

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
des Universitätsklinikums  
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
(Direktor: Prof. Dr. med. G. I. W. Duncker)

## **Untersuchung tageszeitlicher Schwankungen des Schielwinkels**

DISSERTATION  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von: Liane Marquardt, geb. Daenicke  
geboren am 23.02.1979 in Lübben/Spreewald

Gutachter: 1. Prof. G. Duncker (Augenklinik der MLU)  
2. Prof. R. Finke (Kinderchirurgische Klinik der MLU)  
3. Prof. G. Rudolph (Augenklinik der LMU München)

21.12.2003

07.02.2011

Meinen Eltern

## **Referat**

### **Fragestellung:**

Die exakte Schielwinkelmessung ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Augenmuskeloperation. Die klinische Beobachtung zeigt, dass Schielwinkel keine konstante Größe sind. Die Darstellung des Einflusses der Tageszeit auf die Schielwinkelgröße beim Begleitschielen war Gegenstand der Untersuchung. Dabei wurden folgende Fragestellungen untersucht: Wie häufig treten Schielwinkelveränderungen im Tagesverlauf auf? Betrifft das Schwanken alle Schielformen? Welche Einflussfaktoren können ermittelt werden? Sind dabei die Winkelzunahmen stärker vertreten als die Winkelverkleinerungen? Sind die Schwankungen operationsrelevant?

### **Methoden:**

Die Messungen erfolgten zu definierten Zeitpunkten. Die erste Messung erfolgte morgens im Zeitraum zwischen 8.00 Uhr und 10.00 Uhr. Die zweite Messung im Zeitraum zwischen 12.00 Uhr und 14.00 Uhr und die dritte Messung abends im Zeitraum zwischen 17.00 Uhr und 21.00 Uhr. Folgende Messverfahren wurden angewandt: die Schielwinkelmessung am Maddox-Kreuz in 1m sowie der alternierender Prismencovertest bei Nahfixation (30cm) und Fernfixation (5m). Erst Winkeländerungen  $>2^\circ$  sind unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Winkelmessung und der letztendlichen Umsetzung der Dosierung der Augenmuskeloperation relevant, so dass minimale Schwankungen in dieser Analyse nicht berücksichtigt wurden.

### **Ergebnisse:**

Der überwiegende Anteil der Patienten wies vollkommen stabile bis minimal schwankende Schielwinkel auf. Es konnte das Auftreten von Schielwinkelschwankungen im Tagesverlauf mittels alternierendem Prismencovertest bei Nahfixation in 33,3% der Innenschieler und 44,6% der Außenschieler signifikant nachgewiesen werden. Die Messwerte der Maddox-Methode sowohl für Innenschielen als auch für Außenschielen schwankten im Tagesverlauf nicht statistisch signifikant. Als einziger Einflussparameter mit statistischer Signifikanz wurde bei divergent schiehenden Patienten das vorhandene Binokularsehen ermittelt.

### **Zusammenfassung:**

Diese Studie konnte zeigen, dass ein Viertel der Patienten operationsrelevante Winkelzunahmen  $>2^\circ$  im Tagesverlauf aufweisen. Es ist deshalb zu schlussfolgern, dass mehrmalige Schielwinkelmessungen zu verschiedenen Tageszeiten anzuraten sind, um das Ausmaß der Winkelschwankungen im Einzelfall zu erfassen und nicht fälschlicherweise von einem konstanten Winkel auszugehen.

## Abkürzungsverzeichnis

Änd.	Änderung
ANOVA	Analysis of variance
APCT	alternierender Prismencovertest
AS	Außenschielen
BOS	Binokularsehen
cc	cum correctione
Diff.	Differenz
F	Freiheitsgrad
IS	Innenschielen
KI	Konfidenzintervall
log.	Logarithmus
MW	Mittelwert
n	Anzahl
NV	Normalverteilung
rel.	relativ
Re-OP	wiederholte Augenmuskeloperation
SD	Standardabweichung
Vor-OP	bereits an den Augenmuskeln voroperiert
Z1	erster Messzeitpunkt 8-10 Uhr
Z2	zweiter Messzeitpunkt 12-14 Uhr
Z3	dritter Messzeitpunkt 17-21 Uhr

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
1.1	Bedeutung des Schielens	1
1.1	Schielformen	3
1.3	Therapie	6
1.4	Fragestellung	10
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>11</b>
2.1	Auswahl der Patienten	11
2.2	Untersuchungsmethoden	12
2.3	Statistik	13
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>15</b>
3.1	Zusammensetzung des Patientenkollektivs	15
3.2	Messdatenauswertung	22
3.2.1	Strabismus convergens	22
3.2.2	Strabismus divergens	29
3.2.3	Analyse APCT in 30cm für konvergente Schielformen	35
3.2.4	Analyse APCT in 30cm für divergente Schielformen	39
3.2.5	Einflussfaktoren	42
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>62</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>65</b>
	<b>Thesen</b>	<b>74</b>
	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>76</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>77</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>78</b>

# **1 Einleitung und Zielsetzung**

## **1.1 Bedeutung des Schielens**

Die bifoveolare Abbildung eines Fixierobjektes ist die Grundlage normalen Binokularsehens. Schielen bezeichnet einen Stellungsfehler der Augen, bei dem eine der beiden Sehachsen nicht auf das Fixierobjekt gerichtet ist. Zum Begleitschielen (Syn. Strabismus concomitans, nicht paretisches Schielen, Heterotropie) werden Schielformen gezählt, bei denen die Augenmotilität und damit das monokulare Blickfeld beidseits uneingeschränkt sind und Zeichen einer Augenmuskelparese fehlen. Man unterscheidet nach der Richtung der Abweichung Strabismus horizontalis (Strabismus convergens = Innenschielen bzw. Esotropie und Strabismus divergens = Außenschielen bzw. Exotropie) und Strabismus vertikalis (Höhenschielen, Hyper- oder Hypotropie). Es können streng einseitiges (unilateralis) oder wechselseitiges (alternierendes) Schielen vorkommen.

Das nichtparetische manifeste Schielen ist in der mitteleuropäischen Bevölkerung ein häufiges Krankheitsbild. Literaturbeiträge von *Frandsen, 1960; Tessmer und de Decker, 1973; de Decker, 2004; Haase und Gräf, 2004* beziffern die Prävalenz des Schielens einhellig mit 5-8%. Damit sind in Deutschland vier bis sechseinhalb Millionen Menschen betroffen. Diese Erkrankung wird von den Betroffenen selbst sowie von Eltern schielender Kinder in erster Linie als kosmetisches Problem wahrgenommen. Schielen wird als stigmatisierend empfunden. Abweichungen vom Parallelstand ab  $+7^\circ$  Esotropie und  $-4^\circ$  Exotropie werden bereits von Laien erkannt. Eine Untersuchung von *Bernfeld, 1982* belegt die Benachteiligung schielender Menschen in Beruf- und Privatleben. Psychologische Studien von *Engels et al., 1983; Weller und Wiedemann 1990; Akay et al., 2005* zeigen, dass Schielen zu einer Veränderung der Eltern-Kind-Beziehung führen kann. Die Hälfte der befragten Mütter berichtete von heftigen Gefühlsreaktionen, als ihnen das Schielen ihres Kindes erstmals auffiel. 20% hegten sogar eigene Schuldgefühle. Über die Ursache des Schielens existieren mitunter recht absurde Vorstellungen, die von Fehlverhalten in der Schwangerschaft bis zu falscher Kinderpflege reichen.

Während für die Patienten die ästhetische Problematik im Vordergrund steht, ist aus medizinischer Sicht die ernsthafte funktionelle Beeinträchtigung von erstrangiger Bedeutung. In den ersten Lebensmonaten entwickeln sich sowohl Sehschärfe als auch Binokularsehen. Schielbeginn in der Kindheit kann zu funktionellen Veränderungen des Sehens führen (*Lawrence et al., 1996*). Bei schielenden Patienten ergeben das rechte und linke Netzhautbild

kein fusionsfähiges Gesamtbild. Um Doppeltsehen und Wettstreitphänomene zu vermeiden, treten Anpassungsmechanismen wie anomale Retinakorrespondenz und Suppression auf. Diese ermöglichen der Mehrzahl der Schieler zwar ein beschwerdefreies, aber funktionell minderwertiges Sehen (von Noorden, 1983). Betrifft die Suppression stets dasselbe Auge (bei monokularem Strabismus), kann eine Amblyopie entstehen. Definiert wird diese als entwicklungsbedingte Schwachsichtigkeit, bei der trotz regelrechter anatomischer und neuronaler Voraussetzungen die visuelle Entwicklung gestört ist. Hubel und Wiesel (1962, 1963, 1965, 1970) konnten als erste zeigen, dass Amblyopien ein morphologisches Korrelat im Corpus geniculatum laterale und im Okzipitalhirn haben. Die verminderte bestkorrigierte Sehschärfe insbesondere für Reihenoptotypen ist das Leitsymptom der Amblyopie, die unbehandelt ein Ausmaß der Visusminderung bis hin zu Handbewegungen erreichen kann (von Noorden 1967; Haase et al., 1991; Gräf et al., 2000).

Neben der Suppression spielt eine Reizdeprivation (zum Beispiel durch Medientrüben wie eine kongenitale Katarakt oder einen höheren Refraktionsfehler) bei der Amblyopie-Genese eine Rolle (Helveson und von Noorden, 1966). In Mitteleuropa ist eine Amblyopie bei 3% der Kinder im Einschulalter zu diagnostizieren (Ruprecht und Käsmann-Kellner, 1998; Attebo et al., 1999). Ursächlich für mittlere Amblyopien sind bis zu 50% Anisometropien (Sachsenweger, 1965). Die verschiedenen Schielformen bedingen isoliert 19% und in Kombination mit Brechungsanomalien 27% der milden Amblyopien. Schwere Amblyopien werden zu 27% durch Strabismus, zu 34% durch Anisometropie und zu 38% aus der Kombination beider verursacht, wie die Studien der *Pediatric Eye Disease Investigator Group (PEDIG 2002, 2003a,b,c,d, 2004)* zeigen konnten.

Amblyopien sind nur in der so genannten sensitiven Phase während der ersten Lebensjahre therapierbar. Je früher sie erkannt und behandelt werden, desto besser ist das Visusergebnis. In Einzelfällen ist jedoch auch eine Besserung im Erwachsenenalter beschrieben worden. (Vereecken und Braban, 1984). Der langfristige Erfolg der Behandlung einer Amblyopie wird durch das Alter bei Amblyopie- und Therapiebeginn, die Ursache der Amblyopie, die Fixationsart und die Compliance bei Behandlung maßgeblich beeinflusst. Lengyel et al., 2004 prüften den Effekt einer Amblyopiebehandlung bei schwerem organischem Augenschaden.

Als Therapie der ersten Wahl hat sich die Okklusionstherapie etabliert, alternativ ist auch eine Atropinisierung des Führungsauges bei moderaten Amblyopien möglich. Diese Therapiemaßnahmen können sich über mehrere Jahre erstrecken. Die Behandlung hat keinen Einfluss auf die physiologische Emmetropisierung (Atkinson et al, 2000; Repka et al., 2005) und nur einen vorübergehenden Einfluss auf den Schielwinkel. Es ist zu beachten, dass streng

alternierendes Abkleben über einen längeren Zeitraum den Verlust von Suppression bewirken kann und somit die Gefahr persistierender Diplopie besteht (*de Decker, 1982; Friedrich und de Decker, 1987*). Außerdem kann zu intensive Okklusion eine artifizielle Deprivationsamblyopie des Führungsauges induzieren. Bei optimaler Durchführung der Okklusion werden Erfolgsraten von 63-90% erreicht. Es besteht jedoch ein erhebliches Rezidivrisiko, welches bei plötzlichem Behandlungsabbruch deutlich erhöht ist. *Leiba et al., 2001* beziffern dieses Risiko mit 42%. Deshalb soll die Okklusion ausgeschlichen werden (*Lang, 1972*). Regelmäßige Visuskontrollen mindestens bis zum zwölften Lebensjahr sind notwendig. Gegebenenfalls wird eine Erhaltungsookklusion empfohlen (*Holmes, 2004*). Ein Hauptproblem der Okklusionstherapie ist die Compliance (*Fiedler et al., 1995; Stewart et al., 2004*). In verschiedenen Arbeiten wurde diese Problematik analysiert (*Simonsz et al., 1999; Holmes, 2003*). Nur 30-80% der verordneten Okklusionszeit werden tatsächlich realisiert.

Ob auch Amblyopie ähnlich wie Schielen einen Einfluss auf die Entwicklung der Patienten und ihre Bildungschancen hat, wird kontrovers diskutiert. *Klier 1969* postuliert für die Betroffenen verringerte Chancen in Entwicklung und Ausbildung. Durch fehlendes Binokularsehen und einseitige Schwachsichtigkeit wird zumindest die Berufswahl der Patienten beeinflusst und eingeschränkt. Hingegen beschreibt *Rahi, 2002* keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Bestehen einer Amblyopie und der Reduzierung der Chancen in Schule, Beruf und Alltag. Standardisierte Tests zeigten keine Intelligenzdefizite der amblyopen Kinder mit frühkindlichem Schielsyndrom, wohl aber eine verzögerte Entwicklung ihrer feinmotorischen Fähigkeiten. Studien von *Fronius und Sireteanu, 1989* beschreiben Gesichtsfeldverluste bei Schielamblyopien. Als Spätfolge der Amblyopie wird in einer finnischen Studie von *Tommila und Tarkkanen, 1981* die erhöhte Gefahr des Verlustes des nicht amblyopen Auges beschrieben. In mehr als 50% war dafür ein Trauma verantwortlich, dies sei bedingt durch eine erhöhte Unfallgefahr, die sich wiederum auf das fehlende Stereosehen zurückführen lässt. Als weitere Ursachen des Visusverlustes beschreiben Studien von *Leibinger, 1962* Augenerkrankungen und okuläre Tumoren des nichtamblyopen Auges.

## **1.2 Schielformen**

Die zum Begleitschielen gehörenden Schielformen werden getrennt nach konvergenten und divergenten Abweichungen dargestellt.

## Strabismus convergens

**Frühkindliches Innenschielen** bezeichnet ein Schielen, bei dem der Schielbeginn im zweiten bis siebenten Lebensmonat liegt (*Nixon et al., 1985*). Das Schielen tritt auf, bevor jegliche binokulare Interaktion entstehen kann. Das charakteristische frühkindliche Schielsyndrom mit großem Schielwinkel, Nystagmus latens, bevorzugter Fixation in Adduktionsstellung und gekreuzter Fixation mit typischer Wendung des Gesichtes zur Seite des fixierenden Auges wurde von *Lang, 1982* definiert. Typisch für das frühkindliche Schielsyndrom sind folgende Phänomene: der Rucknystagmus vom Latenstyp mit Schlagrichtung nach temporal, der monokular und bei Abduktion eines Auges sich verstärkt ist und sich in Adduktion beruhigt, die Alphabet-Symptome, welche bevorzugt als A-V-Inkomitanzen auftreten und die dissoziierte Vertikaldeviation, eine wechselnde Höhenabweichung, die das jeweils nichtführende Auge betrifft. Erwähnt seien noch die klinisch seltener beobachteten Zyklorotationen des Auges und die Kopfschiefhaltung zur Schulter des führenden Auges. In der Praxis können unterschiedliche Grade bis hin zum Vollbild des frühkindlichen Schielsyndroms beobachtet werden (*Page et al., 1993*). Nystagmus latens ist charakteristischerweise bei Schielbeginn vor dem siebentem Lebensmonat zu beobachten und gilt damit als sicherer Hinweis auf den frühen Schielbeginn. Der früheste Schielbeginn wurde von *Friedrich und de Decker, 1987* in der vierten Lebenswoche dokumentiert. Damit ist das frühkindliche Schielen als sehr früh erworben anzusehen, dennoch schließt von *Noorden, 1988* echte kongenitale Fälle nicht aus.

**Erworbenes Innenschielen** wird entsprechend dem Alter bei Schielbeginn in die beiden Unterformen (1) erworbenes Innenschielen mit Beginn im Alter sensorischer Formbarkeit und (2) normosensorisches Spätschielen eingeteilt. Das Schielen mit Beginn im ersten bis dritten Lebensjahr, dem Alter sensorischer Formbarkeit, zeichnet sich meistens durch das Vorliegen einer Amblyopie und die Entwicklung einer anomalen Retinakorrespondenz aus. Beim Normosensorischen Spätschielen liegt der Schielbeginn nach dem Alter sensorischer Formbarkeit – ab dem 3. bis 7. Lebensjahr (*Lang, 1978*). Hier trifft der Schielbeginn auf ein weitgehend reifes visuelles System. Das Binokularsehen ist bereits entwickelt. Durch schnelle Suppression treten Doppelbilder gar nicht auf oder werden nur initial wahrgenommen. Das normosensorische Spätschielen ist als „strabologischer Notfall“ einzustufen, da die Gefahr des Verlustes des Binokularsehens besteht. Unverzüglich sollten objektive Refraktionskontrolle in Zykloplegie, sofortige Entlastung mit Prismen und die Operation, nicht später als 6 Monate nach Schielbeginn, erfolgen, wenn nicht allein durch das Tragen der optimalen Hyperopiekorrektur ein stabiler Parallelstand erreicht werden konnte. Bei rechtzeitiger Behandlung ist eine Restitutio ad integrum – ein besonderer Fall bei den Begleitschielformen –

erreichbar. In dieser Arbeit haben das zyklische Schielen und die Esotropie Erwachsener sowie im Senium eine untergeordnete Rolle und sollen an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

**Mikrostrabismus**, der 20% der Innenschieler betrifft, ist ein konvergenter Stellungsfehler zwischen  $0,5^\circ$  und  $5^\circ$  mit obligat anomaler Retinakorrespondenz (*de Decker und Haase, 1976*). Da es sich um ein relativ unauffälliges Einwärtsschielen handelt, stellen sich die Patienten oft erst spät bei einem Augenarzt vor. Unbehandelt führen die streng unilateral auftretenden Fälle zur Amblyopie. Bedingt durch späte Diagnosestellung ist diese oft schwer therapierbar. Da Mikrostrabismus an sich funktionell nicht heilbar und kosmetisch kaum störend ist, wird eine operative Intervention erst bei Winkeldekompensation nötig. Priorität haben hier die Amblyopieprophylaxe bzw. -therapie.

## **Strabismus divergens**

**Strabismus divergens intermittens** ist gekennzeichnet durch den Wechsel von Phasen klinisch normaler Augenstellung und binokularer Sehweise mit Phasen erheblicher Fehlstellung und gestörtem beidäugigen Sehen. Anomale Korrespondenz in der Abweichphase und Blendungsempfindlichkeit sind hier auftretende sensorische Eigenarten (*Haase und de Decker, 1981*). Weitere typische Symptome sind Dekompensation bei Blick in die Ferne, bei Müdigkeit und schlechtem Allgemeinbefinden und Blendung, sowie die spontane Kompensation bei Stereoanforderung durch Fusionsanreiz in der Nähe. Amblyopien treten selten auf, etwa in der Hälfte der Fälle. 80% der Divergenzschielier weisen eine intermittierende Form auf. Dabei unterteilt *Burian, 1966* vier Formen: gleiche Winkelgrößen in der Abweichphase in Nähe und Ferne kennzeichnen den **Neutraltyp**. Einen mindestens  $7^\circ$  größeren Fernschielwinkel als der Schielwinkel bei Nahfixation zeigt der **Divergenzexzesstyp**. Diese Form tritt mit 1% eher selten auf. Bei dem **Pseudodivergenzexzesstyp** sind die Schielwinkel in Nähe und Ferne identisch. Durch den intakten Akkommodations-Konvergenz-Mechanismus kann der Nahwinkel eher überwunden werden und scheint deshalb kleiner als der Fernwinkel. Den **Konvergenzschwächetyp** charakterisiert ein um mindestens  $7^\circ$  größerer Nahschielwinkel. Insgesamt ist die Prognose der intermittierenden Exotropie hinsichtlich des Erhalts oder des Wiedernutzbarmachens vorhandenen Binokularsehens günstig. Dies kann durch Prismen oder durch entlastende Augenmuskeloperation erreicht werden. Jedoch ist die Neigung zu Rezidiven sowie zu postoperativen Winkelzunahmen besonders ausgeprägt.

**Konstant-manifeste Exotropie** betrifft nur 20% der nach außen schielenden Patienten. Bei manifestem Schielbeginn im ersten Lebensjahr müssen neurologische Grundkrankheiten dringend ausgeschlossen werden. Streng monolaterale Formen bedingen eine Amblyopieentwicklung. Diese ist oft therapieresistent, da sie wegen der Divergenzstellung des abweichenden Auges zur temporalen Fixation disponiert. Spät manifeste Formen zeigen alternierendes Schielen mit Panoramasehen.

**Sekundärer Strabismus** entsteht bei einseitigem Visusverlust oder einseitiger Visusminderung infolge von Augenerkrankungen oder -verletzungen. Bei Erwachsenen entwickelt sich meist ein Divergenzschielen, im Kindesalter aufgrund des hohen Konvergenz- und Adduktionstonus meist ein sekundär konvergentes Schielen.

**Konsekutiver Strabismus** bezeichnet das Umschlagen der Schielrichtung entweder spontan oder nach einer Schieloperation. Nach konventioneller Operation bei Strabismus convergens entwickelt sich bei 7-13% (*de Decker, 2004*) im Laufe der Zeit eine divergente Fehlstellung. Hauptsächlich sind Patienten mit geringer Fusionskraft, hohen Refraktionsanomalien oder tiefer Amblyopie betroffen.

### **1.3 Therapie**

Schielen kann günstig beeinflusst werden, wenn es rechtzeitig erkannt und konsequent behandelt wird. Basis für die Durchführung einer Operation sind die optimale Korrektur des Refraktionsfehlers und die Amblyopiebehandlung. Bei erreichtem maximalen Visuspotential wird der Schielwinkel chirurgisch korrigiert. Die Brillenbestimmung in Cycloplegie ist der erste Schritt der Schieldiagnostik und Schieltherapie, da eine unkorrigierte Hyperopie häufig alleinige Ursache oder Teilursache des Strabismus convergens ist. Hyperopie und Astigmatismus sollten deshalb in voller Höhe korrigiert werden. Bei divergenten Schielformen gelten die Richtlinien zur Korrektur von Refraktionsfehlern wie bei Nichtschielern, der Wert der Vollkorrektur von Hyperopien ist bisher nicht belegt. Halbjährliche bis jährliche skiaskopische Kontrollen werden bis zum fünften Lebensjahr bei allen strabologischen Patienten empfohlen.

#### **Augenmuskeloperationen**

Das nichtparetische Schielen stellt den häufigsten Grund einer Schieloperation dar (*Kaufmann, 2004*). Operationsziel ist in erster Linie die Verbesserung der binokularen Zusammenarbeit durch Verminderung des objektiven Schielwinkels. Aus funktioneller Sicht hat ferner die Erweiterung des binokularen Gesichtsfeldes bei Strabismus convergens Bedeutung. Für die

Betroffenen spielt die Verbesserung des ästhetischen Gesamteindrucks und die Beseitigung psychosozialer Benachteiligung eine große Rolle. Heute steht entgegen früherer Kontroversen fest, dass Schieloperationen dosierbar sind. Der mittels alternierendem Prismenabdecktest gemessene Schielwinkel wird zur Dosierung der Operation herangezogen. Der Literatur sind zahlreiche Dosierungsrichtlinien zu entnehmen (*Adelstein und Cüppers, 1969; Graeminger, 1973; Konen und Rießmann, 1983; Kommerell, 1988; Kolling, 1989; Kaufmann, 2004*). Der Operationseffekt ist jedoch bei jedem einzelnen Patienten aufgrund der individuellen Beschaffenheit des Muskel- und Bindegewebes – besonders bei stattgehabten Voroperationen – variabel. Ebenso variiert der Operationseffekt aufgrund der individuellen Durchführung der Operation von Operateur zu Operateur. Somit wird empfohlen, dass jede Klinik und jeder Operateur die eigenen Dosierungsrichtlinien zugrunde legt (*Bau, 1997*). Unter Berücksichtigung der elastischen Rückstellkräfte bedingt durch die passiven orbitalen Gewebe muss die Schieloperation höher dosiert werden, als es die geometrische Formel  $1\text{mm Bulbusumfang}=5^\circ$  angibt (*Vazquez, 1987*). Klinische Untersuchungen konnten mit ihren Ergebnissen zeigen, dass die Bulbuslänge in die Dosierung einer Operation mit eingehen sollte (*Roggenkämper, 1980; Gillies und Mc Indoe, 1982; Gräf et al., 1994*). Bei Winkelschwankungen, bei Nah-Fern-Differenzen  $>7^\circ$  und bei Diplopiegefahr wird präoperativ ein Prismenadaptationstest empfohlen (*Aust und Welge-Lüssen, 1969; Ohtsuki et al., 1986*). Eine Aussage über mögliche postoperative Diplopie sowie über eine Zunahme des Schielwinkels kann durch Prismenaufbau getroffen werden (*Schooser, 1993*). Der ermittelte Winkel wird durch eine angepasste Prismenfolie ausgeglichen, nach einigen Tagen werden auch langsamere Adaptationsvorgänge mit erfasst. Gelingt ein stabiler Winkelausgleich, ist die Prognose günstig.

Die kombinierte Schieloperation hat sich bei guter Dosierbarkeit im europäischen Raum zur Korrektur horizontaler Schielwinkel etabliert. Sie kommt bei größeren, relativ konstanten Winkeln ab  $7^\circ$  mit einer Nah-Fern-Differenz geringer als  $7^\circ$  zur Anwendung. Dieses Verfahren bewirkt eine echte Stellungsänderung des Bulbus in der Orbita. Es erfolgen bei konvergenten Schielwinkeln die Rücklagerung des Musculus rectus medialis und die Resektion des Musculus rectus lateralis. Dementsprechend werden bei divergenten Schielwinkeln die Rücklagerung des Musculus rectus lateralis und Resektion des Musculus rectus mediales vorgenommen. Heute wird bevorzugt die Faltung anstelle der früher üblichen Resektion angewendet (*Berger et al., 1997*). An den horizontalen Muskeln beeinflussen kombinierte Schieloperationen den Fern- und Nahschielwinkel etwa gleichermaßen, wenn die Gesamtoperationsstrecke im Verhältnis 1:1 verteilt wird. Es wird bei Konvergenzoperationen pro Millimeter Operationsstrecke eine Fernschielwinkeländerung von ca.  $1,6^\circ$  und eine Nahschielwinkeländerung von ca.  $1,7^\circ$  (*Kaufmann, 2004*) erreicht. Die Effektivität der kombinierten Divergenzoperation erreicht ca.  $1,6^\circ$  Fernschielwinkelkorrektur und ca.  $1,9^\circ$  Nahschielwinkelkorrektur pro Millimeter

Operationsstrecke. Vorteile der kombinierten Augenmuskeloperation sind die geringere Beeinflussung der Muskelspannung, höhere Effektivität, geringe Operationsstrecke und genauere Ergebnisse. Sie basiert auf dem Gleichgewicht der Drehmomente bei unveränderter Muskelspannung. Sie bietet günstige Voraussetzungen für Zweitoperationen, da in der primären Operation die Operationsstrecken geringer sind. Die postoperative Winkelzunahme beträgt nach Konvergenzoperationen etwa  $1^\circ$ , nach Divergenzoperationen etwa  $3^\circ$  (Kaufmann, 2004).

Die Einmuskelchirurgie ist bei kleinen Schielwinkeln von  $6-8^\circ$  und zur Restwinkelkorrektur in Zweiteingriffen anwendbar. Die Änderung des Schielwinkels beträgt hier  $0,9-1,3^\circ$  pro mm Operationsstrecke. Es kommt zu einer veränderten Zugkraft an den Augenmuskeln, durch diese Spannungsänderung wird der Schielwinkel ausgeglichen. Das Verfahren der Operation an nur einem Augenmuskel ist durch die maximal möglichen Operationsstrecken limitiert.

Zur operativen Behandlung schwankender Schielwinkel insbesondere mit Differenzen des Nah- und Fernschielwinkels kommt die retroäquatoriale Myopexie nach Cüppers, die so genannte Fadenoperation, zum Einsatz (Mühlendyck, 1976; Cüppers, 1976a,b).

Die unterschiedlichen Wirkungen der verschiedenen Verfahren erfordern eine differenzierte Indikation, in welche die Einschränkungen der aktiven und passiven Augenbeweglichkeit, die Schielwinkelgröße, blickrichtungs- und distanzabhängige Inkomitanzen und zeitabhängige Schielwinkelveränderungen eingehen müssen. Schieloperationen werden heute bevorzugt in Allgemeinanästhesie durchgeführt, sind jedoch bei Erwachsenen auch in lokaler Betäubung (Parabulbär-, Subconjunctival- oder Tropfanästhesie) je nach Indikation operierbar (Lagrèze et al., 2000). Allgemeine Narkoserisiken wie postoperative Übelkeit und die Auslösung des okulokardialen Reflexes, ein parasympathischer Impuls, der bei Zug an den Augenmuskeln auftritt, sind als Nebenwirkungen der Schieloperation bekannt (Berger und Haase, 1995; Larsen, 2006; Weigt et al., 2003). Ein Effekt von Lokalanästhetika zur Linderung des okulokardialen Reflexes wurde von Choi et al., 2009 beschrieben. Jeder Patient wird über das Risiko einer postoperativen Über- und Unterdosierung, über mögliche Wundinfektionen bzw. Wundheilungsstörungen und äußerst selten vorkommende Skleraperforationen (Surachatkumtonekul et al., 2009) aufgeklärt. Der klassische operative Zugangsweg durch Türflügelschnitt wird heute zunehmend durch verschiedene Kleinschnitttechniken abgelöst. Die minimalste Variante beschreibt Mojon, 2007, 2009 als „MISS“ (minimal invasive strabismus surgery).

### **Zeitpunkt der Operation**

Der günstigste Zeitpunkt für die Durchführung der Schieloperation wird kontrovers diskutiert.

Publikationen zur Frage nach dem richtigen Operationszeitraum findet man viele. Im amerikanischen Raum wird die so genannte Frühoperation bevorzugt (*Ing et al., 1966*). Maßgeblich ausschlaggebend ist hier wohl die Sorge um die Stigmatisierung der Kinder und deshalb ein rasches Beheben des kosmetisch auffälligen Befundes. Die empfohlenen Zeiträume reichen hier vom zweiten bis vierundzwanzigsten Lebensmonat (Taylor, 1963; Helveston et al., 1999). Einzelfallberichte von postoperativem Binokularsehen bei Frühoperierten wurden von *Wright et al., 1994* publiziert und werden als Argument für die Frühoperation angeführt. Kritiker sehen darin die versteckte Anzahl der von vornherein intermittierend schielenden Kinder, die postoperativ Binokularität aufweisen. Eine funktionelle Verbesserung des frühkindlichen Schielens durch die frühe Operation wurde von europäischen Experten (*Dieffenbach, 1842; Esser et al., 1981*) stets bezweifelt. In Europa werden Augenmuskeloperationen im Vorschulalter bevorzugt. Der spätere Operationszeitpunkt ermöglicht die exaktere Messung des Schielwinkels bei deutlich besserer Mitarbeit der Vorschulkinder im Vergleich zu Kleinkindern und damit die genauere Dosierung der Schieloperation. Die bereits weiter fortgeschrittene Entwicklung von Gesichtsschädel, Orbita und Bulbus ist ebenfalls positiv zu werten (*Simonsz et al., 2005*). In der „ELISS-Studie“ (Early vs. Late Infantile Strabismus Surgery Study-Group), einer europäischen multizentrischen Studie, die 2006 veröffentlicht wurde, wird der ideale Zeitpunkt der Operation unter verschiedenen Gesichtspunkten analysiert. Zielparameter der Studie waren Grad des Binokularsehens, Größe des Restschielwinkels, Grad der Amblyopie sowie Operationsrate. In beiden Gruppen sind keine signifikanten Unterschiede des Restschielwinkels zu ermitteln. Man geht davon aus, dass in der Studiengruppe der „früh Operierten“ 20% unnötigerweise operiert wurden, da in der Spätoperationsgruppe 20% der Kinder den Schielwinkel im Laufe der Jahre in ein nicht operationswürdiges Stadium verkleinerten. Zum Teil mussten in der Früh-OP-Gruppe Zweiteingriffe erfolgen, um Übereffekte zu korrigieren. Dies führte zu einer höheren durchschnittlichen Anzahl von Operationen pro Patient in der Früh-OP-Gruppe, was auch durch andere Veröffentlichungen bestätigt wurde (*de Decker, 1997*). Auch die sich häufig erst später manifestierenden Obliquussyndrome – Sursoadduktorius und Deorsoadduktorius – spielen bei der höheren OP-Zahl der Früh-OP-Gruppe eine Rolle, da sie bei späterem Operationszeitpunkt primär mit operiert werden können, bei Früh-OP aber einen weiteren Eingriff erforderlich machen. Von europäischen Strabologen werden Frühoperationen in folgenden Ausnahmesituationen indiziert: in Fällen des kongenitalen Innenschielens bei Versagen der Okklusionsbehandlung bei monolateralem Strabismus mit schwerer Amblyopie, bei ausgeprägter Kopfwangshaltung, bei glaubhaften Berichten der Eltern über eindeutige Entspannungsphasen in den okklusionsfreien Intervallen. Der geringste Verdacht auf normosensorisches Frühschieln ist eine Indikation zur Frühoperation. Weiterhin kann die Frühoperation auf ausdrücklichen Wunsch der Eltern bei Patienten ohne Refraktionsanomalie

oder bei garantiertem Tragen der notwendigen Brillenkorrektur durchgeführt werden. Die Kooperation hinsichtlich der Amblyopiebehandlung muss auch nach Herstellen eines kosmetisch unauffälligen Befundes sicher gewährleistet sein (Kaufmann, 2004). Unumstritten ist das rasche operative Vorgehen bei normosensorischem Spätschielen.

## **1.4 Fragestellung**

Die klinische Beobachtung zeigt, dass Schielwinkel keine konstante Größe sind. Bereits in historischen Veröffentlichungen finden sich Beschreibungen des Schielwinkelschwankens. In seiner Artikelreihe „Erfolge der Schieloperation“ hat *Schweigger* bereits im Jahr 1894 die Variabilität des Schielwinkels wie folgt beschrieben: *„Jedenfalls ist bei allen diesen Untersuchungen stets zu bedenken, dass wir es mit lebendigen Muskeln zu tun haben, und davon kann sich doch jeder mit Leichtigkeit an sich selbst überzeugen, dass die lebendige Spannung und Leistungsfähigkeit unserer Muskeln eine stets wechselnde Größe ist. Es ist daher nicht zu verwundern, dass wir bei wiederholten Untersuchungen desselben Falls nicht immer genau übereinstimmende Werte erhalten.“* (Schweigger, 1894).

Es besteht die Vermutung, dass Schielwinkelschwankungen im Tagesverlauf auftreten und bestimmten Einflussfaktoren unterliegen. Deshalb sollten in der vorliegenden Arbeit die Schielwinkelschwankungen im Tagesverlauf strukturiert erfasst werden. Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Wie häufig treten Schielwinkelveränderungen im Tagesverlauf auf?
2. Betrifft das Schwanken alle Schielformen?
3. Welche Einflussfaktoren können ermittelt werden?
4. Sind dabei die Winkelzunahmen stärker vertreten als die Winkelverkleinerungen?
5. Sind die Schwankungen operationsrelevant?

## **2 Material und Methoden**

### ***2.1 Auswahl der Patienten***

In dieser monozentrischen prospektiven klinischen Beobachtungsstudie wurden von Februar 2004 bis Oktober 2005 die Befunde von Patienten erhoben, die an der Augenklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wegen einer concomitanten Schielstellung operiert werden sollten. Unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden die Daten von 122 Patienten mit Strabismus concomitans in diese Studie einbezogen. Die Patienten befanden sich in stationärer Betreuung zur Durchführung der elektiv geplanten Augenmuskeloperation. Am Aufnahmetag sind Anamnesegespräch, Untersuchungen und Messungen zur Operationsvorbereitung durchgeführt worden. Die für die Datenerhebung notwendigen zusätzlichen Messungen konnten alle an diesem Tag ohne zusätzliche Klinikconsultationen erfolgen. Es wurden folgende Ein- und Ausschlusskriterien definiert:

#### **Einschlusskriterien:**

- frühkindliches Innenschielen
- erworbenes Innenschielen
- konstant manifeste Exotropie
- Strabismus divergens intermittens
- sekundärer Strabismus
- konsekutiver Strabismus
- dekompensierter Mikrostrabismus
- voroperierte Patienten bei oben genannten Diagnosen

#### **Ausschlusskriterien:**

- Strabismus paralyticus (neurogen, myogen)
- Nystagmus
- Heterophorien
- präoperativer Prismenaufbau und Prismenragetest
- unmögliche oder nur ungenaue Messung des Schielwinkels (compliancebedingt)
- zerebrale Schädigung
- Amblyopie III<sup>o</sup>, Visus < 0,1
- Zyklisches Schielen

## 2.2 Untersuchungsmethoden

Voraussetzung der operativen Stellungskorrektur ist der Ausgleich bestehender Refraktionsfehler. In einem separaten Termin vor der stationären Aufnahme zur Augenmuskuloperation wurde die Refraktion der Patienten überprüft und korrekt ausgeglichen. Die Refraktionsbestimmung erfolgte bei jedem Patienten unter Cycloplegie. Dazu wurden ab dem zweiten Lebensjahr Cyclopentolat ½% und ab dem sechsten Lebensjahr Cyclopentolat 1% angewandt. Dieses akkommodationslähmende Medikament wurde 2x im Abstand von 5 Minuten beidseits getropft, die Messung des Refraktionsfehlers erfolgte nach 40 Minuten mittels Skiaskopie oder am Autorefraktometer. Anhand der so ermittelten Refraktionswerte wurde die aktuell getragene Brille bestätigt oder eine Anpassung der getragenen Korrektur an die Vollkorrektur vorgenommen. Die Schielwinkelmessung erfolgte nach vollständigem Nachlassen der cycloplegischen Wirkung, unter vollständiger Korrektur bestehender Refraktionsanomalien. Es wurde bei jedem Patienten der Visus unter Anwendung des jeweils anspruchsvollsten Verfahrens z.B. Kinderbilder, Pflügerhaken bzw. Zahlen geprüft (*Weidlich, 1984; Effert et al., 1991; Becker und Gräf, 2006*). Danach wurden die Grade der Amblyopie eingestuft. Zur Prüfung der Binokularität erfolgten der Lang-, Titmus-, Worth- und Bagolini-Test. Die biometrischen Daten und anamnestischen Angaben (Alter, Geschlecht, Heredität, Operationsanamnese und Okklusionsbehandlung) wurden ausgewertet.

### Methoden zur Messung des Schielwinkels:

- Maddox-Kreuz in 1m
- Alternierender Prismencovertest bei Nahfixation (30cm)
- Alternierender Prismencovertest bei Fernfixation (5m)

Die im alternierenden Prismencovertest ermittelten Winkel wurden zur einheitlichen Darstellung der Messverfahren in Grad umgerechnet.

Umrechnung: Winkel (°) = Korrektionsprisma (cm/m) x 0,5729.

Für die wichtigsten Winkelgrößen findet man die Werte in folgender Umrechnungstabelle (*Krüger und Tost, 1982*).

Prismendioptrie	1	5	10	20	40
Grad	0°34'	2°52'	5°43'	11°20'	21°48'

**Messzeitpunkte:**

Die erforderlichen Messungen zur Bestimmung des Schielwinkels wurden zu drei Zeitpunkten vorgenommen:

- erste Messung (Z1) - morgens im Zeitraum zwischen 8.00 Uhr und 10.00 Uhr
- zweite Messung (Z2) - im Zeitraum zwischen 12.00 Uhr und 14.00 Uhr
- dritte Messung (Z3) - abends im Zeitraum zwischen 17.00 Uhr und 21.00 Uhr

**2.3 Statistik**

Für die statistische Auswertung der tageszeitlichen Schielwinkelschwankung wurden die erhobenen Daten mittels MS-Excel XP erfasst und unter Zuhilfenahme des Statistikprogramms SPSS 16.0 ausgewertet. Der Rang-Vorzeichen-Test wurde mit dem Programm Medcalc 9.6.0.0 durchgeführt. Mit dem T-Test wurde geprüft, ob zwischen den Winkelgrößen der drei Messzeitpunkte ein statistisch signifikanter Unterschied bestand und ob Einflussfaktoren diese Variation beeinflussen. Zur deskriptiven Analyse des Patienten wurden Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum ermittelt. Ein Test auf Normalverteilung (NV) war zur weiteren mathematischen Planung der statistischen Auswertung erforderlich. Dazu wurde der Test nach Kolmogoroff-Smirnov angewandt. Die hierbei zugrunde gelegte Irrtumswahrscheinlichkeit ( $p$ ) betrug 0,05. Bei Nichtvorliegen einer NV dürfen Mittelwert und Standardabweichung nicht zur Beschreibung der Datenverteilung verwendet werden. Die Verteilung wird in diesem Fall mittels Median und Range (Minimum und Maximum) charakterisiert. Zur grafischen Darstellung wurden Boxplots herangezogen. Sie veranschaulichen die Verteilung und ermöglichen die Identifikation von Ausreißern. Die Blöcke bezeichnen die 25%-75%-Perzentile (Interquartärbereich). Die mittlere Markierung gibt den Median an. Die Balken werden durch Minimum und Maximum begrenzt. Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Messverfahren wurden mit Korrelationsanalysen überprüft. Wegen des Nichtvorliegens der NV wurde die Korrelation als Rankkorrelation nach Spearman berechnet. Als statistisch relevant galt auch hier eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05. In dieser Studie lagen für die betrachteten Gruppen zu verschiedenen Zeitpunkten Daten ein und desselben Parameters vor. Mathematisch bezeichnet man dies als Varianzanalyse mit wiederholten Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die Varianzanalyse (ANOVA = Analysis of variance) als wichtigstes Analyseverfahren zur Auswertung von Experimenten kann sowohl zum Vergleich mehrerer Gruppen als auch zur Ermittlung von Einflussfaktoren und deren Interaktionseffekten eingesetzt werden. Obwohl die Varianzhomogenität und die Normalverteilung der Daten formale Voraussetzungen der Varianzanalyse sind, ist diese gegenüber Verletzungen dieser Voraussetzungen relativ robust. Um diese Voraussetzungen zu

erzielen, wurden die Winkel-Messungen logarithmiert. Scatterplots verdeutlichen systematische Abweichungen über den Anstieg, Beurteilung der Linearität, Schnittpunkt mit der y-Achse und zufällige Fehler über die Streubreite. Es wurde ferner die Regression nach Passing-Bablok eingesetzt. Dieses nichtparametrische statistische Verfahren setzt im Gegensatz zur linearen Regression keine Normalverteilung der Daten und Varianzhomogenität voraus.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 *Zusammensetzung des Patientenkollektivs*

In dieser klinischen Studie wurden die Befunde von 122 Patienten analysiert. Das Innenschielen war mit 66 Patienten (54,1%) häufiger vertreten als das Außenschielen mit 56 Patienten (45,9%). Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Exotropien (dunkel dargestellt) und Esotropien (hell dargestellt) in einem Kreisdiagramm.

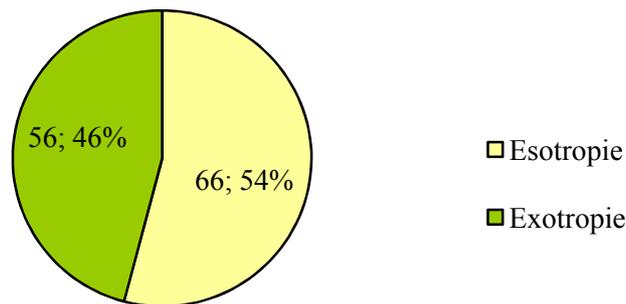


Abb. 1: Verhältnis der Esotropien und Exotropien (n=122)

Frühkindliches Innenschielen, erworbenes Innenschielen und sekundäres Innenschielen sind die Unterformen des Strabismus convergens. Die Verteilung der hier untersuchten 66 Patienten zeigt das Kreisdiagramm in Abbildung 2. Das frühkindliche Innenschielen war mit 58 Patienten am häufigsten vertreten, erworbenes Innenschielen trat bei 6 Patienten auf und 2 Patienten hatten ein sekundäres Innenschielen.

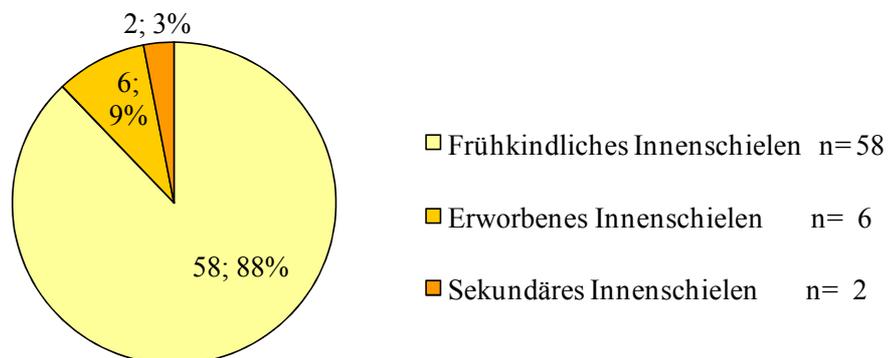


Abb. 2: Patientenverteilung der Innenschielformen (n=66)

56 Patienten mit Strabismus divergens wurden untersucht, davon waren 27 (48%) dem intermittierenden Strabismus divergens intermittens zuzuordnen. 24 wurden bereits Jahre zuvor aufgrund eines Innenschielens operiert und zeigten nun ein konsekutives Außenschielen. 4 Patienten gehörten zur Gruppe der konstant manifesten Divergenzschielter und nur ein Patient zeigte ein Schielen aufgrund Organschädigung – ein sekundäres Außenschielen. Die Patientenverteilung zeigt das Kreisdiagramm in Abbildung 3.

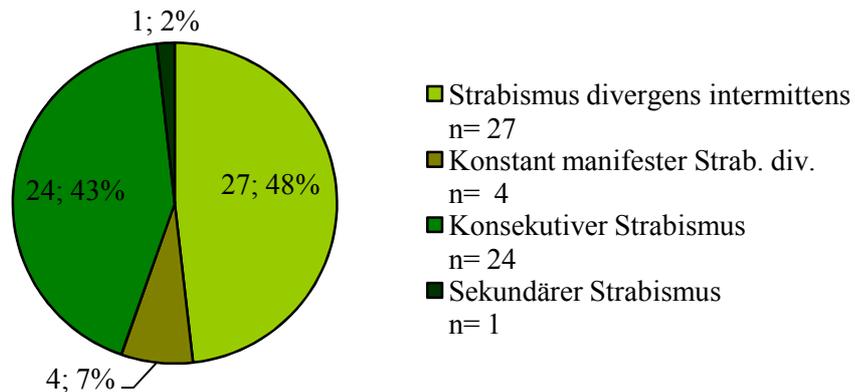


Abb. 3: Patientenverteilung der Außenschielformen (n=56)

### Geschlechtsverteilung

Von den 122 Patienten waren 43 Männer (35,3 %) und 79 Frauen (64,7%). Dies entspricht einem Verhältnis von 1:1,8.

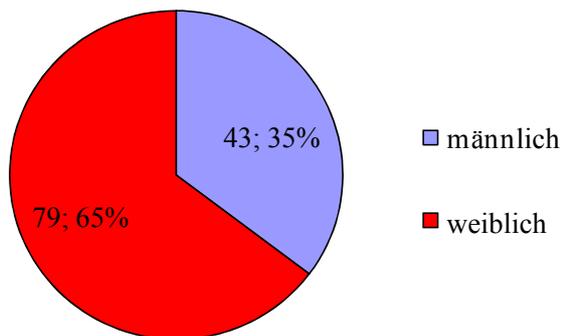


Abb. 4: Geschlechtsverteilung (n=122)

### Altersverteilung

Das Alter der Patienten zum Operationstermin wies eine große Streubreite auf. Das Durchschnittsalter lag bei 25 Jahren (SD 19). Der jüngste Patient wurde im dritten Lebensjahr

untersucht, der älteste war 86 Jahre alt. Der Mittelwert betrug bei Patienten mit Esotropie 18 Jahre (SD 14 Jahre), bei den Patienten mit Exotropie 32 Jahre (SD 20 Jahre). In den folgenden Säulendiagrammen sind die Häufigkeiten der verschiedenen Altersgruppen für das Gesamtkollektiv der Patienten in Abbildung 5, für konvergente Schielformen in Abbildung 6 und für divergente Schielformen in Abbildung 7 dargestellt. Zur anschaulichen Darstellung der Daten wurden Altersgruppen gebildet.

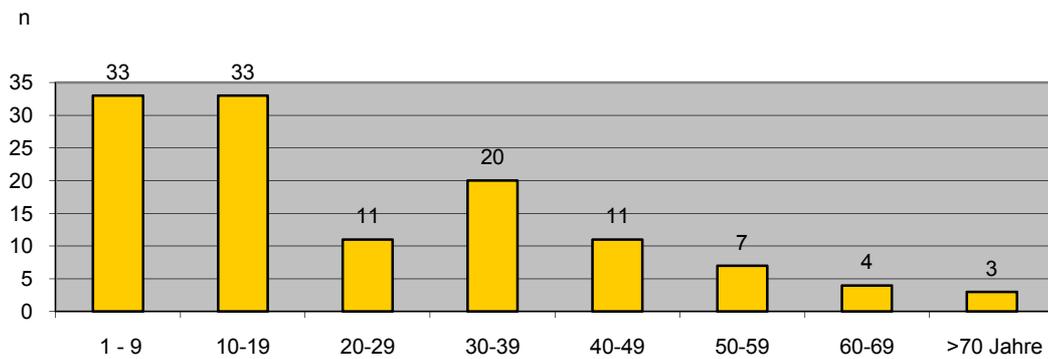


Abb. 5: Altersverteilung aller untersuchten Patienten (n=122)

Betrachtet man die Gesamtzahl (n=122) der untersuchten Patienten, so waren mit jeweils 33 Patienten die Altersgruppen der 1-9Jährigen und 10-19Jährigen am stärksten vertreten. Dem folgt die Gruppe der 30-39Jährigen. In den Gruppen der 20-29Jährigen und 40-49Jährigen wurden jeweils 11 Patienten untersucht. Es waren insgesamt 14 Patienten älter als 50 Jahre.

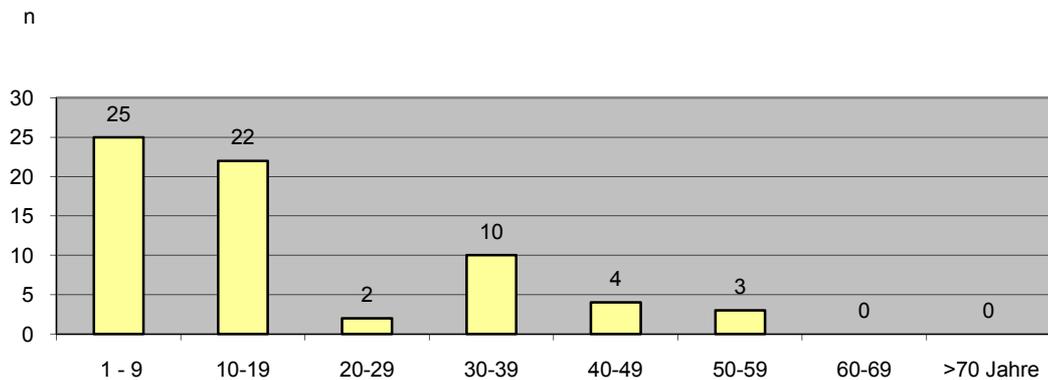


Abb. 6: Altersverteilung in der Gruppe der konvergenten Schielformen (n=66)

Die am stärksten vertretenen Altersgruppen bei konvergenten Schielformen waren die Gruppen der 1-9Jährigen mit 25 Patienten und der 10-19Jährigen mit 22 Patienten. Dem folgte die Gruppe der 30-39Jährigen, hier wurden 10 Patienten untersucht. Des Weiteren waren 2 Patienten zwischen 20 und 29 Jahren, 4 Patienten zwischen 40 und 49 Jahren und 3 Patienten zwischen 50 und 59 Jahren. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war kein Konvergenzschiel älter als 60 Jahre.

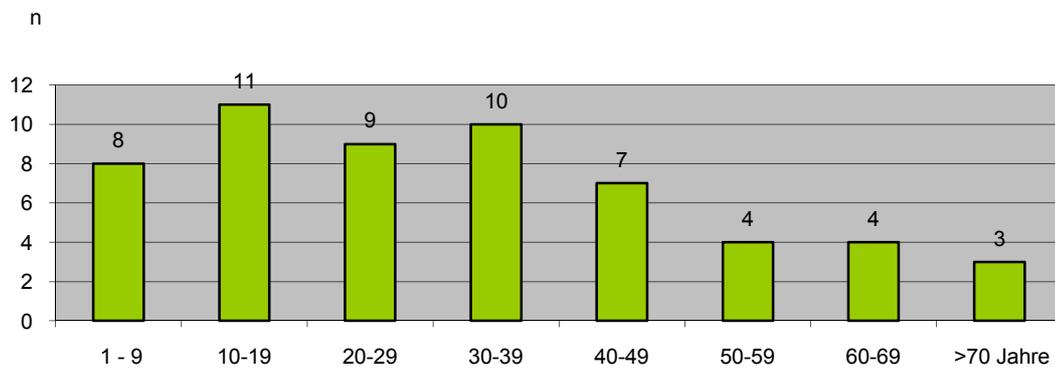


Abb. 7: Altersverteilung in der Gruppe der divergenten Schielformen (n=56)

Bei den divergenten Schielformen wurde eine gleichmäßige Verteilung der ersten 4 Altergruppen im Säulendiagramm dargestellt. 8 Patienten gehörten zur Gruppe der 1-9Jährigen und 11 Patienten gehörten zur Gruppe der 10-19Jährigen. 9 Patienten waren zum Untersuchungszeitpunkt zwischen 20 und 29 Jahre alt. In der Gruppe der 30-39Jährigen waren 10 Divergenzschiel. 7 Patienten gehörten in die Gruppe der 40-49Jährigen, jeweils 4 Patienten waren zwischen 50 und 59 bzw. zwischen 60 und 69 Jahre alt. Die ältesten 3 hier untersuchten Patienten waren älter als 70 Jahre alt.

### Visus und Amblyopie

Nach *Bangerter, 1953* wurden die Grade der Amblyopie eingeteilt:

- Amblyopie I. Grades bei Fernvisus  $> 0,3 - 0,8$
- Amblyopie II. Grades bei Fernvisus  $> 0,1 - 0,3$
- Amblyopie III. Grades bei Fernvisus  $< 0,1$ .

Für die hier untersuchten Patienten ergab sich nach o.g. Einteilung folgende in Abbildung 8 als Säulendiagramm dargestellte Häufigkeit der amblyopen und nichtamblyopen Patienten. Patienten mit einer drittgradigen Amblyopie wurden nicht in diese Messreihe integriert. Da diese Patienten auf dem amblyopen Auge einen Visus  $< 0,1$  haben, bestand nur unzureichende Fixation. Zur korrekten Durchführung des alternierenden Prismencovertest war ein Visus  $> 0,1$  unbedingt erforderlich.

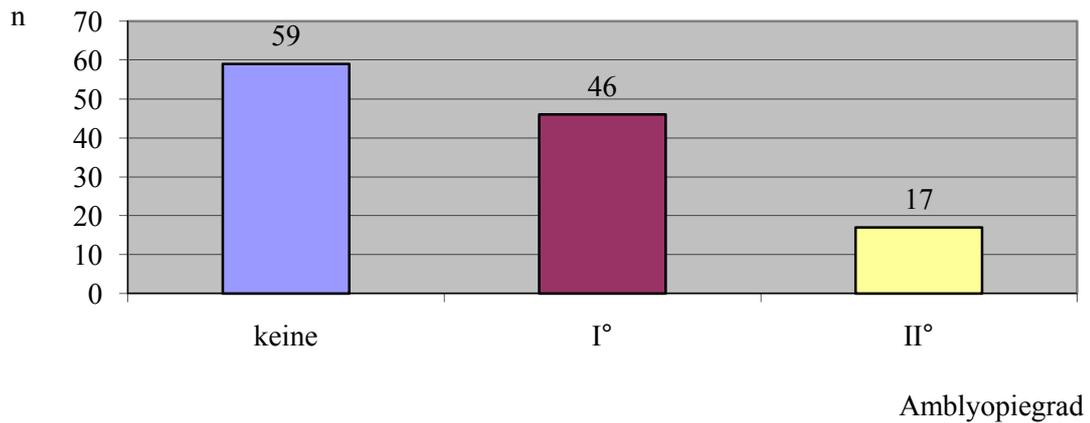


Abb. 8: Anzahl der Patienten ohne Amblyopie, mit Amblyopie Grad I und Grad II (n=122)

59 Patienten (48,4%): keine Amblyopie  
 46 Patienten (37,7%): Amblyopie I. Grades  
 17 Patienten (13,9%): Amblyopie II. Grades

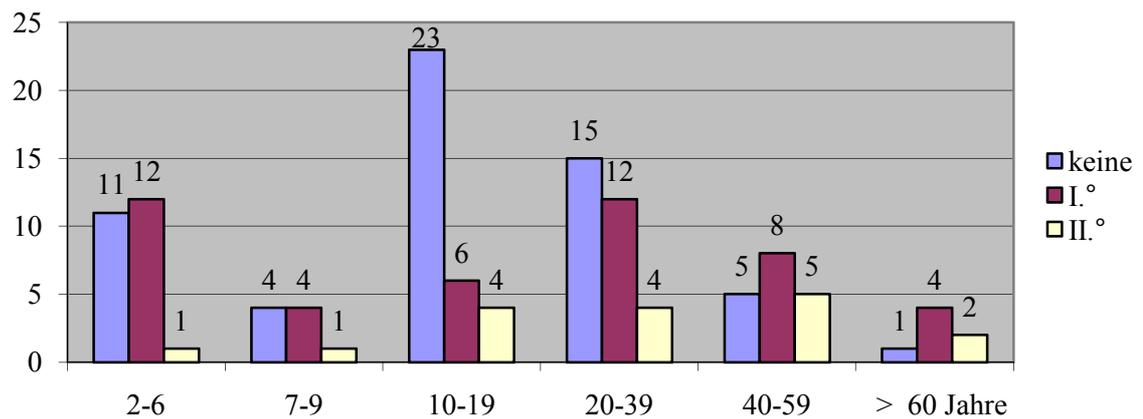


Abb. 9: Häufigkeit der Amblyopien in den entsprechenden Altersgruppen (n=122)

Den geringsten Anteil an Amblyopien fanden wir in der Gruppe der 10-19Jährigen, hier sind 69% (n=23) nichtamblyop. In der Altersgruppe der 2-6Jährigen (12 amblyop, 11 nichtamblyop), 7-9Jährigen (5 amblyop, 4 nichtamblyop) und 20-39Jährigen (16 amblyop, 15 nichtamblyop) war das Verhältnis amblyoper und nichtamblyoper Patienten ausgewogen. In den Patientengruppen über 40 Jahre hatte mehr als die Hälfte der Patienten eine Amblyopie.

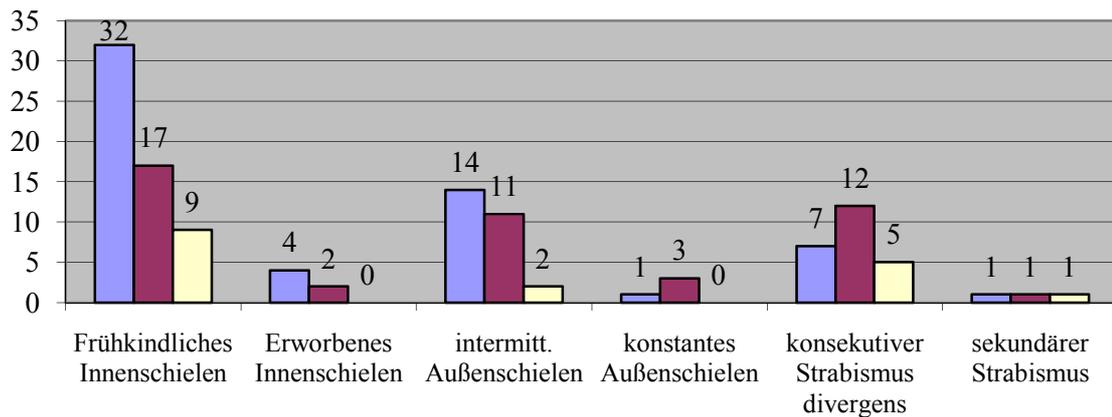


Abb. 10: Häufigkeit der Amblyopie in den verschiedenen Schielformen

Abbildung 10 zeigt den Zusammenhang der Amblyopiehäufigkeit zur jeweiligen Schielform. Die frühkindlichen Innenschieler ( $n=58$ ) hatten einen Anteil nichtamblyoper Patienten von 55,2% ( $n=32$ ). 29,3% ( $n=17$ ) waren erstgradig amblyop und 15,5% ( $n=9$ ) waren zweitgradig amblyop. In der Gruppe der erworbenen Innenschieler ( $n=6$ ) waren 4 Patienten nichtamblyop und 2 hatten eine Amblyopie ersten Grades. Intermittierende Divergenzschielere waren zu etwa der Hälfte der Fälle amblyop ( $n=13$ ) bzw. nichtamblyop ( $n=14$ ). Ein Überwiegen der Amblyopien gegenüber den Nichtamblyopien wurde für die Schielformen konstant manifestes Außenschielen und dem konsekutiven Außenschielen ermittelt. Bei konstant manifestem Außenschielen waren 3 von 4 Patienten erstgradig amblyop. In der Gruppe der konsekutiven Divergenzschielere waren 17 von 24 Patienten amblyop. Die Schielform des sekundären Strabismus hatte mit nur 3 Patienten den geringsten Anteil, hier war ein Patient nichtamblyop und 2 waren amblyop.

### Operationsanamnese

Die untersuchten Patienten kamen nicht ausschließlich zur Erstoperation in die Augenklinik. Dies war nur bei 71 Patienten (58,2%) der Fall. 51 Patienten (41,8%) unterzogen sich einer wiederholten Augenmuskeloperation. Bei Innenschielformen waren 44 (66,7%) Patienten noch nicht voroperiert. Die Außenschielformen ergaben ein ausgewogenes Verhältnis von 29 (51,8%) Patienten ohne vorherige Augenmuskeloperation und 27 (48,2%) Patienten, die sich zu einem wiederholten Eingriff vorstellten. Das Diagramm in Abbildung 11 zeigt die Operationsanamnese der Patienten.

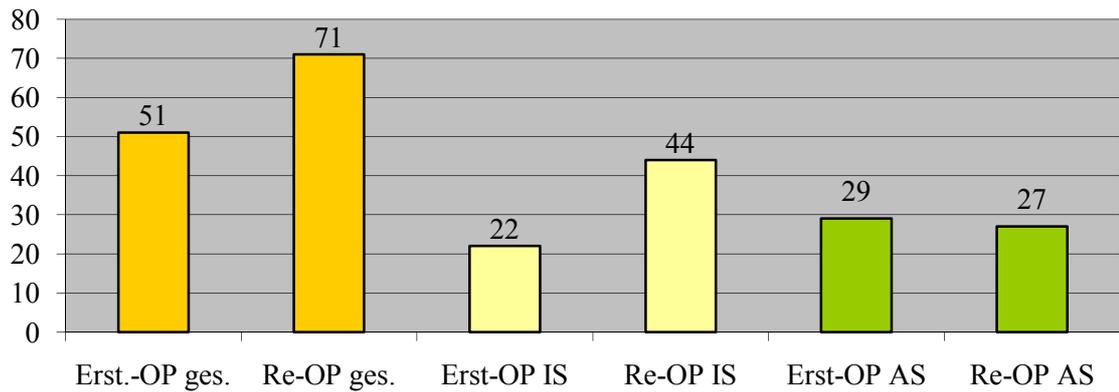


Abb. 11: Anzahl voroperierter Patienten für alle Patienten, für konvergente (IS), divergente (AS) Schielformen (n=122)

### Okklusionsbehandlung

Eine Amblyopiebehandlung mittels Okklusion wurde bei 66 (54%) Patienten in der Vorgeschichte durchgeführt. Bei konvergenten Schielformen war der Anteil, der Patienten mit stattgehabter Okklusionsbehandlung 63,6% (n=42), und bei divergenten Schielformen betrug dieser Anteil 42,8% (n= 24).

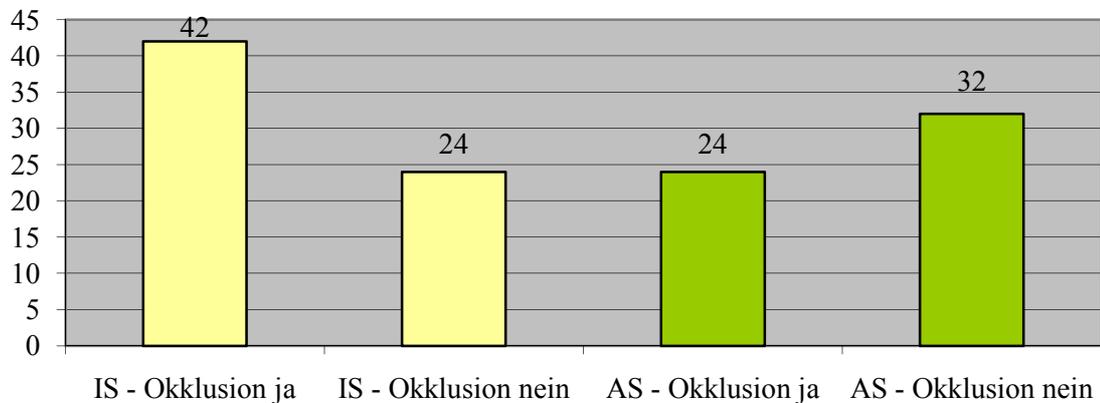


Abb. 12: Okklusionsanamnese für konvergente (IS) und divergente (AS) Schielformen (n=122)

### Familienanamnese

Eine positive Familienanamnese hinsichtlich des Schielens konnte bei 59 (48,3%) Patienten erhoben werden. Betrachtet man Innen- und Außenschielen separat, so zeigte sich eine positive Familienanamnese bei 35 (53,0%) der Esotropen und 24 (42,8%) der Exotropen.

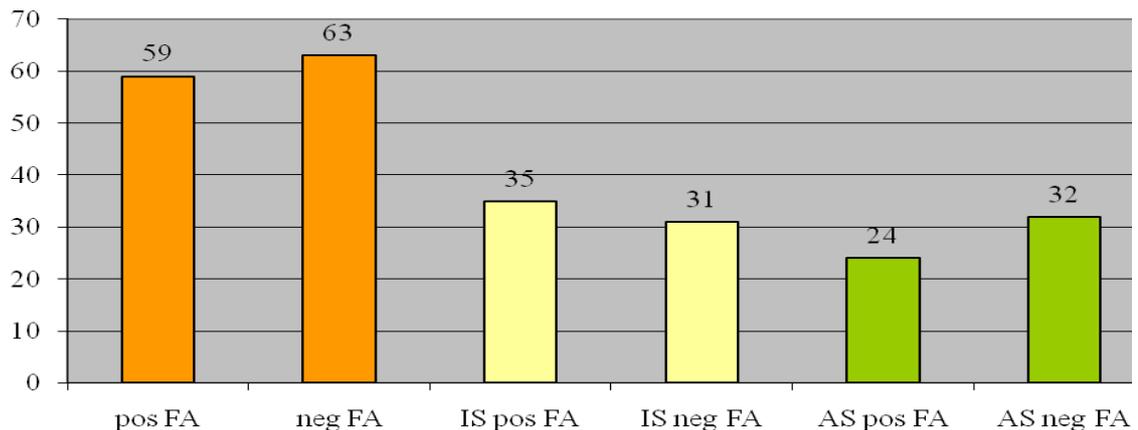


Abb. 13: Familienanamnese (FA) des Schielens für die Gesamtpatienten sowie für konvergente (IS) und divergente (AS) Schielformen (n=122)

## 3.2 Messdatenauswertung

Zur Auswertung der erhobenen Messdaten wurden Strabismus convergens und Strabismus divergens getrennt voneinander analysiert und dargestellt. Für beide Gruppen wurden die einzelnen Messverfahren Maddox-Kreuz und alternierender Prismencovertest in Nähe und Ferne ausgewertet. Die Schielwinkel wurden in Häufigkeitsdiagrammen und Boxplots grafisch veranschaulicht. Zur Datenbeschreibung wurden Median und Range (Minimum, Maximum) verwendet. Als Schielwinkeländerung wurde eine Differenz von  $>2^\circ$  zwischen den Messzeitpunkten definiert. Die zeitbezogenen Differenzen zwischen den Messzeitpunkten wurden mittels T-Test auf Unterschied von Null geprüft. Damit wurde das Vorliegen einer signifikanten Winkelveränderung geprüft.

### 3.2.1 Strabismus convergens

#### 3.2.1.1 Winkelmessung am Maddox-Kreuz (Strabismus convergens)

In den folgenden drei Säulendiagrammen werden die konvergenten Schielwinkel, die am Maddox-Kreuz mit optimaler Korrektur ermittelt wurden dargestellt. Auf der Ordinate wurde die Schielwinkelgröße in Grad und auf der Abszisse die Anzahl der Patienten dargestellt. Dabei zeigt das erste Diagramm die morgendliche Messung, das zweite Diagramm die Messung von 12 bis 14 Uhr und das letzte Diagramm die abendliche Messung von 17 bis 21 Uhr. Die Schielwinkelgrößen der Patienten waren zu allen drei Messzeiten gleichmäßig verteilt.

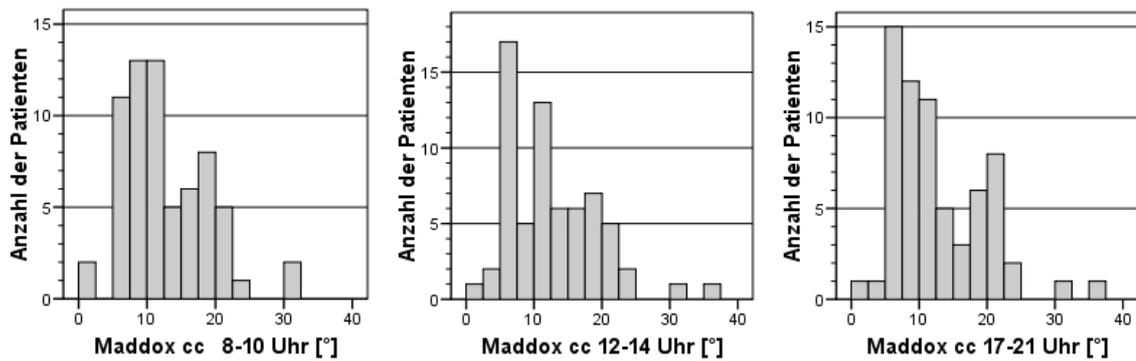


Abb. 14: Häufigkeitsdiagramme der am Maddox-Kreuz cum correctione gemessenen konvergenten Schielwinkel (n=66)

Diese gleichmäßige Verteilung drückt sich auch in den Mittelwerten und Medianen aus, welche in Tabelle 1 gezeigt werden. Die konvergenten Maddox-Winkel der 66 Patienten lagen zwischen  $+4^\circ$  und  $+35^\circ$ . Es wurden zwischen den 3 Messzeitpunkten Winkeländerungen von  $-7$  bis  $+6^\circ$  ermittelt. 45 (68,2%) Patienten zeigten stabile Maddox-Winkel (Differenz  $\leq 2^\circ$ ). 13 (19,7%) Patienten zeigten eine Zunahme des Schielwinkels von  $>2^\circ$ . Bei 8 (12,1%) Patienten trat eine Winkelverkleinerung  $>2^\circ$  auf.

Tab. 1: Konvergente Schielwinkel gemessen am Maddox-Kreuz (n=66)

<b>Strabismus convergens Maddox-Kreuz [°]</b>	<b>Z1 (8-10 Uhr)</b>	<b>Z2 (12-14 Uhr)</b>	<b>Z3 (17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	12,7	12,6	12,6
Median	10,5	12,0	11,0
Standardabweichung	6,1	6,4	6,8
Minimum	5,0	4,0	4,0
Maximum	32,0	35,0	35,0
Test NV (p)	0,048	0,184	0,097

Tab. 2: Ergebnis der Tests auf Unterschied zwischen den Zeitpunkten 2 und 1 bzw. 3 und 1

<b>Strabismus convergens Maddox-Kreuz</b>	<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	<b>Mittlere Differenz</b>	<b>95% KI der Differenz</b>	
			<b>Untere</b>	<b>Obere</b>
Diff. Z2 – Z1	0,813	0,06250	-0,4639	0,5889
Diff. Z3 – Z1	0,918	0,03125	-0,5708	0,6333

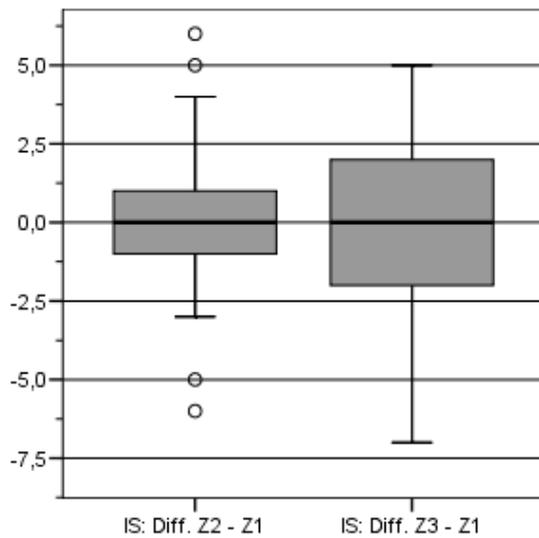


Abb. 15: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der konvergenten Maddox-Winkel cum correctione (*Ordinate: Differenz in °*)

Der T-Test zeigte für die konvergenten Schielwinkel gemessen am Maddox-Kreuz **keine signifikanten Unterschiede** ( $Z2-Z1$   $p=0,813$ ,  $Z3-Z1$   $p=0,918$ ). Die beiden Boxplots in Abbildung 15 veranschaulichen die Winkelveränderung. Es wird im ersten Boxplot die Differenz der Messwerte der morgendlichen und der Mittagsmessung erfasst und im zweiten Boxplot die Differenz der morgendlichen und abendlichen Messung. Obwohl im T-Test keine Signifikanz bestätigt wurde, zeigt die Abbildung eine Verbreiterung der Interquartärbereiche. Daran lässt sich die zunehmende Veränderung des Ausgangswinkels im Tagesverlauf erkennen. Die Mediane beider Boxplot betragen Null. Diese repräsentieren den Anteil der gleichbleibenden Schielwinkel.

### 3.2.1.2 Konvergente Prismenwinkel bei Nahfixation (30 cm)

In Abbildung 16 zeigen drei Säulendiagramme konvergente Schielwinkel, die mittels alternierenden Prismencovertest in Nahfixation (30cm) gemessen wurden. Auf der Ordinate wurde die Schielwinkelgröße in Grad und auf der Abszisse die Anzahl der Patienten dargestellt. Dabei zeigt das erste Diagramm die morgendliche Messung, das zweite Diagramm die Messung von 12 Uhr bis 14 Uhr und das letzte Diagramm die abendliche Messung von 17 Uhr bis 21 Uhr. Im Tagesverlauf zeigt sich hier eine Zunahme der Schielwinkel.

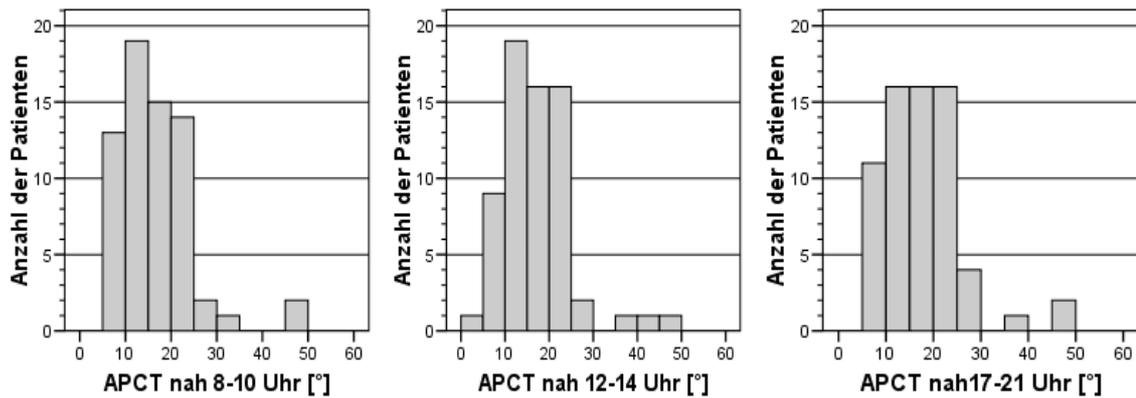


Abb. 16: Häufigkeitsdiagramme der konvergenten Prismenwinkel in 30cm (n=66)

Tab. 3: Konvergente Schielwinkel; alternierender Prismencovertest in 30cm (n=66)

<b>Strabismus convergens APCT in 30cm [°]</b>	<b>Z1 (8-10 Uhr)</b>	<b>Z2 (12-14 Uhr)</b>	<b>Z3 (17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	16,4	17,2	17,6
Median	15,1	16,4	16,4
Standardabweichung	8,1	7,9	8,2
Minimum	5,4	4,4	5,4
Maximum	48,0	48,0	48,0
Test NV (p)	0,131	0,372	0,446

Bei den Schielwinkeln gemessen mittels alternierendem Prismencovertest in einer Distanz von 30 cm wurde eine Zunahme der Winkel deutlich. Der kleinste gemessene Winkel betrug +4,4° und der größte +48°. Die Winkel änderten sich im Mittel um 3,5°. Stabile Schielwinkel im Tagesverlauf mit Änderungen  $\leq 2^\circ$  zeigten 44 (66,7%) Patienten. Eine Zunahme der Prismenwinkel um  $>2^\circ$  wurde bei 21 (31,8%) Patienten festgestellt. Nur in einem Fall (1,5%) trat eine Winkelverkleinerung  $>2^\circ$  auf. Damit zeigen auch bei Berücksichtigung einer Relevanz der Änderung ( $>2^\circ$ ) signifikant mehr Fälle eine Vergrößerung als eine Verkleinerung des Schielens über beide Zeitintervalle.

Tab. 4: Ergebnis der Tests auf Unterschied zwischen den Zeitpunkten 2 und 1 bzw. 3 und 1

Strabismus convergens APCT in 30cm [°]	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% KI Differenz	
			Untere	Obere
Diff. Z2 - Z1	<0,0005	0,735	0,359	1,110
Diff. Z3 - Z1	<0,0005	1,158	0,674	1,643

Mit dem T-Test konnte ein eindeutiger Signifikanznachweis erbracht werden. Es wurden für die konvergenten Schielformen im alternierenden Prismencovertest **hochsignifikante Unterschiede ( $p < 0,0005$ )** der Schielwinkel zu den einzelnen Messzeitpunkten aufgezeigt.

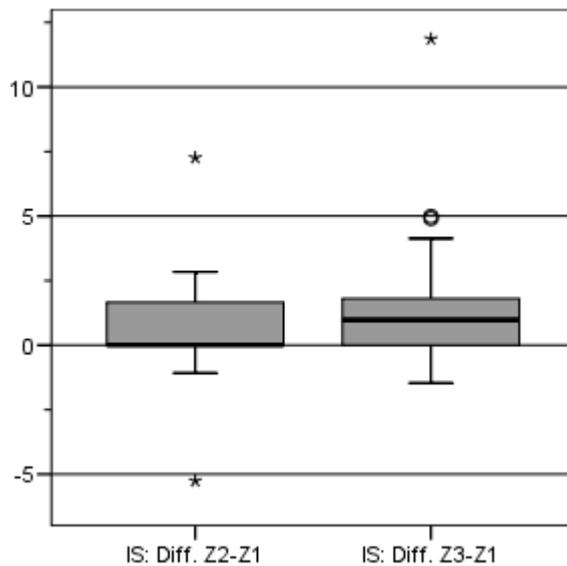


Abb. 17: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der konvergenten Winkel im alternierendem Prismencovertest in 30cm (*Ordinate: Differenz in °*)

Die beiden Boxplots in Abbildung 17 veranschaulichen die Winkelzunahme im Vergleich der Differenzen der Messwerte der morgendlichen und der Mittagsmessung (erster Boxplot) und der morgendlichen und abendlichen Messung (zweiter Boxplot). Die Abbildung zeigt eine Verschiebung des Medians. Daran lässt sich die Zunahme der Winkel im Tagesverlauf erkennen, die im T-Test hochsignifikante Ergebnisse erbrachte.

### 3.2.1.3 Konvergente Prismenwinkel bei Fernfixation (5m)

Konvergente Schielwinkel, gemessen mittels alternierenden Prismencovertest in Fernfixation (5m) zeigt Abbildung 18. Dabei werden in den einzelnen Diagrammen die Anzahl der Patienten mit ihrer entsprechenden Winkelgröße zu den drei festgelegten Messzeitpunkten aufgetragen. Wie ersichtlich ist keines der Diagramme ist deckungsgleich. Dies bestätigt eine Veränderung der Winkel im Tagesverlauf, welche hier vorwiegend eine Winkelzunahme war.

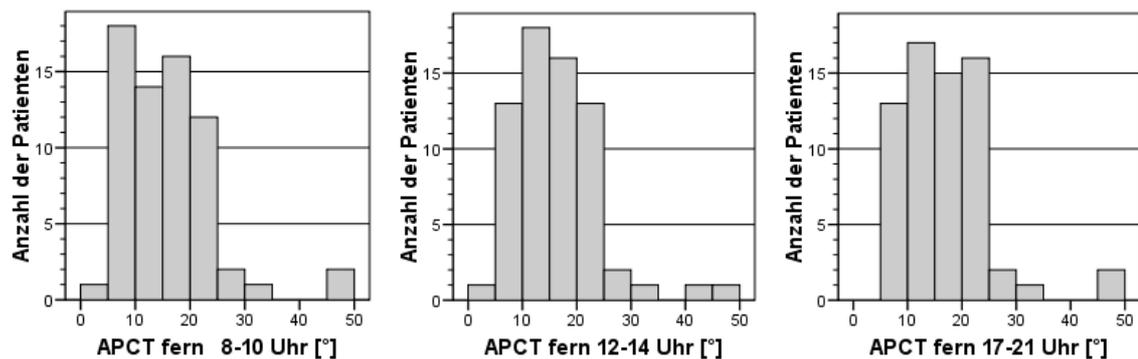


Abb. 18: Häufigkeitsdiagramme der konvergenten Prismenwinkel in 5m (n=66)

Für die konvergenten Schielwinkel gemessen mittels alternierendem Prismencovertest bei Fernfixation wird eine Zunahme im Tagesverlauf beobachtet. Dies wird bei Beurteilung der Mediane der drei Messzeitpunkte deutlich. Der kleinste gemessene Winkel betrug  $+3,26^\circ$ , der größte  $+48^\circ$ . Stabile Winkel mit Veränderungen  $\leq 2^\circ$  wiesen 41 (62,1%) Patienten auf. Winkelvergrößerungen  $>2^\circ$  wurden bei 23 (34,9%) Patienten ermittelt. Verkleinerte Werte im Tagesverlauf ergab die Messung bei 2 (3%) der Patienten.

Tab. 5: Konvergente Schielwinkel; alternierender Prismencovertest in 5m (n=66)

<b>Strabismus convergens APCT in 5m [°]</b>	<b>Z1 (8-10 Uhr)</b>	<b>Z2 (12-14 Uhr)</b>	<b>Z3 (17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	15,57	16,23	16,83
Median	14,56	15,90	16,40
Standardabweichung	8,30	8,10	8,31
Minimum	3,26	4,35	5,43
Maximum	48	48	48
Test NV (p)	0,205	0,553	0,348

Die Prüfung der zeitbezogenen Differenzen der Winkel mittels T-Test zeigte auch für den alternierenden Prismencovertest in 5m **hochsignifikante Unterschiede ( $p=0,002$  und  $p<0,0005$ ) der Schielwinkel zu den einzelnen Messzeitpunkten.**

Tab. 6: Ergebnis der Tests auf Unterschiede zwischen den Zeitpunkten 3 und 1 bzw. 2 und 1 (n=66)

Strabismus convergens APCT in 5m [°]	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% KI Differenz	
			Untere	Obere
Diff. Z2 - Z1	<b>0,002</b>	0,662	0,242	1,082
Diff. Z3 - Z1	<b>&lt;0,0005</b>	1,259	0,752	1,766

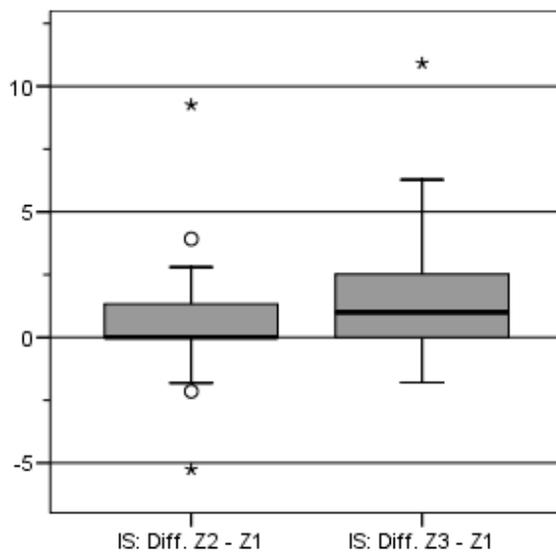


Abb. 19: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der konvergenten Winkel im alternierendem Prismencovertest in 5m (*Ordinate: Diff. in °*)

Die beiden Boxplots in Abbildung 19 veranschaulichen die Winkelzunahme im Vergleich der Differenzen der Messwerte der morgendlichen und der Mittagsmessung (erster Boxplot) und der morgendlichen und abendlichen Messung (zweiter Boxplot). Die Abbildung zeigt eine Verschiebung des Medians. Daran lässt sich die Zunahme der Winkel im Tagesverlauf erkennen, die im T-Test hochsignifikante Ergebnisse erbrachte.

### 3.2.2 Strabismus divergens

Patienten mit divergenten Abweichungen hatten im Vergleich zu den konvergenten Abweichungen durchschnittlich größere Schielwinkel.

#### 3.2.2.1 Winkelmessung am Maddox-Kreuz

In den folgenden drei Säulendiagrammen werden die divergenten Schielwinkel, die am Maddox-Kreuz mit optimaler Korrektur ermittelt wurden dargestellt. Auf der Ordinate wurde die Schielwinkelgröße in Grad und auf der Abszisse die Anzahl der Patienten dargestellt. Dabei zeigt das erste Diagramm die morgendliche Messung, das zweite Diagramm die Messung von 12 bis 14 Uhr und das letzte Diagramm die abendliche Messung von 17 bis 21 Uhr. Zu jedem Messzeitpunkt wurde eine andere Verteilung ermittelt.

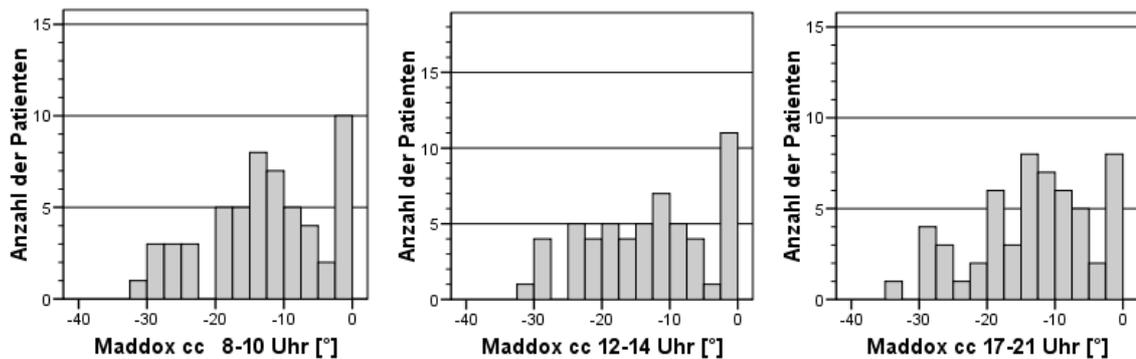


Abb. 20: Häufigkeitsdiagramme der am Maddox-Kreuz cum correctione gemessenen divergenten Schielwinkel (n=56)

Tab. 7: Divergente Schielwinkel gemessen am Maddox-Kreuz (n=56)

<b>Strabismus divergens</b> <b>Maddox-Kreuz [°]</b>	<b>Z1</b> <b>(8-10 Uhr)</b>	<b>Z2</b> <b>(12-14 Uhr)</b>	<b>Z3</b> <b>(17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	15,8	16,5	15,5
Median	14,0	16,0	14,0
Standardabweichung	7,2	7,2	7,5
Minimum	5,0	5,0	4,0
Maximum	32,0	32,0	33,0
Test NV (p)	0,309	0,636	0,485

Die Messung am Maddox-Kreuz ergab divergente Schielwinkel zwischen  $-4^\circ$  und  $-33^\circ$ . Die tageszeitlichen Schielwinkelschwankungen lagen zwischen  $+10^\circ$  und  $-11^\circ$ . Stabile Schielwinkel zu allen Messzeitpunkten (Differenz  $\leq 2^\circ$ ) wurden bei 37 (66,1%) Patienten ermittelt. Winkelzunahmen ( $>2^\circ$ ) wurden bei 12 (21,4%) Patienten, Verkleinerungen des Schielwinkels ( $>2^\circ$ ) hingegen bei 7 (12,5%) der Patienten gemessen. Die durchschnittliche Veränderung der Winkel beträgt  $6^\circ$ .

Tab. 8 Ergebnis der Tests auf Unterschiede zwischen den Zeitpunkten 2 und 1 bzw. 3 und 1

Strabismus divergens Maddox-Kreuz	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% KI der Differenz	
			Untere	Obere
Diff. Z2 – Z1	0,198	0,56818	-0,3076	1,4439
Diff. Z3 – Z1	0,672	0,17778	-0,6630	1,0185

Es wird in den Boxplot durch Verlagerung der Interquartärbereiche in Richtung negativer Werte zwar eine Tendenz der Winkelzunahme verdeutlicht, jedoch **keine signifikanten Unterschiede** ( $p=0,198$  und  $p=0,672$ ) bzgl. der Zeiten nachgewiesen.

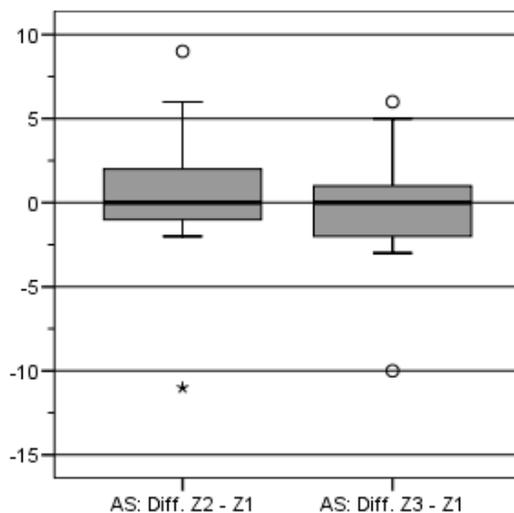


Abb. 21: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der divergenten Maddox-Winkel cum correctione (Ordinate: Differenz in  $^\circ$ )

Die beiden Boxplots in Abbildung 21 veranschaulichen die Winkelveränderung. Es wird im ersten Boxplot die Differenz der Messwerte der morgendlichen und der Mittagsmessung erfasst und im zweiten Boxplot die Differenz der morgendlichen und abendlichen Messung. Obwohl im T-Test keine Signifikanz bestätigt wurde, zeigt die Abbildung eine Verbreiterung der

Interquartärbereiche. Daran lässt sich die zunehmende Veränderung des Ausgangswinkels im Tagesverlauf erkennen. Die Mediane beider Boxplot betragen Null. Diese repräsentieren den Anteil der gleichbleibenden Schielwinkel.

### 3.2.2.2 Divergente Prismenwinkel bei Nahfixation (30cm)

In Abbildung 22 zeigen drei Säulendiagramme divergente Schielwinkel, die mittels alternierenden Prismencovertest in Nahfixation (30cm) gemessen wurden. Auf der Ordinate wurde die Schielwinkelgröße in Grad und auf der Abszisse die Anzahl der Patienten dargestellt. Dabei zeigt das erste Diagramm die morgendliche Messung, das zweite Diagramm die Messung von 12 bis 14 Uhr und das letzte Diagramm die abendliche Messung von 17 bis 21 Uhr. Im Tagesverlauf zeigt sich hier eine Zunahme der Schielwinkel.

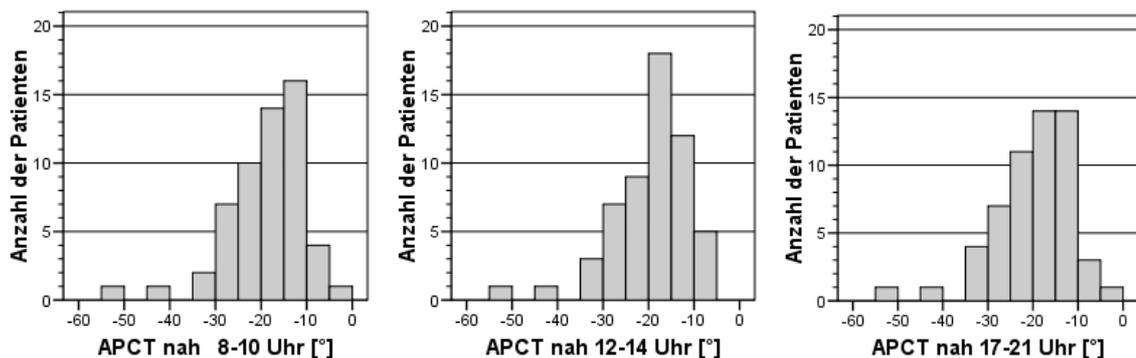


Abb. 22: Häufigkeitsdiagramme der divergenten Prismenwinkel in 30cm (n=56)

Tabelle 9 stellt die Mittelwerte und Mediane der Messreihe der divergenten Prismenwinkel dar. Über den Beobachtungszeitraum trat eine Zunahme der Mediane und Mittelwerte auf. 31 (55,4%) Patienten hatten im Tagesverlauf stabile Schielwinkel (Winkeländerungen  $\leq 2^\circ$ ). Eine Zunahme der Prismenwinkel  $> 2^\circ$  konnte bei 21 Patienten (37,5%) ermittelt werden. Die durchschnittliche Winkelvergrößerung betrug  $3,8^\circ$ . Winkelabnahmen, im Durchschnitt  $4,3^\circ$ , traten mit 4 (7,1%) Fällen deutlich seltener auf.

Tab.9: Divergente Schielwinkel; alternierender Prismencovertest in 30cm (n=56)

<b>Strabismus divergens APCT in 30cm [°]</b>	<b>Z1 (8-10 Uhr)</b>	<b>Z2 (12-14 Uhr)</b>	<b>Z3 (17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	18,5	19,1	19,5
Median	16,4	18,2	19,2
Standardabweichung	8,8	8,5	8,7
Minimum	3,3	7,6	3,3
Maximum	50,4	50,4	50,4
Test NV (p)	0,418	0,367	0,541

Tab. 10: Ergebnis der Tests auf Unterschiede zwischen den Zeitpunkten 2 und 1 bzw. 3 und 1

<b>Strabismus divergens APCT in 30cm [°]</b>	<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	<b>Mittlere Differenz</b>	<b>95% KI Differenz</b>	
			<b>Untere</b>	<b>Obere</b>
Diff. Z2 - Z1	<b>0,039</b>	0,606	0,031	1,180
Diff. Z3 - Z1	<b>0,004</b>	0,998	0,323	1,673

Die Messergebnisse der divergenten Schieler im alternierenden Prismencovertest in 30cm zeigen anhand des Medians eine Zunahme der gemessenen Winkel. Die statistische Analyse mittels T-Test zeigte **signifikante Unterschiede (p=0,039 und p=0,004) der Schielwinkel zu den einzelnen Messzeitpunkten** auf.

Abbildung 23 veranschaulicht anhand von zwei Boxplots die Winkelveränderung. Es wird im ersten Boxplot die Differenz der Messwerte der morgendlichen und der Mittagsmessung erfasst und im zweiten Boxplot die Differenz der morgendlichen und abendlichen Messung. Eine Verbreiterung der Interquartärbereiche bestätigt die Zunahme der Schielwinkel im Tagesverlauf. Die Mediane beider Boxplot unterscheiden sich gering, der zweite Median ist höher als der des ersten Beobachtungsintervalls.

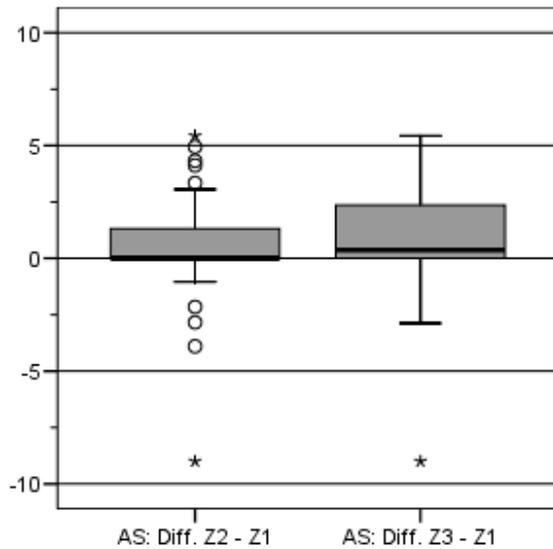


Abb. 23: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der divergenten Winkel im alternierendem Prismencovertest in 30cm (Ordinate: Differenz in °)

### 3.2.2.3 Divergente Prismenwinkel bei Fernfixation (5m)

Divergente Schielwinkel, gemessen mittels alternierendem Prismencovertest in Fernfixation (5m) zeigt Abbildung 24. Dabei werden in den einzelnen Diagrammen die Anzahl der Patienten mit ihrer entsprechenden Winkelgröße zu den drei festgelegten Messzeitpunkten aufgetragen. Wie ersichtlich ist keines der Diagramme deckungsgleich. Dies bestätigt eine Veränderung der Winkel im Tagesverlauf, welche hier vorwiegend eine Winkelzunahme war.

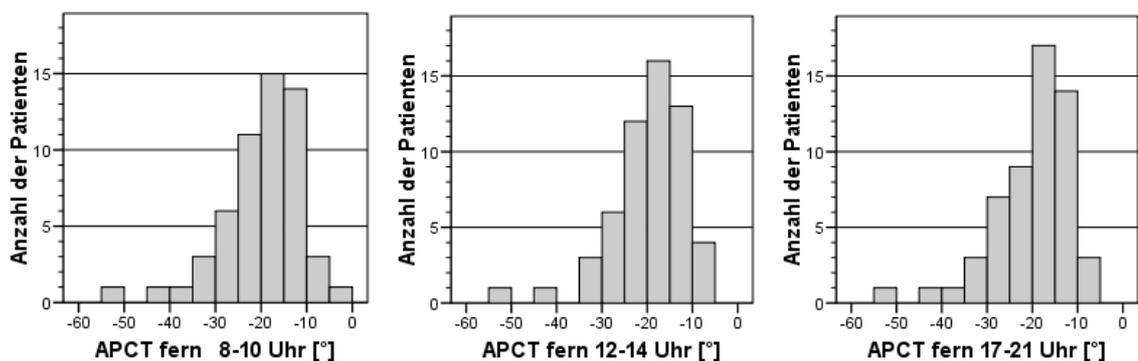


Abb. 24: Häufigkeitsdiagramme der divergenten Prismenwinkel in 5m (n=56)

Auch in einer Distanz von 5m wird eine tendenzielle Zunahme der Prismenwinkel deutlich. Der kleinste gemessene Winkel betrug  $-3,26^\circ$  und der größte  $-50,6^\circ$ . Stabile Winkelgrößen (Differenz  $\leq 2^\circ$ ) zeigten 30 (53,6%) Patienten. Eine Zunahme der Prismenwinkel  $>2^\circ$  wurde bei

15 (26,8%) Patienten festgestellt. In 11 (19,6%) Fällen trat eine Winkelverkleinerung  $>2^\circ$  auf.

Da in dieser Messreihe deutliche Unterschiede in den zwei Beobachtungsintervallen vorkommen, wird die Änderung getrennt für beide Zeiträume dargestellt:

- Im Zeitraum morgens bis mittags blieben 45 (80,4%) Messwerte stabil, es waren 7 (12,5%) Winkelzunahmen ( $>2^\circ$ ) und 4 (7,1%) verkleinerte Winkel zu verzeichnen.
- Der zweite Beobachtungszeitraum mittag bis abends ergab 39 (69,5%) konstante Messwerte, 9 (16,2%) Winkelzunahmen und 8 (14,3%) Winkelverkleinerungen ( $>2^\circ$ ).
- Die Unterschiede waren statistisch **nicht signifikant** ( $p=0,324$  und  $p=0,337$ ).

Tab. 11: Divergente Schielwinkel; alternierender Prismencovertest in 5m (n=56)

<b>Strabismus divergens APCT in 5m [°] n=56</b>	<b>Z1 (8-10 Uhr)</b>	<b>Z2 (12-14 Uhr)</b>	<b>Z3 (17-21 Uhr)</b>
Mittelwert	19,3	19,5	19,7
Median	17,8	19,2	19,2
Standardabweichung	8,9	8,7	8,8
Minimum	3,26	5,43	6,5
Maximum	50,6	50,6	50,6
Test NV (p)	0,251	0,347	0,277

Tab. 12: Ergebnis der Tests auf Unterschiede zwischen den Zeitpunkten 2 und 1 bzw. 3 und 1

<b>Strabismus divergens APCT in 5m [°]</b>	<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	<b>Mittlere Differenz</b>	<b>95% KI Differenz</b>	
			<b>Untere</b>	<b>Obere</b>
Diff. Z2 - Z1	0,324	0,203	-0,205	0,611
Diff. Z3 - Z1	0,337	0,342	-0,366	1,049

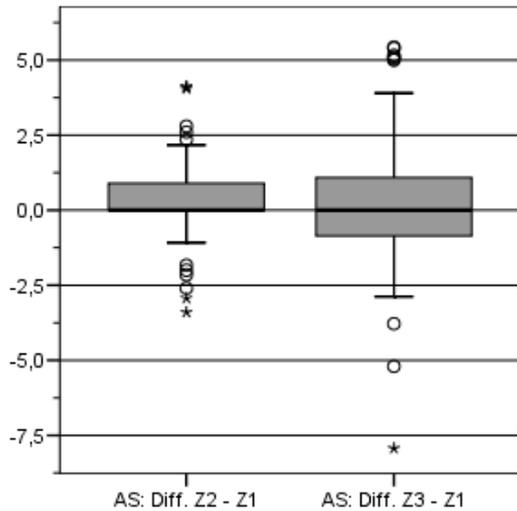


Abb. 25: Boxplotdarstellung der zeitbezogenen Differenzen der Winkel im alternierendem Prismencovertest in 5m (Ordinate: Differenz in °)

### 3.2.3 Analyse APCT in 30cm für konvergente Schief Formen

Neben der Verteilungsanalyse sollen nun die individuellen Werte betrachtet werden. Hierzu werden die Werte für die Messzeitpunkte morgens vs. mittags und morgens vs. abends in Scatterplots aufgetragen. Die Punkte verteilen sich nicht symmetrisch um die Diagonale. Ein Überwiegen der Punkte oberhalb der Diagonale verdeutlicht die Zunahme der Winkel grafisch. Der zweite große Anteil der Punkte liegt direkt auf der Gerade und repräsentiert die unveränderten Winkel.

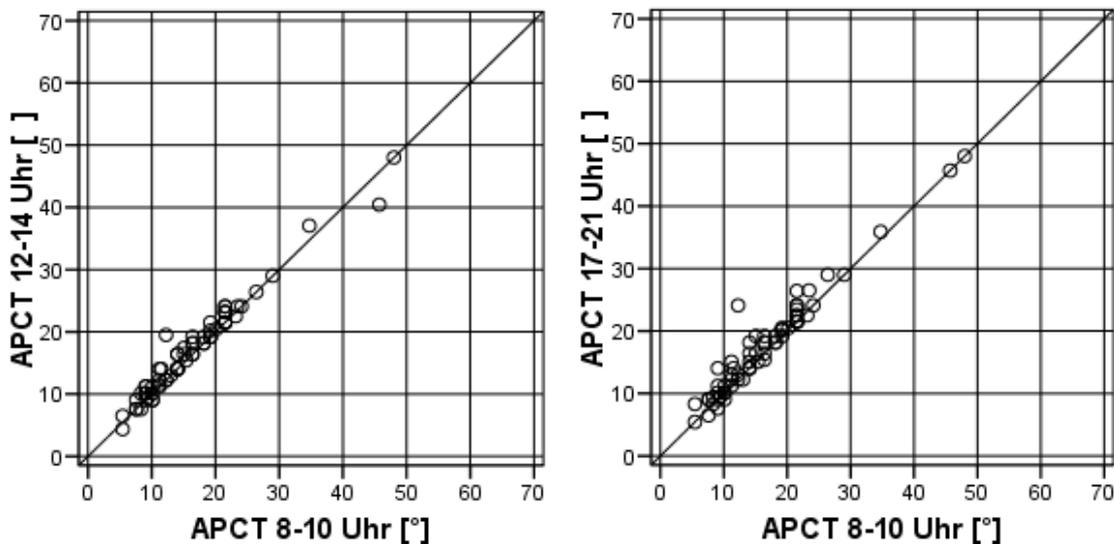


Abb. 26: Scatterplots konvergenter Prismenwinkel gemessen in 30cm, Gegenüberstellung der verschiedenen Messzeitpunkte, ( $y=x$  - Gerade identischer Messwerte)

### Relative Änderungen APCT in 30cm (Strabismus convergens)

Für die folgenden Abbildungen wurden die Änderungen jeweils auf den morgendlichen Ausgangswert bezogen, Bsp.: relative Änderung Z2-Z1 [ $\frac{\text{Wert}(Z2)-\text{Wert}(Z1)}{\text{Wert}(Z1)}$ ]. Hierbei sind mit positivem Vorzeichen Schielwinkelvergrößerung, und mit negativem Vorzeichen Schielwinkelreduktion angezeigt. Die folgenden Tabellen geben die Verteilungsparameter für die relativen Änderungen an, wobei wegen Abweichung von der Normalverteilung nichtparametrische Verteilungsparameter verwendet wurden. Die Lage des Medians bzgl. Null wird mit dem Rang-Vorzeichentest geprüft, bei Signifikanz ( $p < 0,05$ ) liegt eine signifikante Abweichung vor.

Tab.:13 Strabismus convergens, deskriptive Statistik für relative Änderungen

<b>t-Test:</b> <b>Z2-Z1: p&lt;0,0005</b> <b>Z3-Z2: p=0,019</b>	<b>rel. Änd.  Z2-Z1  [°]</b>	<b>rel. Änd.  Z3-Z2  [°]</b>
n	66	66
Mittelwert	-0,057	-0,029
Standardabweichung	0,113	0,097
Median	0,000	0,000
Minimum	-0,593	-0,387
Maximum	0,199	0,251

Es ergibt sich, dass zwischen den Zeitpunkten 1 und 2 sowie den Zeitpunkten 2 und 3 je eine signifikante Schielwinkelzunahme eintritt.

Tab. 14: Strabismus divergens, deskriptive Statistik für relative Änderungen

<b>Vorzeichen-Rang-Test:</b> <b>Z2-Z1: p=0,017</b> <b>Z3-Z2: p=0,24</b>	<b>rel. Änd.  Z2-Z1  [°]</b>	<b>rel. Änd.  Z3-Z2  [°]</b>
n	56	56
Mittelwert	-0,070	-0,020
Standardabweichung	0,215	0,124
Median	0,000	0,000
Minimum	-1,325	-0,254
Maximum	0,373	0,570

Generell gibt es eine ungleichmäßige Verteilung mit Häufung bei Null und größerem Anteil der Winkelzunahmen. Die konvergenten Schielformen weisen einen höheren Anteil unveränderter Winkel auf. Das Zeitintervall morgens zu mittags (Z1→Z2) zeigt eine stärkere Zunahme der Schielwinkel, als im zweiten beobachteten Intervall von mittags zu abends (Z2→Z3) zu eruieren ist. Dies wird durch die folgende Abbildung verdeutlicht, in der negative Vorzeichen Winkelzunahmen und positive Vorzeichen Winkelreduktionen darstellen.

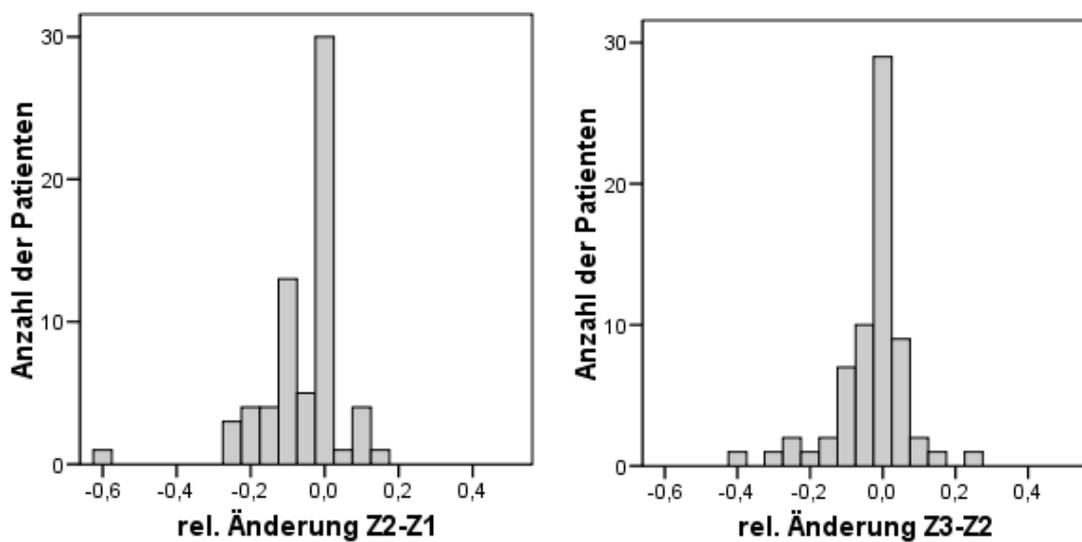


Abb. 27: Häufigkeiten für relative Änderungen der Winkel bei Strabismus convergens, bezogen auf den jeweiligen Ausgangswert

## Häufigkeitstabellen für Änderungen >2° (Strabismus convergens)

Tab. 15: Häufigkeitstabelle für Änderungen >2° (Strabismus convergens)

Strabismus convergens	gesamt		morgens-mittags		mittags-abends	
	n	%	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	21	31,8	13	19,7	7	10,6
unverändert bis 2°	44	66,7	52	78,8	58	87,9
Winkelverkleinerung >2°	1	1,5	1	1,5	1	1,5
p	<0,0002		0,023		0,055	

Bei Aufschlüsselung beider Zeitintervalle morgens-mittags und mittags-abends gelingt bei Berücksichtigung nur deutlicher Änderungen >2° für den Gesamtmesszeitraum der Signifikanznachweis. Bei getrennter Betrachtung der Zeitintervalle ist jedoch nur die erste Periode (morgens-mittags/Z1→Z2) statistisch signifikant (p=0,023). Es überwiegen die Winkelzunahmen gegenüber den Winkelreduktionen, wobei jeweils der Anteil der unveränderten Messwerte überwiegt. Für die zweite Zeitperiode (mittags-abends/Z2→Z3) zeigt sich eine Tendenz, der Signifikanznachweis konnte nicht erbracht werden (p=0,055).

Tab. 16: Häufigkeiten der Verlaufsformen.

Strabismus convergens Verlauf (>2°)	Häufigkeit	
	Häufigkeit	Prozent
++	2	3,0
0+	4	6,1
+0	11	16,7
+ -	0	0
00	47	71,2
- +	1	1,5
- 0	0	0
0 -	1	1,5
- -	0	0
gesamt	66	100

erstes Symbol:  
Veränderung in Z1-Z2

zweites Symbol:  
Veränderung in Z2-Z3

+ Schielwinkelzunahmen

0 keine Veränderung

- Schielwinkelverkleinerung

### 3.2.4 Analyse APCT in 30cm für divergente Schielformen

Auch bei divergentem Schielen wird das Überwiegen der Winkelzunahmen grafisch deutlich, da auch hier der überwiegende Anteil der Punkte oberhalb der Gerade liegen.

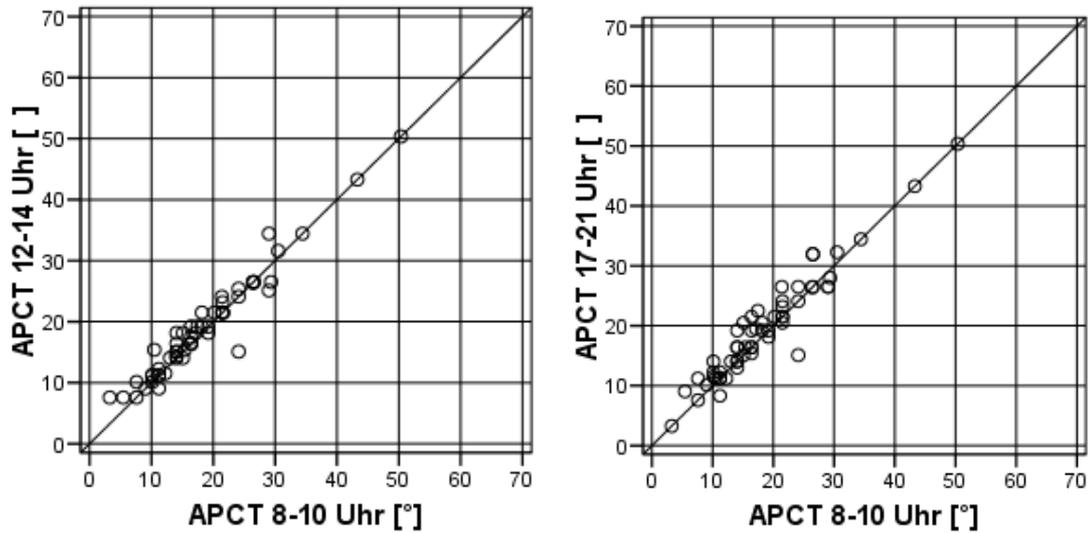


Abb. 28: Scatterplots divergenten Prismenwinkel gemessenen in 30cm, Gegenüberstellung der verschiedenen Messzeitpunkte ( $y=x$  - Gerade identischer Messwerte)

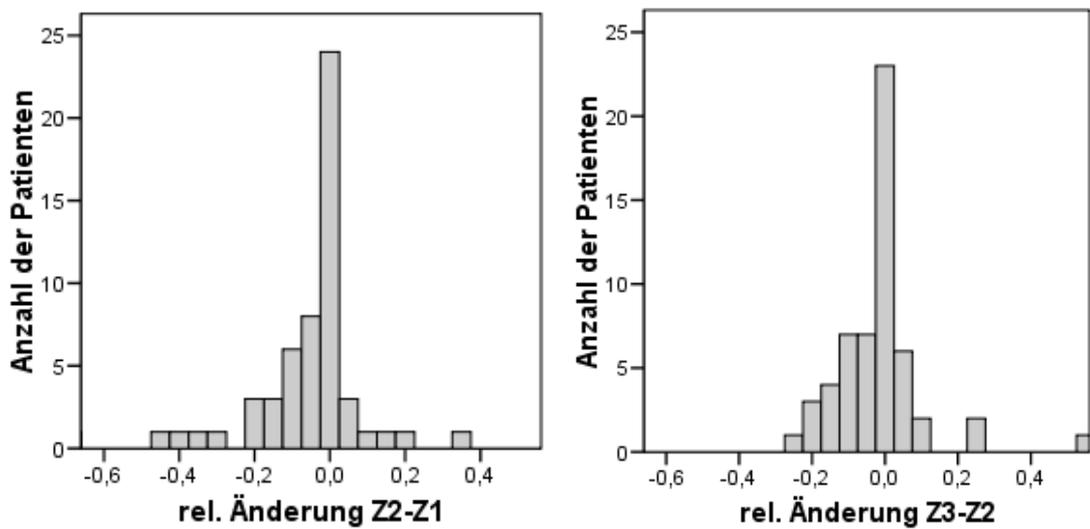


Abb. 29: Häufigkeiten für relative Änderungen der Winkel bei den divergenten Schielformen, bezogen auf den jeweiligen Ausgangswert.

Tab. 17 : Deskriptive Statistik für relative Änderungen

<b>Vorzeichen-Rang-Test:</b>			
<b>Z2-Z1: p=0,0028</b>			
<b>Z3-Z2: p=0,033</b>		<b>rel. Änd.  Z2-Z1  [°]</b>	<b>rel. Änd.  Z3-Z2  [°]</b>
n		56	56
Median		0,058	0,056
Minimum		0,000	0,000
Maximum		1,325	0,570
Perzentile	25	0,000	0,000
	75	0,121	0,115

### Häufigkeitstabellen für Änderungen >2°

Tab. 18: Häufigkeitstabelle für Änderungen >2° (Strabismus divergens)

<b>Strabismus divergens</b>	<b>gesamt</b>		<b>morgens-mittags</b>		<b>mittags-abends</b>	
	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Winkelzunahme >2°	21	37,5	11	19,7	9	16,1
unverändert	31	55,3	41	73,2	44	78,6
Winkelverkleinerung >2°	4	7,1	4	7,1	3	5,3
p	0,018		>0,05		>0,05	

21 (37,5%) der Patienten zeigen eine Verstärkung des Schielens über den Tag, während nur 4 (7,1%) eine Abschwächung zeigen. 31 (55,3%) der Fälle zeigen keine Änderung ( $\leq 2^\circ$ ). Damit zeigen signifikant mehr Fälle eine Schielwinkelzunahme als eine Schielwinkelreduktion über beide Perioden. Für das Außenschielen gelingt kein Signifikanznachweis.

## Häufigkeitstabellen für Änderungsverläufe

Tab. 19: Häufigkeiten der Verlaufsformen

<b>Strabismus divergens</b>		
<b>Verlauf (&gt;2°)</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent</b>
++	3	5,4
0+	6	10,7
+0	5	8,9
+ -	3	5,4
00	35	62,5
- +	0	0
- 0	4	7,1
0 -	0	0
- -	0	0
gesamt	56	100

erstes Symbol: Veränderung in Z1-Z2

zweites Symbol: Veränderung in Z2-Z3

+ Schielwinkelzunahmen

0 keine Veränderung

- Schielwinkelverkleinerung

### 3.2.5 Einflussfaktoren

Zur Eruiierung der Einflussfaktoren (geprüft APCT in 30cm) wurde das statistische Verfahren der Analysis of variance (ANOVA) angewandt. Er wurden sowohl Haupteffekte als auch Interaktionen zwischen zwei Faktoren untersucht. Wegen der Ausreißer wurden die Winkel logarithmiert. Der Einfluss der Faktoren vorherige Schieloperation, Okklusionsbehandlung, Familienanamnese, Diplopie, Binokularsehen sowie Visus und Refraktion wurde analysiert. In einer schrittweisen Analyse wurden die Faktoren mit fehlendem Einfluss entfernt.

#### 3.2.5.1 Einflussfaktor „Vorherige Augenmuskeloperation“

Tab. 20: Einflussfaktor „Vorherige Augenmuskeloperation“ für konvergente Schielformen / alternierender Prismencovertest in 30cm

<b>Strabismus convergens</b>	<b>keine Vor-OP n=44</b>		<b>Vor-OP n=22</b>	
	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	16	36,4	5	22,7
unverändert	28	63,6	16	72,8
Winkelverkleinerung >2°	0	0	1	4,5

Das Ergebnis der Varianzanalyse für konvergente Schielwinkel (log.) mit Messwiederholung zu definierten Zeitpunkten wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tab. 21: Ergebnis univariate Varianzanalyse für Winkel (log.) mit Messwiederholung

<b>Einflussfaktor</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Zeit	14,9	p<0,0005
Vor-OP	13,8	p<0,0005
Zeit x Vor-OP	1,6	p=0,2

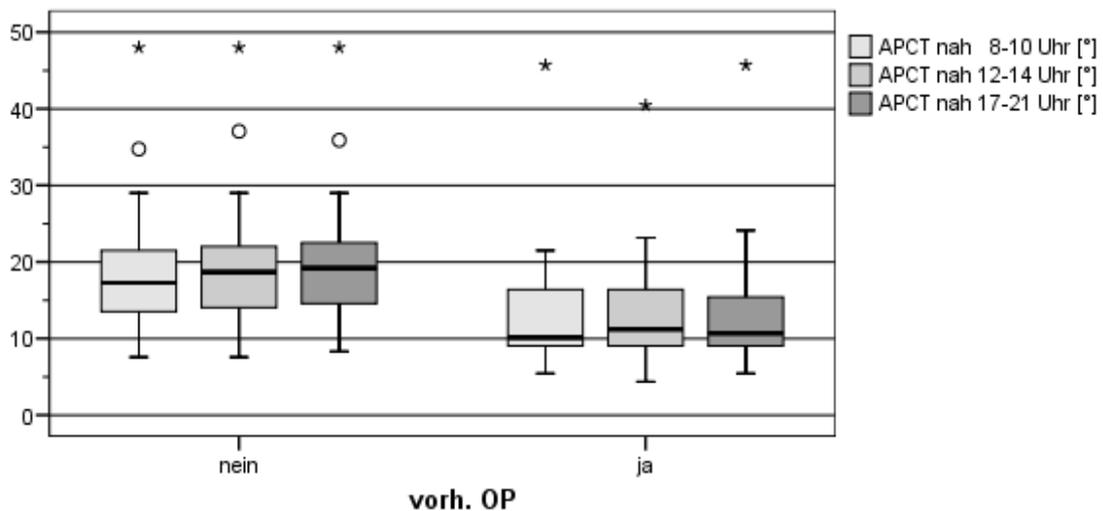


Abb. 30: Boxplot der konvergenten Schielwinkel in Abhängigkeit vom Zeitpunkt und einer vorherigen Operation (*Ordinate=Schielwinkel in°*)

Zunächst wird deutlich, dass – wie zu erwarten – operierte Patienten geringere Winkel aufweisen. Außerdem wird deutlich, dass der bisher beschriebene Zeiteffekt (Zunahme der mittels APCT gemessenen Schielwinkel im Tagesverlauf) nur für Nicht-Operierte auftritt. Allerdings ergab die Analysis of variance - ANOVA **keine signifikante** Wechselwirkung zwischen dem Einflussfaktor vorherige Operation der Augenmuskeln und der tageszeitlichen Varianz der Schielwinkel ( $p=0,2$ ).

Tab. 22: Einflussfaktor „Vorherige Augenmuskeloperation“ für divergente Schielformen / alternierender Prismencovertest in 30cm

Strabismus divergens	keine Vor-OP n=27		Vor-OP n=29	
	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	10	37,0	11	38,0
Unverändert	16	59,3	15	51,7
Winkelverkleinerung >2°	1	3,7	3	

Der Nachweis eines signifikanten Effektes einer vorherigen Operation kann für Strabismus divergens nicht erbracht werden.

### 3.2.5.2 Einflussfaktor Binokularsehen

Tab. 23: Einflussfaktor „Binokularsehen“ für konvergente Schielformen / alternierender Prismencovertest in 30cm

Strabismus convergens	BOS n=3		kein BOS n=63	
	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	0	0	21	33,3
unverändert	3	100	41	65,1
Winkelverkleinerung >2°	0	0	1	1,6

Für konvergente Schielformen wird in der Varianzanalyse **kein signifikanter** Effekt des Binokularsehens ermittelt.

Tab. 24: Einflussfaktor „Binokularsehen“ für divergente Schielformen APCT in 30cm

Strabismus divergens	BOS n=19		kein BOS n=37	
	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	7	36,8	14	37,8
unverändert	10	52,7	21	56,8
Winkelverkleinerung >2°	2	10,5	2	5,4

Tab. 25: Ergebnis univariate Varianzanalyse für Winkel (log.) mit Messwiederholung

Einflussfaktor	p
Zeit	p=0,001
Binokularsehen	p=0,005
BOS und Zeit	p=0,149

Die Analyse des Einflussfaktors Binokularsehen bei divergenten Schielformen zeigt einen Einfluss. Dabei wird eine **signifikante Winkelveränderung über die drei Messzeitpunkte bei vorhandenem Binokularsehen** ermittelt.

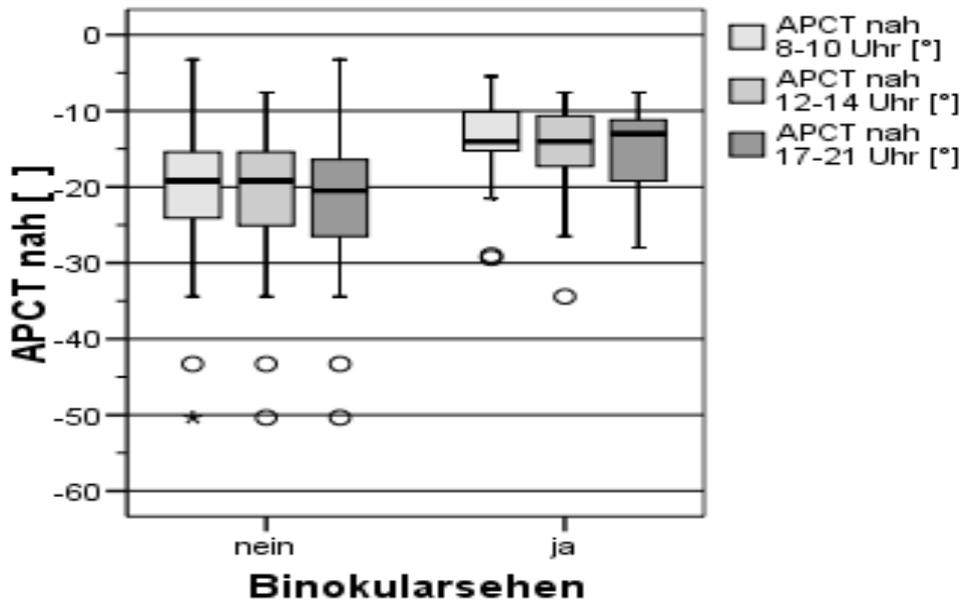


Abb. 31: Boxplot für alternierenden Prismencovertest in 30cm für divergente Schielwinkel in Abhängigkeit vom Faktor Binokularsehen (*Ordinate=Schielwinkel in°*)

### Einflussfaktor Schielform

Ein signifikanter Einfluss der Schielform auf das Auftreten von Winkelschwankungen konnte durch das angewandte Verfahren ANOVA nicht nachgewiesen werden ( $p > 0,05$ ). Um Tendenzen zu verdeutlichen, wurden für die verschiedenen Schielformen prozentuale Häufigkeiten der Schwankungen dargestellt:

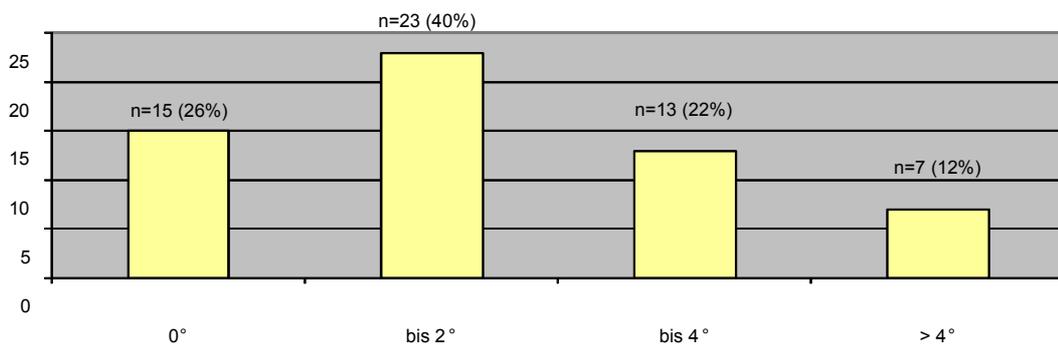


Abb. 32: Schwankungen der Schielwinkel bei frühkindlichem Innenschielen (n=58)

In der Gruppe der frühkindlichen Innenschieler (n=58) sind 26% der Patienten im Verlauf der tageszeitlichen Messung vollkommen stabil. 40% der ermittelten Schielwinkelschwankungen sind  $\leq 2^\circ$ . Eine Winkelzunahme  $>2^\circ$  zeigten 20 (34%) der Patienten. Um mäßige und große Schwankungen getrennt dazustellen, wurden die Gruppen  $2-4^\circ$  und  $>4^\circ$  separat aufgelistet. Bei 22% der Patienten ergaben die Winkelmessungen mäßige Variation, während 12% deutliche Schwankungsbreiten aufwiesen.

Nach sensorischen Gesichtspunkten werden manifestes, konsekutives und intermittierendes Außenschielen getrennt analysiert.

### Strabismus divergens intermittens

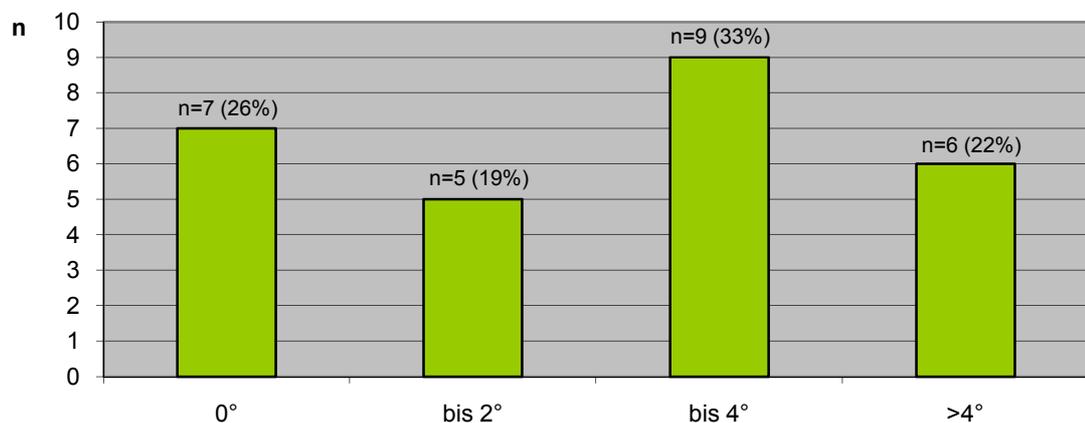


Abb. 33: Schwankungen der Schielwinkel bei Strabismus divergens intermittens (n=27)

Es wurden bei 15 (56%) Patienten Veränderungen der Schielwinkel ( $>2^\circ$ ) im Primencovertest bei Nahfixation ermittelt. 44% (n=12) Patienten zeigen, nach oben genannter Definition, stabile Schielwinkel. Eine steigende Tendenz konnte bei 56% (n=15) beobachtet werden. Davon sind 9 der Winkelzunahmen stetig ansteigend. Diese Gruppe von Schielwinkelverläufen entspricht 33% der Gesamtzahl der intermittierenden Schieler. In unserem Patientengut zeigten intermittierend schielende Patienten im Vergleich zu konsekutiven und manifesten Divergenzschielern eine größere Variabilität der Winkel.

### Konstant manifester Strabismus divergens

Es zeigen 100% der konstant manifesten Schieler einen ihrem Namen entsprechenden gleich bleibenden Schielwinkel. Aufgrund der sehr geringen Anzahl (n=4) in dieser Untergruppe, können aus den hier vorliegenden Ergebnissen keine allgemeingültigen Schlüsse gezogen werden.

### Konsekutiver Strabismus divergens

42% der Patienten mit der Diagnose konsekutives Außenschielen weisen Schielwinkelveränderungen >2° im Tagesverlauf auf.

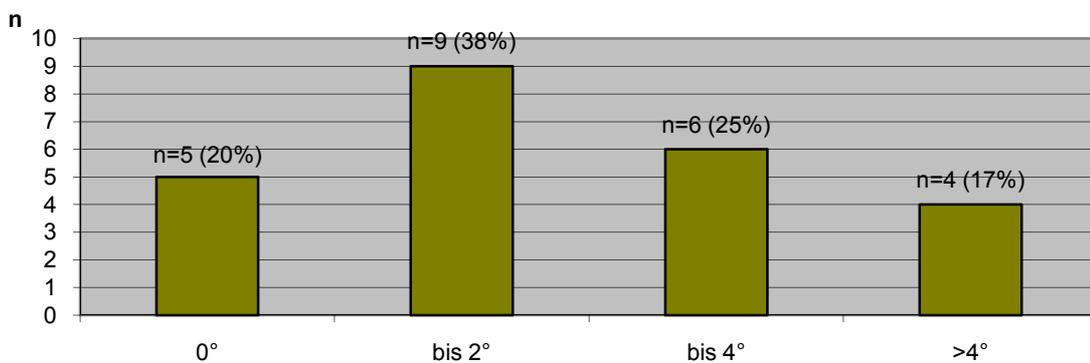


Abb. 34: Schwankungen der Schielwinkel bei konsekutiver Strabismus divergens (n=24)

### Einflussfaktor Amblyopie

Tab. 26: Einflussfaktor Amblyopie für konvergente Schielformen

Strabismus convergens	nichtamblyop n=37		1. Grades n=19		2. Grades n= 10	
	n	%	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	8	21,6	9	47,4	4	40
unverändert	28	75,7	10	52,6	6	60
Winkelverkleinerung >2°	1	2,7	0	0	0	0

Stabile konvergente Schielwinkel im Tagesverlauf zeigen zwei Drittel der Patienten ohne Amblyopie. Erstgradig amblyope Patienten weisen in 52,6% stabile Winkel im Tagesverlauf auf. Amblyopie zweiten Grades weisen in 60% unveränderte Schielwinkel auf. Winkelverkleinerungen traten bei den beobachteten 66 Innenschielern nur einmal auf. Winkelzunahmen wurden bei Patienten ohne Amblyopie in 22% der Fälle und bei Patienten mit Amblyopie in 45% der Fälle gemessen.

Tab. 27: Einflussfaktor Amblyopie für divergente Schielformen

<b>Strabismus divergens</b>	<b>nichtamblop n=22</b>		<b>1. Grades n=27</b>		<b>2. Grades n=7</b>	
	n	%	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	11	50,0	5	18,5	4	57,1
unverändert	8	36,4	20	74,1	3	42,9
Winkelverkleinerung >2°	3	13,6	2	7,4	0	0

In 36% der Fälle ergab die Schielwinkelmessung bei nicht amblyopen Divergenzschielern stabile Schielwinkel im Tagesverlauf. Einen hohen Anteil unveränderter Schielwinkel zeigte die Gruppe der Amblyopen ersten Grades, hier waren 74% Schielwinkel stabil. Amblyopie zweiten Grades weisen in 43% unveränderte Schielwinkel auf. Winkelverkleinerungen traten bei den beobachteten Außenschielern fünfmal auf. Häufiger als bei oben gezeigten konvergenten Winkeln waren Winkelverkleinerungen im Tagesverlauf bei divergenten Patienten. Ohne Amblyopien ergaben 14% der Messungen Schielwinkelabnahmen im Tagesverlauf, gefolgt von erstgradig amblyopen mit 7% Winkelabnahmen. Winkelvergrößerungen wurden bei jedem zweiten Patienten ohne Amblyopie, in 18% der erstgradig amblyopen und in 57% der zweitgradig amblyopen gemessen.

#### **Einflussfaktor „Alter / Akkommodationsfähigkeit“**

Tab. 28: Einflussfaktor Alter / Akkommodationsfähigkeit“ für konvergente Schielformen

<b>Strabismus convergens</b>	<b>&lt; 19 Jahre n=47</b>		<b>20-39 Jahre n=12</b>		<b>&gt; 40 Jahre n=7</b>	
	n	%	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	11	23,4	5	41,7	5	71,6
unverändert	36	76,6	6	50,0	1	14,2
Winkelverkleinerung >2°	0	0	1	8,3	1	14,2

Die ANOVA zeigte für den Einflussfaktor Alter und Akkommodationsfähigkeit keinen Signifikanznachweis. Beschreibend kann jedoch anhand der prozentualen Verteilung von unveränderten, zunehmenden und abnehmenden Schielwinkeln im Tagesverlauf folgende Aussage getroffen werden. Für konvergente Schielwinkel steigen die Winkelvergrößerungen mit zunehmendem Alter. In der Gruppe der unter 20jährigen zeigen 23% zunehmende Winkel, in der Gruppe der 20 bis 39jährigen 42% und bei dem über 40jährigen 72% Winkelzunahmen. Winkelverkleinerungen treten bei den analysierten 66 Patienten lediglich zweimal auf. Zwei Drittel der jungen Patienten unter 20 Jahren haben stabile Schielwinkel im Tagesverlauf. Die

Hälfte der 20-40jährigen bleiben im Tagesverlauf stabil, während die Gruppe der über 40jährigen nur in 14% stabile Winkel im Tagesverlauf zeigen.

Tab. 29: Einflussfaktor Alter für divergente Schielformen

Strabismus divergens	< 19 Jahre n=19		20-39 Jahre n=19		> 40 Jahre n=18	
	n	%	n	%	n	%
Winkelzunahme >2°	9	47,4	5	26,3	6	33,3
unverändert	9	47,4	12	63,2	10	55,6
Winkelverkleinerung >2°	1	5,2	2	10,5	2	11,1

Die Divergenzwinkel zeigen einen weniger eindeutigen Zusammenhang zwischen Winkelstabilität und Lebensalter. In der Altersgruppe der unter 20jährigen waren die Anteile der Winkelzunahmen und der stabilen Winkel mit je 47% gleich groß. Es sind unveränderte Schielwinkel bei 63% bei 20 bis 39jährigen und 56% bei über 40jährigen gemessen worden. Winkelzunahmen traten bei dem geringeren Teil der Divergenzschiel auf. So hatten 26% der 20 bis 39jährigen und 33% der über 40jährigen einen zunehmenden Winkel im Tagesverlauf.

### **Einflussfaktor Winkelgröße**

Die statistische Prüfung mittels ANOVA zeigte für den Einflussfaktor Schielwinkelgröße keinen Signifikanznachweis. Um die relative Änderung des Schielwinkels unter Berücksichtigung der verschiedenen großen Ausgangsschielwinkel der Patienten zu beschreiben, erfolgte die Analyse der Winkelveränderungen. Diese dividiert durch den Mittelwert der drei Messwerte wurde als prozentuale Änderung bezogen auf den jeweiligen Ausgangswert dargestellt. Die Einteilung erfolgte in Winkel kleiner 10°, Winkel zwischen 10 und 20° und Winkel größer 20°. Hierdurch kommt die höhere Empfindlichkeit von kleinen Ausgangswinkeln gegenüber Variationen zum Ausdruck. Bei Winkeln <10° entspricht eine Schwankung von 2° bereits einer relativen Änderung von 20%.

### Relative Änderungen der Schielwinkel – frühkindliches Innenschielen

Tab. 30: frühkindliches Innenschielen – relative Änderung in Prozent, für konstante, <10°, 10-20° und >20° Schielwinkel (alternierender Prismencovertest in 30cm)

Frühkindl. IS	konstant	bis 5%	bis 10%	bis 15%	bis 20%	bis 25%	>25%
<b>gesamt n= 58</b>	26%	8,6%	22,4%	13,8%	12,0%	8,6%	8,6%
<b>&lt;10° n= 14</b>	14,3%	0	7,2%	21,4%	21,4%	21,4%	14,3%
<b>10-20° n= 27</b>	33,3%	7,4%	25,9%	3,8%	14,8%	7,4%	7,4%
<b>&gt;20° n= 17</b>	23,5%	17,6%	29,5%	23,5%	0	5,9%	0

Bei kleinen Schielwinkeln (<10°) sind 14,3% der gemessenen Winkel konstant. Es treten in je einem Fünftel der Fälle relative Änderungen von 15, 20 und 25% auf. Bei Schielwinkeln mittlerer Größe (10-20°) ist ein Drittel konstant und ein Drittel weist relative Änderungen von 5-10% auf. Bei Schielwinkeln >20° sind die auftretenden Änderungen relativ gering, hier sind ein Viertel der Fälle konstant, 29,5% zeigen relative Änderungen bis 10% des Ausgangswertes und 23,5% bis 15%.

### Relative Änderung der Schielwinkel – Strabismus divergens

Tab. 31: Strabismus divergens – relative Änderung in Prozent, für konstante, <10°, 10-20° und >20° Schielwinkel (APCT nah)

Strabismus div.	konstant	bis 5%	bis 10%	bis 15%	bis 20%	bis 25%	>25%
<b>gesamt n= 56</b>	25%	1,8%	28,6%	8,9%	12,5%	1,8%	21,4%
<b>&lt;10° n= 6</b>	16,7%	0	0	16,7%	0	0	66,6%
<b>10-20° n= 29</b>	17,2%	0	37,9%	6,9%	13,8%	0	24,2%
<b>&gt;20° n= 21</b>	38,1%	4,7%	23,9%	9,6%	14,3%	4,7%	4,7%

Betrachtet man die letzte Spalte der Tabelle der relativen Schwankung >25%, so kann bei divergenten Schielformen der Schluss gezogen werden, kleine Winkel = große relative Schwankung. Kleine Schielwinkel haben in zwei Drittel der Fälle Schwankungen >25%, mittelgroße Winkel haben die meisten Schwankungen im Bereich von 5-10% und große Schielwinkel zeigen in 38,1% stabile und in 23,9% Winkelschwankungen bis 10%.

## **Zusammenfassung der Einflussfaktoranalyse**

**Alle untersuchten Einflussfaktoren** (Voroperation, Okklusionsbehandlung, Familienanamnese, Diplopie, Binokularsehen, Visus und Refraktion) erbrachten **bei Strabismus convergens concomitans keine statistische Relevanz.**

**Für Divergenzschielter** konnte **Binokularsehen als statistisch signifikanter Einflussfaktor** ermittelt werden. Die Einflussfaktoren vorherige Schieloperation, Okklusionsbehandlung, Familienanamnese, Diplopie, Visus und Refraktion waren nicht statistisch signifikant.

## **4 Diskussion**

Bereits im 19. Jahrhundert beschrieb *Schweigger* trotz gleicher Untersuchungsbedingungen variable Schielwinkel zu verschiedenen Zeiten. Bisher fehlen jedoch klinische Studien, die tageszeitlich bedingtes Schwanken des Schielens analysiert haben. Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen erfassten erstmals die tageszeitabhängige Variabilität des Schielwinkels unter exakt definierten Parametern. Die verschiedenen Schielformen wurden aufgeschlüsselt und miteinander verglichen. Der Effekt von Einflussfaktoren wie zum Beispiel Alter, Amblyopie, Schielform, Binokularität sowie zuvor stattgehabter Schieloperationen wurden analysiert.

Tageszeitliche Schwankungen der Körperfunktionen sind aus verschiedenen Fachbereichen der Medizin bekannt. Der Begriff Biorhythmus beschreibt diese periodisch schwankenden Körperfunktionen, die durch äußere Faktoren (z.B. Licht) und innere Faktoren (z.B. Hormone) beeinflusst werden. Zahlreiche Autoren analysierten und beschrieben die periodischen Schwankungen z.B. des Blutdrucks, des Melanin-, Cortison- und Insulinspiegels und des Augeninnendrucks. Anhand klinischer Beobachtungen besteht die Vermutung, dass auch die Winkelgröße beim Begleitschielen keine konstante Größe ist, sondern gewissen Schwankungen unterliegt. Patienten berichten von Variabilität der Schielwinkel im Tagesverlauf. Winkelvergrößerungen werden in den Abendstunden, bei Erschöpfung, nach Alkoholgenuss, bei fieberhaften Infekten und bei Belastung durch Stress beobachtet.

Es konnten insgesamt 122 Patienten am Tag vor ihrer geplanten Augenmuskeloperation in die Messreihe integriert werden. Die korrigierende Operation erfolgte zu 54% aufgrund eines konvergenten Schielens und zu 46% aufgrund eines divergenten Stellungsfehlers. Diese nahezu ausgewogene Verteilung der Schielformen weicht von literarischen Angaben (*de Decker, 2004*) ab, welche eine Zweidrittelmehrheit im konvergenten Anteil beschreiben. Dies liegt an den Einschlusskriterien zu dieser klinischen Studie. Die Patienten sollten zu den differenzierten Messungen fähig sein. Damit konnte ein erheblicher Teil der noch zu jungen Patienten des frühkindlichen Innenschielens nicht eingeschlossen werden, was das relative Minus in der konvergenten Gruppe erklärt. Bei den konvergenten Schielformen wurde im überwiegenden Maße mit 88% das frühkindliche Innenschielen diagnostiziert. Der Anteil des erworbenen Innenschieles in unserer Datenanalyse betrug 9%, und liegt zwischen den in der Literatur belegten 2% von *de Decker, 2004* und den von *Lang, 2003* beschriebenen 16%. Der Anteil der sekundären Innenschieler beträgt 3%. Von allen Divergenzschielern wurden 27 Patienten (48%) dem intermittierenden Typ zugeordnet. Bezogen auf die Gesamtanzahl aller untersuchten Patienten beträgt der Anteil 22%. Die hier erhobene Anzahl von intermittierenden Fällen ist

deutlich geringer als die literarischen Angaben vorgeben. Nach Erhebungen von de Decker sind 80% der Divergenzschiel der intermittierenden Form zuzuordnen, dies entspricht einem Gesamtanteil von 30%. Da die vorliegenden Untersuchungen direkt vor geplanter entlastender Operation erfolgten, wurden hier nur dekompensierte Fälle erfasst und bedingen somit den geringeren prozentualen Anteil. Zur Gruppe der konsekutiven Außenschieler wurden 24 Patienten gezählt, dies entspricht 43% der Divergenzschiel und 19,7% der Gesamtpatientenzahl. Auch hier stellt sich eine Abweichung von den literarischen Angaben heraus. Diese beschreiben lediglich einen Anteil von 7-13% aller Patienten. Die verbleibenden 7% wurden dem manifesten Außenschielen und weitere 2% dem sekundären Divergenztyp zugeordnet. Die relativ geringe Gesamtzahl der hier untersuchten Patienten (n=122) erklärt das Abweichen von den in der Literatur beschriebenen Verteilungen. Zur Altersverteilung der hier untersuchten Patienten kann folgende Aussage getroffen werden. Bei der untersuchten Anzahl von Patienten mit Esotropien wurde ein mittleres Alter von 18 Jahren (SD 14) mit einem Überwiegen der Altersgruppen 2-9 Jahren (n=25) und 10-19 Jahren (n=22) ermittelt. Ein deutlich höheres durchschnittliches Alter von 32,3 Jahren (SD 20) zeigte die Gruppe der Exotropien. Die anamnestische Befragung der Patienten ergab folgende Ergebnisse:

- Der Anteil bisher strabologisch nicht voroperierter Patienten betrug 58,2%.
- 51,6% der Fälle hatten eine positive strabologische Familienanamnese.
- Eine vormalige Okklusionsbehandlung erfolgte bei 63,6% der Esotropen und 42,6% der Exotropen.

Das Vorliegen einer Amblyopie wurde bei 51,6% der Patienten festgestellt. Davon waren 73% erstgradig und 27% zweitgradig amblyope Augen. Drittgradig amblyope Patienten wurden aufgrund der unzureichenden Fixation, die zur exakten Messung des Schielwinkels erforderlich wäre, ausgeschlossen. Bei der Analyse der Altersstruktur der Amblyopien wurden insbesondere in der Altersgruppe der 2-6-jährigen Defizite in der Therapie augenscheinig. Hier wurden in 51,5% der Fälle Amblyopien diagnostiziert, was zur Untersuchung direkt vor der geplanten operativen Korrektur des Schielens zur Weiterbehandlung mittels Okklusion, auch nach Beseitigung des kosmetisch auffälligen Winkels, mahnt. Ideal wäre der Abschluss der visussteigernden Amblyopiebehandlung vor Durchführung einer Schieloperation. Eine Erhaltungsookklusion ist nach einhelliger Expertenmeinung auch und gerade nach Schieloperation mit regelmäßigen Visuskontrollen bis zum 12. Lebensjahr erforderlich. Die Altersgruppe der 20-39-jährigen Patienten gab ebenso Anlass zur Diskussion. Da es sich im Wesentlichen um Patienten der Region Sachsen-Anhalt handelt, ist dies eine Generation von Patienten, die unter der Gesundheitspolitik der Polikliniken aufwuchs. Screeninguntersuchungen in den Kindergärten und Schulen waren Routine, um Früherkennung

der Schwachsichtigkeit zu ermöglichen. Umso erstaunlicher ist der hohe Amblyopieanteil, welcher auch hier 51,6% beträgt. Die Generation der über 60jährigen erlebte in der sensiblen Phase ihrer Sehentwicklung ein weniger ausgebautes Gesundheitssystem – eine mögliche Erklärung für den hohen Anteil von 85,7% Amblyopien.

Bei dieser ausgewählten Patientengruppe wurden Schielwinkelmessungen vorgenommen. Dabei wurde untersucht, ob der Umwelteinfluss Tageszeit den Schielwinkel verändert. Durch drei festgelegte Messtermine sollten die Erhebung der tageszeitlich bedingten Schielwinkelschwankungen nachgewiesen werden. Die Schwierigkeit dieser Datenerhebung lag darin, den Umwelteinfluss Zeit von anderen unerwünschten Einflüssen auf den Messwert zu trennen.

Es gibt bekannte, die Schielwinkelgröße beeinflussende Faktoren, die im Sinne dieser Untersuchung **nicht** zu Schielwinkelschwankungen zählen:

(1) Inkomitanzen. Sie bezeichnen die Änderung des Schielwinkels bei Blickrichtungswechsel. Beim Begleitschielen sind Inkomitanzen in verschiedenen Blickentfernungen (Vergenzexzesse und -insuffizienzen), in verschiedenen Blickrichtungen und am Rande des Blickfeldes, bei maximaler Ab- bzw. Adduktion durch Anspannung des Bandapparates oder Überschreiten der Abrollstrecke zu erwarten. Um diesen Einfluss auszuschließen, erfolgten alle durchgeführten Messungen in Primärposition.

(2) Es ist weiterhin bekannt, dass je nach angewandtem Messverfahren Schielwinkel unterschiedlicher Größe gemessen werden. Verschiedene strabologische Untersuchungsmethoden stellen unterschiedliche Anforderungen an die Akkommodation (*Deacon und Gibson, 2001*). Außerdem dissoziieren verschiedene Messmethoden die binokulare Zusammenarbeit unterschiedlich stark, was ebenfalls Messwertdifferenzen zur Folge hat. In unserer Analyse wurden die verschiedenen Messmethoden – Maddoxmessung und alternierender Prismencovertest – getrennt analysiert und ausgewertet. Die Messmethode nach Maddox dient als Maß für die Stellung im freien Raum. Die so gemessenen Winkel fallen kleiner aus als die Messungen des APCT. Durch Unterbrechung der Fusion während des alternierenden Abdeckens werden Kontrollmechanismen des Gehirns zur Stellungskontrolle umgangen, der maximale Schielwinkel kann ermittelt werden (*Holmes et al., 2008*). Aus der vorliegenden Analyse werden exemplarisch die Mittags-Werte dargestellt: Maddox- Kreuz MW= +12°/-16°; APCT nah +16°/-18°. Die vergleichende Analyse der Schielwinkelgröße im Tagesverlauf erfolgte ausschließlich innerhalb einer Meßmethode.

(3) Der Ausgleich des Refraktionsfehlers (fehlend, unter- oder vollkorrigiert) hat einen erheblichen Einfluss auf die Größe des Schielwinkels (*Graff, 1968*). Da solche Schielwinkeldifferenzen in dieser klinischen Studie nicht untersucht werden sollten, wurden alle Untersuchungen mit exakter Refraktionskorrektur (=Vollkorrektur nach Messung in Zykloplegie) durchgeführt. Zur exakten Messung eines Schielwinkels muss außerdem die prismatische Wirkung durch die Brillengläser beachtet werden. Konvexgläser haben eine verstärkende und Konkavgläser eine abschwächende Prismenwirkung (*Gruber, 1984; Barry und Backes, 1998*). In der vorliegenden Analyse sollte die relative Änderung der Winkel beurteilt werden, so dass bei Konstanthalten der Untersuchungsbedingungen, also Messung immer mit derselben Korrektur, die Beurteilung der Schwankung ohne Berücksichtigung eines Umrechnungsfaktors für das jeweilige Brillenglas erfolgen konnte.

Bei Beachtung der vorbeschriebenen Phänomene und deren Auswirkungen auf den Schielwinkel konnte der Umwelteinfluss Tageszeit weiter isoliert werden. Um darüber hinaus Ungenauigkeiten der Schielwinkelmessung im alternierenden Prismencovertest zu vermeiden, wurden folgende Regeln beachtet:

- Die Messung erfolgte in Primärposition.
- Das Prisma wurde stets vor das abweichende Auge gehalten.
- Bei alternierendem Schielen wurde zu allen Messungen das Prisma vor das rechte Auge gehalten.
- Die Messungen zur Datenerhebung erfolgten exakt in Scheitelmessstellung, d.h. das Prisma wurde parallel zum Brillenglas vor dem Auge platziert, denn wird ein Prisma schief oder nicht exakt parallel vor das Auge gehalten, so ändert sich der Wert.
- Besonders bei großem Korrekturprisma macht das Auge anfänglich eine überschießende Bewegung, die zur Fixationsaufnahme ohne Prisma nötig wäre. Zu sehen sind dann Bewegung und Gegenbewegung, die so genannte Einstellschwankung. Diese darf nicht als Restschielwinkel missgedeutet werden.
- Der schräge Blick durchs Prisma und Brillengläser verfälscht den Wert, deshalb sollte der Untersucher direkt vor dem Patienten in Augenhöhe die Einstellbewegungen beurteilen.

Nicht beeinflussbar hingegen ist die individuelle Aufmerksamkeit des untersuchten Patienten. Der Großteil der in dieser Studie untersuchten Patienten sind Kinder unter 10 Jahren (48%). Diese sind nicht immer motiviert und aufmerksam. Der Tag im Krankenhaus stellt für Patienten jeden Alters eine Ausnahmesituation dar. Die erhöhte Anspannung in Erwartung auf die geplante Operation und das ungewohnte Umfeld sind Anlass zur Aufregung und können zu

veränderten Schielwinkeln führen. Von abendlichen Winkeldekompensationen berichten vor allem Patienten, die hohen visuellen Anforderungen im beruflichen Alltag ausgesetzt sind, wie z.B. dauerhafte Bildschirmtätigkeit. Das vereinzelt Ausbleiben der alltäglich beobachteten und somit erwarteten Dekompensation kann durch den arbeitsfreien Tag in der Klinik erklärt werden.

Damit sind die Parameter benannt, die einen Einfluss auf die Größe des gemessenen Schielwinkels haben und den hier untersuchten Einfluss der Zeit verfälschen oder verschleiern könnten. Die in dieser Studie untersuchten tageszeitlichen Schielwinkeländerungen wurden zu definierten Zeitpunkten des Tages unter reproduzierbaren Untersuchungs- und Akkommodationsbedingungen bei exakter Refraktionierung von stets derselben Person gemessen. Wir haben durch Konstanz der Untersuchungsbedingungen bei allen durchgeführten Messungen eine vorgetäuschte Variabilität minimiert.

Geringe Winkeländerungen können aber bei wiederholten Messungen bei allen Patienten beobachtet werden. Die Genauigkeit des Prismencovertestes selbst beträgt je nach Compliance des Patienten 1-1,5°. Bei kleinen Schielwinkeln bis zu einer Größe von 10° kann durch einen geübten Untersucher bis auf 0,5° genau gemessen werden (*Rießmann et al., 2004*). In diesen Dimensionen haben sie keinen Einfluss auf Diagnose und Therapie. Anhand der Dosis-Wirkungs-Relation (1mm Rücklagerung/Resektion ergibt eine Winkelreduktion von ca. 1,3-1,4°) kann von einer für die Dosierungsentscheidung einer Schieloperation relevanten Winkelzunahme von >2° ausgegangen werden. Deshalb wurden in der Analyse erst Winkelschwankungen >2° berücksichtigt.

Über die Frage Konstanz oder Schwankung der Schielwinkel wird eine europäisch-amerikanische Kontroverse geführt. Die Amerikaner beobachten konstante Schielwinkel bei sehr frühem Schielbeginn ab der 4. Woche. Diese Konstanz kommt in der amerikanischen Bezeichnung „large constant congenital esotropia“ zum Ausdruck. Bei späterem Schielbeginn ab dem zweiten oder dritten Lebensjahr werden variable Schielwinkel beobachtet. Europäische Strabologen (*Javal, 1896; Kaufmann 2004*) sahen und sehen bei frühkindlichem Innenschielen dagegen erhebliche Schwankungen. Diese Autoren beschreiben Schielwinkelschwankungen auch beim intermittierenden Frühschielen. Bekannt und in der Literatur (*Nördlow, 1953; Kaufmann, 2004*) beschrieben sind charakteristische Schwankungen der Horizontal- und Vertikalabweichung bei kongenitalem oder frühkindlichem Innenschielen. Bei Vorliegen frequenter und auffälliger Schwankungen des Schielwinkels liegt daher der Verdacht auf einen frühen Schielbeginn nahe. Unterstützt wird diese Vermutung durch das Auftreten von Inkomitanzsymptomen.

In der meist kurzen Untersuchungssituation der Sprechstunde ist der Nachweis des variablen Schielens recht schwierig. Orthoptistinnen und Ärzte sind auf Angaben der Eltern angewiesen. Die meisten Eltern können auf konkrete Nachfrage nach der Augenstellung in ausgeruhtem oder ermüdetem Zustand das Schielen ihrer Kinder beschreiben und so Hinweise für die Diagnosestellung geben. Zusätzlich wird empfohlen, das ungestörte oder abgelenkte Kind zu beobachten, anstatt sich auf das bloße Messen der Abweichung mit Prismen und Abdecktest zu beschränken. *Kaufmann 2004* warnt vor dem Befund eines pseudokonstanten Winkels. Die fälschlicherweise als konstantes Schielen eingeschätzten Fälle können nämlich durch zu späten Operationszeitpunkt ihre noch nicht ausreichend stabilisierten binokularen Funktionen einbüßen.

*Lang 2003* sieht einen Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Schielwinkelgröße und der Fixation: „Bei den meisten Kindern ist der Schielwinkel nicht stabil, sondern variabel. Man hat den Eindruck, dies hänge mit der Fixation zusammen. Bei aufmerksamem Fixieren ist der Schielwinkel größer, bei fehlender Aufmerksamkeit, unter durchsichtigen Abdeckscheiben und bei Blendung ist er kleiner.“ Dies bezeichnet er als fixationsfreie Ruhelage. Auch hier wird das Beobachten des Patienten während des Gesprächs und nicht die alleinige Beurteilung des Schielwinkels mittels alternierendem Prismencovertest empfohlen.

*Rüßmann et al., 2004* beschreiben wechselnde horizontale Schielwinkel bei dekompenzierten Phorien, intermittierender Exotropie, normosensorischer Esotropie und dekompenziertem Mikrostrabismus. In all diesen Fällen sind binokulare Funktionen erhalten. Die Fixationsabhängigkeit der Schielwinkels bei Kindern mit Strabismus divergens intermittens wurde von *Phillips et al., 2005* untersucht. Sie beschreiben einen Zusammenhang zwischen neurologischen Erkrankungen und einer Schielwinkelzunahme bei Nahfixation. Hingegen zeigen klassische Fälle von intermittierendem Außenschielen Parallelstandsphasen bei Nahfixation und dekompenzieren im Fernblick.

Die Ursachen der Schielwinkeländerung sind jedoch bisher weitgehend unerforscht. Vermutet werden Interaktionen zwischen zentraler und peripherer Sensorik. Tritt bei Orthotropen und bei Patienten mit Heterophorien eine Störung der Koordination beider Sehachsen auf, wird der Koordinationsfehler durch einen visuellen Regelkreis im Gehirn kontinuierlich korrigiert. Man bezeichnet dies als Fusionierung. Bei Ausfall oder Schwächung des Regelkreises (Übermüdung, Stress, Vergiftung) treten Doppelbilder auf.

Ein ähnliches Prinzip der Koordination ist auch bei manifesten Tropien nahe liegend und **vielleicht eine Erklärung für auftretende Schielwinkelschwankungen im Tagesverlauf.**

**Innervationsschwankungen sind als eine weitere Ursache zu diskutieren. Sie können sich zu einem konstanten Basiswinkel addieren oder isoliert auftreten.**

Zu den eingangs gestellten Fragen wird im folgenden Stellung genommen:

1. Wie häufig treten Schielwinkelveränderungen im Tagesverlauf auf?

Schielwinkelschwankungen ( $>2^\circ$ ) im Tagesverlauf waren im alternierenden Prismencovertest bei Nahfixation bei 33,3% der Innenschieler und bei 44,6% der Außenschieler und bei Fernfixation bei 37,9% der Innenschieler und 46,4% der Außenschieler nachzuweisen. Die Messung am Maddox Kreuz ergab für konvergente Schielformen 31,8% und für divergente Schielformen 33,9% um  $>2^\circ$  schwankende Schielwinkel.

Diese Schwankungen der Schielwinkel konnten bei Messung mittels alternierendem Prismencovertest bei Strabismus convergens in beiden Distanzen 30cm und 5m für die hier untersuchte Patientengruppe statistisch signifikant nachgewiesen werden. Bei Außenschielern ergibt sich eine statistisch signifikante Variabilität nur bei Nahfixation.

Die statistische Analyse der Schielwinkelmessung am Maddox-Kreuz ergab ein anderes Ergebnis. Hier konnten für konvergente und divergente Schielwinkel keine statistisch signifikanten tageszeitabhängigen Veränderungen gezeigt werden. Die Maddox-Winkel gelten als Maß für die Stellung im freien Raum ohne jegliche Dissoziation der binokularen Zusammenarbeit. Damit kann ein stabilisierender Einfluss durch die Fusion vermutet werden.

Es konnte auch gezeigt werden, dass die Schwankungen (Berücksichtigung fanden Änderungen  $>2^\circ$ ) in überwiegendem Maße als Winkelzunahmen auftreten. Das heißt sie manifestierten sich in Richtung der ursprünglichen Schielform. Bezogen auf die angewandten Messverfahren ergaben sich folgende Verteilungen: Signifikante Schwankungen im alternierenden Prismencovertest bei Nahfixation ergab bei Esotropien in 31,8% Vergrößerung gegenüber dem morgendlichen Ausgangswert und in nur einem Fall (1,5%) eine Abnahme unter morgendliches Niveau. Dasselbe Messverfahren bei Exotropien verzeichnete signifikante Schielwinkeländerungen im Tagesverlauf, dies waren in 37,5% Winkelvergrößerungen und 7,1% Winkelabnahmen. Statistisch relevante Änderungen der Schielwinkel wurden auch bei Fernfixation im alternierenden Prismencovertest bei Esotropen ermittelt. In 34,9% der untersuchten Fälle wurde eine Verstärkung der Schielstellung gemessen, während in 3% Winkelabnahmen gemessen wurden. Divergente Schielwinkel zeigten im alternierenden Prismencovertest bei Fernfixation signifikante Variabilität: in 26,8% der Fälle Schielwinkelzunahmen und in 19,6% Abnahmen.

## 2. Betrifft das Schwanken alle Schielformen?

Bei der separaten Analyse der einzelnen Schielformen konnten folgende Werte ermittelt werden: Einen hohen Anteil schwankender Winkel konnten wir bei frühkindlichen Innenschielern ermitteln, die relevanten Schwankungen  $>2^\circ$  traten hier bei jedem dritten Patienten (34%) zu Tage. Bei divergenten Schielformen erschien die Schwankungsbreite bei intermittierend schielenden Patienten besonders auffällig. Hier wurden bei 55% der Fälle steigende Winkel ( $>2^\circ$ ) gemessen. Die Gruppe der konsekutiven Divergenzschielter folgt mit Schwankungshäufigkeit von 42%. Die weiteren Schielformen waren mit jeweils nur geringen Fallzahlen vertreten, so dass eine statistische Analyse keine repräsentativen Ergebnisse erzielt.

## 3. Welche Einflussfaktoren können ermittelt werden?

Einen tendenziellen Einfluss zeigte der Faktor Voroperation bei konvergentem Strabismus, wenn auch ohne Nachweis einer statistischen Signifikanz. Hier konnte der Zeiteffekt in besonderem Maße bei bisher nicht an den Augenmuskeln operierten Patienten nachgewiesen werden. Winkelzunahmen weisen nicht voroperierte in 36,4% der Fälle auf, hingegen nur 22,7% der bereits operierten Patienten.

Divergente Schielter zeigten als statistisch relevanten Einflussfaktor das vorhandene Binokularsehen. Patienten mit nachweisbarem Binokularsehen wiesen in 47,3% und Patienten ohne Angabe von Binokularsehen wiesen in 43,2% die tageszeitlichen Schwankungen auf.

Tabelle 25 und 26 zeigt den Einfluss der Amblyopie auf die Schielwinkelschwankungen. Ein Signifikanznachweis mittels Analysis of variance (ANOVA) konnte hier nicht erbracht werden. Konvergent schielende Patienten ohne Amblyopie (mit seitengleicher Sehschärfe) weisen mit 75,7% stabile Winkel auf. Dies lässt den Schluss zu, dass seitengleiche Sehschärfe den Winkel stabilisiert. Die erst- oder zweitgradig amblyopen Konvergenzschielter weisen in 47,4% bzw. 40% Winkelzunahmen auf. Daraus lässt sich eine Tendenz der Winkelzunahme bei Schwachsichtigkeit ableiten. Bei Amblyopien ersten Grades wurde in 18,5% der Fälle eine Winkelzunahme beobachtet. Zweitgradig Amblyopie schwanken mit 57,1% deutlich häufiger, so dass sich bei divergenten Schielformen kein Rückschluss der Sehschärfe auf die Winkelstabilität herleiten lässt.

Es stellt sich die Frage, ob als Einflussfaktor auch die Winkelgröße eine Rolle spielt. Zeigen große Schielwinkel auch große Schwankungen? Um dies zu bewerten, wurde die Analyse mit relativen Winkelveränderungen durchgeführt. Die Auswertung der relativen Schwankungen von mehr als 25% lässt den Schluss zu: kleine Winkel = große relative Schwankung. Ein sicherer Einfluss der einzelnen Schielunterformen auf die Höhe der Schielwinkelschwankungen kann nicht nachgewiesen werden.

#### 4. Sind dabei die Winkelzunahmen stärker vertreten als die Winkelverkleinerungen?

Sowohl konvergente als auch divergente Schielformen haben deutlich mehr Schielwinkelzunahmen als Schielwinkelverkleinerungen zu verzeichnen. Bei Innenschielformen sind bei 31,8% die Winkel im Tagesverlauf um mehr als  $2^\circ$  angestiegen. Hingegen zeigte nur 1 Fall (1,5%) eine Verkleinerung des Ausgangsschielwinkels. Ein ähnliches Bild ergibt die Messung der Außenschielformen. Es werden in 37,5% Winkelvergrößerungen  $>2^\circ$  gemessen, nur 7,1% verkleinern den Schielwinkel.

#### 5. Sind die Schwankungen operationsrelevant?

Erst Winkeländerungen  $>2^\circ$  sind unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Winkelmessung und der letztendlichen Umsetzung der Dosierung der Augenmuskeloperation operationsrelevant, so dass minimale Schwankungen in dieser Analyse nicht berücksichtigt wurden. Diese Studie konnte zeigen, dass ein Viertel der Patienten operationsrelevante Winkelzunahmen  $>2^\circ$  im Tagesverlauf aufweisen. Es ist deshalb zu schlussfolgern, dass mehrmalige Schielwinkelmessungen zu verschiedenen Tageszeiten anzuraten sind, um das Ausmaß der Winkelschwankungen im Einzelfall zu erfassen und nicht fälschlicherweise von einem konstanten Winkel auszugehen.

Sollte bei tageszeitlicher Zunahme des Schielwinkels eine Anpassung der Dosierung vorgenommen werden?

Diese Frage kann anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht beantwortet werden, da die Patienten postoperativ nicht noch einmal untersucht worden sind. Zum einen ist völlig offen, ob die tageszeitlichen Schwankungen postoperativ (möglicherweise auf niedrigerem Niveau) persistieren. Zum anderen ist ungeklärt, ob eine Dosierung nach dem größeren Schielwinkel wirklich die günstigeren Operationsergebnisse erwarten lässt oder ob das Risiko für Überkorrekturen steigt, möglicherweise den Anteil konsekutiver Abweichungen (also des Umschlagens in die Gegenrichtung) im Langzeitverlauf sogar erhöht. Genauso wenig lässt sich sicher aussagen, dass eine Dosierung nach dem kleineren Schielwinkel den Anteil postoperativer Unterkorrekturen erhöht oder ob eine Dosierung nach dem Mittelwert zu empfehlen wäre. Hier müssten diffizile Untersuchungen prae- und postoperativ an einer weniger

heterogenen Patientengruppe als der hier untersuchten (z.B. ähnliche Refraktionswerte, gleiche Schielformen, Altersgruppen, Binokularfunktionen) angestellt werden, was möglicherweise in der notwendigen Anzahl schwierig zu realisieren ist. Auch der Einfluss eines Prismenadaptationstests auf die tageszeitlichen Schwankungen ist unklar.

*Giangiaco* (1972) führte die erreichten besseren postoperativen Ergebnisse auf Mehrfachmessungen zurück.

Es konnte gezeigt werden, dass neben anderen biologischen Parametern auch die Schielwinkelgröße tageszeitlichen Schwankungen unterliegt, diese Schwankungen bei 34,4% der Patienten durchaus operationsrelevante Ausmaße annehmen und kaum Faktoren eruiert werden können, die besonders zu tageszeitlichen Schwankungen prädisponieren, sondern dass alle Schielformen, unabhängig von Alter und anderen Begleitumständen betroffen sein können.

## 5 Zusammenfassung

In dieser Studie wurde erstmals das Auftreten von Schielwinkelschwankungen im Tagesverlauf an einem ausgewählten Patientenkollektiv untersucht, nach einzelnen Schielformen aufgeschlüsselt und Einflussfaktoren untersucht. Die Schielwinkelmessung am Maddox-Kreuz und die Messung mittels alternierendem Prismencovertest stellen die zur Dosierung der Schieloperation etablierten Verfahren dar. Im Zeitraum von Februar 2004 bis Oktober 2005 wurden 122 Patienten der Augenklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Direktor: Prof. Dr. med. G.I.W. Duncker) unter definierten Untersuchungsbedingungen zu drei verschiedenen Zeitpunkten (morgens 8-10 Uhr, mittags 12-14 Uhr und abends 17-21 Uhr) des Tages untersucht. Die Frage, die in dieser prospektiven Studie beantwortet werden sollte, lautete: Bestehen operationsdosierungsrelevante Schwankungen im Tagesverlauf und unterliegen sie bestimmten Einflussfaktoren?

Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 25 Jahre. 65% waren weiblich und 35% männlich. Bei 54% von ihnen lag ein Innenschielen und bei 46% ein Außenschielen vor. Einschlusskriterien waren konvergente und divergente Begleitschielformen, die Fähigkeit zur exakten Fixation zur Messung des Winkels, ein Fernvisus  $\geq 0,1$  cum correctione und die nötige Compliance bei den Messungen. Die Schielwinkelmessungen wurden alle vom gleichen Untersucher vorgenommen. Die Messverfahren wurden bei Nah- und Fernfixation durchgeführt. Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der Software (MS-Excel XP) erfasst und mit dem statistischen Programm SPSS 16.0 und Medcalc 9.6.0.0 bearbeitet. Zur statistischen Veranschaulichung der erhobenen Daten wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Es wurde der T-Test durchgeführt, um statistisch signifikante Änderungen zwischen den Untersuchungsergebnissen festzustellen. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgesetzt.

Tab. 32: Signifikanzen Strabismus convergens (n=66)

<b>Strabismus convergens</b>			
<b>Messmethode</b>	<b>morgens-mittags</b>	<b>mittags-abends</b>	<b>Signifikanznachweis</b>
Maddox cc	p=0,813	p=0,918	Nein
APCT in 30cm	p<0,0005	p<0,0005	Ja
APCT in 5m	p=0,002	p<0,0005	Ja

1. Die Messwerte der Maddox-Methode mit getragener Korrektur schwankten im Tagesverlauf nicht statistisch signifikant.
2. Die über den Tagesverlauf auftretenden Schwankungen der konvergenten Prismenwinkel bei Nah- und Fernfixation waren statistisch signifikant.
3. Die Auswertung der Messergebnisse bei konvergenten Schielformen im APCT in 30cm und 5m ergab eine ungleichmäßige Verteilung von gleichbleibenden, zu- und abnehmenden Schielwinkeln. Änderungen  $>2^\circ$  gingen in die Analyse ein. Am häufigsten ließen sich konstant bleibende Schielwinkel (66,7%\*) feststellen, gefolgt von dem Anteil der zunehmenden Schielwinkel (31,8%\*). Das Auftreten von Winkelreduktionen (1,5%\*) war der Ausnahmefall.
4. Im Zeitraum von mittags bis abends war die Winkelvergrößerung mit einem Anteil von 10,6%\* geringer als im Zeitraum von morgens bis mittags 19,7%\*. (vgl. auch Tab. 15)
5. Es konnte für keinen der untersuchten Einflussfaktoren eine signifikante Korrelation der auftretenden Schielwinkelschwankungen nachgewiesen werden.

(\*APCT in 30cm)

Tab. 33: Signifikanzen Strabismus divergens (n=56)

<b>Strabismus divergens</b>			
<b>Messmethode</b>	<b>morgens-mittags</b>	<b>mittags-abends</b>	<b>Signifikanznachweis</b>
Maddox cc	p=0,19	p=0,43	Nein
APCT in 30cm	p=0,049	p=0,004	Ja
APCT in 5m	p=0,324	p=0,034	Nein/Ja

6. Die mit der Maddox-Methode ermittelten Messwertveränderungen blieben ohne statistischen Signifikanznachweis.
7. Im Tagesverlauf ließ sich eine Zunahme der divergenten Prismenwinkel beobachten. Der Signifikanznachweis wird im APCT in 30cm erbracht (vgl. Tab. 33 und 34).
8. Die bei Fernfixation ermittelten Winkel zeigten nur im zweiten Beobachtungszeitraum (mittags/abends) signifikante Zunahmen der Schielwinkel.

9. Auch die Auswertung der Messergebnisse bei divergenten Schielformen zeigen einen überwiegenden Anteil der konstanten Prismenwinkel (55,4%\*). Ebenso wie bei den konvergenten Schielformen überwiegt der Anteil der Winkelzunahmen (37,5%\*) gegenüber den Winkelverkleinerungen (7,1%\*).
10. Im Zeitraum vom Morgen bis zum Mittag traten bei 19,7%\* der Messungen Winkelzunahmen auf. Dagegen war im Beobachtungszeitraum von Mittag bis Abend der Anteil der Winkelveränderungen mit 16,1%\* geringer.
11. Das Ausmaß des Außenschielens hängt vom Einflussfaktor Binokularesehen ab. Der untersuchte Zeiteffekt konnte bei Patienten mit binokularen Funktionen statistisch signifikant nachgewiesen werden.

(\*APCT in 30cm)

## Literaturverzeichnis

- 1) Adelstein F, Cüppers C: Probleme der operativen Schielbehandlung. Ber DOG 69 (1969) 580-593
- 2) Akay AP, Cakaloz B, Berk AT, Pasa E: Psychological aspects of mothers of children with strabismus. J AAPOS 9(3) (2005) 268-73
- 3) Atkinson J, Braddick O, Wattam-Bell J, Durden K, Bobier W, Pointer J: Normal emmetropisation in infants with spectacle correction for hyperopia. Invest Ophthalmol Vis Sci 41 (2000) 3726-3731
- 4) Attebo K, Ivers RQ, Mitchell P: Refractive errors in an older population: The Blue Mountains Eye Study. Ophthalmology 106 (1999) 1066-1072
- 5) Aust W, Welge-Lüßen L: Prä- und Postoperative Schielwinkeländerung nach längerem präoperativen prismatischen Prismenausgleich. Klin Monatsbl Augenheilkd 155 (1969) 495-503
- 6) Bangerter A: Amblyopiebehandlung. 1.Aufl. Karger, Basel 1953
- 7) Barry JC, Backes A: Messungen zum Einfluss von Brillengläsern auf die Bestimmung des Schielwinkels mit Purkinje-Reflexen und mit dem Prismenabdecktest. Klin Monatsbl Augenheilkd 212 (1998) 234-239
- 8) Bau V: Zur Schielwinkelkorrektur durch Eingriffe an den horizontalen Augenmuskeln – operative Behandlungsergebnisse an der Universitätsaugenklinik Halle. Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 80 Seiten, 1997
- 9) Becker R, Gräf M: Landolt-Ringe vs. Snellen-E-Visus: Unterschiede bei Schielamblyopie. Klin Monatsbl Augenheilkd 223 (2006) 24-28
- 10) Berger BW, Haase W: Komplikationen der operativen Strabismustherapie. Z prakt Augenheilkd 16 (1995) 300-304
- 11) Berger RW, Santa Cruz J, Renken Y, Haase W: Faltung versus Resektion gerader Augenmuskeln. Z prakt Augenheilkd 18 (1997) 289-294
- 12) Bernfeld A: Psychological repercussions of strabismus in children. J Fr Ophthalmol 5 (1982) 523-530

- 13) Burian HM: Exodeviations, their classification, diagnosis and treatment. Am J Ophthalmol 62 (1966) 1161-1166
- 14) Choi SR, Park SW, Lee JH, Chung CJ: Effect of different anaesthetic agents on oculocardiac reflex in pediatric strabismus surgery. J Anesth 23 (2009) 489-493
- 15) Cüppers C: The so-called "Fadenoperation". In: Fells P (Hrsg): ISA II, Marseille 1974. Diff Gen Libr Marseille, 1976, S. 395
- 16) Cüppers C: Die sogenannte Fadenoperation. In: Freigang M (Hrsg): BVA Arbeitskreis "Schielen". 1976, S. 222-231
- 17) Deacon MA, Gibson F: Strabismus measurement using the alternating and simultaneous prism cover tests: a comparative study. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 38 (2001) 267-72
- 18) de Decker W, Haase W: Subnormales Binokularessehen – Versuch einer Einteilung des Mikrostrabismus. Klin Monatsbl Augenheilkd 169 (1976) 182
- 19) de Decker W: Langzeitresultate früher Fadenoperation bei frühkindlichem Innenschielen. Z Prakt Augenheilkd 18 (1997) 257-262
- 20) de Decker W: Persistierende Diplopie beim Begleitschielen. Augenärztliche Fortbildung 7 (Teil 3) (1982) 317
- 21) de Decker W: Heterotropie (manifestes Strabismus). In: Kaufmann H (Hrsg): Strabismus. 3.Aufl. Thieme, Stuttgart, 2004, S. 188-240
- 22) Dieffenbach JF: Über das Schielen und die Heilung desselben durch die Operation. Förster, Berlin, 1842
- 23) Effert R, Broichhagen S, Rau G, Reim M: Visusprüfungen bei Kindern. Klin Monatsbl Augenheilkd 199 (1991) 415-418
- 24) Engels T, Müller F, Schlieter F: Psychological study of the question of how mothers feel about their strabismic children. Fortschr Ophthalmol 79 (1983) 483-484
- 25) Esser J, Gieseler A, Waubke TN: Die Prognose der funktionellen Heilung des frühkindlichen Schielsyndroms. Klin Monatsbl Augenheilkd 179 (1981) 85-98

- 26) Fiedler AR, Irwin M, Auld R, Cocker KD, Jones HS, Moseley MJ: Compliance in amblyopia therapy: objective monitoring of occlusion. *Br Ophthalmol* 79 (1995) 585-589
- 27) Frandsen AD: Occurrence of squint. *Acta Ophthalmol (Kdh) Suppl.* 62 (1960)
- 28) Friedrich D, de Decker W: Prospective study of the development of strabismus during the first 6 month of the life. In: Lenk-Schäfer M (Hrsg): 6. Int. Orthopt. Congr. Harrogate, 1987, S. 21-28
- 29) Friedrich D, de Decker W: Iatrogene Diplopie durch Okklusion. *Z Prakt Augenheilkd* (1987) 286-288
- 30) Giangiacomo J: Correspondence. *Arch Ophthalmol* 109 (1972) 765-769
- 31) Gillies WE, Mc Indoe A: The use of ultrasonography in determining the amount of extraocular muscle surgery. *Aust J Ophthalmol* 10 (1982) 191-195
- 32) Gräf M, Krzizok T, Kaufmann H: Einfluss der axialen Bulbuslänge und des präoperativen Schielwinkels auf den Effekt horizontaler kombinierter Schieloperationen. *Ophthalmologe* 91 (1994) 62-67
- 33) Gräf M, Becker R, Kaufmann H: Lea symbols: Visual acuity assessment and detection of amblyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 238 (2000) 53-58
- 34) Graeminger A: Die operative Behandlung des Strabismus divergens. *Augenärztliche Fortbildung* 2 (1973) 107-112
- 35) Graff T: Schielwinkelmessung an bebrillten Augen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 153 (1968) 711-714
- 36) Gruber PF: Fehlerquellen am Phoropter und mit Prismen bei strabologischen Patienten. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 184 (1984) 491-493
- 37) Haase W, de Decker W: Binokulare sensorische Defekte beim Strabismus divergens intermittens. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 179 (1981) 81-84

- 38) Haase W, Friedburg D, Noorden GK von, Simonsz HJ, Veltmann U, Weidlich R: Die Refraktion im Kindesalter als Risikofaktor für die Entwicklung von Amblyopien und/oder Strabismus. Niederschrift nach einem Rundtischgespräch während der 89. Tagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft am 25 September 1991 in Leipzig. Klin Monatsbl Augenheilkd 204 (1994) 48-54
- 39) Haase W, Gräf M: Amblyopie. In: Kaufmann H (Hrsg): Strabismus. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2004, S. 243-292
- 40) Helveston EM, Noorden GK v: Relationship between degree of anisometropie and deep of amblyopia. Am J Ophthalmol 62 (1966) 757
- 41) Helveston EM: Atlas of Strabismus Surgery. 3. Aufl. Mosby, St. Louis, 1985
- 42) Helveston EM, Needly DF, Stidham DB et al.: Results of early alignment of congenital esotropia. Ophthalmology 106 (1999) 1716-1726
- 43) Holmes JM, Kraker RT, Beck, Astle WF, Birch EE, Cole SR, Everett DF et al.: Pediatric Disease Investigator Group. A randomized trial of prescribed patching regiments for treatment of severe amblyopia in children. Ophthalmolgy 110 (2003) 2075-2087
- 44) Holmes JM, Kraker RT, Beck, Astle WF, Birch EE, Cole SR, Everett DF et al.: Pediatric Disease Investigator Group. Risk of amblyopia recurrence after cessation of treatment. J AAPOS 8 (2004) 420-428
- 45) Holmes JM, Leske D, Hohberger GG: Defining real change in prism-cover-test measurements. Am J Ophthalmol (2008) 381-385
- 46) Hubel DH, Wiesel TN: Receptive fields binocular interaction and functionel architecture in the cat's visual cortex. J Physiolog 160 (1962) 106
- 47) Hubel DH, Wiesel TN: Receptive fields of cells in striate cortex of very young visually inexperienced kittens. J Neurophysiol 26 (1963) 994
- 48) Hubel DH, Wiesel TN: Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with arteficial squint. J Neurophysiol 28 (1965) 1041
- 49) Hubel DH, Wiesel TN: The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. J Physiol 226 (1970) 419

- 50) Ing MR, Costenbacher FD, Parles MM et al: Early surgery for congenital esotropia. Am J Ophthalmol 61 (1966) 1419-1427
- 51) Javal LE: Manual theorique et pratique du strabisme. Masson G, Paris, 1896
- 52) Kaufmann H: Augenmuskeloperationen. In: Kaufmann H (Hrsg): Strabismus. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2004, S. 497-564
- 53) Kaufmann H: Über die Dosierung von Schieloperationen. Schielbehandlung 9 (1977) 31
- 54) Kaufmann H: Zur Operationsdosierung bei Strabismus divergens. Ber DOG 76 (1979) 677
- 55) Kaufmann H, Krzizok T, Scharway H: Ergebnisse der so genannten Frühoperationen bei frühkindlichem Innenschielen. Z prakt Augenheilk 18 (1997) 250-256
- 56) Kaufmann H, Kolling G: Results of surgical therapy in nonparetic strabismus. In: Gregersen E ed.: Transactions 14th meeting European Strabological Association Kopenhagen. 1984, S. 27
- 57) Klier P: Entwicklung und Intelligenz schielender Kinder. Klin Monatsbl Augenheilkd 154 (1969) 699-706
- 58) Kolling GH: Vor- und Nachteile hochdosierter kombinierter Operationen an den Horizontalmotoren. Z prakt Augenärzte 10 (1989) 267-279
- 59) Kolling GH: Früh- oder Spätoperation beim frühkindlichen Innenschielen. Bericht über eine prospektive, europäische, multizentrische Studie. Orthoptik-Pleoptik 19 (1995) 26-29
- 60) Kommerell G: Mechanik der Schieloperation. In: Mackensen G, Neubauer H (Hrsg.): Augenärztliche Operationen. Springer, New York, Berlin, Heidelberg, 1988, S. 383-398
- 61) Konen W, Rüßmann W: Dosiswirkungsbeziehung bei Schieloperationen. Schielen 14 (1983) 16-21
- 62) Krüger K, Tost M: Physiologie und methodische Grundlagen der Pleoptik und Ortoptik. 3.Aufl. Thieme, Leipzig, 1982
- 63) Lagrèze WD, Gerling J, Kommerell G: Augenmuskeloperationen in subkonjunktivaler Anästhesie: Technik sowie Wahrnehmung durch den Patienten und seinen Operateur. Klin Monatsbl Augenheilkd 216 (2000) 79-82

- 64) Lang J: Der kongenitale oder frühkindliche Strabismus. *Ophthalmologica* 154 (1967) 201-208
- 65) Lang J: Zur Anwendung der Ausschleiochklusion. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 160 (1972) 688-693
- 66) Lang J: Das normosensorische essentielle konvergente Schielen eine Schielform „sui generis“. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 172 (1978) 807-824
- 67) Lang J: Das kongenitale Schielsyndrom, der Mikrostrabismus und das normosensorische Spätschielen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 180 (1982) 316
- 68) Lang J: Strabismus. 5.Aufl. Verlag Hans Huber, Bern-Göttingen-Toronto-Seattle, 2003
- 69) Larsen R: Anästhesie. 8.Aufl. Elsevier GmbH Urban & Fischer, München, 2006
- 70) Lawrence T, Burkhalter A, Boothe RG: Functionel and structural abnormalities of visual cortex in infantile strabismus. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 208 (1996) 18-22
- 71) Leiba H, Shimshoni M, Oliver M, Gottesman N, Levartovsky S: Long-term follow-up of occlusion therapie in amblyopia. *Ophthalmology* 108 (2001) 1552-1555
- 72) Leibinger W: Über unterschiedliche Erkrankungshäufigkeiten des amblyopen und des nichtamblyopen Auges. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 141 (1962) 217
- 73) Lengyel D, Klainguti G, Mojon DS: Ist eine Amblyopietherapie bei schwerer organischer Augenerkrankung sinnlos? *Klin Monatsbl Augenheilkd* 221 (2004) 386-389
- 74) Mojon DS: Comparison of a new, minimally invasive strabismus surgery (MISS) technique with the usual limbal approach for rectus muscle recession and plication. *Br J Ophthalmol* 91 (2007) 76-82
- 75) Mojon DS: A new transconjunctival muscle reinsertion technique for minimal invasive strabismus surgery. *J Pediatr Opthaolmol Strabismus* 2 (2009) 1-5
- 76) Mühlendyck H, Linnen HJ: Die operative Behandlung nystagmusbedingter schwankender Schielwinkel mit der Fadenoperation nach Cüppers. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 167 (1975) 273

- 77) Nixon RB, Helvston EM, Miller K et al: Incidence of strabismus in neonates. Am J Ophthalmol 100 (1985) 798-801
- 78) Noorden GK von: Classification of amblyopia. Am J Ophthalmol 63 (1967) 238
- 79) Noorden GK von: Störungen des Binokularsehens und ihre Behandlung. Fortschr Ophthalmol 80 (1983) 387-391
- 80) Noorden GK von: Areassessment of infantile esotropia. Am J Ophthalmol 105 (1988) 1-10
- 81) Noorden GK von: Binocular vision and ocular motility. 4. Aufl. Mosby, St Louis, 1996
- 82) Nördlow W: Age distribution of the onset of esotropia. Brit J Ophthalmol 37 (1953) 593-600
- 83) Ohtsuki H, Nakayama M, Okayama H, Fujiwara Y, Hasebe S, Watanabe Y: Preoperative prismatic correction in patients with strabismus convergens concomitans. Acta Soc. Ophthalmol Jpn 108 (1986) 1248-1256
- 84) Page, Ryan, Day: Characteristics of early onset esotropia. Aust N Z J Ophthalmol 231 (1993)
- 85) Pediatric Eye Disease Investigator Group: A randomized trial of atropine vs. patching for the treatment of moderate amblyopia in children. Arch Ophthalmol 120 (2002) 268-278
- 86) Pediatric Eye Disease Investigator Group: A comparison of atropine and patching treatments for moderate amblyopia by patients age, cause of amblyopia, depth of amblyopia and other factors. Ophthalmology 110 (2003) 1632-1637
- 87) Pediatric Eye Disease Investigator Group: A randomized trial of patching regimes for treatment of moderate amblyopia. Arch Ophthalmol 121 (2003) 603-611
- 88) Pediatric Eye Disease Investigator Group: The course of moderate amblyopia treated with patching in Children: Experience of the Amblyopia Treatment Study. Am J Ophthalmol 136 (2003) 620-629
- 89) Pediatric Eye Disease Investigator Group: The course of moderate amblyopia treated with atropine in children: Experience of the Amblyopia Treatment Study. Am J Ophthalmol 136(2003) 630-639
- 90) Pediatric Eye Disease Investigator Group: A prospective, pilot study of treatment of amblyopia in children 10 to <18 years old. Am J Ophthalmol 137(2004) 581-583

- 91) Phillips PH, Fray KJ, Brodsky MC: Intermittent exotropia with near fixation: a “soft” sign of neurological disease. *Br J Ophthalmol* 89 (2005) 1120-2
- 92) Rahi J, Logan S, Timms C, Russell-Eggitt I, Taylor D: Risk, causes, and outcomes of visual impairment after loss of vision in the non-amblyopic eye: a population-based study. *Lancet* 24 (2002) 597-602
- 93) Repka MX, Homes JM, Melia BM, Beck RW, Gearing MD, Tamkins SM, Wheeler DT: Pediatric Eye Disease Investigator Group, The effect of amblyopia therapy on ocular alignment. *J AAPOS* 9 (2005) 54-545
- 94) Roggenkämper P, Sipp V: Bulbuslänge und Dosierung der Fadenoperation. *Arbeitskreis Schielen* 12 (1980) 23-27
- 95) Ruprecht K, Käsmann-Kellner B: Screening-Untersuchung auf Amblyopie, Strabismus und Refraktionsanomalie bei 1030 Kindergartenkindern. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 213 (1998) 166-173
- 96) Rießmann W, Fricke J, Neugebauer A: Untersuchung des Binokularsehens. In: Kaufmann H (Hrsg): *Strabismus*. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2004, S. 333-406
- 97) Sachsenweger R: Über die Ursachen der Schielamblyopie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 147 (1965) 488
- 98) Schoser GF: Untersuchung über den Wert des Prismenadaptationstest bei der Dosierung der Schieloperation. Tübingen, Univ., Med. Fak., Diss., 71 Seiten, 1993
- 99) Schweigger C: Erfolge der Schieloperation. *Archiv für Augenheilkunde* 29 (1894) 207
- 100) Simonsz HJ, Polling JR, Voorn R, van Leuwen J, Meester H, Romijn C, Dijkstra BG: Electronic monitoring of treatment compliance in patching for amblyopia. *Strabismus* 7 (1999) 113-123
- 101) Simonsz HJ, Kolling GH, Unnebrink K: Final report of the early vs. late infantile strabismus surgery study (ELISSS), a controlled, prospective, multicenter study. *Strabismus*. 13 (2005) 169-99
- 102) Sireteanu R, Fronius M: Gesichtsfeldverluste bei Schielambyopen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 194 (1989) 261-269

- 103) Stewart CE, Moseley MJ, Stephens DA, Fiedler AR: Treatment dose-response in amblyopia therapy: The Monitored Occlusion Treatment of Amblyopia Study (MOTAS). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 45 (2004) 3048-3054
- 104) Surachatkumtonekul T, Phamonvaechavan P, Kumpanardsanyakom S, Wongpintonpiya N, Nimmannit A: Scleral penetrations and perforations in strabismus surgery: incidence, risk factors and sequelae. *J Med Assoc Thai* 92 (2009) 1463-9
- 105) Taylor DM: How early is early surgery in the management of strabismus. *Arch Ophthalmol* 70 (1963) 752-756
- 106) Tessmer J, de Decker W: Zur Schielhäufigkeit und Behandlungseffizienz in Schleswig-Holstein. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 162 (1973) 34-42
- 107) Tommila V, Tarkkanen A: Incidence of loss of vision in the healthy eye. *Br J Ophthalmol* 65 (1981) 575-577
- 108) Vazquez RL: The effect of surgical technique and the radius of the eye on correction for horizontal strabismus. *Ann Ophthalmol* 19 (1987) 187-193
- 109) Vereecken EP, Brabant P: Prognosis for vision in amblyopia after the loss of the good eye. *Arch Ophthalmol* 102 (1984) 220-224
- 110) Weidlich R, Wittenbecher U: Zur Bedeutung der Sehschärfenbestimmung bei Screening-Untersuchungen bei Vorschulkindern. In: Tost M (Hrsg): Aktuelle Probleme der Strabologie – Wissenschaftliche Beiträge 1984/55 (R89) Halle (Saale). Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1984
- 111) Weigt H, Spraul C, Weiss M: Was gibt es Neues in der Ophthalmoanästhesie? *Klin Monatsbl Augenheilkd* 220 (2003) 809-821
- 112) Weiß C: Basiswissen medizinische Statistik. 3. Aufl. Springer Verlag, Heidelberg, 2008
- 113) Weller M, Wiedemann P: Seele und Sehen. Interdisziplinäre Aspekte von Augenheilkunde und Psychiatrie. Deutscher Arzt-Verlag, Köln, 1990
- 114) Wright KW, Edelman PM, Mc Vey JH, Terry AP, Lin M: High grade stereo acuity after early surgery for congenital esotropia. *Arch ophthalmol.* 112 (1994) 913-919

## **Thesen**

1. Schielwinkel sind keine absolut konstante Größe. Schwankungen im Tagesverlauf werden beobachtet.
2. Schielwinkelmessungen erfolgen mittels Maddox-Methode und dem alternierenden Prismencovertest.
3. Schielwinkeländerungen kleiner  $2^\circ$  haben auf Grund der Grenzen der Messgenauigkeit ( $1-1,5^\circ$ ) keine Relevanz.
4. Schielwinkelveränderungen größer  $2^\circ$  haben für die Dosierung der Schieloperation Bedeutung, denn 1 mm Operationsstrecke bei einer Rücklagerung/Resektion ergibt eine Winkelreduktion von ca.  $1,3-1,4^\circ$ .
5. Schielwinkelkonstanz wird bei 66,7% der Innenschieler und bei 55,4% der Außenschieler festgestellt.
6. Die Winkelveränderungen manifestieren sich in der ursprünglichen Richtung der zugrunde liegenden Schielform, das heißt konvergente Abweichungen zeigen eine Zunahme der konvergenten Schielabweichung und divergente Schielwinkel einen Zuwachs der divergenten Abweichung.
7. 31,8% der Einwärtsschieler und 37,5% der Auswärtsschieler vergrößerten ihren Schielwinkel im Laufe des Tages.
8. Zur exakten Messung des Schielwinkels mittels alternierendem Prismencovertest ist ein Fernvisus größer 0,1 cum correctione Voraussetzung.
9. Die Messwerte der Maddox-Methode fallen im Mittel kleiner aus als die Werte des alternierenden Prismencovertests.
10. Die Maddox-Schielwinkel mit getragener Korrektur schwanken im Tagesverlauf, diese Messwertveränderungen bleiben jedoch ohne statistischen Signifikanznachweis.
11. Die über den Tagesverlauf auftretenden Schwankungen der konvergenten Prismenwinkel bei Nah- und Fernfixation sind statistisch signifikant.

12. Die Auswertung der Messergebnisse bei konvergenten Schielformen im APCT in 30cm und 5m ergab eine ungleichmäßige Verteilung von gleich bleibenden, zu- und abnehmenden Schielwinkeln. In 66,7%\* traten konstante Schielwinkel auf. Zunehmende Schielwinkel wurden in 31,8%\* gemessen. Das Auftreten von Winkelreduktionen ist der Ausnahmefall, diese wurden in 1,5%\* der Messungen festgestellt.
13. Konvergente Schielwinkel zeigen einen höheren Anteil von Winkelvergrößerungen im Zeitraum von morgens bis mittags (19,7%\*) als im Zeitraum von mittags bis abends (10,6%\*).
14. Für die Gruppe der konvergenten Abweichungen konnte der Zeiteffekt in besonders ausgeprägtem Maße bei Nichtvoroperierten beobachtet werden.
15. Für das Innenschielen konnte für keinen der untersuchten Einflussfaktoren eine signifikante Korrelation der auftretenden Schielwinkelschwankungen nachgewiesen werden.
16. Die nach der Maddox-Methode gemessenen divergenten Schielwinkel weisen eine Tendenz zur Zunahme auf, die jedoch ohne statistische Signifikanz bleibt.
17. Im Tagesverlauf wurden Schwankungen der divergenten Schielwinkel, gemessen mittels alternierendem Prismencovertest beobachtet.
18. Der Signifikanznachweis wird im alternierenden Prismencovertest bei Nahfixation (30cm) erbracht.
19. Die bei Fernfixation ermittelten divergenten Schielwinkel zeigen nur im zweiten Beobachtungszeitraum (mittags/abends) signifikante Schwankungen der Schielwinkel.
20. Auch die Auswertung der Messergebnisse bei divergenten Schielformen zeigen einen überwiegenden Anteil der konstanten Prismenwinkel (55,4%\*). Ebenso wie bei den konvergenten Schielformen überwiegt der Anteil der Winkelzunahmen (37,5%\*) gegenüber den Winkelverkleinerungen (7,1%\*).
21. Im Zeitraum vom Morgen bis zum Mittag treten bei 19,7%\* der Messungen divergenter Schielwinkel Zunahmen auf. Dagegen ist im Beobachtungszeitraum von Mittag bis Abend der Anteil der Winkelveränderungen mit 16,1%\* geringer.
22. Der Einflussfaktor „vorhandenes Binokularesehen“ ist für divergente Schielformen statistisch signifikant.

(\*in APCT in 30cm)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel und Quellen erstellt habe. Wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen wurden als solche kenntlich gemacht.

Weiterhin versichere ich, dass ich mich erstmalig einem Promotionsverfahren stelle und frühere Versuche nicht stattgefunden haben.

Halle (Saale), den

# **Lebenslauf**

## ***Persönliche Daten***

Name: Marquardt  
Vorname: Liane  
Geburtsname: Daenicke  
Geburtsdatum/ -ort: 23. Februar 1979, Lübben (Spreewald)  
Anschrift: Lessingstr. 4  
06114 Halle (Saale)  
Familienstand: verheiratet

## ***Schulbildung***

1985 – 1991 Grundschole Lübben (Spreewald)  
1991 – 1998 Paul-Gerhardt-Gymnasium Lübben (Spreewald)  
Abschluss: Abitur

## ***Ausbildung***

1998 – 2000 Ausbildung in der zahnärztlichen und kieferorthopädischen Praxis  
Dres. W. und R. Busch in Lübben (Spreewald)  
Abschluss: Zahnmedizinische Fachangestellte

## ***Hochschulbildung***

2000 – 2006 Studium der Humanmedizin an der Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg  
Abschlüsse: Physikum, Erstes, Zweites und Drittes Staatsexamen

## ***Hauptberufliche Tätigkeiten***

seit 12/2006 Assistenzärztin an der Universitätsklinik und Poliklinik  
für Augenheilkunde an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Halle (Saale), den

## **Danksagung**

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. G. Duncker, danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas, die Möglichkeit die Untersuchungen an der Universitätsaugenklinik durchzuführen und die konstruktive Begleitung bis zur Fertigstellung der Arbeit. Ihm danke ich weiterhin für die Erstellung des Gutachtens.

Frau Dr. med. V. Bau hat durch ihre Arbeit und ihr Interesse am Thema Strabologie bei mir das Interesse an diesem Thema geweckt. Ihr danke ich für meine augenärztliche Ausbildung und die großzügige, kontinuierliche Unterstützung bei dieser Arbeit.

Bei den Orthoptistinnen der Universitätsaugenklinik, Frau C. Kölzsch und Frau S. Kolb, möchte ich mich sehr herzlich für die Hilfe beim Erlernen der strabologischen Untersuchungsmethoden und für die fachlichen Ratschläge bedanken.

Schließlich möchte ich meinem Ehemann, Dr. iur. Jörg Marquardt, einen besonderen Dank aussprechen, der mich ständig durch seine Art und Zuneigung zur Fertigstellung der Arbeit motiviert hat und mir jederzeit jede erdenkliche Hilfe gab.

Besonders herzlich möchte ich mich bei meinen Eltern, Christine und Reinhard Daenicke, bedanken. In allen Phasen meiner Ausbildung waren Sie für mich da. Ihnen soll diese Arbeit gewidmet sein. Durch ihre Unterstützung haben sie die Anfertigung der Arbeit erst ermöglicht.