenzexzess festzustellen war, ob es sich um einen normakkommodativen oder hypoakkommodativen Konvergenzexzess handelt. Auch wurden 4 der 22 Patienten mit

normakkommodativem KE gleich operiert, ohne vorher einen NZ zu bekommen. 2 der 26 Patienten mit hypoakkommodativem KE hatten im Behandlungsverlauf keinen NZ.

	reduziert	nicht reduziert	Gesamt
normakkommodativer KE	9	9	18
	21,4 %	21,4 %	42,8 %
hypoakkommodativer KE	8	16	24
	19,1 %	38,1 %	57,2 %

*Tab.3: Reduktion des Nahzusatzes im Behandlungsverlauf – normakkommodativer und hypoakkommodativer KE im Vergleich*

#### • Postoperative Reduktion des Nahzusatzes

32 der 78 Patienten (41 %) wurden mindestens einmal operiert, die meisten davon erhielten eine beidseitige Fadenoperation.

12 der 32 operierten Patienten (37,5 %) hatten einen nichtakkommodativen KE, folglich also weder prä- noch postoperativ einen Nahzusatz.

Von den 20 operierten Patienten mit akkommodativem KE hatten 13 einen NZ. Dieser musste bei 7 (53,8 %) postoperativ belassen werden. Jedoch konnte er in fünf der sieben Fälle um durchschnittlich 1,2 Dioptrien reduziert werden. In zwei der sieben Fälle konnte er nicht reduziert werden. Bei den restlichen sechs der 13 operierten Patienten konnte der NZ postoperativ ganz weggelassen werden.

Wird die postoperative Reduktion des Nahzusatzes von allen 13 Patienten mit akkommodativem KE zusammengefasst, die vor der Operation einen Nahzusatz trugen, ergibt sich eine durchschnittliche Reduktion um 1,8 Dioptrien. Die durchschnittliche Nahschielwinkelreduktion bei diesen Patienten betrug 5,25°.

Die durchschnittliche Reduktion des Schielwinkels in der Gruppe des nichtakkommodativen KE betrug 6,33°, was einer Reduktion um 39,2 % entspricht.

## Outcome der Patienten in Gruppe 1 A bis 2 C

Die Einteilung der Patienten nach Therapieform in Gruppen soll das Outcome der verschiedenen Behandlungsstrategien vergleichbar machen. Die Einteilung erfolgte in zwei Hauptgruppen mit je drei Untergruppen.

### Hauptgruppe 1:

Patienten mit primärer Nahaddition (Bifokallbrille / Gleitsichtbrille) = 66 %

Untergruppe A: Nahaddition im Laufe der Zeit nicht mehr notwendig

Untergruppe B: Nahaddition beibehalten

Untergruppe C: Später operiert

### Hauptgruppe 2:

Patienten mit primärer Operation = 34 %

Untergruppe A: Keine weitere Therapie

Untergruppe B: Später Nahaddition

Untergruppe C: Zweite Operation

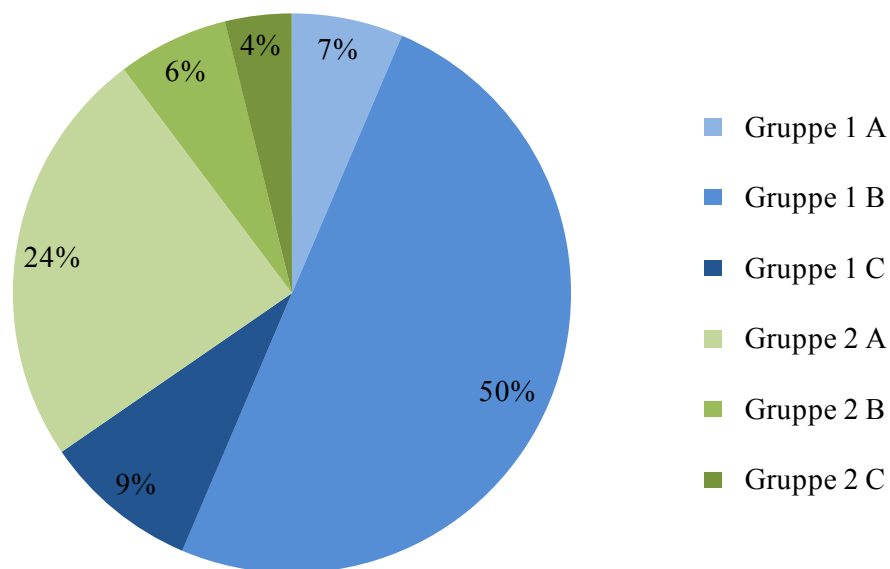


Abb.33: Verteilung der Patienten zu den Gruppen

Gruppe 1A	5	6,4 %
Gruppe 1B	39	50 %
Gruppe 1C	7	9 %
Gruppe 2A	19	24,4 %
Gruppe 2B	5	6,4 %
Gruppe 2C	3	3,8 %
Gesamt	78	100 %

Tab.4: Verteilung der Patienten zu den Gruppen

### 1. Verhältnis der männlichen und weiblichen Patienten

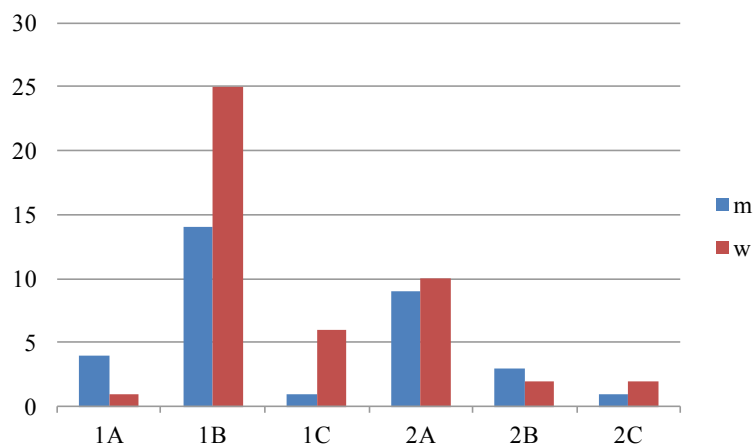


Abb.34: Verhältnis der männlichen und weiblichen Patienten in den jeweiligen Gruppen

Das Verhältnis von männlichen und weiblichen Patienten zeigt insgesamt ein Überwiegen der Patientinnen, mit Ausnahme der Gruppe 1A, also jener Gruppe die anfangs nur mit einer Bifokalbrille behandelt wurde und im Verlauf eine unauffällige Augenstellung ohne Nahaddition erreichte und Gruppe 2B, also jener Patienten, die nach der Operation eine Nahaddition benötigten.

## 2. Durchschnittliches Alter bei Diagnosestellung

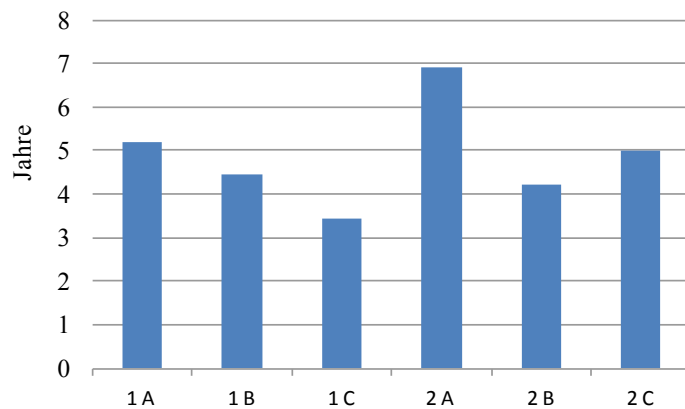


Abb.35: Durchschnittliches Alter bei Diagnosestellung des Konvergenzexzesses

Die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Diagnosestellung ist mit 3,4 Jahren am niedrigsten in der Gruppe 1C, in der die Patienten zuerst mit einer Bifokalbrille behandelt und später operiert wurden. Das durchschnittlich höchste Alter wird mit 6,9 Jahren in der Gruppe 2A erreicht, also bei jenen Patienten, die operiert wurden und anschließend keine weitere Therapie mehr benötigten.

## 3. Durchschnittliche Behandlungsdauer in der Schielabteilung

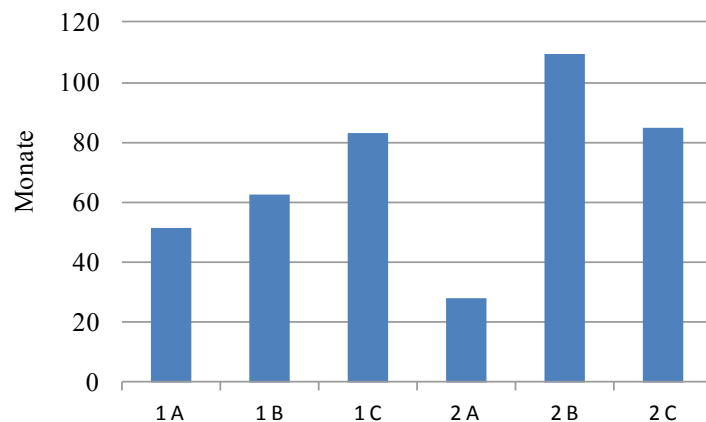


Abb.36: Durchschnittliche Behandlungsdauer in der Schielabteilung

In Abbildung 36 zeigt sich, dass die primär operative Behandlung die Behandlungsdauer in der Schielabteilung verkürzt. In Gruppe 2A, in der die Patienten ohne vorherige Therapie mit einer Bifokalbrille operiert wurden, liegt die Behandlungsdauer bei durchschnittlich 28 Monaten. Somit ist die Behandlungsdauer in dieser Gruppe am kürzesten. Aufsteigend nach den Monaten der Behandlungsdauer geordnet beträgt diese in der Gruppe 1A 51,7

Monate. Diese Gruppe besteht aus den Patienten, die im Laufe der Zeit ohne Operation und ohne weitere Therapie mit der Bifokalbrille eine normale Augenstellung erreichten. In der Gruppe 1B, in der die Patienten mit einer Bifokalbrille behandelt wurden und diese nicht ablegen konnten, beträgt die Behandlungsdauer 62,3 Monate. Gruppe 1C, mit den Patienten die zuerst mit einer Bifokalbrille behandelt und später operiert wurden verzeichnet 83,1 Monate, Gruppe 2C mit den zweimal oder öfter operierten Patienten 84,6 und 2B 109,2 Monate. Gruppe 2B sind jene Patienten, die zuerst operiert wurden und später eine Nahaddition bekamen.

#### 4. Reduktion des Nahschielwinkels in Grad im Behandlungsverlauf

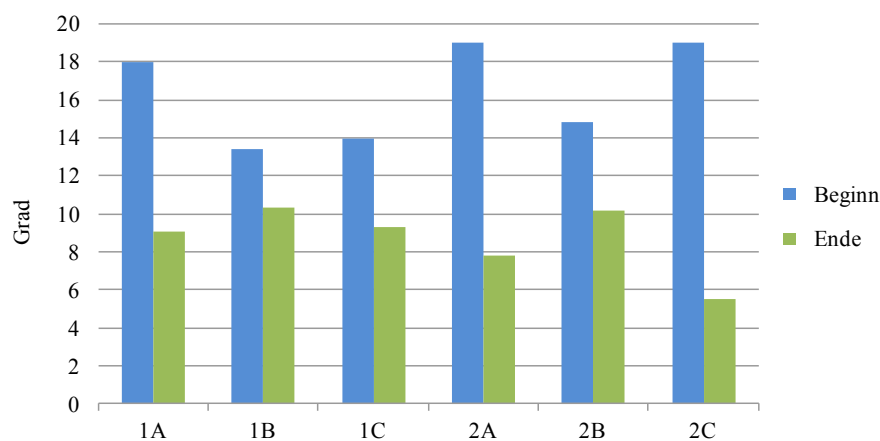


Abb.37: Reduktion des Nahschielwinkels in Grad im Behandlungsverlauf (cc Fernkorrektur)

Mit einer Reduktion von 71,1 % ( $13,5^\circ$ ) in Gruppe 2C ist hier die stärkste Reduktion des Nahschielwinkels zu verzeichnen. Diese Patienten wurden gleich operiert und bekamen im Verlauf eine oder mehrere weitere Operationen. Absteigend in der Reihenfolge kommen Gruppe 2A (Patienten, die gleich operiert wurden und keine weitere Therapie benötigten) mit einer Reduktion um 59,1 % ( $11,24^\circ$ ) und Gruppe 1A mit 49,4 % ( $8,9^\circ$ ). Gruppe 1A beinhaltet jene Patienten, die mit der Bifokalbrille ausreichend therapiert waren und diese im Verlauf ablegen konnten. Gruppe 1C folgt mit 33,3 % ( $4,64^\circ$ ), sie beschreibt Patienten die nach einer Therapie mit der Bifokalbrille operativ behandelt wurden. Gruppe 2B (Operation und später Nahaddition) zeigt eine Reduktion um 31,1 % ( $4,6^\circ$ ) und mit der geringsten Reduktion folgt Gruppe 1B mit 23,3 % ( $3,12^\circ$ ). Die Patienten dieser Gruppe wurden mit einem NZ therapiert und konnten diesen im Behandlungsverlauf nicht ablegen. Die Winkel wurden überwiegend cc ohne Nahkorrektur gemessen. Da einige Messungen sc erfolgten, kann diese Auswertung einen guten Überblick, jedoch kein punktgenaues Ergebnis bringen.

## 5. Reduktion des Nahzusatzes in Dioptrien im Verlauf

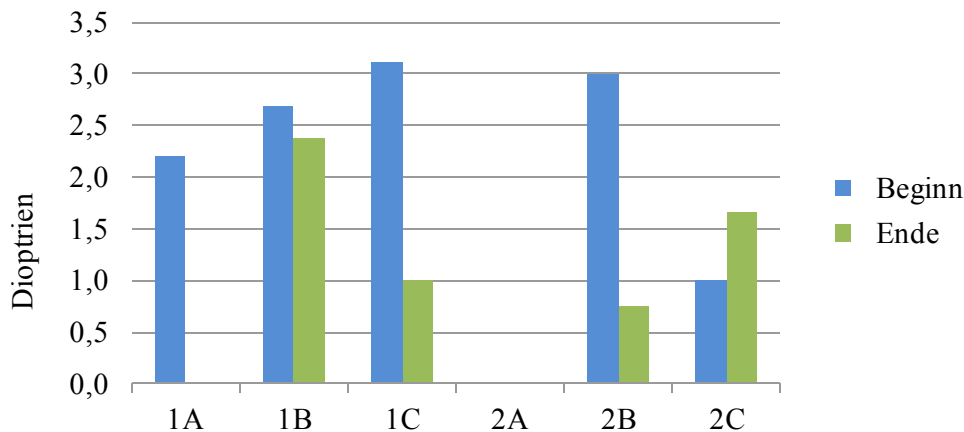


Abb.38: Reduktion des Nahzusatzes in Dioptrien im Verlauf

Die Reduktion des NZ ist definitionsgemäß in der Gruppe 1A 100 %. Die am Behandlungsbeginn durchschnittlich verordneten 2,2 dpt konnten im Behandlungsverlauf ganz abgelegt werden. In Gruppe 2B betrug die Reduktion 2,25 dpt (75 %) und in Gruppe 1C 2,11 dpt (67,8 %). In Gruppe 1B, in der Patienten ausschließlich mit einer Bifokalbrille behandelt wurden, war eine Reduktion um 0,31 dpt zu verzeichnen, ein Minus von 11,7 %. In dieser Gruppe ist die Behandlung bei einigen Patienten noch nicht abgeschlossen und es kann sein, dass es in den nächsten Monaten bei diesen Patienten der NZ weiter reduziert werden kann. Dass in Gruppe 2C der NZ teilweise erhöht werden musste und es so durchschnittlich zu einer Zunahme um 66,7 % kam ist mit der geringen Fallzahl von nur 3 Patienten erklärbar und damit nicht aussagekräftig. In der Gruppe 2A hatten die Patienten weder prä- noch postoperativ einen NZ, da es sich in dieser Gruppe hauptsächlich um Patienten mit nichtakkommodativem KE handelt.

### **4.3 Diskussion**

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden die Bifokalbrille und die Augenmuskeloperation in ihrer Effektivität zur Behandlung der unterschiedlichen Formen des Konvergenzexzesses erörtert und mit der Literatur verglichen. Speziell beim normakkommodativen Konvergenzexzess ist nicht klar, ob die Therapie alleine mit einer Bifokalbrille bewerkstelligt werden kann, oder ob eine Operation ein besseres Outcome für den Langzeitverlauf ergibt.

Für die Behandlung des Konvergenzexzesses gibt es keine eindeutigen Empfehlungen, die anhand der Untersuchungsbefunde bei Diagnosestellung prädiktive Aussagen zulassen würden. Zum einen liegt dies wohl darin begründet, dass in vielen Studien weder zwischen akkommodativem und nichtakkommodativem Konvergenzexzess und auch nicht zwischen normakkommodativem und hypoakkommodativem Konvergenzexzess unterschieden wird. Zum anderen werden Patienten mit ähnlichen, aber nicht wirklich vergleichbaren Einschlusskriterien in Studien eingeschlossen und die Interpretation der Ergebnisse auf unterschiedliche Messkriterien bezogen. Während zum Beispiel Arnoldi das Outcome der teils operativen und teils mit Bifokalbrille erfolgten Behandlung in Bezug auf den vor der Behandlung ermittelten AC/A-Quotienten und die nach der Behandlung ermittelte Winkelreduktion untersuchte, wurden bei anderen Autoren wie Stewart und Scott die Patienten auf ihre Fähigkeit zur Fusion nach der Behandlung untersucht. Das alles macht die Interpretation der in den Studien veröffentlichten Daten schwer. [27, 28]

Die Komplexität der Erkrankung stellt die größte Schwierigkeit bei der Erstellung einer Behandlungsempfehlung dar. Diese spiegelt sich in verschiedenen Arten des Konvergenzexzesses, dem häufigen Auftreten zusätzlicher kongenitaler und erworbener Strabismusformen und Refraktionsfehler und nicht zuletzt in verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten wider. Nichts desto trotz muss das Ziel der Behandlung ein akzeptables motorisches, sensorisches und auch kosmetisches Ergebnis sein.

In der retrospektiv durchgeführten Studie wurden die Daten von 78 den Einschlusskriterien entsprechende Patienten untersucht. 46 Patienten (59 %) waren weiblich und 32 (41 %) männlich (Tab.1). Die durchschnittliche Behandlungsdauer in der Schielabteilung betrug  $59 \pm 43$  Monate, das durchschnittliche Alter bei der Diagnosestellung war  $5 \pm 3,3$  Jahre. Bei 65 Patienten lag ein akkommodativer KE und bei 13 Patienten ein nichtakkommodativer KE vor. Von den Patienten mit akkommodativem KE war bei 22 ein normakkommodativer KE und bei 26 ein hypoakkommodativer KE diagnostiziert worden.

Bei den verbleibenden Patienten war bei der Durchsicht der Daten nicht festzustellen, um welche Form des akkommodativen KE es sich handelte.

Von Noorden et al. stellte 1978 fest, dass von 84 mit Bifokalbrille behandelten Patienten mit Konvergenzexzess, jene mit niedrigem AC/A-Quotienten nicht gut darauf ansprachen. Er unterschied zwischen einem akkommodativen Konvergenzexzess mit hoher AC/A-Ratio und einem nichtakkommodativen Konvergenzexzess, bei dem in der Verlaufsbeobachtung eine Vergrößerung des Nahschielwinkels festzustellen war. In dieser Studie erreichten von 70 Patienten mit akkommodativem KE 12 (17,1 %) im Laufe der Zeit normale Fusion bei Nah- und Fernfixation, bei 19 Patienten (27,1 %) konnte der Nahzusatz reduziert, jedoch nicht weggelassen werden und bei 39 (55,7 %) musste der Nahzusatz ohne Reduzierung der Stärke beibehalten werden. [29]

Im Vergleich mit den Daten der Schielabteilung der Medizinischen Universität Graz ergab sich folgendes Ergebnis: von insgesamt 65 Patienten mit akkommodativem KE konnte der Nahzusatz bei 20 (30,8 %) reduziert oder ganz weggelassen werden, bei 36 Patienten (55,4 %) blieb er gleich, bei 9 (13,8 %) musste er erhöht werden (siehe Tabelle 2).

In der Auswertung der Gruppen zeigte sich in Gruppe 2B die größtmögliche Reduktion des NZ von anfänglich durchschnittlichen +3 dpt auf letztendlich +0,75 dpt. Das ist eine Reduktion um 2,25 dpt oder 75 %. In dieser Gruppe wurden die Patienten zuerst operiert und bekamen postoperativ einen NZ. In der Gruppe 1B, in welcher die Patienten ausschließlich mit einer Bifokalbrille behandelt wurden, konnte eine Reduktion um 0,31 dpt (11,7 %) erzielt werden (siehe Abb.38).

Interessanterweise musste bei 9 Patienten (13,8 %) der NZ im Therapieverlauf erhöht werden. Bereits Ludwig et al. beschrieb die Notwendigkeit der Erhöhung des Nahzusatzes vor allem bei größeren Fern-/Nahschielwinkeldifferenzen des KE. Die Verschlechterung des Konvergenzüberschusses wurde in dieser Studie bei 52 % der Patienten mit über 30 pdpt Nah-/Ferndifferenz beobachtet. [30]

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen beschreibt Thaller-Antlanger, dass nach ihren Verlaufsbeobachtungen fast alle Patienten mit akkommodativem Konvergenzexzess nach fünf- bis achtjähriger Tragedauer des Bifokalglases unter kontinuierlicher Reduktion der Stärke desselben, zum Monofokalglas zurückkehren konnten. Lediglich 1 % der Patienten sei demnach auch im Erwachsenenalter noch auf eine Bifokalbrille angewiesen. [23]

Bei unserem Patientenkollektiv zeigt die in Abbildung 38 erfasste Gruppe 1B, in der die Patienten ausschließlich mit einer Bifokalbrille behandelt wurden, dass auch über Jahre hinweg keine starke Reduktion möglich war. Eine mögliche Ursache für diese

abweichenden Ergebnisse könnte das durchschnittlich präpubertäre Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Datenerhebung sein.

Eine weitere Erklärung dafür haben Eckstein et al. erarbeitet, die einen Zusammenhang zwischen dem Erfolg der Behandlung mit der Bifokalbrille und zusätzlichen Dispositionen wie Mikrostrabismus convergens ohne phorischer Komponente, Mikrostrabismus convergens mit phorischer Komponente und Esophorie erkannten. Die Tragedauer bis zum Weglassen des Nahzusatzes bei Patienten mit Esophorie beschrieben sie mit durchschnittlich 6,4 Jahren (9 von 13 Patienten), durchschnittlich 5,0 Jahre waren es hingegen bei 16 von 32 Patienten mit Mikrostrabismus ohne phorischer Komponente. Bei Patienten mit akkommodativem KE und Mikrostrabismus mit phorischer Komponente wird eine durchschnittliche Tragedauer von 8,1 Jahren ohne Operation und 4,4 Jahren mit Operation angegeben. Hier konnte im Beobachtungszeitraum bei 15 von 46 Patienten der Nahzusatz ganz weggelassen werden. Daher empfehlen Eckstein et al. für Patienten mit akkommodativem KE und zusätzlicher Esophorie oder Mikrostrabismus convergens ohne phorischer Komponente eine Bifokalbrille und wegen der sehr langsamen bis fehlenden Besserung des Nahschielwinkels bei Mikrostrabismus mit phorischer Komponente ein operatives Vorgehen. [31]

Eine Studie von Arnoldi beschäftigte sich mit dem Langzeit-Therapieverlauf des Konvergenzexzesses, wobei zwischen einem nichtakkommodativen, einem akkommodativen im Sinne eines normakkommodativen und einem hypoakkommodativen KE unterschieden wurde. Bei 22 (52 %) von 39 Patienten mit einem normakkommodativen Konvergenzexzess konnte nur in 20 % der Fälle die Stärke der Bifokalbrille reduziert oder diese nach Jahren ganz abgelegt werden. Bei den restlichen 80 % der Patienten wurde die Therapie mit einer Bifokalbrille abgebrochen und aus verschiedenen Gründen einer Operation zugeführt. Als Gründe für den Abbruch der konservativen Therapie nennt Arnoldi die Entwicklung einer nichtakkommodativen Esotropie in der Ferne in 10 %, sowie eine mangelnde Reduzierbarkeit des Nahzusatzes nach durchschnittlich mehr als 8 Jahren in 15 %. In 20 % gibt er an, dass die Patienten die Bifokalbrille nicht tolerierten und in 35 % durch den Nachteil eine Esotropie entwickelt hatten. Bereits zu Beginn der Therapie zeigten 17 der 39 Patienten mit akkommodativem Konvergenzexzess kein Ansprechen auf eine Nahaddition von +3,0 dpt und wurden daher von vornherein einer operativen Therapie zugeführt.

Arnoldi stützt sich dabei auf Ergebnisse von Von Noorden et al., die zeigen konnten, dass sich auch nach Wochen und Monaten kein Ansprechen auf die Bifokalbrille entwickelt,

wenn Patienten nicht initial ein Ansprechen im Sinne einer Schielwinkelreduktion in der Nähe zeigen. [28, 29]

Die Auswertung der Daten der Schielabteilung Graz ergab für den Vergleich zwischen Bifokalbrille und Operation beim normakkommodativen KE eine größere Reduktion des NZ bei den operierten Patienten (siehe Abbildung 31). Es muss jedoch beachtet werden, dass bei einigen Patienten mit Bifokalbrille in den folgenden Jahren die Stärke des NZ voraussichtlich weiter reduzieren werden kann und die Fallzahlen mit 9 operierten und 13 konservativ behandelten Patienten gering sind. Die Reduktion des NZ bei operierten Patienten betrug 1,67 dpt (81,3 %), bei den konservativ Behandelten waren es 0,71 dpt (26,8%). Interessanterweise war die Behandlungszeit in der Schielabteilung in der Gruppe der operierten Patienten kürzer. Auch Eckstein et al. gibt eine verkürzte Behandlungsdauer in den operierten Fällen an. [31]

Bei Betrachtung der postoperativen Schielwinkel ergab sich für Patienten mit normakkommodativem Konvergenzexzess und Operation ein gutes Ergebnis: Eine Reduktion um  $10^\circ$  (56,3 %), im Vergleich zur Reduktion von  $2,82^\circ$  (20,1 %) bei normakkommodativem KE mit konservativer Behandlung. Die Aussagekraft dieser Angaben ist wegen der geringen Fallzahlen begrenzt.

Für Patienten mit akkommodativem Konvergenzexzess und zusätzlichen anderen Schielformen wie Mikrostrabismus ist auch nach einer Studie von Klainguti et al. eine Fadenoperation eine befriedigende Lösung für Patienten, die keine Bifokalbrille tragen wollen. [32]

Eine Studie von Stärk et al. zeigt, dass die Fadenoperation bei akkommodativem Konvergenzexzess trotz der Gefahr einer Überkorrektur sehr wirkungsvoll ist. 91,6 % der untersuchten Kinder hatten einen akkommodativen KE und bei allen konnte der Schielwinkel auf einen postoperativen Wert von unter  $5^\circ$  reduziert werden. Sie empfehlen daher ein operatives Vorgehen auch bei akkommodativem KE, vor allem bei Patienten mit einer Fern-/Nahdifferenz des Schielwinkels von über  $5^\circ$ . [33]

O'Hara et al. bezeichneten in einer retrospektiven Studie aus dem Jahr 1990 die beidseitige Medialisrücklagerung als wirkungsvoll in der Behandlung des Konvergenzexzesses, bezogen auf Patienten mit hohem AC/A-Quotienten. Sie hatten die Daten von 31 Patienten untersucht und festgestellt, dass die Operation anstelle der Bifokalbrille und – wie es für diese Zeit teilweise noch üblich war – mit Cholinesterasehemmern, in Erwägung gezogen werden sollte. Sie erachten die Operation sogar als ersten Schritt im Management des Konvergenzexzesses. [34]

Gyton bezog in seinem 1990 veröffentlichten Artikel zu den oben genannten Ergebnissen von O'Hara et al. Stellung und postulierte, dass durch eine fehlende Angabe der AC/A-Quotienten eine Unterscheidung zwischen akkommodativer oder nichtakkommodativer Form nicht gegeben sei. Er wies auch darauf hin, dass nur bei 12 der 31 Patienten präoperativ eine Behandlung mit einer Bifokalbrille versucht wurde und nur bei wenigen Patienten in Zyklologie gemessen worden war. Gyton vertritt den Standpunkt, dass nicht operiert werden sollte, ohne zuvor einen Therapieversuch mit der Bifokalbrille unternommen zu haben. [35]

Zur Debatte konservativ versus operativ gibt es wenige Studien. Nach Vivian et al. liegt das auch daran, dass die Definition des Konvergenzexzesses in Hinblick auf die Differenz zwischen Nah- und Fernschielwinkel nicht eindeutig geklärt ist.

*„Most consider that, to be significant, the difference between near and distance fixation should be greater than 8 prism diopters (8PD) and that this difference remains after full hypermetropic correction with single focus lenses. An acceptable definition of convergence excess esotropia would therefore be a convergent squint which is more than 8 PD greater for near fixation than distance fixation after full hypermetropic correction.“ [27]*

Wenn für ein operatives Vorgehen entschieden wird, ist mittlerweile die Fadenoperation in den meisten Fällen die Therapie der Wahl. Sie dient vielen Studien zufolge auch als gute und sichere Methode in der Behandlung des nichtakkommodativen Konvergenzexzesses, der nicht durch eine Nahaddition korrigiert werden kann. Lyons et al. bestätigte dies anhand von 100 Patienten, an denen eine Fadenoperation durchgeführt wurde. [36]

Obschon das postoperative Ergebnis schwer vorauszusagen ist, wird unter anderem von Stärk et al. die Fadenoperation mit oder ohne Rücklagerung der Recti mediales als *„sehr wirksam zur Behandlung von frühkindlichen und erworbenen Esotropien mit akkommodativem und nichtakkommodativem Konvergenzexzess“* [33] beschrieben.

Auch Kaufmann und Kolling sehen in der Fadenoperation eine wirkungsvolle Methode zur Behandlung des nichtakkommodativen Konvergenzexzesses. Bei einer Dosierung der Fadenoperation von 12 mm kam es zu einer durchschnittlichen Nahwinkelreduktion von  $9,4 \pm 3,9^\circ$  drei bis neun Monate postoperativ. Ob durch eine Operation ein Vorteil für das sensorische Outcome bei akkommodativem KE zu erwarten ist, konnte von Leitch et al. nicht bestätigt werden. [22, 37]

Dass ein operatives Vorgehen bei Patienten mit nichtakkommodativem KE wirkungsvoll ist, wurde auch in der Datenauswertung der Patientendaten der Schielabteilung Graz gezeigt, wenn auch mit etwas geringeren Werten im Ergebnis. Die durchschnittliche

Reduktion des Schielwinkels betrug hier postoperativ  $6,33^\circ$ , was einer Reduktion um 39,2 % entspricht. Dass dieser Wert doch etwas abweicht von jenem von Kaufmann und Kolling kann an der geringen Fallzahl von nur 13 Patienten liegen.

Erwähnenswert ist auch eine Studie von Kutschan et al., welche die bimediale Gürteloperation als geeignete Alternative zur Fadenoperation nennen. Der Vorteil dieser Methode besteht in der besseren Revidierbarkeit aufgrund der geringen Verwachsungstendenz durch ein atraumatischeres Vorgehen. [38]

Insgesamt gestaltete sich die Auswertung der Daten sehr komplex, da alle Patienten zusätzlich zum Konvergenzexzess vielfältige andere beeinflussende Faktoren, wie Refraktionsfehler und unterschiedliche Schielformen aufwiesen, die auf die Therapie mit einer Bifokalbrille und auch auf das postoperative Ergebnis Einfluss zu nehmen. [31]

Bei der Auswertung des hypoakkommodativen Konvergenzexzesses war auffällig, dass verhältnismäßig viele Patienten mit einem hypoakkommodativen KE in der Datenbank zu finden waren. Dieser macht eigentlich nur einen kleinen Prozentsatz unter den Arten des KE aus. 26 der 78 Patienten hatten einen diagnostizierten hypoakkommodativen KE. Diese hohe Fallzahl könnte dadurch bedingt sein, dass jene Patienten mit hypoakkommodativem KE und nicht optimalem Ansprechen auf den NZ vom niedergelassenen Facharzt an die Schielabteilung überwiesen werden. Im Vergleich dazu konnte in einer Studie von Arnoldi ein hypoakkommodativer KE nur bei 1 von 77 Patienten nachgewiesen werden. [28]

Beim hypoakkommodativen Konvergenzexzess gilt die Bifokalbrille als einzige Therapiemöglichkeit. Die Reduktion des NZ bei 26 Patienten mit hypoakkommodativem KE betrug 0,39 dpt (18,2 %) (Abbildung 32). Verhältnismäßig konnte beim normakkommodativen KE bei 9 von 18 Patienten der NZ reduziert werden, beim hypoakkommodativen KE konnte er nur in 8 von 24 Fällen reduziert werden. In 9 von 18 Fällen mit normakkommodativem KE und 16 von 24 Fällen von hypoakkommodativem KE konnte der NZ nicht reduziert werden (Tabelle 3). Die Reduktion des Nahschielwinkels betrug bei Patienten mit hypoakkommodativem KE im Behandlungsverlauf 50,4 %, was einer Reduktion um  $8,02^\circ$  entspricht (siehe Abb.29 Gruppe 3).

## 4.4 Konklusion

In Zusammenschau der Studien wird deutlich, dass es wichtig ist, die verschiedenen Arten des Konvergenzexzesses genau zu definieren und die Höhe des AC/A-Quotienten in die Therapieentscheidung mit einfließen zu lassen. Ein hoher AC/A-Quotient scheint ein positiver Einflussfaktor bei der Behandlung mit der Bifokalbrille zu sein.

Die Therapie des nichtakkommodativen Konvergenzexzesses soll operativ, die Therapie des hypoakkommodativen Konvergenzexzesses konservativ mit der Bifokalbrille erfolgen. Während also die Behandlung des nichtakkommodativen und des hypoakkommodativen Konvergenzexzesses mittlerweile klar zu sein scheinen, könnte bei der Therapie des normakkommodativen Konvergenzexzesses die Beachtung der multiplen Einflussfaktoren eine genauere Prognose zulassen.

Neben der Höhe des AC/A-Quotienten spielt auch das Alter des Patienten eine Rolle. Denn, so Thaller-Antlinger, kann ein ausreichend genauer Binokularbefund erst ab etwa fünf Jahren durchgeführt werden. [23]

Genau präoperative Befunde sind aber unerlässlich, um die richtige Dosierung der Operation bemessen und auch um eventuelle Begleiterkrankungen oder einen hypoakkommodativen KE ausschließen zu können.

Wenn ein Kind eine Bifokalbrille bekommt, muss darauf geachtet werden, ob der NZ überhaupt genutzt wird. Außerdem muss auf die richtige Platzierung des Nahzusatzes geachtet werden. Die Trennlinie soll auf den Unterrand der Pupille fallen. [8]

Zusammenfassend könnte der Ansatz für eine Therapieempfehlung bei Patienten mit normakkommodativem KE sein, die Einflussfaktoren zu eruieren und in die Entscheidung „operativ versus konservativ“ einfließen zu lassen. Demnach würden ein verhältnismäßig niedriger AC/A-Quotient, schon initial fehlendes Ansprechen auf einen Nahzusatz, zusätzliche Erkrankungen wie Mikrostrabismus vor allem mit phorischer Komponente, Möglichkeit der ausreichenden Erhebung präoperativer Befunde, hohe Unterschiede zwischen Fern- und Nahschielwinkel, kein spontanes Nutzen des NZ, NZ über +3 dpt und keine mögliche Reduktion des Nahzusatzes nach mehrjähriger Tragedauer für eine operative Therapie sprechen und umgekehrt für eine Bifokalbrille. [30]

Oft kann der Schielwinkel mit der Fadenoperation ganz behoben und das Tragen einer Bifokalbrille erspart werden. Auch die viel kürzere Behandlungsdauer in der Schielabteilung spricht für ein operatives Vorgehen. Wenn sich entweder schon von Anfang an oder auch nach bereits länger versuchter Therapie mit der Bifokalbrille

mangelnder oder kein Erfolg einstellt, ist die Operation eine Chance, den Schielwinkel ganz zu reduzieren oder zumindest ein Maß zu erreichen, bei dem ein kleinerer NZ ausreichend ist. Da bei höheren Schielwinkeln der Nahzusatz im Behandlungsverlauf oft erhöht werden muss, könnte eine Operation auch hier indiziert sein.

Natürlich kommen viele Patienten sehr gut mit der Bifokalbrille zurecht und nutzen den NZ, auch wollen viele Eltern ihren Kindern eine Operation ersparen. In diesen Fällen und wenn sich der Nahschielwinkel spontan oder gut durch eine Bifokalbrille behandeln lässt, sollte von einer Operation abgesehen werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Kanski JJ. Klinische Ophthalmologie: Lehrbuch und Atlas. 6. Auflage. München, Jena: Urban & Fischer; 2008
- [2] Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. Waldeyer: Anatomie des Menschen. 17. Auflage. Berlin, New York: Walter de Gruyter; 2003
- [3] Kahle W, Frotscher M. Taschenatlas Anatomie: Nervensystem und Sinnesorgane. 9. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2005
- [4] Augustin AJ. Augenheilkunde. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag; 2007
- [5] Tillmann B. Atlas der Anatomie des Menschen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2005
- [6] Lang GK. Augenheilkunde. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004
- [7] Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. 6. Auflage. Stuttgart: Georg-Thieme Verlag; 2003
- [8] Kaufmann H. Strabismus. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004
- [9] Grehn F. Augenheilkunde. 30. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008
- [10] Infant Vision, <http://infantvision.org/diagnostic.htm>, Zugriff am 10.07.2010
- [11] Adams WE, Hrisos S, Richardson S, Davis H, Frisby JP, Clarke MP. Frisby Davis distance stereoacuity values in visually normal children. British Journal of Ophthalmology 2005 Nov; 89(11):1438-41
- [12] American Academy of Ophthalmology, [http://one.aaopt.org/CE/EducationalProducts/imagetails.aspx?n=1&id=7f88d110-3300-4d8a-9251-dbe8668a2a1f&q=test&CS=&AP=;filter=0&Coll=ONE\\_AAO\\_Images\\_Prod&PF=&t=b&type=1&start=0&num=20](http://one.aaopt.org/CE/EducationalProducts/imagetails.aspx?n=1&id=7f88d110-3300-4d8a-9251-dbe8668a2a1f&q=test&CS=&AP=;filter=0&Coll=ONE_AAO_Images_Prod&PF=&t=b&type=1&start=0&num=20), Zugriff am 01.08.2011
- [13] Atlas of Ophthalmology, <http://www.atlasophthalmology.com/atlas/photo.jsf;jsessionid=3B544385281A5AF3F58C4007346AC395?node=7596&locale=de>, Zugriff am 15.02.2011
- [14] Küchle HJ, Busse H. Augenerkrankungen im Kindesalter. Stuttgart, New York: Thieme Verlag; 1985
- [15] Homepage der Pharma Medica AG, <http://www.medicalvision.ch/pharmamedica/default.asp?selm=fach&subm=augenpflaster&contentId=107&lng=1>, Zugriff am 01.08.2011

- [16] Homepage der Sehschule Klinikum Kreuzschwestern Wels, [http://partner.klinikum-wels.at/khwels/printview/88795855456240529\\_0\\_379676341288563713,de.html](http://partner.klinikum-wels.at/khwels/printview/88795855456240529_0_379676341288563713,de.html), Zugriff am 01.08.2011
- [17] Mackensen G, Neubauer H. Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre: Band IV. Augenärztliche Operationen. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1988
- [18] Fricke J, Neugebauer A. Grundlagen der Augenmuskelchirurgie. Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde 2008; 255:R87-R102
- [19] Hughes A. AC/A Ratio. British Journal of Ophthalmology 1967; 51, 786
- [20] Wybar K. Relevance of the AC/A ratio. British Journal of Ophthalmology 1974; 58, 248
- [21] Garretty T. Convergence Excess Esotropia: A Proposed New Classification and the Effect of Monocular Occlusion on the Ac/A Ratio. Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus 2010 Sept-Okt; 47(5):308-12
- [22] Kaufmann H, Kolling G. Ergebnisse der Fadenoperation nach Cüppers. Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde 1982; 180:37-39
- [23] Thaller-Antlanger H. Die Bifokalbrille außerhalb des presbyopen Alters. Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde 1981 Dez; 179(6):490-492
- [24] Unabhängiges Augenoptik-Panorama Optikum, <http://www.optikum.at/940.htm>, Zugriff am 15.09.2011
- [25] Happe W, Suleiman Y. Früh und spät auftretende konsekutive Exotropien nach Medialis-Fadenoperation. Der Ophthalmologe 1999 Aug; 96:509-512
- [26] Kampik A, Grehn F. Augenärztliche Therapie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2002
- [27] Vivian AJ, Lyons CJ, Burke J. Controversy in the management of convergence excess esotropia. British Journal of Ophthalmology 2002 Aug; 86(8):923-9
- [28] Arnoldi KA. Convergence exzess: Characteristics and Treatment. American Orthoptic Journal 1999; 49: 37-47
- [29] Von Noorden GK, Morris J, Edelman P. Efficacy of Bifocals in the Treatment of accommodative Esotropia. American Journal of Ophthalmology 1978; 85:830-834
- [30] Ludwig IH, Parks MM, Getson PR, Kammermann LA. Rate of deterioration in accommodative esotropia correlated to the AC/A relationship. Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus 1988; 25:8-12

- [31] Eckstein AK, Fischer M, Esser J. Normakkommodativer Konvergenzexzess – Langzeitverlauf bei konservativer Therapie mit Bifokallbrille. *Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde* 1998; 212:218-225
- [32] Klasinguti G, Strickler J, Passet C. Chirurgische Behandlung des akkommodativen Konvergenzexzesses. Studie von 50 operierten Fällen. *Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde* 1998; 212(5):291-293
- [33] Stärk N, Vanselow K, Stahl E, Zubcov AA. Behandlung der Esotropie mit akkommodativem und nichtakkommodativem Konvergenzexzess. *Der Ophthalmologe* 1999; 96:513-521
- [34] O'Hara MA, Calhoun JH. Surgical Correction of Excess Esotropia at Near. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 1990; 27(3), 120-123
- [35] Guyton DL. Discussion: Surgical Correction of Excess Esotropia at Near. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 1990; 27(3), 124-125
- [36] Lyons CJ, Fells P, Lee JP, McIntyre A. Chorioretinal scarring following the fadenoperation. A retrospective study of 100 procedures. *Eye* 1989; 3:401-3
- [37] Leitch RJ, Burke JP, Strachan IM. Convergence excess esotropia treated surgically with fadenoperation and medial rectus muscle recessions. *British Journal of Ophthalmology* 1990; 74, 278-279
- [38] Kutschan A, Schroeder B, Schroeder W. Ist die bimediale Gürteloperation eine Alternative zur Fadenoperation bei Strabismus convergens mit Konvergenzexzess? *Der Ophthalmologe* 2007; 104:582-587

## Anhang: Auswertungsbogen

Name: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ Geschlecht: m  w

Behandlung in der Schielabteilung von: \_\_\_\_\_ bis: \_\_\_\_\_

Alter bei Diagnosestellung des Konvergenzexzesses: \_\_\_\_\_

Art des Konvergenzexzesses: \_\_\_\_\_

Hauptgruppe: 1  2  Untergruppe: A  B  C

Nahzusatz nach Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Stärke der beibehaltenen Nahaddition: \_\_\_\_\_

Visus (Ferne) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Visus (Nähe) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Visus (Ferne) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Visus (Nähe) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Refraktion (Ferne) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Refraktion (Nähe) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Refraktion (Ferne) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Refraktion (Nähe) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Schielwinkel (Ferne) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Schielwinkel (Nähe) bei Diagnosestellung: \_\_\_\_\_

Schielwinkel (Ferne) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Schielwinkel (Nähe) am Ende der Behandlungszeit: \_\_\_\_\_

Alter zum Zeitpunkt der Operation(en): \_\_\_\_\_

## Anhang: Tabellen

**Tab.1: Geschlechtsverteilung der Patienten**

männlich	32	41 %
weiblich	46	59 %
gesamt	78	100 %

**Tab.2: Veränderung des NZ bei akkommodativem KE**

NZ ↓	20	30,8 %
NZ →	36	55,4 %
NZ ↑	9	13,8 %
gesamt	65	100 %

**Tab.3: Reduktion des NZ - normakkommodativer und hypoakkommodativer Konvergenzexzess im Vergleich**

	reduziert	nicht reduziert	Gesamt
normakkommodativer KE	9	9	18
	21,4 %	21,4 %	42,8 %
hypoakkommodativer KE	8	16	24
	19,1 %	38,1 %	57,2 %

**Tab.4: Verteilung der Patienten zu den Gruppen**

Gruppe 1A	5	6,4 %
Gruppe 1B	39	50 %
Gruppe 1C	7	9 %
Gruppe 2A	19	24,4 %
Gruppe 2B	5	6,4 %
Gruppe 2C	3	3,8 %
Gesamt	78	100 %