

Aus der Klinik für Augenheilkunde  
der Philipps-Universität Marburg  
Geschäftsführender Direktor : Prof. Dr. P. Kroll  
Abteilung für Ophthalmopathologie  
Leiterin : Prof. Dr. I. Stempel

Einfluss akustischer und imaginativer Entspannungsmethoden auf den intraokularen  
Druck ;  
Musiktherapie beim primären Offenwinkelglaukom.

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades in der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps – Universität Marburg

vorgelegt von  
Peter Eschstruth  
aus Kassel  
Marburg 2004

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin  
der Philipps – Universität Marburg am  
09. September 2004

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. B. Maisch

Referentin: Prof. Dr. med. I. Stempel

Korreferent: Prof. Dr. phil. Dr. med. habil. H.-D. Basler

**Meinen Eltern, Mutter (†) und Vater,  
in Liebe und Dankbarkeit  
gewidmet.**



1.	<b>Einleitung</b> .....	1-2
2.	<b>Das Glaukom</b> .....	2-30
2.1	Definition.....	2
2.2	Einteilung der einzelnen Glaukomformen.....	3-30
2.2.1	Das primäre Offenwinkelglaukom.....	4-30
2.2.1.1	Definition.....	4-5
2.2.1.2	Epidemiologie.....	5-6
2.2.1.3	Anatomie.....	6-9
2.2.1.3.1	Kammerwinkel.....	7-8
2.2.1.3.2	Blutversorgung.....	8-9
2.2.1.4	Physiologie und Pathophysiologie.....	10-18
2.2.1.5	Symptomatik.....	18
2.2.1.6	Diagnostik.....	18-22
2.2.1.7	Differentialdiagnose.....	22-23
2.2.1.8	Therapie der Glaukomerkrankung.....	24-30
2.2.1.9	Prognose und Prophylaxe.....	30
3.	<b>Glaukom und Psyche</b> .....	31-32
4.	<b>Musiktherapie und Biofeedback</b> .....	33-35
5.	<b>Biofeedback</b> .....	36-41
6.	<b>Fragestellung</b> .....	41-43
6.1	Hypothesen.....	42-43
7.	<b>Material und Methoden</b> .....	43-56
7.1	Versuchsordnung.....	43-44
7.2	Studienablauf.....	44-46
7.3	Das Entspannungsprogramm.....	47-49
7.4	Psychologische Analyse-Subjektive Befindlichkeitsbögen.....	49-53
7.4.1	Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB).....	49-50
7.4.2	Fragebogen zum allgemeinen Befinden (POMS).....	51-54
7.5	Apparative Messverfahren.....	54-57
7.6	Auswertung der Messdaten.....	57
8.	<b>Ergebnisse</b> .....	58-112
8.1	Die Versuchspersonen.....	58-63
8.2	Augeninnendruck.....	64-72
8.3	Ergebnisse der Musiktherapie auf neuro-vegetativen Parameter.....	72-84

8.4	Cerebrale Veränderungen.....	85-98
8.5	Ergebnisse der Tests zur subjektiven Befindlichkeit.....	98-102
8.6	Langzeitwerte.....	102-110
8.7	Einflüsse der Musiktherapie auf die lokale Glaukomtherapie.....	110-111
8.8	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	111-112
9.	<b>Diskussion</b> .....	113-146
9.1	Diskussion der Methode.....	113-122
9.1.1	Versuchsplan.....	113-114
9.1.2	Studienablauf.....	114-115
9.1.3	Entspannungsprogramm.....	115-116
9.1.4	Diskussion der Befindlichkeitsbögen.....	116-117
9.1.5	Versuchspersonen.....	117-118
9.1.6	Material.....	119
9.1.7	Messungen.....	119-121
9.1.8	Auswertung.....	121
9.1.9	Musiktherapie mittels CD.....	121-122
9.2	Diskussion der Ergebnisse.....	122-139
9.2.1	Augeninnendruck.....	122-124
9.2.2	Diskussion der Ergebnisse der Musiktherapie in Beziehung zu den physiologischen Parametern.....	124-127
9.2.2.1	EMG.....	124-125
9.2.2.2	Hautleitwert.....	125-126
9.2.2.3	Pulsfrequenz (Herzrate).....	126-127
9.2.3	Einfluss der Musiktherapie auf die Hirnaktivität [EEG].....	128-134
9.2.3.1	Alphawellen.....	128-131
9.2.3.2	Betawellen.....	131-132
9.2.3.3	Thetawellen.....	132-134
9.2.4	Zur subjektiven Befindlichkeit der Probanden.....	134-135
9.2.5	Langzeitergebnisse.....	135-138
9.2.6	Einfluss der Musiktherapie auf die medikamentöse Glaukomtherapie der Patienten in der Langzeitbeobachtung.....	138-139
9.3	<b>Interpretation der Ergebnisse im Vergleich zur Literatur</b> .....	139-146
10.	<b>Zusammenfassung</b> .....	147-149
11.	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	150-163

## 1. Einleitung

Das Glaukom ist weltweit die dritthäufigste Erblindungsursache. In den industriellen Ländern führen diabetische und alterbedingte Makulaveränderungen die Statistik an. (GREHN, F. 2003).

Weltweit besteht bei ca. 105 Millionen Menschen ein Glaukomverdacht; geschätzte 13,5 Millionen sind an einem primären Offenwinkelglaukom (POWG) erkrankt, was 60 % aller Glaukomkranken ausmacht. Von diesen POWG – Patienten sind insgesamt 3 Millionen erblindet. Die Zahl aller Glaukomblinder (5,2 Mill.) wird sich in den nächsten zwei bis drei Jahren um 1,5 Millionen erhöhen. Nur 30% aller Patienten werden therapiert (DENK, O. 1999).

In Deutschland leben ca. 8 Millionen Menschen mit erhöhtem Risiko, ein Glaukom zu entwickeln; 800000 sind bereits erkrankt und ca. 104000 davon müssen damit rechnen, daran zu erblinden (LANG 1998), wenn nicht maximal therapiert und beobachtet wird. Dabei zeigt sich, dass internistische Begleiterkrankungen einen immer größeren Stellenwert haben.

Da es sich bei der Glaukomerkrankung um ein multifaktorielles Geschehen handelt (GERSTE, R. 1998, WIEDERHOLT, M. 1998) und man sich erst langsam der Komplexität besonders bezüglich der Ätiologie und Pathogenese der Krankheit nähert, ist es besonders wichtig, auch auf dem Gebiet der Therapie weiterzuforschen, was die obigen, erschreckenden Zahlen unterstreichen. Das Ziel der Therapie sollte Schutz und Erhaltung des Sehnerven sein, prüfbar an Visus und Gesichtsfeld und erkennbar an der Papillenexcavation. Alle Therapiemöglichkeiten – lokale, systemische, operative und psycho-vegetative – sollten individuell angepasst werden (KRIEGLSTEIN, G.K. 1996). Visus- und Gesichtsfelderhaltung sind deshalb das primäre Ziel, da andernfalls eine enorme Beeinträchtigung der Lebensqualität daraus resultiert. Die Lebensqualität wird aber nicht nur durch Verlust visueller Funktionen eingeschränkt, sondern zusätzlich durch das tägliche Tropfen der Medikamente, so dass häufig eine schlechte Compliance der Patienten zu beobachten ist.

Diese Arbeit hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, Wirkungen und Nutzen einer neuen Therapieform - der Musiktherapie in Form einer CD mit Musik, binauralen Schwingungen und Visualisierungen- zu erproben und zu zeigen, dass sie die gängigen Therapiekonzepte unterstützen und eventuell auch ersetzen kann, und dabei die Lebensqualität und

Compliance der Patienten zu verbessern. Sie ist für den Patienten jederzeit einsetzbar und soll als Selbsttherapie dienen. Sie fördert damit die Eigenverantwortlichkeit des Patienten für den Verlauf seiner Krankheit. Es soll weiterhin dargestellt werden, dass die Musiktherapie einen Einfluss auf den gesamten Körper, den Augeninnendruck, vegetative Parameter sowie die Psyche besitzt, und als Entspannungsmethode Erfolg zeigt. Diese Einflüsse sollen sich in einer Kurzzeit- aber auch Langzeitwirkung bestätigen. Positive Einflüsse sind auch schon bei früheren Studien mit Hypnose und autogenem Training an der Augenklinik der Philipps-Universität Marburg festgestellt und beschrieben worden.

## 2. Das Glaukom

### 2.1 Definition

Die früher geltende Definition des Glaukoms musste wegen immer neuer Erkenntnisse überdacht bzw. gerändert werden. Bis 1998 galt in vielen Veröffentlichungen, dass das Glaukom eine chronische Erkrankung (GERSTE, R. 1998) ist, bei der ein erhöhter Augeninnendruck (IOD =Intra Okulärer Druck) den N. opticus schädigt (LANG 1998).

Für das Glaukom gibt es charakteristische Untersuchungsmerkmale:

1. Pathologischer IOD
2. Glaukomatöse Exkavation der Papille
3. Abnahme der Sehschärfe und typische Gesichtsfeldausfälle

(aus KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991)

Diese Merkmale kennzeichnen auch heute noch die Glaukomkrankheit, sie müssen aber erweitert werden. Beim Glaukom handelt es sich um eine progressive bilaterale, manchmal asymmetrische Optikusneuropathie, bei der vaskuläre Faktoren eine wesentliche Rolle spielen. Sie geht einher mit Gesichtsfeld- und Visusschädigungen, und ist häufig assoziiert sind mit einem erhöhten IOD (Zitat THYGSEN, J. 1998).

Die neueste Definition der European Glaucoma Society aus dem Jahr 2000 besagt, dass das Glaukom eine progressive Optikusneuropathie mit typischen Schäden der Sehnerven bzw. retinalem Ganglienverlust und korrespondierendem Gesichtsfeldschaden und Visusverlust ist.

### 2.2 Einteilung der einzelnen Glaukomformen

Allgemein verbindliche Einteilungen gibt es nicht. Man unterscheidet aber grundsätzlich primäre von sekundären Glaukomformen. Eine plausible Einteilung ist folgende:

<b>Glaukomform</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Abflussbehinderung</b>
Primär:		
Offenwinkel	90% aller Glaukome	Ablagerungen hyalinen Materials im Trabekelwerk

Winkelblock	etwa 5%	durch Irisgewebe (Vorwölbung der letzten Irisrolle bei insgesamt flacher vorderer Augenkammer)
Sekundär:	etwa 5%	
Neovaskularisation		durch neu gebildete Gefäße und fibrovaskuläre Membran
Pigmentdispersion		Ablagerung von Pigment im Trabekelwerk
Pseudoexfoliation		Ablagerung von feinfibrillärem Material
Kortison		kortisoninduzierte Ansammlung von Mukopolysacchariden
Entzündung		Ödem oder Ablagerung von Entzündungsprotein
Trauma		Zerreißen oder Narbenbildung
Kindliches Glaukom: angeboren	1%	nicht voll ausdifferenzierte Kammerwinkelstrukturen (mesenchymale Dysgenese)

(aus LANG 1998 /GREHN, F. 2003)

Das angeborene Glaukom entsteht durch anlagebedingte okuläre Fehlbildungen des Kammerwinkels. Es kann in Kombination mit systemischen Erkrankungen und als Sekundärglaukome (intrauterin, postnatal) auftreten.

Beim Winkelblockglaukom differenziert man noch zwischen akutem (Glaukomanfall) und chronischem. Das akute Winkelblockglaukom kann durch psychische Erregung, Alkohol, Kaffee, Dunkelheit sowie Wetterverhältnisse ausgelöst werden. Der Glaukomanfall hat folgende Symptome: Druckwerte über 50 mmHg, massive Schmerzen, Schwindel, etc., und ist somit die einzige Form, welche sich durch eine nahezu unmittelbare Symptomatik bemerkbar macht; er erfordert sofortige Notfalltherapie. Glaukomanfälle sind schon seit A. v. Graefe, der die Iridektomie erfand, als psychosomatische Krankheit bekannt und erkannt.

Zu den sekundären Glaukomen gehören unter anderem das Pigmentglaukom, Kapselhäutchen-Glaukom und das Aphakie-Glaukom.

Das sekundäre Offenwinkelglaukom kann durch bestimmte Faktoren induziert werden: Uveitis, Makrophagen, intraokulare Blutungen, postkontusionell, Medikamente, Tumoren, Epithelimplantationen, oder durch einen erhöhten episkleralen Venendruck.

Bei dem sekundären Winkelblockglaukom sind Synechien, Neovaskulationen, Tumoren, ein Pupillar-, ein zilio-lentikulärer- oder zilio-vitrealen Block als Abflussbehinderungen bekannt.

(aus KÜCHLE, H.J./ BUSSE, J. 1991)

Im Folgenden wird ausschließlich auf das primäre Offenwinkelglaukom eingegangen, da dieses Forschungsprojekt nur mit Patienten dieser Glaukomvariante durchgeführt wurde. Frühere Arbeiten haben gezeigt, dass dort angewandte Therapieformen wie Hypnose, autogenes Training und Entspannungsmethoden auf andere Glaukomformen weniger Einfluss haben als auf das primäre Offenwinkelglaukom. Zusätzlich ist diese Glaukomform mit 90% auch die häufigste Variante.

## **2.2.1 Das Primäre Offenwinkelglaukom**

### **2.2.1.1 Definition**

Neben der allgemeinen Definition des Glaukoms liegen noch spezielle Ergänzungen zu dieser Form vor.

Das primäre Offenwinkelglaukom ist ein eigenständiges Krankheitsbild, welches nicht als direkte Folge einer anderen Augenerkrankung anzusehen, aber in hohem Prozentsatz mit Allgemeinerkrankungen assoziiert ist. Diese Glaukomform beginnt im mittleren und späteren Lebensalter mit schleichendem Verlauf und einer progressiven Gesichtsfeldverschlechterung. Der Kammerwinkel ist in diesem Fall immer offen (LANG 1998). Zudem handelt es sich weiterhin um eine Gefäß- und Zirkulationserkrankung (GRIGOR'EVA, E.G., et al. 2002), die mit einem erhöhten Intraokularen Druck (IOD) und zunehmenden Gesichtsfeldausfällen einhergeht. (BERND, A.S., et al. 2001, )

### **2.2.1.2 Epidemiologie**

Das primäre Offenwinkelglaukom ist mit 90% aller Glaukome die häufigste Form. Das Erkrankungsrisiko steigt ab 40. Lebensjahr an und erreicht zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr seinen Häufigkeitsgipfel (LANG 1998). Die Inzidenz liegt bei den 41- bis 50 Jährigen bei 1%, bei den 51- bis 60 Jährigen um 4,1%, bei den 61- bis 70-Jährigen um 6,2% und steigt bei den 71- bis 80 Jährigen auf 13,3% (SOMMER, A. 2003, LE, A., et al. 2003). 21% der Glaukome werden erst in einem Spätstadium diagnostiziert (KRIEGLSTEIN, G.K 1990), d.h. wenn bereits schwere Schäden des Gesichtsfeldes und ständig hohe Druckwerte vorliegen. 6,4% aller Fälle werden erst erkannt, wenn ein Auge erblindet ist. 0,5 - 1% der Patienten mit einem Glaukomverdacht (okuläre Hypertension) entwickeln pro Jahr ein manifestes Glaukom (KOCH, K. 1996) und nur jeder 5. Patient mit einem erhöhten IOD entwickelt ein manifestes Glaukom (KRIEGLSTEIN, G.K. 1996).

Prädisponierende Faktoren für die Entwicklung eines Glaukoms sind:

1. anlagebedingt: eine flache Vorderkammer, ein stark hyperopes oder myopes Auge, ein enger Schlemmscher Kanal und eine dicke Iriswurzel
2. altersbedingt: hohes Alter, vergrößertes Linsenvolumen, verminderte Bulbuswandelelastizität, Gefäßsklerose, Abflussbehinderung durch Pigment oder Kapselhäutchen, Sklerose des Trabekelwerkes.
3. familiäre Veranlagung
4. Begleiterkrankungen: Diabetes, Hypertonus, Myopie, Hyperopie, Stoffwechselerkrankungen, Gefäß- und Herz-Kreislaufkrankungen, vasospastisches Syndrom
5. soziale Einflüsse: Sozialstatus, sozialer Stress, dunkle Hautfarbe  
(STREMPEL, I.2002)

Weitere Risikofaktoren sind das fortschreitende Alter, betroffene Verwandte 1. Grades, Myopie und dunkle Hautfarbe (LESKE, M.C., et al 2003, PFEIFFER, N., et al. 2002). Genetische Untersuchungen haben eine Mutation des TIGR (Trabecular Meshwork Inducible Glucocorticoid Response)-Gens auf verschiedenen Gen-Loci entdeckt. Die Q-368 Mutation auf Chromosom 1 (1p23-24) findet man bei dem juvenilen Offenwinkelglaukom (GARCHON, H.-J., et al. 2003, COLOMB, E., et al. 2001). Eine autosomal-dominante bis multifaktorielle Vererbung mit mehreren TIGR-Mutationen auf 6 verschiedenen Gen- Loci ist bisher beschrieben worden (JASON, M., et al. 2003). Eine positive Familienanamnese findet man beim primären Offenwinkelglaukom in 19% und beim Normaldruckglaukom in 22% (GRAMER, E./TAUSCH, M. 1995, GRAMER, E. 1998). Außerdem hat man eine Korrelation zwischen dem Zeitpunkt des Auftretens und

der Familienanamnese erkannt: Je früher das Auftreten eines Glaukoms bei einem Patienten entdeckt wird, desto häufiger ist eine positive Familienanamnese zu finden. Daraus folgerte man, dass je größer die familiäre Belastung ist, desto früher erfolgt die Manifestation. (DICHTL, A. 1996).

Ein Fortschreiten der Erkrankung geht oft auf folgende Faktoren zurück: a) 10% aller Gesichtsfeldverluste sind auf eine Non-Compliance zurückzuführen, b) 3-7% aller ausgestellter Rezepte werden niemals eingelöst, c) 20% aller Patienten dosieren ihre Medikamente falsch und d) 40% handeln absichtlich gegen ärztliche Anweisungen (TAYLOR, S.A., et al. 2002, RENDELL, J. 2000).

### **2.2.1.3 Anatomie**

Das Auge entwickelt sich aus 3 verschiedenen Anteilen:

1. Neuroektoderm: hieraus entwickeln sich Retina, Muskulatur der Iris und der N.opticus
2. Oberflächenektoderm: hieraus entwickeln sich das Linsenbläschen, das Epithel der Kornea, der Konjunktiva, der Tränendrüse, der ableitenden Tränenwege und der Augenlider.
3. Mesoderm: hieraus entwickeln sich das Bindegewebe der Kornea, der Sklera, der Choroidea, der Iris und des Corpus ciliare.

(MOLL, K.J./MOLL, M. 1995)

#### **2.2.1.3.1 Kammerwinkel**

In der Organogenese entwickelt sich der Kammerwinkels aus dem kranialen Neuralrohr. Das Trabekelmaschenwerk ist ektodermaler Herkunft (KRIEGLSTEIN, G.K./KIRCHHOF, B. 1992). Entwicklungsgeschichtlich ist die Netzhaut ein Teil des Diencephalons (ALVARADO, J.A., et al. 2003).

Einen Überblick über das Auge liefert **Abb. 1.:**

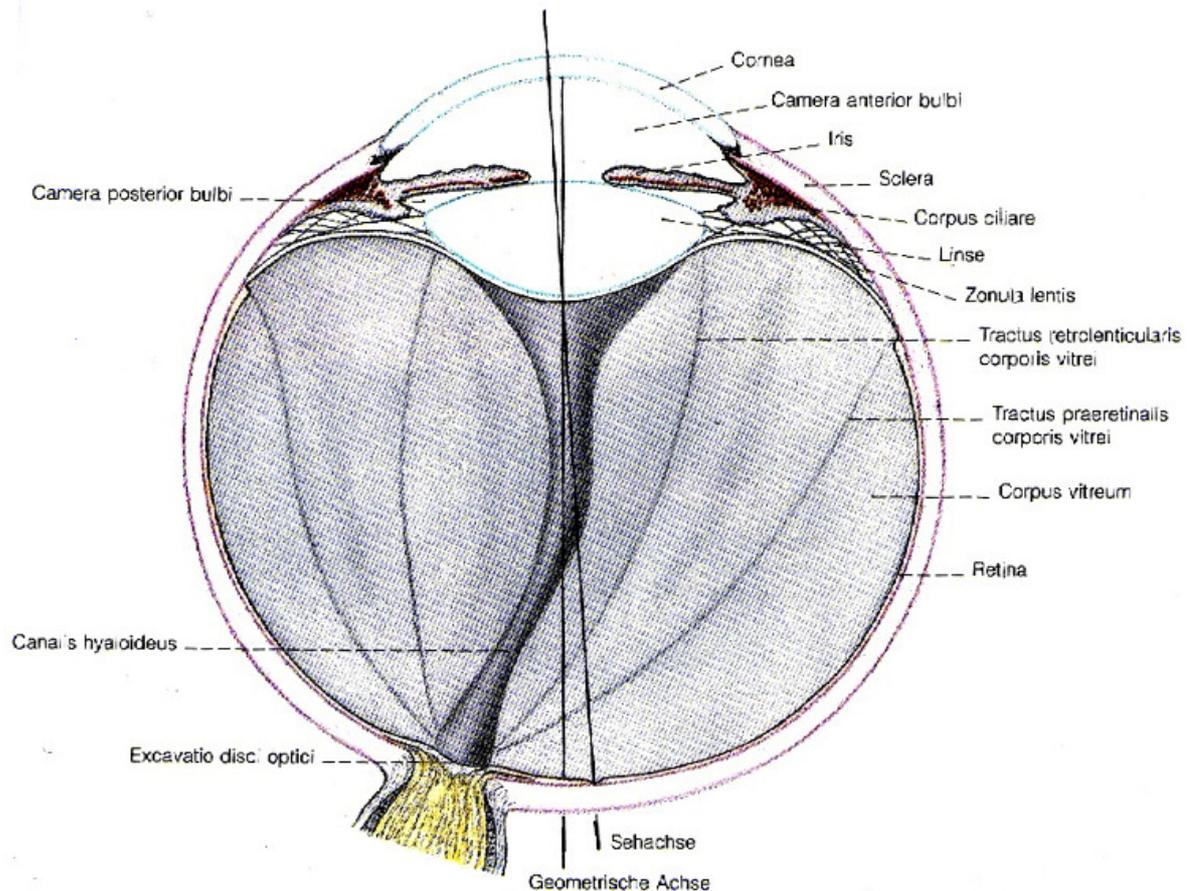


Abb.1: Überblick über das Auge

Aus dem Kornealendothel und der Descemetischen Membran entsteht das sog. korneosklerale Trabekelwerk, der uveale Anteil des Trabekelwerks aus dem Übergang vom Ziliarkörper in die Iriswurzel der uveale Trabekel. Beide bilden ein squamöses Gebilde, welches das Kammerwasser in den Schlemmschen Kanal ableitet. Dieser schmiegt sich in eine Einkerbung der Sklera an. Der Schlemmsche Kanal ist mit seiner Außenwand mit der Sklera fest verwachsen, die Innenwand zeigt als Besonderheit ein Endothel mit einer geschlossenen Lage einschichtiger schlanker Zellen. Die Endothelzellen formieren intrazelluläre Kanälchensysteme, die sich dynamisch den Abflussverhältnissen anpassen

können; es bilden sich Vakuolen mit Öffnung zur Vorderkammer. Je höher der Druck, desto mehr Kanälchen bilden sich.

Das Trabekelwerk hat uveale und korneosklerale Trabekelanteile sowie eine juxtakanalikuläre Zone. Die inneren, uvealen Trabekel bilden ein weitmaschiges Netz aus 2-3 Schichten. Von dort sickert das Kammerwasser in die korneoskleralen Trabekel (bis zu 20 Schichten). Die Lamellen dieser Trabekel treten direkt oder über eine Zwischenstation mit dem Ziliarkörper in Kontakt. Durch eine Kontraktion des Ziliarkörpers entsteht ein

Zug auf das Trabekelwerk, wodurch der Abfluss reguliert und verbessert werden kann. Diese Trabekel gehen in die juxtakanalikuläre Zone über, die reich an Glykosaminglykanen ist, die an der Aufrechterhaltung des IOD beteiligt sind. Daneben existieren noch phagozytierende Trabekelmesothelzellen (ZYPEN, E. 1993). Eine Übersicht über die Kammerwinkelregion zeigt Abb.2:

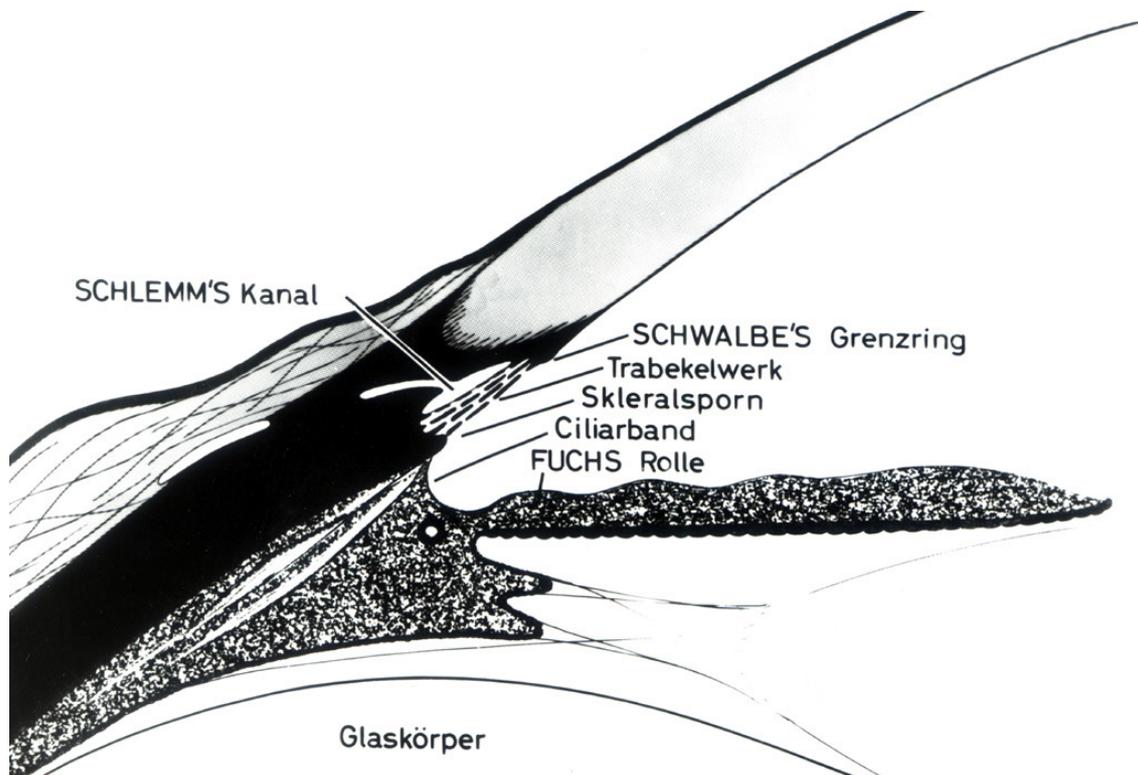


Abb. 2.: Übersicht über die Kammerwinkelregion

### 2.2.1.3.2 Blutversorgung

Die Blutversorgung der Netzhaut (Retina) erfolgt durch zwei verschiedene Systeme:

1. über den Aderhautkreislauf , der hauptsächlich von den Aa. ciliares posteriores longae und 12-20 Aa. ciliares posteriores breves gebildet wird.
2. über die A. centralis retinae, die sich im Bereich des Discus n. optici in die Aa. temporales et nasales retinae superiores und –inferiores teilt.

(ZYPEN,E. 1993)

Das erste System versorgt die äußeren Netzhautschichten (1.Neuron) und unterliegt einer vegetativen Innervation. Man findet weiterhin Stickstoffmonoxid- (NO) und Vasoaktiv-Inestinal-Polypeptid (VIP) positiven Fasern in geringem Maße. Alle diese Faktoren können vasodilatatorisch wirken.

Das zweite System ist den Gehirngefäßen ähnlich und unterliegt keiner sympathischen oder parasympathischen Innervation, sondern einer Autoregulation. (näheres zu beiden Systemen siehe Physiologie)(NAGEL, E., et al. 2002, VILSER, W., et al. 2002, PILLUNAT, L.E., et al. 2001). Einen Überblick über die Gefäßversorgung zeigt Abb. 3:

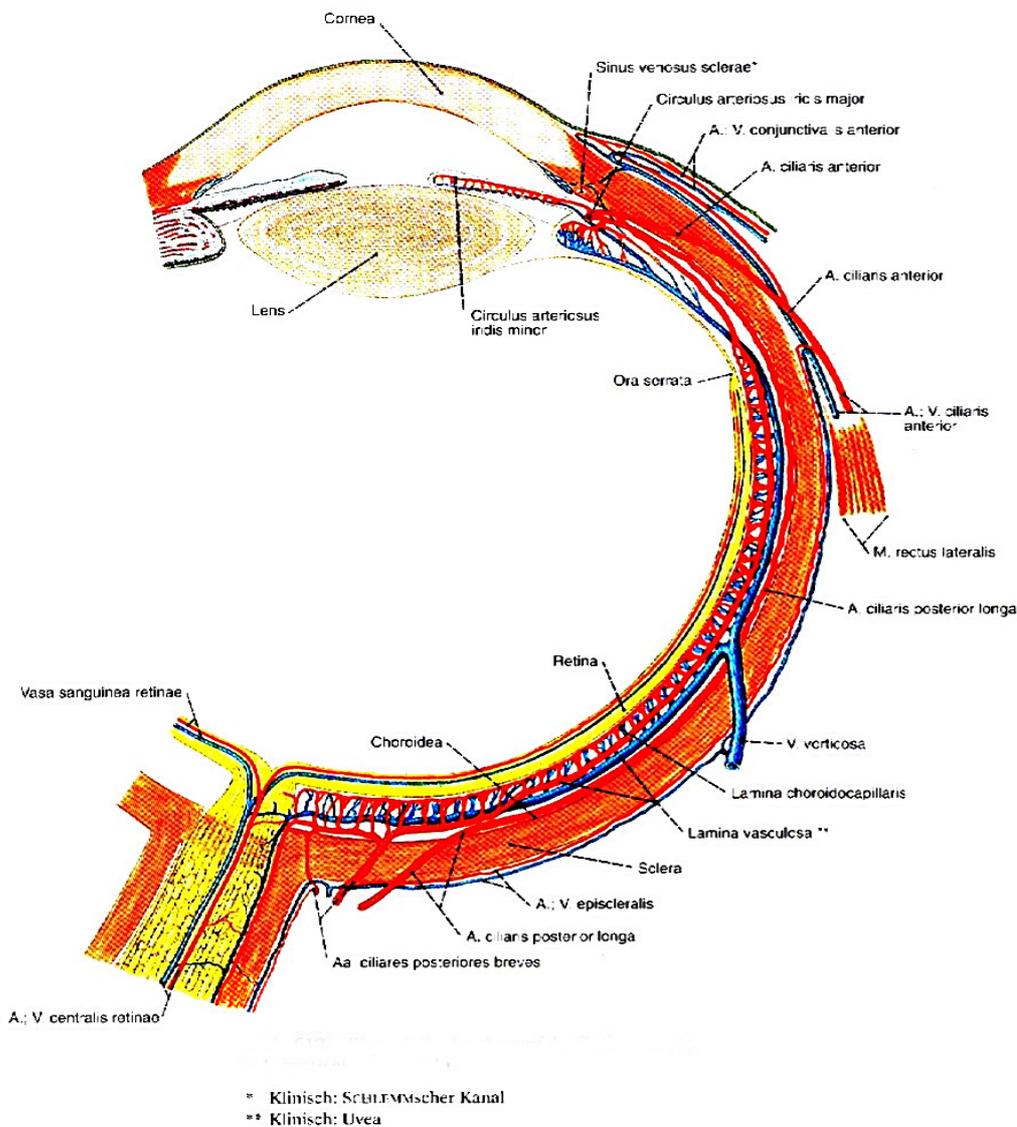


Abb.3.: Überblick über die Gefäßversorgung

## 2.2.1.4 Physiologie und Pathophysiologie

Der Augennendruck gewährleistet unter anderem eine glatte Wölbung der Hornhaut, einen gleichen Hornhaut-Linse- und Linse-Netzhaut-Abstand, die gleiche Ausrichtung der Photorezeptoren und des Pigmentepithels auf einer faltenlosen Bruchsch Membran.

Der durchschnittliche IOD beträgt in der Regel unter 15 mmHg und die Normwerte liegen in einem Bereich zwischen 10 und 22 mmHg. Die circadianen physiologischen

Druckschwankungen betragen ca. 4 mmHg, wobei der Druck meistens in den frühen Morgenstunden höher ist (LANG 1998). Die Ursache ist eine gesteigerte Kammerwasserproduktion am Morgen, die gegen Nachmittag abnimmt und im Schlaf ihr Minimum erreicht (GERSTE, R.D. 1998). Die Produktion beträgt im Durchschnitt 2-3  $\mu$ l /min. Zunächst wird im Stroma der unpigmentierten Epithelzellen der Ziliarzotten des Ziliarkörpers ein proteinarmes Plasmafiltrat gebildet. Hierbei sind 3 Enzyme wichtig: Na-K-ATPase, Adenylzyklase und Carboanhydrase, die synergistisch arbeiten, was bedeutet, dass die Hemmung dieser Enzyme für ein Herabsetzen der Produktion ausreicht (MARTENS-LOBENHOFFER, J./BANDITT, P. 2002), was therapeutisch genutzt wird (Carboanhydrasehemmer). Von den Epithelzellen wird das Kammerwasser in die Hinterkammer sezerniert. Es wird pro Minute 1-2% des Kammerwassers ersetzt. Durch die Pupille fließt es in die Vorderkammer, wobei jedoch ein ausreichender Initialdruck in der Hinterkammer entstehen muss, damit die, der Linse aufliegende Iris von der Linse abgehoben wird. Hier liegt der 1. physiologische Widerstand des Kammerwasserflusses. Beim Winkelblockglaukom spielt das eine besondere Rolle. Es herrscht also kein kontinuierlicher Fluss (LANG 1998). In der Vorderkammer zirkuliert das Kammerwasser, welches dort an der gut durchbluteten Iris erwärmt wird und dann an der Hornhautrückfläche herabströmt und sich dabei abkühlt (ZYPEN 1993). Der Abfluss erfolgt zu 85% über das Trabekelwerk in den Schlemmschen Kanal im Kammerwinkel, von dort in die 20-30 radiären Sammelkanäle und dann in die episkleralen Venen (LANG 1998); siehe auch Abb.4 und 5.

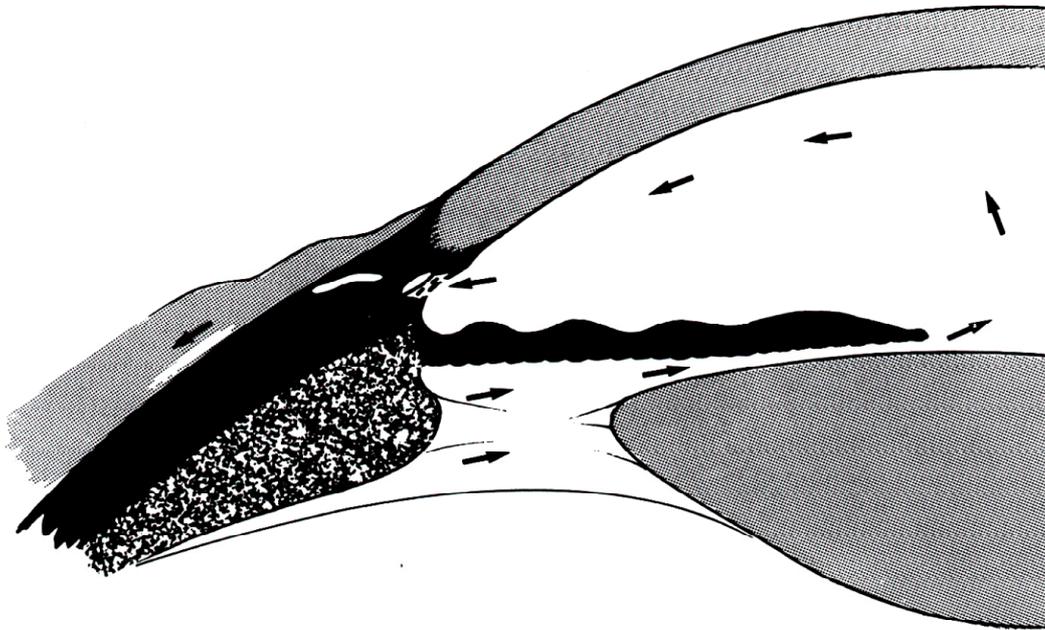


Abb. 4.: Zirkulation des Kammerwassers

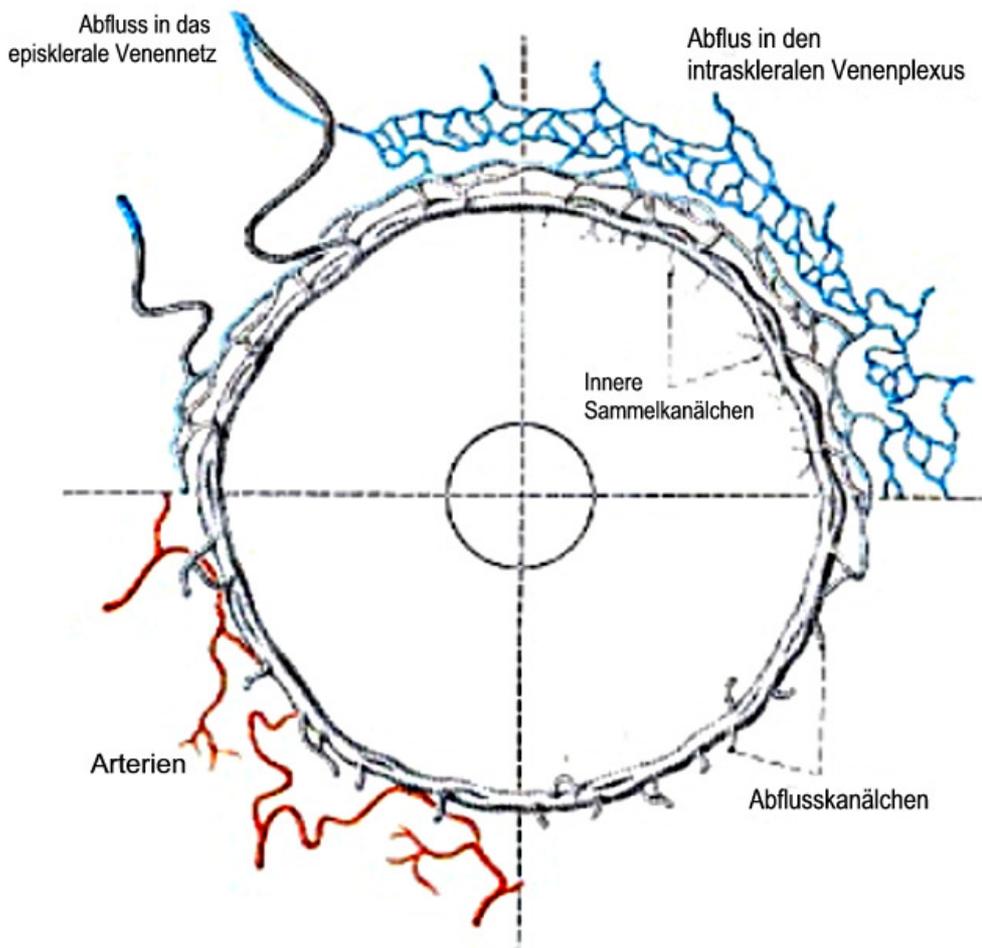


Abb. 5.: Schema des Schlemmschen Kanals und der verschiedenen Abflüsse

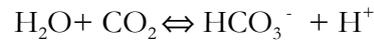
Wichtig bei diesem Abfluss ist sowohl die Regulationsmöglichkeit über die Ziliarmuskulatur des Ziliarkörpers (siehe auch Anatomie), als auch über die kontraktiven

Eigenschaften der Trabekelwerkzellen (KRIEGLSTEIN, G.K. 1995). Diese kontraktile Eigenschaften werden aktiviert durch bestimmte Signalproteine wie Myosin und Myosin-Light-Chain-Kinase (WIEDERHOLT, M., et al. 2000). Die übrigen 15%, die nicht über den Schlemmschen Kanal abgeleitet werden, werden über das uveosklerale Gefäßsystem in den venösen Kreislauf eingebracht (LANG 1998). Das Trabekelwerk bildet somit den 2. physiologischen Widerstand; dies ist bei dem Offenwinkelglaukom wichtig. Das Trabekelwerk dient also zum einen als Filter und zum anderen als Abflusskanal mit Widerstand. Dieser Widerstand wird durch zwei Faktoren beeinflusst: dem Ziliarmuskeltonus, der vegetativ innerviert ist, und dem Innendruck der Kammerwasservenen (ALVARADO, J.A., et al. 2003, LÜTJEN-DRECOLL, E. 2000). Das Trabekelwerk ist ein schwammähnliches Maschenwerk, dessen Lamellen über ein bindegewebiges Grundgerüst mit elastischem Kern verfügen, sodass Druckschwankungen abgefangen werden können. Im Alter verdicken diese Lamellen durch Ablagerungen von Chondroitinsulfat und Proteoglykanen. Ein wichtiger Stoff, der das Trabekelwerk gleitfähig hält und ein Verstopfen verhindert, ist die Hyaluronsäure, die bei Glaukopatienten verringert ist (LÜTJEN-DRECOLL, E. 2000, WELGE-LUSSEN, U., et al. 2000). Das Trabekelwerk besteht aus einem Aktin-Zytoskelett und enthält somit Aktin-Filamente und Aktin-assoziierte Proteine; diese haben Auswirkungen auf die Geometrie und den Abflusswiderstand im Trabekelwerk. Im Trabekelwerk sind neben kontraktile Zellen, die auf bestimmte Signalproteine reagieren, auch noch eine große Anzahl von Nervenfasern vorhanden, die wahrscheinlich die Kontraktilität unabhängig von dem Ziliarmuskel regeln (LLOBET, A., et al. 2003, LÜTJEN-DRECOLL, E., et al. 2001). Beim primären Offenwinkelglaukom ist die trabekuläre Abflussfazität im Schlemmschen Kanal durch einen gestörten Stoffwechsel der juxtakanalikulären extrazellulären Matrix reduziert. Beim Umsatz dieser Matrix sind besonders die Matrixmetalloproteasen (MMP) und deren Inhibitoren (TIMP) von Bedeutung. Den IOP könnte man durch einen Abbau dieser Matrix verringern, indem die MMP-Aktivität gesteigert bzw. die TIMP-Aktivität verringert wird; dies ist zur Zeit jedoch ein rein theoretischer Ansatz (HEINZ, C., et al. 2003, FUCHSHOFER, R., et al. 2003, HEINZ, C., et al. 2002). Die Durchblutungssituation des gesamten Auges, besonders der Venen und der Retina, spielt eine wichtige Rolle beim Glaukom. Neben den oben genannten Abflusswegen gibt es weitere umfangreiche Flüssigkeitsbewegungen intraokular durch den Glaskörper zur Netzhaut. Dafür sorgen der kolloidosmotische Sog und aktive Transportmechanismen in dem retinalem Pigmentepithel. Dies kann durch Mikrozirkulationsstörungen eingeschränkt werden. Bei

der Mikrozirkulation spielt die Carboanhydrase eine Schlüsselrolle, besonders im Rahmen der lokalen Autoregulation sowie der Volumen- und Temperaturregulation.

Die kontraktile Einheiten der Gefäße sind die sogenannten Perizyten, die zum Beispiel durch die Carboanhydrase und ihre Signalkette aktiviert werden (BOHM, A.G, et al. 2003, NAGEL, E., et al. 2001-2002, PILLUNAT, L.E., et al. 1999).

Die Carboanhydrase katalysiert die folgende Reaktion:



Kohlendioxid, einer der stärksten Vasodilatoren ist an dieser Reaktion beteiligt.

Ein nutritives Defizit, welches durch eine Störung der Mikrozirkulation induziert sein kann, führt beim Glaukom zu einer lokalen Ischämie und Mangelversorgung der Netzhaut. Bei einer Mangelversorgung können die Müllerzellen der Netzhaut das anfallende Glutamat, welches durch Zelluntergang entsteht, nicht mehr aufnehmen. Dieses Glutamat wiederum induziert eine erneute Apoptose und Zelluntergang (TAYLOR, S., et al 2003, DERIS, I. 2002). Beim Glaukom hat man erhöhte intraokulare Glutamatwerte gefunden, die neurotoxisch wirken. Allein die Schädigung einzelner Neurone setzt Glutamat frei, welches dann neurotoxisch auf noch intakte Neurone in der Umgebung wirkt, was auch das Fortschreiten der Gesichtsfeldschäden erklärt (MARCIC, T.S., et al 2003, KAUSHIK, S., et al. 2003.). Eine Netzhautischämie kann auch durch eine Störung der Autoregulation der Gefäße hervorgerufen werden, wobei gezeigt werden konnte, dass ein erhöhter IOD nicht ausreicht, die autoregulierte Sauerstoff- und Nährstoffversorgung so stark einzuschränken, dass ein Untergang der Ganglienzellen resultiert. Es müssen somit noch zusätzliche mechanische oder vaskuläre Risikofaktoren vorliegen (DERIS, I. 2002/ PLANGE, N., et al. 2002). Die inferiore temporale Netzhautregion scheint besonders vulnerabel für Ischämien zu sein. So erklärt man sich die frühen oberen Gesichtsfeldverluste mit dem charakteristischen Bogenskotom (COSTA, V.P., et al 2003, BOEHM, A.G., et al 1999, MAO, L.K., et al. 1991). Die Regulation der Hydrodynamik des Auges wird unter anderem durch den Melatonin- und den Serotoninstoffwechsel beeinflusst. Weitere Transmitter die auf den Flüssigkeitshaushalt Einfluss nehmen sind das Natriuretische Hormon und Angiotensin.

Die arterielle Durchblutung der Papille hängt von folgenden Faktoren ab:

- a) Zustand der Gefäße
  - b) Quantität der Kapillarisation der Papille
  - c) Fließeigenschaften des Blutes
  - d) Kreislaufparameter
  - e) Veränderungen der arteriellen Strombahn (z.B. Stenosen)
  - f) Veränderungen der Blutzusammensetzung (z.B. Lipide, Cholesterin)
- (KRIEGLSTEIN, G.K. 1995)

Auf das Gefäßendothel nehmen folgende Transmitter Einfluss:

1. Vasodilatatorisch: CO<sub>2</sub>, PH-Wert-Verschiebung in den sauren Bereich, Prostazyklin, NO
2. Konstriktorisch: Endothelin, Thromboxan A<sub>2</sub>, Prostaglandin H<sub>2</sub>

Bei Patienten mit einem Normaldruckglaukom findet man häufig einen erhöhten Endothelinspiegel (oculäres vasospastisches Syndrom). Als Antagonist der Endothelinreaktion wirken Mg- und Ca-Antagonisten (DERIS, I. 2002, HAEFLINGER, I.O., et al 2001). Deshalb werden diese auch therapeutisch bei Glaukompatienten mit vasospastischem Syndrom eingesetzt. Ein weiterer wichtiger Vasodilatator ist Adenosin (GREENWOOD, J./PENFOLD, P.C. 2000). Vasodilatatorische Substanzen haben in der Therapie einen positiven Effekt auf den Visus und das Kontrastsehen gezeigt (BOEHM, A.G., et al. 2003, HARRIS, A. 1999). Verschiedene Faktoren bestimmen den Blutfluss des hinteren Augenabschnittes: Die retinalen Gefäße tragen zum Gesamtblutfluss des Auges nur ca. 5% bei; bemerkenswert ist dabei, dass die Fließgeschwindigkeit hier langsam ( 25 mm/s) und der Sauerstoffaustausch hoch ist. Die Situation in den choroidalen Gefäßen sieht anders aus: hier fließen 85% des totalen Blutflusses, es herrscht ein schneller Fluss (150 mm/s) und der Sauerstoffaustausch ist gering. Die Photorezeptoren, d.h. die äußerste Netzhautschicht, werden durch Diffusion von der Choroidea versorgt (GREENWOOD, J./PENFOLD, P.C. 2000). Der überwiegend vegetativ regulierte choroidale Blutfluss ist somit wichtig für den Schutz der Photorezeptoren (GAMLIN, P.D.R. 2000, SPONSEL, W.E., et al 1997). Für den autoregulativen Anteil der Durchblutung sind die oben erwähnten Perizyten, die amakrinen Zellen und die Endothelzellen wichtig, da sie den vaskulären Tonus bestimmen, wobei lokale vasoaktive Metabolite , wie Eikosanoide, vasoaktive Amine und Peptide, NO, Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration, pH-Wert und Stress eine große Rolle spielen (GREENWOOD, J./PENFOLD, P.C. 2000). Daran kann man schon erkennen, dass Stress einmal via Vegetativum und zum Anderen via vasoaktiven Substanzen (Endothelin, etc.) auf die choroidale Durchblutung einwirkt. Die Durchblutung lässt sich mit folgender Gleichung beschreiben:

$$Q = P_a - IOD / R$$

Q ... Durchblutung ; P<sub>a</sub> ... Druck in der Arterie ; R ... intraokularer Gefäßwiderstand (HAEFLINGER, I.O., et al. 2001, HAEFLINGER, I.O., et al. 1999.). Das Hagen-Poiseuille-Gesetz beschreibt die Wichtigkeit der Gefäßweite und zeigt, dass minimale

Gefäßweitenänderungen eine enorme Auswirkung auf den Blutfluss und die Perfusion haben (DERIS, I. 1999), da der Radius in der vierten Potenz steht..

Hagen-Poiseuille-Gesetz:

$$V = (\pi * r^4 / 8 * \eta * l) * (p_1 - p_2) * t$$

V ... durchströmendes Volumen ; r ... Radius der Röhre ;  $\eta$  ... dynamische Viskosität ;

l... Länge der Röhre ; ( $p_1 - p_2$ ) ... Druckdifferenz ; t ... Zeit

Dieses Gesetz beschreibt die laminare Strömung einer Flüssigkeit durch eine Röhre (Kapillare).

Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Patienten mit einem Glaukom ein verringertes Dilatationsmaximum und eine verringerte Dilatationsreserve der Gefäße auftreten (NAGEL, E., et al. 2002). Messungen haben gezeigt, dass bei Glaukompatienten ein niedriger pulsatiler okulärer Blutfluss und eine Perfusionsstörung vorherrschen. Rauchen führt zu einer Verschlechterung der Durchblutungssituation des Sehnervenkopfes (LEE, A.J., et al. 2003, NEMETH, J., et al. 2002 /MOLLENHAUER, K.A, BREIDENBACH, K.A. 2000). Weiterhin ist der diastolische Perfusionsdruck für die Durchblutung des Auges wichtig. Dieser Druck hat seine kritische Grenze bei 50 mmHg; sinkt er auf <30 mmHg besteht ein sechsmal höheres Glaukomrisiko. Ein niedriger systemischer (besonders der diastolische) Blutdruck führt zu Gesichtsfeldausfällen und Skotomen, selbst bei Gesunden (KREMMER, S./SELBACH, J.M. 2000). Eine weitere Verschlechterung der Autoregulation bewirkt die Abnahme des Gefäßdurchmessers mit zunehmendem Alter (Arteriosklerose) und die dadurch bedingte Abnahme der Reservekapazität. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Blutfluss im nasalen Netzhautareal mehr abnimmt als temporal (BERND, A.S., et al. 2003, BOEHM, A.G., et al. 1999, ULRICH, C., et al. 1993).

Bei Glaukompatienten wurden oft chronische Vasospasmen und der Verlust von Kapillaren beobachtet, die einen metabolischen Stress der Zellen der Retina und Papille hervorrufen und die Apoptosekaskade induzieren, was die Freisetzung von neurotoxischem Glutamat und somit weitere Schäden zur Folge hat. Der metabolische Stress wird normalerweise durch eine kompensatorische Vasodilatation abgefangen (KAUSHIK, S., et al. 2003, FUNK, R.H.W. 2000). Diese Fähigkeit ist bei Glaukompatienten herabgesetzt. Steigt der IOD, setzt normalerweise die Autoregulation ein und steigert den Blutfluss; ist der IOD zu lange erhöht, reicht die Kompensation nicht mehr aus und der Blutfluss sinkt ab (ULRICH, C., et al. 1993). Ab einer bestimmten Dauer dieses Zustandes ist dies irreversibel (SAMPAOLESI, J.R. 2000). Neben Schäden durch die Ischämie gibt es noch rein mechanische Komponenten. So besteht die Extrazellulärmatrix der Lamina cribosa zum großen Teil aus Typ I - Kollagen in

regelmäßiger Anordnung und Ausrichtung, aber auch aus Typ III und IV - Kollagen. Bei Patienten mit Glaukom fand man, dass die normale Struktur des Typ I - Kollagen

aufgehoben und der Gehalt von Typ III und IV erhöht ist. Zusätzlich findet eine Proliferation von Astrozyten statt. Dadurch kann eine direkte mechanische Schädigung durch Proliferation des Bindegewebes der Lamina cribosa angenommen werden, welche eine Papillenexkavation und die Strangulation der Gefäße und Axone hervorruft (THALE, A./GARDES, R.S. 1996).

Durch diese oben genannten Vorgänge entsteht ein primärer Schaden am neuroretinalen Gewebe des Sehnerven (LANG 1998). Besonders die großen Ganglienzellen mit dicken Neuronen sind gefährdeter als die kleinen mit dünnen. Eine Wiederbelebung von abgestorbenen Neuronen ist nicht mehr möglich, nur eine gewisse Reversibilität der Ausbuchtung der Lamina cribosa und eine Veränderung im extrazellulären und intrazellulären Flüssigkeitsvolumen, durch Reaktivierung der Neurone im Erhaltungsstoffwechsel. Die dadurch aufgehobene Kompression der Papille und der Neurone kann die Verbesserung des Gesichtsfeldes in einem gewissen Rahmen erklären (KRIEGLSTEIN, G.K. 1995). Neuronale Schäden entstehen somit durch erhöhten IOP, Durchblutungsstörungen, erhöhte neuronale Verletzlichkeit und geringere mechanische Festigkeit der Lamina cribosa (GERTEN, G. 1996). Das Absterben von Neuronen wird durch folgende Noxen induziert: erhöhtes intrazelluläres Kalzium, freie Radikale, Glutamat und andere exzitatorische Aminosäuren sowie abnormal hohe Stickstoffmonoxid- (NO-) Konzentrationen (KAUSHIK, S., et al. 2003, YOLEN, E./SCHWARTZ, M. 1998). Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass die retinale Nervenfaserschichtdicke beim Glaukom abnimmt (KLEMM, M., et al. 2001). Neuroprotektiv dagegen wirken Neurotrophine, BDNF (brain derived neurotrophic factor) und bFGF. Daraus kann man zwei Ansätze der Neuroprotektion ableiten: entweder die Verstärkung der zellulären Überlebenssignale oder die Blockierung der zellulären Todessignale:

- a)            Abblocken der Glutamattoxizität durch N-Methyl-D-Aspartat (NMDA)-Antagonisten, die die Glutamatrezeptoren blockieren.
- b)            Kalziumantagonisten
- c)            Antioxidantien gegen freie Radikale
- d)            Neuroprotektion durch Aktivierung zelleigener Schutzmechanismen oder Zufuhr von Neurotrophinen
- e)            Gen- Therapie: Expression des anti-apoptotischen Gens (bcl-2)
  
- f)             $\alpha_2$  – Agonisten: Steigern die Genexpression eines für die Ganglienzellen essentiellen Wachstumsfaktor (bFGF).

(GUGLER,A. 2000)

Während die Autoregulation bei den retinalen Gefäße im Vordergrund der Regulationsmechanismen steht, spielt das vegetative Nervensystem mit dem Sympathikus und Parasympathikus , besonders an den choroidalen Gefäßen eine wichtige Rolle.

Im Tierexperiment zeigte sich, dass der Stimulus des superioren zervikalen Ganglions eine IOD-Erhöhung bewirkt, wobei eine Entfernung dessen eine Senkung verursacht. Neben diesen gibt es noch übergeordnete Systeme. Die Hirnnerven und das Diencephalon nehmen auch Einfluss auf die Druck- und Durchblutungssituation des Auges. Ein Stimulus des Trigemini bewirkt ein Ansteigen des Druckes, wobei eine Entfernung dessen das Gegenteil hervorruft. Bei Glaukompatienten beobachtet man auch eine höhere Rate von Trigemini-Neuralgien. Das Diencephalon kontrolliert die visuellen Wege, die emotionalen Prozesse sowie die Höreindrücke, was die Wirkung von Musik erklärt. Diese beiden Areale stehen hiermit untereinander in starker Beziehung. Die Stimulation des Hypothalamus, der ein Teil des Diencephalons ist, sowie auch die Stimulation der Corpora amygdaloidea, die ein Teil des limbischen Systems sind und Verbindung zum Hypothalamus haben, lassen den Druck ansteigen. Das Diencephalon ist eine Regulationsstelle für den IOD, gleichzeitig aber auch eine Schaltzentrale für emotionale Reaktionen, was erklärt, dass Stress, Emotionen und IOD-Anstieg verbunden sind. (ERB, C.,THIEL, H.J./FLAMMER, J. 1998, ROTH, G. 1997).

Die sympathischen Nerven ziehen aus  $C_8 - Th_3$  über das superiore zervikale Ganglion zu den langen und kurzen Ziliarnerven und -gefäßen; die parasympathischen Nerven gehören zum N. okulomotorius und ziehen über das ziliare Ganglion zu den kurzen Ziliarnerven und den uvealen Gefäßen, auch teilweise aus dem N. facialis stammend; die sensorischen Nervenanteile haben ihren Ursprung im N. trigeminus ( V1: N. ophthalmicus), die zu den arteriellen Gefäßen ziehen. Die Zentralarterie ist auch bis zur Lamina cribosa sympathisch und parasympathisch innerviert, verliert diese Innervation jedoch intraokular. Bei der Interaktion dieser Systeme mit den Blutgefäßen spielen die folgenden Neurotransmitter eine enorme Rolle:

1. sympathische : Adrenalin, Noradrenalin und Neuropeptid Y
2. parasympathische : Acetylcholin, Vasoaktives intestinales Polypeptid
3. sensorische : Substanz P, Kalzitonin related Peptid, Cholezytokinin, Galanin

(ROTH, G. 2001/GAMLIN, P.D.R. 2000).

Auch das Trabekelwerk des Auges wird von verschiedenen Neurotransmittern beeinflusst: Z.B. Vasoaktives intestinales Polypeptid, Neuropeptid Y, Substanz P und endogenen Opiaten.

Der Ziliarkörper ist ein komplexes System des Ionen-Transportes, dessen Sekretionskontrolle viele verschiedene Ansätze für Neurotransmitter bietet. Sowohl das Trabekelwerk als auch der Ziliarkörper werden von dem autonomen und dem zentralen Nervensystem innerviert (ERB, C./THIEL, H.J./FLAMMER, J. 1998).

Anhand dieser Ausführungen kann man die Komplexität der Physiologie und Pathophysiologie des Auges insbesondere im Hinblick auf das Glaukom erkennen, wobei noch immer viele Fragen offen sind und der wissenschaftlichen Erforschung bedürfen.

### **2.2.1.5. Symptomatik**

Bei der Glaukomerkrankung ist besonders gefährlich, dass subjektive Symptome für den Patienten jahrelang fehlen können, und somit diese Krankheit von vielen Patienten unterschätzt und nicht ernst genommen wird. Die zentrale Sehschärfe bleibt hier oft bis zum Spätstadium erhalten (GERSTE, R.D. 1995). Wenige Patienten entwickeln eine unklare Symptomatik, zu der Kopfschmerzen, Augenbrennen, Augenrötung, verschwommenes bzw. verschleiertes Sehen oder gestörte Farbdiskriminierung gehören können (vor allem Blausinnstörungen). Die Erkrankung kann weit fortgeschritten sein, bevor ein Gesichtsfeldverlust auch vom Patienten subjektiv wahrgenommen wird (LANG 1998). Der Gesichtsfeldausfall wird erst dann von dem Patienten bemerkt, wenn die zentrale Sehschärfe (Gesichtsfeld) betroffen ist (KÜCHLE/BUSSE 1991). Wird das Glaukom nicht oder nicht rechtzeitig behandelt, kann dies bis zu einer Erblindung führen. Aufgrund fehlender Warn- oder Frühsymptome bei den meisten Patienten sind daher Vorsorgeuntersuchungen ab dem 40. Lebensjahr von großer Bedeutung.

### **2.2.1.6 Diagnostik**

Die einfachste Form der Prüfung des Augendruckes ist die Palpation des Augapfels. Dies liefert eine grobe Orientierung über die Druckverhältnisse. Ist der Augapfel etwas eindrückbar, bedeutet dies eher, dass der Druck unter 20 mmHg liegt, ist er aber hart, handelt es sich um Druckverhältnisse zwischen 60 und 70 mmHg, was eher beim Glaukomanfall vorkommt.

Als weitere grob orientierende Untersuchung kann die Vorderkammer des Auges tangential zu Irisebene beleuchtet werden (z.B. Taschenlampe, Spaltlampe). Bei normal ausgeleuchteter Iris ist die Vorderkammer normal tief, was auf einen offenen Kammerwinkel hindeutet, wo hingegen eine ungleichmäßig ausgeleuchtete Iris auf eine flache Vorderkammer und einen verschlossenen Kammerwinkel hinweist.

Bei der Spaltlampenuntersuchung kann man die periphere und zentrale Vorderkammertiefe genauer beurteilen.

Eine Untersuchung des Kammerwinkels erreicht man durch die Gonioskopie. Das Gonioskop wird direkt auf die anästhesierte Hornhaut aufgesetzt und über einen Spiegel der Kammerwinkel eingesehen. Hierbei ist beurteilbar, ob der Kammerwinkel offen oder geschlossen ist, ob Zellen im Kammerwinkel sind und warum der Kammerwinkel eventuell verschlossen ist.

Die Messung des Augendrucks kann auf verschiedene Arten erfolgen:

1. Impressionstonometrie nach Schiötz: Hierbei wird am liegenden Patienten die Eindrückbarkeit der Hornhaut mit einem Tonometerstift geprüft. Diese Methode ist heute weitgehend durch die Applanationstonometrie ersetzt worden.
2. Applanationstonometrie nach Goldmann: Hierbei wird die Hornhaut mit einem planen Druckkörperchen mit dem Durchmesser von 3,06 mm auf einer 7,35 mm<sup>2</sup> großen Fläche abgeplattet. Hierbei wird die Kraft gemessen, die benötigt wird, um dieses zu erreichen, sie ist direkt korreliert zum IOD und kann an der Messschraube in mmHg abgelesen werden.
3. Luftstoß-Nonkontakt-Tonometrie: Hierbei wird ein 3 ms langer Luftstoß gegen die Hornhaut gerichtet, die Eindrückbarkeit der Hornhaut registriert und der Druck kalkuliert.
4. Selbsttonometrie: Der Patient kann seinen Augendruck mit einem Gerät selbst messen. Hierbei setzt der Patient das Gerät an die Stirn, ein Tonometerköpchen fährt auf die Hornhaut und misst den Druck (noch relativ ungenau).

Wichtig für alle Glaukompatienten ist die Erstellung einer Tagesdruckkurve, um Tagesschwankungen und Spitzen zu erfassen. Hierbei finden Messungen um 6,12,18,21 und 24 Uhr statt. Auch mit der Selbsttonometrie kann man ein solches Tagesprofil unter normalen Lebens- und Umweltbedingungen erstellen (LANG 1998). Die Selbsttonometrie und das Erstellen eines Tagesprofils helfen auch bei der Anpassung der Therapie an Tagesschwankungen und –spitzen.

Die Ophthalmoskopie dient der Beurteilung des hinteren Augenabschnittes, bei Glaukom besonders der Papillenbeurteilung. Physiologisch weist die Papille eine zentrale Exkavation auf, sie ist normalerweise randscharf begrenzt und vital gefärbt. Bei erhöhtem Augendruck erscheint sie tief und breit excaviert vergrößert, abblasst und vertikal elongiert.

Die Gesichtsfelduntersuchung (Perimetrie) ist wichtig für die Glaukomfrüherkennung und die Verlaufsbeurteilung. Bei der Perimetrie wird das Wahrnehmungsfeld des Auges bei unbewegtem monokularem Geradeausblick auf einen Punkt untersucht, indem auftauchende Lichtmarken vom Patienten angezeigt werden. Folgende Arten der Perimetrie gibt es:

1. Kinetische Perimetrie: Halbkugelperimetrie nach Goldmann: Hierbei werden Lichtmarken von peripher nach zentral in der Halbkugel geführt. Lichtmarken gleicher Größe und Intensität ergeben konzentrische Kreise gleicher Wahrnehmung. Die Lichtmarken werden immer kleiner und lichtärmer gewählt.
2. Statische Computerperimetrie: Die unbewegten Lichtmarken werden so lange in ihrer Helligkeit gesteigert bis sie erkannt werden. Von der Makula in Richtung Peripherie nimmt die Helligkeitsschwelle ab.

(LANG 1998)

Die Goldmann-Perimetrie ist besonders gut geeignet für fortgeschrittene Glaukomstadien mit schlechten Visus oder ältere Patienten, bei welchen Schwierigkeiten mit der Technik auftreten könnten; hingegen liefern die anderen Perimeter einen genaueren Überblick über die Schäden und den Verlauf, auch in frühen Stadien. Zu den statischen Perimetrien gehört die Rauschfeldperimetrie, bei der im flimmernden Monitor sogenannte Flimmerskotome erkannt werden. Frühe Veränderungen werden durch das 30-2 Programm am Humphrey-Perimeter erkannt (LANG 1998). Noch frühere Schäden kann man mit der Blau-Gelb-Perimetrie besser erkennen als mit dem Weiß-Weiß (REMKY, A./AREND, O. 2000). Zuerst entwickeln sich parazentral nasal oben (seltener unten) gelegene inselförmige Skotome, denen eine Vergrößerung des blinden Fleckes vorausgeht. Verschmelzen diese Skotome, so bezeichnet man sie als Bjerrum Skotom. Bei weiterer Druckschädigung vergrößern sich die Ausfälle bis schließlich nur noch ein kleiner Gesichtsfeldrest vorhanden ist bzw. die völlige Erblindung eintritt.

Eine weitere Möglichkeit die Papille zu untersuchen, ist mit computergestützten bildgebenden Systemen, bei denen die Papille mit einem Laser abgetastet wird. Hiermit lässt sich ein Bild der Papille erstellen, welches für die Diagnostik und die Verlaufskontrolle von Vorteil sein kann (GERSTE, R.D. 1998). Auch die retinale

Nervenfaserschicht kann untersucht und sichtbar gemacht werden. Mit Hilfe von rotfreiem Licht wird bei weiter Pupille von den Nervenfasern eine Photographie gemacht. Bei der Glaukomerkrankung zeigt sich hierbei eine Reduzierung der Nervenfasern (GERSTE, R.D. 1995, LANG 1998).

Belastungsproben, die den IOD übertreiben können, sind folgende:

1. Den Wassertrinktest, bei dem der Patient 1 Liter Flüssigkeit innerhalb von einer halben Stunde trinkt und eine weitere halbe Stunde wartet. Danach werden im Abstand von jeweils 20 Minuten drei Messungen des IOD durchgeführt.
2. Den Koffeintest, bei dem der Patient 1 Tasse Kaffee oder 0,2 g Koffein zu sich nimmt.
3. Der Dunkelversuch, bei dem sich der Patient 1 Stunde lang in der Dunkelheit aufhält.
4. Der Mydriaticumversuch, bei dem eine Weitstellung der Pupille induziert wird.

Durch diese Belastungsproben sollen Druckspitzen hervorgerufen werden, um somit eine Therapieeinstellung zu überprüfen oder zu verbessern, wobei die Tests 2 – 4 heute nicht mehr durchgeführt werden (KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991).

Die Informationen über die Perfusion, den Blutfluss, die Pulsamplitude, den diastolischen Fluss, die alle beim Glaukom (besonders beim Niederdruckglaukom, aber auch beim Hochdruckglaukom) verringert sind, den Gefäßwiderstand und die arteriovenöse Passagezeit, welche beide erhöht sind, sind zusätzlich interessant (PILLUNAT, L.E., et al. 2001, SCHMIDT, K.G., et al. 1997, SPONSEL, W.E., et al. 1997). Die folgenden Geräte werden bei der Perfusionsdiagnostik eingesetzt: Doppler-Sonographie, Laser-Doppler-Flowmetrie (Heidelberg-Retina-Flowmeter oder Laser-Doppler-Flowmeter nach Civa), Ocular-Blood-Flow-System nach Langham, Ocular-Oszillo-Dynamographie nach Ulrich, Farbduplexsonographie und Scanning-Laser-Fluoreszenzangiographie (FRUHSTORFER, B., et al 2000).

Auch die Genanalyse kann in Zukunft nützliche Hinweise für die Diagnostik liefern, weil schon jetzt jeweils für das jugendliche, das adulte und das konnatale Offenwinkelglaukom mehrere verschiedene Genorte und Mutationen entdeckt worden sind (RAUTENSTRAUß 1997).

Die neusten computerunterstützten Untersuchungsmethoden sind folgende:

1. Laser-Scanning-Ophthalmoskopie (Tomographie): Bestimmt die morphologischen Parameter der Papille

2. Scanning-Laser-Polarimetrie: Messen der peripapillären Nervenfaserschichtdicke. (STÜRMER, J./BERNASCONI, P. 1996)
3. Glaukoma-Scope: Messen der Papillenexcavation (DANNHEIM, F./GARZA, A.P. 1996)
4. Musterelektroretinogramm: Früherkennung von retinalen Schäden. Untersuchung bestimmter lokalisierter Bereiche der Retina.
5. Kontaktglastonometrie: Gleichzeitige IOD-Messung und Funduserhebung zur Beurteilung des IOD und der Kreislaufsituation des Auges (GREHN, F.1996).
6. Elektrokulogramm: Messen der Änderung des okulären Potentials und Prüfen der Funktion des Pigmentepithel-Rezeptorkomplexes.
7. Elektroretinogramm: Beurteilung der gesamten Retina und ihrer verschiedenen Zellen möglich (STIEFELMEYER, S./NEUBAUER, A.S./BERNINGER, T/ARDEN, G.B./RUDOLPH, G. 2004).
8. Visuell Evozierte Kortikale Potentiale: Überprüfen der Sehbahn und des Sehentrums (RUDOLPH, G., et al. 2002)

Die drei wichtigsten Säulen der Basisdiagnostik zur Sicherung der Diagnose Glaukom bilden die Druckmessung, die Papillenbeurteilung und die Perimetrie.

### **2.2.1.7 Differentialdiagnosen**

Die okuläre Hypertension: Hier werden bei dem Patienten über Jahre hinweg signifikant erhöhte Druckwerte (bis 25 mmHg) gemessen, ohne dass sich Zeichen der glaukomatösen Sehnervenschädigung und des Gesichtsfeldausfalles ergeben. Ca. 40% der Patienten entwickeln innerhalb von 5-15 Jahren ein manifestes Glaukom. Die Wahrscheinlichkeit ein manifestes Glaukom zu entwickeln, steigt mit der Höhe des IOD. Je jünger der Patient aber ist, und wenn eine positive Familienanamnese vorliegt, ist das Risiko besonders hoch. Daher sollte auch die okuläre Hypertension frühzeitig behandelt werden, um das Auftreten eines manifesten Glaukoms zu verhindern (GORDON, M.O. 2002).

Das Normaldruckglaukom: Hier zeigen sich bei einem Patienten progressive glaukomtypische Papillenveränderungen und Gesichtsfeldausfälle ohne erhöhte Augeninnendruckwerte. Bei diesen Patienten steht die schlechte Blutversorgung (durch hämodynamische Krisen, niedrigen oder zu hohen Blutdruck, Arteriosklerose der Optikusgefäße oder der Carotis, verringerte Elastizität der A. ophthalmica, verminderte

Regulation durch das autonome Nervensystem, sowie durch vasospastische Syndrome) im Sehnervenkopf im Vordergrund. Der Sehnerv ist dadurch sehr vulnerabel und scheinbar normale Augeninnendruckwerte führen zu großen Sehnervenschäden. (ANDERSON, D.R., et al. 1999, LANG 1998, GERSTE, R. 1998, KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991). Das vasospastische Syndrom ist hierbei besonders wichtig, da der Sehnerv der Patienten infolge Minderperfusion besonders gefährdet ist. Ein vasospastisches Syndrom liegt vor, wenn eines oder mehrere folgender Symptome auftreten: kalte Extremitäten, Migräne, Tinnitus, reduziertes Durstempfinden und Raynaud-Syndrom. Dieses Krankheitsbild wird durch eine Vasokonstriktion und einen folgenden Vasospasmus hervorgerufen. Diese Patienten haben erhöhte Spiegel des Stresshormons Endothelin. Bei Stress oder Kälteexpression wird es vermehrt ausgeschüttet und führt zu Vasokonstriktion (STREMPPEL, I. 2002).

Weitere Differentialdiagnosen siehe auch Epidemiologie und Einteilung der Glaukome.

### **Begleiterkrankungen:**

Die Glaukomerkrankung ist oft mit weiteren Erkrankungen vergesellschaftet, wobei bis zu 90% der Patienten mindestens an einer leiden:

Mit Diabetes mellitus, Schilddrüsenerkrankungen, rheumatischen und anderen chronischen Entzündungserkrankungen, M. Bechterew, Nikotin- und Alkoholkonsum (was zu einer Sehnervenvergiftung und Durchblutungsstörung führen kann) (GERSTE, R. 1998) und vaskuläre Risikofaktoren wie z.B. die koronare Herzkrankheit, Herzrhythmusstörungen, ischämische cerebrale Herde, Hypertonie bei chronischem Offenwinkelglaukom und Hypotonie bei Normaldruckglaukom (ERB, C. 1999). Auch Erkrankungen des Gerinnungssystems und der Blutviskosität spielen eine Rolle: das Prothrombin I und II, die D-Dimere, die Plasmaviskosität, das Cholesterin, die Erythrozyten- und Thrombozytenaggregabilität sind oft erhöht (KREMMER, S./SELBACH, J.M. 2000).

Besonders das Normaldruckglaukom ist mit vaskulären Faktoren vergesellschaftet: niedrigem systemischen Blutdruck, nächtlichen Blutdruckabfällen, verlängerter arterieller Füllungsphase, langsamer arterieller okulärer Perfusionszeit und vasospastischen Syndromen (siehe oben) (ERB, C. 1999).

Auch eine psychische Komponente tritt gehäuft bei Glaukopatienten auf: psychische Labilität, Neigung zu Depressionen, erhöhte Nacken- und Rückenprobleme, Reizbarkeit, Neigung zur Grübeleien, innere Unruhe, Mattigkeit und Völlegefühl (ERB, C. 1993).

### 2.2.1.8 Therapie der Glaukomerkrankung

Das Ziel der Therapie eines Glaukompatienten sollte immer die Erhaltung der Sehfunktionen und der Lebensqualität sein. Dies beinhaltet den Schutz des Sehnervens mit welchen Maßnahmen auch immer, wobei wiederum auf jeden Patienten individuell eingegangen werden sollte (TRAVERSO, C.E. 1998). Als wirksam für die Gesichtsfelderhaltung erweisen sich primär die Drucksenkung des IOD, sowie die Verbesserung der Sehnervendurchblutung. Neuroprotektion, Neuroregeneration und in einigen Jahren vielleicht die Gentherapie sind Zukunftsperspektiven (THYGESEN, J. 1998). Bei der Therapieentscheidung gilt es die Risikofaktoren, den Augendruck, den Papillenbefund, das Gesichtsfeld, den allgemeinen Gesundheitszustand, das Alter und die Lebenserwartung des Patienten zu berücksichtigen. Die mögliche Compliance des Patienten muss abgeschätzt werden (KRIEGLSTEIN, G.K. 1996). International ist man sich einig, dass die Therapie bei Patienten mit hohem Augendruck, noch nicht sehr weit fortgeschrittenen Gesichtsfeldausfällen und Papillenschäden medikamentös eingeleitet werden soll. Bei mäßig hohem Augendruck und fortgeschrittenen Schäden sollten chirurgische Interventionen zum Tragen kommen (GERSTE, R.D. 1998). Wie oben schon angedeutet, sollte auch die Lebensqualität bei der Therapiefestlegung beachtet werden.

#### Lokaltherapie mit Augentropfen:

1999 hat die European Glaucoma Society die folgende Richtlinie zur medikamentösen Behandlung herausgegeben:

- Stufe I:  $\beta$  - Blocker
- Stufe II: 1) Alpha - 2 – Agonisten oder Prostaglandine oder Carboanhydrasehemmer  
2) Sympathomimetika oder Miotika
- Stufe III: Kombinationstherapie (KIMMICH 1999)

Wegen der systemischen Nebenwirkungen der Betablocker wird bei uns und anderen Augenkliniken die bessere, wenngleich kostspieligere Therapie mit Carboanhydrasehemmern als Therapie der 1. Wahl bevorzugt.

Jede Therapieneueinstellung bzw. –änderung sollte kontinuierlich überprüft und die Verträglichkeit, Wirkung und Nebenwirkung beurteilt werden. Auch die Arbeitsfähigkeit des Patienten sollte nicht durch die Therapie beeinträchtigt werden (LANG 1998). Ein Zudrücken des Tränenpünktchens nach Tropfenapplikation kann die erforderliche Dosis

halbieren oder das Tropfenintervall verlängern (WAGNER, E. 1993). Allgemeine Nebenwirkungen von Augentropfen sind Fremdkörpergefühl, Juckreiz, Stechen, Brennen und tränende Augen (COSTAGLIOLA, C., et al. 2002, TAYLOR, S.A., et al. 2002).

Die medikamentösen Ansatzpunkte sind:

1. Hemmung der Kammerwasserproduktion
2. Erhöhung des trabekulären Abflusses
3. Erhöhung des uveoskleralen Abflusses
4. Verbesserung des transretinalen Abflusses ( z.B. durch Verbesserung der Durchblutungsfaktoren)

Die Hemmung der Kammerwasserproduktion erreichen Sympathomimetika, Sympatholytika und Carboanhydrasemmer; die Verbesserung des Kammerwasserabflusses erreichen Parasympathomimetika, Prostaglandinanaloga und Sympathomimetika (LANG 1998). Im Folgenden sollen die verschiedenen Pharmaka kurz vorgestellt und angerissen werden:

1. Parasympathomimetika:
  - a. Direkte: Cholinergika: Pilocarpin:

Diese erhöhen den Kammerwasserabfluss wahrscheinlich über eine mechanische Komponente durch Ziliarmuskelkontraktion und Zug auf das Trabekelwerk sowie den Sklerasporn. Dadurch wird der Kammerwinkel erweitert und der Abflusswiderstand in den episkleralen Venen verringert. Besonders beeinträchtigend ist die Nebenwirkung der Miosis, die zur Verschlechterung des Nachtsehens, der Einengung des Gesichtsfeldes und bei jungen Patienten zu stark wechselnder Myopie führt.
  - b. Indirekte: Cholinesterasemmer: Neostigmin

Sie erhöhen den Abfluss über eine Kontraktion des Ziliarkörpers und des Sphincter iridis. Sie haben aber erhebliche okuläre und systemische Nebenwirkungen und werden deshalb nur im Notfall eingesetzt.
2. Sympathomimetika: Alpha - 2 – Analoga:
  - a. Dipivefrin (Adrenalin):

Diese Medikamentengruppe verbessert den Kammerwasserabfluss und vermindert die Kammerwasserproduktion. Bei 10-15% der Patienten bilden sich aber Allergien aus. Direktes Adrenalin wird heutzutage nicht mehr verwendet.

b. Clonidin:

Senkt den Druck um 20% über eine okuläre Vasokonstriktion. Die häufigste Nebenwirkung ist die Blutdrucksenkung. Wird nur selten gebraucht.

c. Brimonidin (Alphagan):

Verbesserung des Kammerwasserabflusses durch die Verminderung des episkleralen Venendruckes sowie die Verminderung der Kammerwasserproduktion durch eine Senkung der Ziliarkörperperfusion. Vorsichtiger Einsatz bei Herzkreislauf-erkrankungen. (LANG 1998, KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991)

Alpha - 2 – Agonisten senken die Kammerwasserproduktion um ca. 35% (WHEELER, L., et al. 2003). Diese, besonders Brimonidin, wirken wahrscheinlich auch neuroprotektiv durch Schutz vor glutamatvermittelter Zytotoxizität und Degeneration von Nervenfasern; dadurch wird die Funktion des Sehnerven um den 2,5-fachen Faktor verbessert, sowie das Überleben der Ganglienzellen um den 4-fachen. Auch ein Schutz der Photorezeptoren vor lichtinduzierten Schäden wird erreicht über eine Induktion von Überlebensfaktoren, z.B. bFGF (basic fibroblast growth factor) und der Upregulation von mRNA für bFGF sowie der Mitogen-aktivierte-Proteinkinase (MAP- Kinase). Wichtig ist auch, dass Brimonidin keinen negativen Einfluss auf die Perfusionsparameter des hinteren Augenabschnittes hat (WHEELER, L., et al. 2003, COSTAGLIOLA, C., et al. 2003).

3. Sympatholytika:

a. direkte  $\beta$ -Blocker: Timolol:

Diese vermindern die Kammerwasserproduktion um ca. 35% (MUNGAN, N.K., et al. 2003). Die unspezifischen Betablocker (wie z.B. Timolol und Metoprolol) bewirken trotz Einfluss auf Blutdruck und Pulsfrequenz eine Zunahme des okulären Blutflusses (KÖLLER, A.U./PILLUNAT, L.E. 2000); andere  $\beta$ -Blocker erhöhen den peripheren Gefäßwiderstand und verringern den okulären Blutfluss der Choroidea und der Retina (NAGASURAMANIAN 2000). Beachten muss man bei dieser Medikamentengruppe den Long-Term-Stift, d.h. dass anfangs eine Drucksenkung bis zu 50% erreicht wird, aber auf lange Zeit sich dieser Effekt auf nur 20% verringert (GERSTE, R.

1998). Kontraindiziert sind diese bei obstruktiver Lungenerkrankung, Asthma, Herzinsuffizienz und Herzrhythmusstörungen (LANG 1998).

b. indirekte: Guanethidin: (heute obsolet)

Diese senken die Kammerwasserproduktion (LANG 1998).

4. Prostaglandin-F2A-Analoga: Latanoprost, Bimatoprost, etc.:

Erhöhung des uveoskleralen Kammerwasserabfluss durch eine Hyperämie der Irisgefäße und durch eine Vasodilatation der Bindehautgefäße (DIESTELHORST, M. 1998). Außerdem werden der Perfusionsdruck und der Blutfluss erhöht (WETZEL, C. 1999)). Weiterhin wird die Melaninsynthese in der Iris gesteigert, was zu einer irreversiblen Pigmentverschiebung der Iris führt, eine der meist beobachteten Nebenwirkungen (DIESTELHORST, M. 1998).

5. Carboanhydrasehemmer: Dorzolamid:

Sie vermindern die Kammerwasserproduktion um ca. 20% (MUNGAN, N.K., et al. 2003). Schon in geringer Dosis ist eine Durchblutungssteigerung, eine Steigerung der Sauerstoffversorgung des Sehnerven und eine positive Beeinflussung des Metabolismus des Sehnerven zu beobachten (STEFANSSON, E. 1999). Die Carboanhydrasehemmer steigern die Perfusion in der Choroidea, wodurch auch die visuelle Funktion verbessert wird. Sie beeinflussen nicht die autoregulierten retinalen Gefäßen (SPONSEL, W.E., et al. 1997). Zusätzlich wird die arteriovenöse Passagezeit verkürzt (COSTA, V.P., et al. 2003). Durch die Carboanhydrasehemmung werden Stickoxide freigesetzt, die eine Vasodilatation und Neuroprotektion bewirken. Sie verfügen wie alle anderen über zahlreiche Nebenwirkungen, u.a. wie Allergien, Übelkeit, Depressionen etc. (LANG 1998), die hier nicht alle aufgezählt werden sollen.

6. Calciumkanalblocker: (als Lokalthérapeutikum noch nicht im Handel)

Diese verbessern den Blutfluss und die Perfusion, bewirken eine Vasodilatation, erhöhen die Hämodynamik und senken den Augendruck. Außerdem wirken sie neuroprotektiv durch Abfangen von freien Radikalen (PILTZ, J.R., et al 1998, GOBEL, W./LIEB, W.E. 1995) und verbessern die Kontrastsensitivität (BÖHM, A.G., et al. 2003)

7. Kombinationstherapie:

Bei der Kombinationstherapie gilt die Regel, dass die Glaukommedikamente der verschiedenen oben beschriebenen Wirksubstanzen dann additiv wirksam sind, wenn sie unterschiedliche pharmakologische Angriffspunkte haben (GREHN, F./MACKENSEN, G. 1993). Mit Hilfe einer Monotherapie kann der Augendruck bis zu ca. 25%, mit einer Kombinationstherapie bis zu ca. 35% und mit einer maximalen Kombinationstherapie bis zu 40% gesenkt werden (KRIEGLSTEIN, G.K. 1998).

8. Unser zusätzlicher therapeutischer Ansatz ist die Musikmedizin, deren Wirkung über vegetative Mechanismen den IOD senkt.

### **Operative Massnahmen:**

Die operative Therapie ist dann indiziert, wenn die medikamentöse Therapie nicht ausreicht, nicht vertragen wird, nicht angewandt werden kann oder bei mangelnder Compliance. Im Folgenden sollen die operativen Möglichkeiten kurz dargestellt werden:

1. Argon-Laser-Trabekuloplastik (ALT):

Hier werden Laserlöcher ins Trabekelwerk gesetzt, die eine narbige Kontraktion verursachen, was wiederum zu Zwischenräumen und einer Aufdehnung des Trabekelwerkes führt. Es werden hierbei ca. 50-100 Laserherde im vorderen Anteil des Trabekelwerkes gesetzt. Sie ist nur bei offenem Kammerwinkel möglich, schmerzlos, mit einer geringen Komplikationsrate und ambulant durchführbar; hält aber meist nur für ca. 2 Jahre, da die Stellen wieder zuwachsen.

2. filtrierende Operation:

Hier wird das Kammerwasser von der Vorderkammer durch eine Skleraöffnung vorbei am Trabekelwerk unter das Skleragewebe in ein dünnwandiges Filterkissen und dann subconjunctival geleitet. Zu diesen Operationen zählen die Goniotrepanation und die Trabekulektomie.

3. Zyklodialyse:

Hierbei werden in einer Operation die Sklera und der Ziliarkörper voneinander getrennt, sodass eine Atrophie des Ziliarkörpers erreicht wird, und die Kammerwasserproduktion gesenkt wird. Diese ist heutzutage kaum noch induziert.

#### 4. Zyklodestruktive Eingriffe:

Hierbei werden Teile des Ziliarkörpers so behandelt, dass eine Atrophie erreicht wird, und die Kammerwasserproduktion sinkt. Dies wird erreicht durch:

- a) Kryokoagulation (Kältebehandlung)
- b) Diathermie (Hitzebehandlung)
- c) Photokoagulation (YAG oder Diodenlaser)
- d) Hochfrequenzultraschall (LANG 1998)

#### 5. Iridektomie:

Eröffnung der Iris. Indiziert beim Winkelblock, meistens bei einem akuten Glaukomanfall.

#### 6. Trabekulotomie:

Eröffnen des Trabekelwerkes mit einer Trabekelsonde. (KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991)

#### 7. Trabekelaspilation:

Mit einem Saug- und Spühsystem wird abgelagertes Material abgezogen.

#### 8. Lasersklerotomie:

Mit einem YAG-Laser wird eine atraumatische Verbindung zwischen der Vorderkammer und dem Subkonjunktivalraum geschaffen.

#### 9. Viscocanalostomie :

Präparieren des tiefen Skleragewebes und Herausschneiden eines Streifens aus der Sklera. Neuerdings auch mit einem YAG-Laser möglich (SPIEGEL, D., et al. 1998).

#### 10. Retinektomie:

Schaffen eines retinalen Loches im peripheren Netzhautanteil. Nur bei schwersten sekundären Neovascularisations-Glaukomen (KIRCHHOF, B./BARTZ-SCHMIDT, K.-U. 2000)

Die CIGTS-Studie zeigt, dass bei einer aggressiven Augendrucksenkung sowohl die medikamentöse als auch die operative Therapie gleich effektiv im Bezug auf den Gesichtsfeld-Erhalt sind (LICHTER, P.R. 2001)

### **2.2.1.9 Prognose und Prophylaxe**

Die Prognose der Glaukomerkrankung hängt von dem Stadium ab, in dem die Erkrankung entdeckt wird, sowie dem Anschlag der Therapie bei dem jeweiligen Patienten, der Progredienz der Gesichtsfeldausfälle trotz Therapie und der Compliance, also der Mitarbeit und Zusammenarbeit des Patienten, aber auch ganz besonders von der effizienten Therapie der vielen begleitenden Grunderkrankungen. Die Prognose bewegt sich von einem Stadium der Nicht-Progredienz der Gesichtsfeldausfälle bis zu einem Stadium der Erblindung. Eine Prophylaxe gegen die Glaukomerkrankung gibt es zurzeit nicht. Ca. 1/3 aller Erkrankten wissen nichts von ihrer Erkrankung. Daher ist eine Vorsorgeuntersuchung einmal pro Jahr ab dem 40. Lebensjahr sinnvoll (GERSTE, R. 1995). Wegen der circadianen Rhythmik des IOD sollten bei dem geringsten Glaukomverdacht mehrmalige Untersuchungen an verschiedenen Tagen und Uhrzeiten mit aller notwendigen Diagnostik durchgeführt werden, weil bei einmaliger Untersuchung das Glaukom übersehen werden kann, da zu diesem Zeitpunkt ein normaler Druck gemessen werden kann. Gesichtsfeldausfälle und Veränderungen der Papille zeigen sich erst später.

Was die Ernährung betrifft, sollte ein Übermaß an Kaffee vermieden werden. Auch zu hohes Cholesterin und der Konsum von Nikotin und Alkohol können schädlich sein und die Progredienz von Gesichtsfeldausfällen fördern (GERSTE, R. 1995).

### 3. Glaukom und Psyche

Schon A. v. Graefe wusste von dem Zusammenhang zwischen psychisch belastenden Ereignissen und Glaukom. So ist schon damals beobachtet worden, dass der akute Glaukomanfall durch Stresssituationen ausgelöst worden. Die Verbindung von Offenwinkelglaukom und Psyche ist erst in den letzten 15 Jahren festgestellt und untersucht worden. Leider gibt es bis heute nur wenige Augenärzte und Psychologen, die sich mit diesem Zusammenhang befassen und die Wichtigkeit des Einflusses der Psyche auf die Erkrankung Glaukom erkannt haben. Zum Vorteil der Glaukompatienten haben Forschungsgruppen um ERB, FLAMMER, SAUERBORN und STREMPER in den letzten Jahren eruiert, dass mentale und psychische Stresssituationen den Augeninnendruck steigern, wohingegen keine Drucksteigerung bei physischer Belastung beobachtet wird.

Wie kann man sich den Einfluss von Stress und psychischen Belastungen auf den IOD erklären? Die verschiedenen Regelkreise innerhalb des autonomen Nervensystems sowie die Physiologie und Pathophysiologie spielen eine wichtige Rolle. Hingegen ist die Regulation des IOD unabhängig von dem Blutdruck und seinen Regelkreisen. Für die Beeinflussung des Augendruckes ist es interessant, wie die psychischen, physischen und physikalischen Faktoren zusammenwirken. Bei der Beobachtung von Probanden, die ihr Staatsexamen schrieben, hat man einen Druckanstieg durch Lernstress festgestellt. Ähnliches erkannte man bei Probanden, die man unter Zeitdruck Kopfrechnen ließ oder die man einer Lärmbelastung aussetzte (ERB, C./BRODY, S. 1998). Diese Erkenntnisse zeigen deutlich den mentalen Einfluss auf den Augendruck. Bei Probanden, die einer körperlichen Anstrengung, also einer physischen Belastung, ausgesetzt wurden, beobachtete man keine Veränderung oder sogar einen Augeninnendruckabfall (ERB, C./BRODY, S. 1998). Hierbei muss man allerdings erwähnen, dass verschiedene physische Belastungsarten auch unterschiedliche Wirkungen auf den Augendruck haben. Die Kammerwasserproduktion und der Abfluss unterliegen den Regelmechanismen des vegetativen Nervensystems. Stress erhöht den Sympathicotonus und über Erhöhung des Adrenalins und anderer Stresshormone (z.B. Endothelin) im Blut, wird eine Kaskade von Reaktionen hervorgerufen. Nerven adrenerge und cholinerge Nervenfasern (Sympathikus) enden an dem Trabekelwerk und dem Ziliarkörper; weiterhin gibt es einen wichtigen Nervenplexus an dem Skleralisporn mit Fasern zu dem Ziliarkörper und dem Trabekelmaschenwerk. Hinzu kommt, dass die augeninnendruckregulierenden Strukturen auch von vielen Neurotransmittern und -peptiden beeinflusst werden. Die Aderhaut ist ebenfalls vegetativ reguliert, so dass im Stress eine Reduzierung der Aderhautdurchblutung resultiert.

Der IOD wird auch zentral reguliert (Diencephalon, Amygdala, Trigeminus etc) Diese Zentren sind gleichzeitig emotionale Schaltzentralen, so dass emotionale Belastungen Sollwertvorstellungen im Gehirn hervorrufen, die sich auch auf die Regulierung des IOD auswirken (ERB, C., et al. 1998 / ROTH, G. 1997).

Psychologische Analysen haben ergeben, dass bei vielen Patienten mit primärem Offenwinkelglaukom eine emotionale Instabilität beobachtet wurde (ERB, C./BRODY, S. 1998). Beim Normal-Druck-Glaukom werden vermehrt psychosomatische Beschwerden beobachtet. Meist wird psychosomatische Unruhe, emotionale Instabilität, Nervosität, Hypochondrie, Angstzustände, Perfektionismus und Hang zu Depressionen in psychologischen Fragebögen bei Glaukompatienten festgestellt. Diese Patienten können psychologische Probleme und Belastungen schlechter lösen und kompensieren (ERB, C./BATRA, A. 1999).

Bei myopen Studenten beobachtete SAUERBORN 1988 bei Stresstests einen signifikanten IOD-Anstieg. Es zeigte sich, dass zwar bei mentalem und physischem Stress jedes Mal der Blutdruck steigt, aber nur bei mentalem sich auch der Augendruck signifikant erhöht. Daraus lässt sich schließen, dass es zwei verschiedene Regelkreise für den Blutdruck und den Augendruck gibt, wobei bei beiden das Diencephalon und das limbische System mit involviert sind, da der Stress auf beide Systeme Einfluss hat.

Ein charakteristisches Persönlichkeitsprofil des Glaukompatienten gibt es jedoch nicht. Zusammenfassend muss man feststellen, dass die Augeninnendruck-Regulation sehr komplex ist, wobei die Druckregulation über Steuermechanismen in Ziliarkörper und Trabekelwerk eines Biofeedback-Kreises fungiert. Bei der Regulation des Augendruckes können an vielen Stellen Störungen auftreten: abnormales Verhalten im autonomen und zentralen Nervensystem, sowie im Diencephalon, lokale Veräderungen, Einflüsse eines oder mehrerer augendrucksteigernder Neurotransmitter oder die Unterrepräsentation eines oder mehrerer augendrucksenkender Neurotransmitter. Bei Glaukompatienten ist aber schon der normale Biorhythmus der IOD-Regulation gestört (KALUZA, G./STREMPPEL, I. 1994; ERB, C., et al. 1998).

Insgesamt sollte man eine Behandlung des emotionalen Zustands des Glaukompatienten mit in die Behandlung einbeziehen. Dies kann zum Beispiel mit Hilfe von autogenem Training, Hypnose oder elektromyographischen Biofeedback geschehen, wobei hierbei nicht nur die Druckverhältnisse und der emotionale Zustand verbessert werden, sondern insgesamt die Lebensqualität des Patienten (KALUZA, G., et al. 1996, KALUZA, G./STREMPPEL, I. 1995, KALUZA, G./STREMPPEL, I. 1994; ERB, C., et al. 1998).



#### 4. Musiktherapie

Musik als Medizin ist das älteste Therapeutikum der Menschheit überhaupt. Schon ägyptische Priester und die Assyrer vor 4000 Jahren haben die Musik bei der Behandlung von Krankheiten eingesetzt. Die Ursprünge in der traditionellen chinesischen Musik reichen noch weiter zurück. In Griechenland im 6. vorchristlichen Jahrhundert wendete die Schule des Pythagoras den Heilgesang in Griechenland an. Im Mittelalter war bei den Mediziner Musik als Pflichtfach des Studiums der sieben Künste. In der arabischen Welt des Mittelalters beschäftigten sogar viele Ärzte Musiker. 1650 schrieb der Leibarzt des portugiesischen Königs:“ Wir wissen aus täglichen Erfahrungen, dass die Reichen und Vornehmen, wenn sie krank sind, Musiker bei sich haben“. Wenige Jahrzehnte später trennten sich die Wege von Musik und Medizin. Erst ab dem 20. Jahrhundert kam die Musik als Therapie wieder in die Aufmerksamkeit der Mediziner zurück und wissenschaftlich geprüft. Seit Jahrtausenden ist die Musik als Therapie bekannt, und heute erst in wissenschaftlichen Tests erwiesen worden, dass sie als Therapie erfolgreich eingesetzt werden kann(BILEY, F.C. 1999, GANTENBEIN, U.L. 1999).

Musik hat eine außergewöhnlich breite hilfreiche bis heilsame Wirkung bei zahlreichen physischen und psychischen Krankheiten, und dies ohne jegliche Nebenwirkungen. Die Musiktherapie erreicht mit bestimmten Klangfarben, Lautstärken und Tonimpulsen ihre Wirkung.

In wissenschaftlichen Tests zeigte sich, dass ein besseres Einschlafen mit Musik erreicht wird, dass bei Herzpatienten der Blutdruck sinkt, weniger Stresshormone im Blut auftauchen und ein ruhiger Puls entsteht, und dass bei Operierten weniger postoperative Symptome, weniger Schmerzen und ein geringerer Beruhigungsmittelverbrauch vorhanden sind(HASSED, C. 2000). Der Vorteil der Musiktherapie ist, dass sie leicht handhabbar, problemlos mit anderen Behandlungen kombinierbar, weitestgehend frei von Nebenwirkungen sind, und eine hohe Akzeptanz und geringe Kosten hat. Weiterhin wurde ein Einfluss auf die Atmung, das Herz, den Kreislauf, die Gehirnwellen und das limbische System beobachtet. Mittlerweile ist bewiesen, dass Musik stressreduzierend wirkt, zur Schmerzkontrolle, zur Behandlung von Migräne, in der Geburtshilfe, bei Alkohol- und Drogenentgiftung, bei Behandlung von Depression, bei Herz-Kreislauf-Störungen, bei postoperativer Heilung, in der Rehabilitation und Physiotherapie, in der Geriatrie, bei der Behandlung von Alzheimer, bei Lernbehinderungen, bei Komapatienten und bei psychologischen und psychiatrischen Problemen erfolgreich eingesetzt wird(HASSED, C. 2000). In der klinischen Medizin ist die Musik als angst- und schmerzlösendes

Therapeutikum eingeführt worden (GEMBRIS, H. 1985). Die erwiesene Wirkung zeigt sich in Reduzierung der Muskelspannung, der Herzfrequenz, des Blutdrucks, des Sauerstoffverbrauches, des Stoffwechsels, von Schmerzen, der Stresshormone und von Angst. Zusätzlich tritt eine Harmonisierung der Atmung ein, und psychologische Tests ergaben eine Stärkung des Vertrauens (SPINTGE, R. 1992). Durch Musik können Endorphine ausgeschüttet werden und Harmonisierung der im Körper stattfindenden Biorhythmen erreicht werden.

Ein wichtiges Musikelement ist der Rhythmus. Der Rhythmus spielt auch im menschlichen Körper eine wichtige Rolle: Tag- und Nachtrhythmus, Jahresrhythmus, Schlaf-Wach-Rhythmus und Hormonrhythmus. Insgesamt zeigt sich, dass praktisch alle physiologischen Abläufe circadianen Rhythmen unterliegen. Im Körper gibt es u.a. drei wichtige Rhythmen:

1. langwellige Rhythmen: z.B. der Tagesrhythmus des Stoffwechsels
2. kurzweilige Rhythmen: z.B. die nervliche Aktivität
3. mittelwellige Rhythmus: z.B. Atmung, Herz und Kreislauf, die sich zwischen 1-10 Hertz (Hz) bewegen. In diesem Bereich liegen auch das EEG und das EKG. Hierzu gehören auch die musikalischen Tempi Largo, Presto oder Techno. Dies zeigt auch, dass eine Verbindung zwischen den Körperrhythmen und der Musik geschaffen werden kann.

In der ayurvedischen und der chinesischen Medizin gibt es genaue Vorgaben für die Tonart, Tempi und den Rhythmen, mit denen bestimmte Krankheiten behandelt werden (GONTENBEIN, U.C. 1999).

Auch die Frage nach der richtigen Musik ist von enormer Bedeutung; sie sollte möglichst dem Geschmack des Patienten entgegenkommen.

Musik kann folgende Wirkungen haben:

1. sedierende und entspannende: diese Musik orientiert sich am Rhythmus des menschlichen Herzen und einem ruhigen und relaxierten Puls, meistens 60 Beats per min.. Sie fördert die innere Ruhe, Entspannung und Zufriedenheit.
2. stimulieren und unterstützen der Vorstellungskraft
3. stimulieren und unterstützen von Emotionen

Um Wirkungen der Musik zu verstehen, ist es angebracht, auch den Weg der Information der Musik zu verfolgen bzw. die Hörbahn zu kennen: Die Schallwellen treffen zunächst auf das Trommelfeld, welches in Schwingung versetzt wird. Diese Schwingungen werden auf die Gehörknöchelchen und von diesen auf das Innenohr und deren Flüssigkeit weitergegeben. Dort werden Sinneszellen erregt, die die Informationen in elektrische Impulse umwandeln, und deren Informationen in den Hörnervenfasern zu verschiedenen

Zentren des Gehirns weiterleiten. Im zentralen Gehirn (Diencephalon und limbisches System) liegen die Schaltzentralen für das vegetative Nervensystem und Emotionen, welche den Stoffwechsel, die Atmung, die Verdauung, den Wasserhaushalt, den Hormonhaushalt, die Emotionen und die Motivation beeinflussen. Via *Formatio reticularis* sind die verschiedenen Systeme miteinander vernetzt. Erst danach kommen die Informationen zur Hörrinde, wo sie entweder unbewusst (man kann auch Sachen überhören) oder bewusst wahrgenommen werden. Diese Vernetzung der Systeme erklärt auch, warum das Hören von Musik die Stimmungen beeinflussen und vegetative Reaktionen auslösen kann.

Schnelle Musik ruft hierbei eher Hektik und Stress, langsame Musik eher Ruhe und Entspannung hervor (WARNSHOLDT, K.-D. 1998)

Insgesamt kann man einen Einfluss der Musik auf folgende zentrale Zentren vermuten: Mittelhirn, *Medulla oblongata*, retikuläres System, Hypothalamus und Hypophyse. Besonders wichtig ist hier das aufsteigende retikuläre System (ARAS). Wird dieses gereizt, zeigen sich deutliche Veränderungen im Hautwiderstand und der Vasokonstriktion. Die durch Musik erreichte Entspannung reduziert das Aktivierungsniveau des Körpers, und senkt die Blutkonzentration von Adrenalin und Noradrenalin (KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R 1988).

Hintergrundmusik kann auch sehr gut verwendet werden, um Lernen zu katalysieren. Hierbei wird ein „Ganzes-Gehirn-Lernen“ induziert, d.h. Bestätigung, Visualisierung, Musik und Atmen festigen die Information. Die Verankerung von neuen Informationen mit Hilfe von Musik geschieht durch weitreichende Stimulationen von neuronalen Pfaden: beide Gehirnhälften werden synchronisiert, eine Verbindung der Hörrinde mit den präfrontalen Lobuli sowie dem limbischen System, wo jeweils Regionen für die Emotionen sitzen. Es gibt kaum eine physische Funktion die nicht von der Musiktherapie beeinflusst werden kann. Gerade ruhige Musik verbessert das Lernen und den Intelligenzquotienten durch Förderung der Vernetzung der Nervenzellen und Systeme untereinander, verbessert die physikalische Gesundheit und mentalen Funktionen. Mit Hilfe des Hörens von Beta-Frequenzen, d.h. schnelleren Frequenzen von 13 - 40 Hz, werden ein rapider Austausch von Informationen, das Lernen und das Lesen von Texten ermöglicht. Metamusik, ruhige Entspannungsmusik, wiederum hilft beim Entspannen (BULLARD, B 1995). Metamusik verursacht zusätzlich noch eine Synchronisation der beiden Gehirnhälften und hat heilende Effekte, was bei Schlaganfallpatienten beobachtet wurde, deren Zustand sich unter dieser Musik verbesserte (SABICK-QUINN, C. 1995). Bei der Musiktherapie werden auch Elemente des Biofeedbacks benutzt.

## 5. Biofeedback

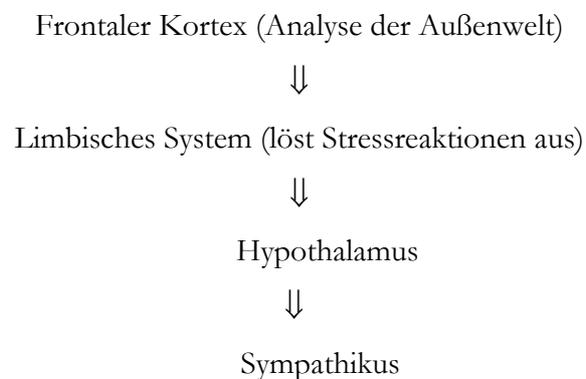
Biofeedback ist eine gerätevermittelte psychophysiologische Art der Psychotherapie, die mit Körper und Geist gleichzeitig arbeitet. Biofeedback bedeutet, dass der Patient an ein Gerät angeschlossen ist, das ihm Informationen über den Zustand des Körpers, zum Beispiel über Herzschlag, Atmung oder Hautleitwert, gibt. Der Patient lernt dann mit Hilfe von bestimmten Übungen auf diesen Zustand Einfluss zu nehmen. Mit Biofeedback ist folgendes möglich: Entspannung, Atemschule, Schmerzbehandlung, Muskeltraining, Migränebehandlung, Neurofeedback (EEG), Stressreduzierung/-bewältigung, Beckenbodentraining und die Behandlung von Durchblutungsstörungen (BATCHELOR, L. 1991). Mit Hilfe der Biofeedbackübungen werden der mentale, emotionale und physische Zustand sowie das Lernen verbessert. Das Hauptziel ist ein Verfahren zu erlernen, das es ermöglicht, Druck, Zweifel, Angst und Versagensangst zu reduzieren. Fördernd wirken hierbei Visualisierungen, weil sie es dem Patienten erleichtern, sich in seinen Körper und seine Probleme hineinzusetzen. Das Ziel ist die Fähigkeit der Selbstbeeinflussung zu vergrößern (BATCHELOR, L. 1991). Wichtig bei jeglicher Art von Biofeedback oder Entspannungsmethoden ist auch, dass der Patient diesen Methoden offen gegenüber eingestellt ist. Von großem Vorteil ist auch eine gewisse Erfahrung mit Entspannungsmethoden (WOLF, H. 1990). Gestört wird die Wirkung besonders durch Geräusche und Lärm, die nicht zu der Biofeedbacksitzung gehören, sowie ablenkende und abschweifende Gedanken und Emotionen (BATCHELOR, L. 1991). Alle visuellen und akustischen Reize im Sinne von Lärm sollen während der Übungssitzungen verringert werden, die den Patienten von der Konzentration auf sich und seinen Körper ablenken können. Auch eine bestimmte bequeme Ruheposition sollte eingenommen werden, um die motorischen Reaffärenzen zu verringern, d.h. eine Muskelverspannung zu verhindern. Durch Vorsprechen und Vorgeben der Übungen werden das gedankliche Abwandern des Patienten sowie die Minderung der Konzentration gesenkt. Die Wahrnehmung von Reizen der Tiefensensibilität wird über eine progressive Relaxation durch alternierende An- und Entspannung geübt. Mit Hilfe von Visualisierungen (bildlichen Vorstellungen) wird die Ablenkung des Patienten reduziert, welche zunächst nur innerhalb der Übungen auftauchen sollen, später aber auch in der übungsfreien Zeit durchgeführt werden dürfen (KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988).

Genutzt wird beim Biofeedback ist die Verbindung vom zentralen und vegetativen Nervensystem. Das zentrale Nervensystem verarbeitet die Sinneseindrücke und ist für die kognitiven Prozesse zuständig; das vegetative oder auch autonome Nervensystem ist für

die inneren Organe verantwortlich. Wichtige zentrale Stellen für die vegetative Regulierung sind u.a. das limbische System und der Hypothalamus.

Kommt es zu einer verstärkten Sympathikusaktivität, zeigen sich: Herzklopfen, Blutdruckanstieg, Kopfschmerzen, Einschlafschwierigkeiten, Konzentrationsproblem, Nervosität, Überaktivität und Aggressivität; überwiegt der Parasympathikus zeigt sich eine Blutdrucksenkung, Asthma, eine Herzfrequenzsenkung, eine Steigerung der Verdauung, Schwindel und chronische Müdigkeit. Eine Dämpfung des Sympathicotonus kann eines der Ziele des Biofeedback und der Entspannung sein. Dieses kann willentlich (über den frontalen Kortex) erfolgen, was aber erst von den Patienten erlernt werden muss.

Folgende zentrale Zentren sind wichtig bei der Stressbewältigung durch Biofeedback und Entspannungsmethoden:



Für die Feststellung, ob eine Entspannung auftritt oder nicht, gibt es folgende messbare physiologische Parameter:

1. Muskelaktivitätsmessung mit Hilfe eines EMG (Elektromyogramm) auf der Stirn
2. Gehirnaktivitätsmessung mit Hilfe eines EEG (Elektroenzephalogramm), besonders über dem Hinterhaupt für das Alphawellentraining
3. Herzfrequenzmessung mit Hilfe eines EKG (Elektrokardiogramm) an den Extremitäten
4. Hautleitwert- bzw. -widerstandsmessung
5. respiratorisches Training, was wichtig ist für das autogene Training.

Ist der Muskeltonus erhöht, spricht dies eher für eine Stressbelastung und einen erhöhten Sympathicotonus, was sich auch an dem Krankheitsbild des Spannungskopfschmerzes, also einer Muskelverspannung des M. trapezius, zeigt (ZEIER, H. 1997).

Die Schweißdrüsen sind vegetativ reguliert. Deshalb hat ein erhöhter Sympathikotonus eine Steigerung der Aktivität der Schweißdrüsen zur Folge. Dies bewirkt, dass die Haut feucht wird, der elektrische Widerstand sinkt und der Hautleitwert steigt. Steigt also bei einer Messung der Hautleitwert, so kann man daraus schließen, dass der Sympathikotonus gesteigert und der Patient aufgeregt ist. Bei Entspannung nimmt der Hautleitwert ab (ZEIER, H. 1997).

Auch die Gehirnaktivität wird von der Erregung bzw. der Entspannung beeinflusst. Bei der Gehirnaktivitätsmessung ist gerade der Hinterhauptbereich von Bedeutung, weil hier ein Maximum der Alphawellen gemessen werden kann. Die Bedeutung der Alphawellen wird später noch beschrieben. Die Aktivität der Alphawellen wird erhöht durch Ausschalten der okulomotorischen Aktivität, indem man bei den Übungen die Augen geschlossen hält. Die Gehirnaktivität wird mit Hilfe von Elektroden auf der Kopfhautoberfläche gemessen. Das Gehirn erzeugt dauernd sich ändernde Potentiale, die sich bis auf die Kopfhautoberfläche ausbreiten.

Die Gehirnaktivität wird in folgende Wellenformen eingeteilt:

1. Alphawellen: Sie haben eine Frequenz von 8-12 Hz und eine Amplitude von circa 50 mV. Alphawellen treten im entspannten Wachzustand besonders im Hinterhauptbereich auf.
2. Betawellen: Sie haben eine Frequenz von 13-40 Hz und eine Amplitude von weniger als 50 mV. Betawellen treten bei jeglicher Aktivität, bei normaler Aktivität, Angst, Unruhe, nervöser Anspannung, etc. auf.
3. Deltawellen: Sie haben eine Frequenz von 0,5-3,5 Hz und eine Amplitude von um die 150 mV. Deltawellen treten nur im Tiefschlaf auf.
4. Thetawellen: Sie haben eine Frequenz von 3,5-7 Hz und eine Amplitude von ungefähr 100 mV. Thetawellen treten im tiefen Entspannungszustand und im Schlaf auf.

Das Gehirn kann sich in einem synchronisierten oder einem desynchronisierten Zustand befinden, d.h. dass entweder beide Gehirnhälften in gleichen Wellenmustern arbeiten (synchronisiert sind) oder unterschiedliche Muster haben, was sich im EEG entsprechend darstellt.

Je desynchronisierter, desto aktiver ist der Zustand des Patienten (ZEIER, H. 1997). Starke Desynchronisationen sind oft mit Krankheit assoziiert.

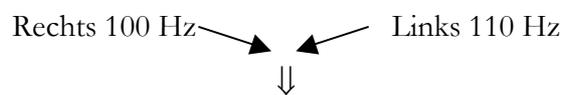
Mit Hilfe verschiedener Messungen kann man den Zustand des Patienten feststellen und dem Patienten auch bewusst machen. Man kann somit auch eine Verbindung zwischen

dem Körper und dem Bewusstsein herstellen. Mit bioelektromagnetischen Wellen und Schwingungen, z.B. mit Hilfe von Musik appliziert, kann man die Heilung und das Immunsystem stimulieren, sowie Einfluss auf das EEG, das Herz, das ZNS, die Zellen des Körpers und auf die Zellmembranen nehmen (RUBIK, B. 1997).

### **Binaurikulare Schwingungen:**

Binaurikulare Schwingungen entstehen, wenn dem rechten und linken Ohr minimal unterschiedliche Schwingungen (Frequenzen) über Kopfhörer angeboten werden, die sich zu einer bestimmten Schwingung im Kortex vereinen. Neben dem Kortex sind der Nucleus olivaris, der Thalamus und die Formatio reticularis (RAS) für die Verarbeitung der Informationen der binaurikularen Schwingungen wichtig. Das retikuläre System übernimmt als erstes System diese und überträgt sie dann auf den Kortex (ATWATER, F.H. 1997). Das Vorherrschen bestimmter Schwingungen erzeugt an jeweils bestimmten Orten des Kortex Energiepotentiale, die dann bestimmte Zustände, entweder Entspannung oder Aktivität, hervorrufen. Über bestimmte Frequenzen werden also bestimmte Bewusstseinsveränderungen erreicht. Diese bestimmte, im Kortex induzierte Schwingung hat dann eine Frequenz, die gleich dem Frequenzunterschied zwischen rechts und links ist.

Beispiel:



10 Hz binaurikulare Schwingung, die im Gehirn entsteht und quasi wie ein Ton in der Schädelmitte wahrgenommen wird.

Es entstehen somit aus einer rechten 100 Hz Frequenz und einer linken 110 Hz Frequenz im Kortex eine Frequenz, die in ihrer Amplitude mit der Frequenz von 10 Hz fällt und steigt. Gerade diese 10 Hz sind wichtig; denn auf diese Art und Weise kann man die zentralen Zentren auf der Basis von sehr niedrigen Frequenzen stimulieren, besonders im Bereich der EEG- Frequenzen. Wenn diese Frequenzen sich im Bereich der Delta- und Thetawellen bewegen, kann man einen meditativen Zustand und einen verbesserten Schlaf induzieren; im Bereich der Betawellen wird eine Aufmerksamkeits- und Erinnerungssteigerung induziert und im Bereich der Alphawellen eine Entspannung. Wenn binaurikulare Schwingungen im Bereich der Alphawellen induziert werden, bewirkt das im Gehirn folgende Reaktionen: Betawellenaktivität nimmt ab, Thetawellenaktivität nimmt

etwas zu und besonders die Alphawellenaktivität nimmt zu (LANE, J.D./KASSIAN, S.J. 1997).

Dieser Zustand sollte auch bei dieser Studie mit Hilfe der binaurikularen Schwingungen induziert werden.

Mit Hilfe von binaurikularen Schwingungen soll es möglich sein, die körperliche Gesundheit, das seelische Wohlbefinden und das geistige Wachstum zu fördern. Ziel ist es, Stress- und Belastungssituationen besser abzufangen und einen positiven Gefühlszustand herzustellen. Mit bestimmten binaurikularen Schwingungen kann man verschiedene Erfahrungen hervorrufen: intensivierete sensorische Erfahrungen (Körper), gesteigerte kognitive Erfahrungen (Verstand), psychodynamische Erfahrungen (Emotionen, Gefühl) und transpersonale Erfahrungen (Psyche). Weiterhin kann es zu folgenden Effekten führen: psychisches Wachstum, mehr selbstentschlossenes und lebensverantwortliches Verhalten, größere Selbstakzeptanz, mehr Menschlichkeit, mehr Spontanität und weniger Angst. Zusätzlich soll der Patient weiterhin physisch, mental, emotional und spirituell gestärkt werden (MASLUK, T.-J. 1996). Die Therapie mit binaurikularen Schwingungen soll der Verstand und der Geist beruhigen; insgesamt wird ein sogenannter Alphazustand induziert, bei dem der Körper ruhig und vagoton ist, aber der Verstand und die Psyche aufnahmefähig bleiben (MCMONEAGLE, J.W. 1996). Studien haben gezeigt, dass sie bei der Therapie von Alkohol- und Drogenabusus helfen (MALISZEWSKI, B.F. 1991). Unter der Behandlung werden Endorphine und Enkephaline frei, wie man es auch bei Sport, Relaxen und Meditation feststellt (MALISZEWSKI, B.F. 1991). Weiterhin erhöhen die binaurikularen Schwingungen im Gehirn die Alpha- und Thetawellen, und führen somit zu einer besseren Erholung von der Stresssituation des Körpers, wie es auch unter Biofeedback, Massage, Sport und Meditation beobachtet wird (MALISZEWSKI, B.F. 1991). Meist beinhaltet eine Therapie mit diesen Schwingungen zusätzlich Atemübungen, gelenkte Entspannung und Visualisierungen. Eingesetzt werden kann sie zur Entspannung, Meditation, Stressreduzierung, Schmerzreduzierung, Schlafverbesserung, Verbesserung der Gesundheit, Gedächtnisverbesserung, Kreativität, etc.. Mit binauralen Schwingungen kann man eine Hemisphären-Synchronisation hervorrufen wie sie in meditativen Zuständen erreicht werden soll. Normalerweise arbeiten die beiden Hemisphären überwiegend getrennt voneinander.

Unser musiktherapeutisches Programm setzt sich folgendermaßen zusammen:

- 1) Musik im Herzrhythmus
- 2) Subliminale binaurikulare Schwingungen, die alpha- und thetabinaurikular sind
- 3) Sprechtexte (Atemübungen, Muskelrelaxation, Visualisierungen)

Die zwei verschiedenen CDs, eine CD mit binaurikularen Schwingungen und eine ohne, wurden dem Patienten abwechselnd über 10 aufeinander folgenden Tagen zu gehör gebracht. Genaueres siehe Kapitel 6.2, 6.3 und 6.4 Es ergaben sich folgende Fragestellungen:

## 6. Fragestellung

In dieser Arbeit sollen folgende Fragestellungen geklärt werden:

1. Wirkung der speziellen Musiktherapie auf den IOD:
  - a) Zeigt sich eine Augendrucksenkung nach jeder einzelnen Sitzung?
  - b) Zeigt sich eine Augendrucksenkung im Verlauf der 10 Tage?
  - c) Zeigt sich eine Augendrucksenkung im Langzeitverlauf innerhalb von 3 Monaten?
  - d) Kann man eine Reduktion oder ein Absetzen der medikamentösen Therapie mit Hilfe der Musiktherapie erreichen?
  
2. Wirkung der CD auf den Körper, gemessen an neurovegetativen Parametern wie Muskelrelaxation, Hautleitwert und Herzfrequenz:
  - a) Zeigen sich neurovegetative Veränderungen während jeder Sitzung?
  - b) Zeigen sich neurovegetative Veränderungen im Verlauf der 10 Tage?
  
3. Zeigen sich unter der Musiktherapie Änderungen der Hirnwellenaktivität gemessen mit EEG:
  - a) während jeder einzelnen Sitzung ?
  - b) im Verlauf der 10 Tage ?
  
4. Zeigen sich unter der Musiktherapie weitere okuläre Veränderungen im Langzeitverlauf:  
Wie verhalten sich Visus, IOD-Werte im Wasserstoßtest und Gesichtsfeld in der Langzeitbeobachtung?
  
5. Zeigen sich unter der Musiktherapie Veränderungen der subjektiven Befindlichkeitseinschätzung:
  - a) Zeigen sich Veränderungen nach den 10 Tagen (KAB-Test, siehe Seite 50)?
  
  - b) Zeigen sich Veränderungen im Langzeitverlauf (POMS-Test, siehe Seite 51-52)?
  
6. Gibt es einen Unterschied zwischen den beiden CD-Varianten? Ist die CD mit binaurikularen Schwingungen effektiver?

## 6.1 Hypothesen

Aus den obigen Fragestellungen lassen sich jetzt folgende Hypothesen formulieren:

### I. Kurzzeiteffekte:

#### a) IOD:

H 1: Der Augendruck verringert sich signifikant nach jeder Sitzung im Vergleich zu vorher am jeweils 1. und 10. Tag.

#### b) Entspannungsparameter:

H 2: Die Muskelrelaxation (EMG), der Hautleitwert (SC) und die Herzfrequenz (Herzrate) verringern sich signifikant nach der Sitzung am 1. und 10. Tag.

#### c) Hirnwellen:

H 3: Die Betawellenaktivität verringert, bzw. die Alpha- und Thetawellenaktivität erhöht sich signifikant am Ende der Sitzung am jeweils 1. und 10. Tag.

### II. Effekte nach 10 Tagen:

#### a) IOD:

H 4: Der Augendruck verringert sich nach 10 Tagen jeweils vor und nach der Sitzung signifikant.

#### b) Entspannungsparameter:

H 5: Die Muskelrelaxation (EMG), der Hautleitwert (SC) und die Herzfrequenz (Herzrate) verringern sich nach 10 Tagen jeweils am Anfang und am Ende der Sitzung signifikant.

#### c) Hirnwellen:

H 6: Die Betawellenaktivität verringert bzw. die Alpha- und Thetawellenaktivität erhöht sich nach 10 Tagen jeweils am Anfang und am Ende der Sitzung signifikant.

#### d) Veränderungen der subjektiven Befindlichkeitseinschätzung:

H 7: Die subjektive Befindlichkeitseinschätzung (KAB) verändert bzw. verbessert sich nach 10 Tagen signifikant.

#### e) CD:

H 8: Die CD mit den binaurikularen Schwingungen ist hinsichtlich der obigen Hypothesen und Parameter effektiver (hier nur die Betrachtung nach jeweils 5 Tagen möglich).

### III. Langzeiteffekte:

a) IOD:

H 9: Der Augendruck bleibt in der Langzeitbetrachtung signifikant reduziert

b) weitere okuläre Veränderungen:

H 10: Der Visus und das Gesichtsfeld verbessern sich in der Langzeitbetrachtung signifikant.

H 11: Der IOD-Werte im Wasserstoßtest verringern sich in der Langzeitbetrachtung signifikant.

c) Veränderungen der subjektiven Befindlichkeitseinschätzung:

H 12: Die subjektive Befindlichkeitseinschätzung (POMS) verringert sich in der Langzeitbetrachtung signifikant.

## 7. Material und Methoden

### 7.1 Versuchsanordnung

Im Rahmen einiger vorangegangener Studienprojekte zur Bedeutung von Entspannungsmethoden in der Augenheilkunde wurde an Glaukompatienten bereits die Effektivität von autogenem Training und Hypnose nachgewiesen. Dieser Studie liegt nun ein völlig neues Konzept zugrunde und zwar eine spezifische Musiktherapie. Die Wirkung dieses spezifischen Verfahrens auf den Augendruck sowie weitere physiologische Parameter, die ein Indikator für Entspannung sind, sollte in Kurz- und Langzeitergebnissen ermittelt werden. Darüber hinaus sollten die psychodynamischen Effekte dieser Therapie belegt werden. Dazu wurde ein prospektives, randomisiertes, verblindetes Studiendesign mit zwei Gruppen gewählt. Jede der beiden Gruppen bekam die spezielle CD aus Entspannungsmusik und Visualisierungsübungen in 2 Versionen, d.h. mit und ohne binaurikularen Schwingungen, in unterschiedlicher Reihenfolge (mal Beginn mit der einen am 1.Tag gefolgt von der anderen am 2., und umgekehrt) zu Gehör. Bei dieser Reihenfolge kommt es aber zu einer Konfundierung der beiden Therapieformen ab dem 2. Tag miteinander.. Auf eine Kontrollgruppe wurde verzichtet, da schon in vorherigen Studien

mit Kontrollgruppen ohne Entspannungstherapie gearbeitet wurde. Diese wurden hier zum Vergleich herangezogen, da die Wirkung verschiedener Entspannungsmethoden relativ gleich ist und sich in den Vorstudien ein signifikanter Unterschied zwischen den therapierten Gruppen und der Kontrollgruppen ergab. Diese Überlegung sollte aber noch einmal kritisch in der Diskussion (Kap. 9.1.1) betrachtet werden, da man vorherige Studien mit einer etwas anderen Therapie nicht als Beleg hierfür nehmen sollte. Jeder der Patienten wurde einer der CD-Gruppen randomisiert zugeordnet.

Die unabhängige Variable bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen ist die Fähigkeit des Umsetzens der Visualisierungs- und Entspannungsübungen. Was die Wirkung der Musiktherapie alleine betrifft, kann diese auch ohne binaurikularen Schwingungen eintreten. Hierbei ist die unabhängige Variable die Fähigkeit des Patienten zu entspannen und sich dieser Therapie gegenüber offen zu zeigen.

Die abhängigen Variablen wurden während der Studie gemessen. Es handelt sich hierbei um den Augeninnendruck, die Alphawellen-, die Betawellen-, die Thetawellenaktivität des Gehirns, die muskuläre Entspannung (EMG), die psychische Entspannung (Hautleitwert) und die ophthalmologischen Parameter wie Visus, Gesichtsfeld, IOD im H<sub>2</sub>O-Test und die psychologischen Parameter durch verschiedene Befindlichkeitsfragebögen.

Diese Variablen werden aber durch verschiedene andere Bedingungen, wie zum Beispiel den Regressionseffekt, den Effekt der Jahreszeit, den Zuwendungseffekt und den Hawthorne-Effekt, beeinflusst (hierzu siehe auch die Diskussion Kap. 9.1.1).

## 7.2 Studienablauf

Die Studie wurde im Sommer-Herbst 1999 durchgeführt. Die Patienten wurden aus der Universitäts-Augenklinik Marburg rekrutiert.

Die Voraussetzung für eine Teilnahme an der Studie war, dass bei den Patienten ein primäres Offenwinkelglaukom diagnostiziert wurde. In dieser Studie wurde sich nur auf das primäre Offenwinkelglaukom beschränkt, da sich in vorherigen Studien schon gezeigt hatte, dass sich eine eindeutige positive Wirkung verstärkt bei Patienten mit dieser Glaukomform ergibt.

Außerdem sollten noch die Motivation und das Einverständnis des Patienten vorhanden sein, an der Studie teilzunehmen.

Die Einteilung der Patienten erfolgte randomisiert in eine der beiden Gruppen, entweder in die Gruppe , die mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen, oder die, die mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen anfang, ohne dass die Patienten wussten in

welche Gruppe sie aufgenommen wurden. Insgesamt wurde die Studie hinsichtlich der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen doppelblind durchgeführt. Auch die Untersucher wussten nicht, welche der 2 CD-Varianten mit bzw. ohne binaurikulare Schwingungen waren. Die Codierung wurde erst nach Auswertung der Ergebnisse aufgedeckt.

Ein ausführlicher ophthalmologischer Check-up fand im Zeitraum von 3 Monaten vor Studienbeginn statt. Dazu gehörte zunächst eine genaue Anamnese:

- a) Augenanamnese: seit wann das Glaukom bekannt ist; welche Therapie durchgeführt wird; ob andere okuläre Erkrankungen vorhanden sind;
- b) Laserbehandlungen oder Operationen durchgeführt wurden, oder Verletzungen des Auges vorlagen, etc..
- b) Allgemeine Anamnese: Welche Begleiterkrankungen eventuell bestehen. Besonders wurde auf die Ermittlung internistischer Begleiterkrankungen Wert gelegt.
- c) Familienanamnese: ophthalmologische: Glaukom, Refraktionsanomalien, Ablatio etc.  
allgemeine: Stoffwechselerkrankungen, kardio-vaskuläre Erkrankungen

Zur augenärztlichen Voruntersuchung gehörte: Visusbestimmung, eventuelle Brillenausmessung, Untersuchung der Vorderabschnitte mit der Spaltlampe, Gonioskopie und Dreispiegelkontaktglasuntersuchung, Beurteilung des Augenhintergrundes mit besonderem Schwerpunkt auf der Sehnervenveränderung (Glaukompapille), Gesichtsfelduntersuchung nach Goldmann oder mit Hilfe der Computerperimetrie und Messung des IOD mit und ohne Wasserbelastungstest. Am Ende der Voruntersuchung füllte jeder Patient einen Befindlichkeitsfragebogen für die Langzeitbetrachtung (POMS = Profile of Mood States) aus.

Nach der Voruntersuchung wurde ein Termin für die aufeinanderfolgenden 10 Tage vereinbart, jeweils zur gleichen Uhrzeit, da der IOD einen circadianen Rhythmus hat.

Am ersten Tag wurden die Patienten noch einmal über die Hydrodynamik des Kammerwassers aufgeklärt. Anhand von Bildmaterialien wurde die Anatomie des Auges, und danach die Untersuchungen und den Ablauf der Sitzungen und der Studie erklärt. Gerade die Aufklärung über die Produktion, die Zirkulation und den Abfluss des Kammerwassers, sowie über die Papille und die Durchblutung des hinteren Augenabschnittes waren wichtig für die Visualisierungsübungen auf der Entspannungs-CD. Für diese Aufklärung wurden Augenmodelle, Poster mit Abbildungen vom Auge und eine Informationsbroschüre von Pharmacia & Upjohn mit dem Titel „Augenärztliche Untersuchungen auf Glaukom“ verwendet. Nach der Aufklärung des Patienten wurde der

Augendruck mit der Applanationstonometrie nach Goldmann gemessen. Bevor der Patient an die verschiedenen Elektroden (EMG, EEG, SC, Herzrate) angeschlossen wurde, füllten die Patienten noch den Befindlichkeitsbogen für die 10 Tage-Betrachtung (KAB) aus.

Es wurde anschließend auf eine dem Patienten bequeme Ruheposition wertgelegt, um motorische Reaffarenzen zu reduzieren. Bevor die Elektroden angebracht werden, muss die Haut mit 70%igem Alkohol abgerieben werden, um einen besseren Kontakt zu erreichen. Die Elektroden wurden wie folgt platziert:

EMG: Auf der Stirn, mit einer Klebelektrode

Hautleitwert: Am Zeige- und Mittelfinger mit Hilfe eines Klettbandes

Herzrate: Am Daumen, mit Hilfe eines elastischen Bandes

EEG: Okzipital am Hinterkopf, entsprechend dem gebräuchlichen Ten-Twenty-Systems in der Neurologie. Das heißt: Abmessen des Abstandes von der Nasenwurzel bis zum Processus occipitalis. Dann werden jeweils 10% und 20% von diesem Abstand vom Processus occipitalis ausgehend zur Seite und nach oben abgetragen, um die Position der okzipitalen EEG-Messpunkte zu finden.

Nachdem der Patient an die Elektroden angeschlossen war, wurde eine Testmessung durchgeführt. Dann wurde die CD kurz angestellt, damit der Patient die Lautstärke auf die ihm angenehme Lautstärke regeln konnte. Zu Beginn der Sitzung wurde der Patient gebeten, die Augen zu schließen und Augenbewegungen zu vermeiden, damit okulomotorische Störungen des EEG verhindert werden. Aus dem gleichen Grund wurde der Raum leicht abgedunkelt. Danach folgte die Entspannungssitzung mit Hilfe der 30-minütigen Entspannungs-CD, die dem Patienten über Stereokopfhörer angeboten wurde. Dieses ist erforderlich, damit die binaurikularen Schwingungen im Gehirn entstehen können. Die Messdaten der EMG-, EEG-, SC- und Herzrhythmuswerte wurden kontinuierlich über Computer aufgezeichnet und gespeichert. Am Ende der Entspannungs-CD wurde der Patient wieder von den Elektroden abgeschlossen, und der Augendruck erneut gemessen. Als Messpunkte für das EMG, EEG, SC und die Herzrate wurden die 2. (Anfang-) und die 21. (Ende der Sitzung) Minute festgelegt.

Am Ende der 10 Tage wurde mit dem Patienten ein Termin für eine Nachuntersuchung im Zeitraum von 3 Monaten nach der letzten Sitzung vereinbart, dem Patienten die CD mitgegeben und dieser gebeten, diese CD möglichst täglich, mindestens aber 2-3 Mal pro Woche anzuhören und die dort angeleiteten Übungen zu machen.

3 Monate nach der letzten Sitzung wurde die augenärztliche Nachuntersuchung des Patienten durchgeführt. Dabei wurde auch der letzte Langzeitbefindlichkeitsfragebogen (POMS) ausgefüllt. Weitere Langzeitkontrollen finden weiterhin im Rahmen unserer

poliklinischen Glaukomsprechstunde statt, so dass wir noch längerfristige Kontrollmöglichkeiten bezüglich der Effektivität dieser Therapie haben. Zur Auswertung im Rahmen dieser Studie kommen die Daten nach 3 Monaten zum Tragen.

### **7.3 Das Entspannungsprogramm**

Das Entspannungsprogramm wurde den Patienten mit Hilfe einer CD über Stereokopfhörer präsentiert. Es gab zwei CD-Versionen, und zwar mit und ohne binaurikulare Schwingungen, um überprüfen zu können, ob die Hypothese H8 zutrifft. Die Entspannungsübungen, die Visualisierungen und die Musik waren bei beiden CDs gleich. Die Patienten wurden vorher in zwei Gruppen randomisiert eingeteilt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen lag in der Reihenfolge der CD-Präsentation. Eine Gruppe startete mit der CD 28 (benannt nach den letzten beiden Ziffern der Seriennummer) und bekam danach am 2. Tag die CD 30; bei der anderen umgekehrt. Wie oben schon erwähnt, darf hierbei später in der Betrachtung der Ergebnisse und deren Diskussion nicht

übersehen werden, dass es durch diesen Versuchsaufbau zu einer Konfundierung der beiden Therapieformen ab dem 2. Tag miteinander kommt, und somit ein Vergleich dieser zueinander ab dem 2. Tag kritisch betrachtet werden sollte (siehe Ergebnisse und Diskussion Kap. 8 und 9). In dem Entspannungsprogramm wurde das Prinzip der Musiktherapie und des Biofeedbacks bzw. zusätzlich der Therapie mit binaurikularen Schwingungen vereint. Die Entspannungsübungen fangen mit einer progressiven Relaxation des gesamten Körpers an, die sich dann von dem gesamten Körper auf einzelne Körperteile fortsetzt, bis zu den Augen. Es handelt sich bei diesem Programm um eine gelenkte Entspannung. Nach der progressiven Relaxation kommen Atemübungen, die dann in die Visualisierungsübungen, zum Beispiel der Augenreise mit dem Kammerwasser und der Weitstellung der Gefäße, übergeht. Das Aufwecken aus der Entspannung erfolgt sanft, damit der Patient nicht aufgeschreckt wird, und somit die Entspannungssitzung hinfällig wird. Die Entspannungs-CDs waren zeitlich wie folgt aufgebaut (alle Angaben in Minuten):

Bis 1:15	Entspannungsmusik
1:16 – 2:10	Glaukomerklärung
2:11	Frage: Bereit?
2:16	Erklärung der Anspannungsübung
2:17 – 3:00	Anspannen des ganzen Körpers
3:01	Loslassen der Anspannung
3:14	Erneut anspannen
3:24	Loslassen
3:34	Anspannen
3:48	Loslassen
4:00	Atmen und Entspannen
4:20	Beine entspannen und loslassen
4:30	Gesäß entspannen und loslassen
4:40	Bauch entspannen und loslassen
4:47	Oberkörper entspannen und loslassen
4:58	Arme werden schwer, entspannen und loslassen
5:05	Schultern werden schwer, entspannen und loslassen
5:23	Kaumuskulatur und Kiefer entspannen und loslassen
5:33	Stirn entspannen und loslassen
5:54	Augen entspannen und loslassen
6:00	Anspannen

6:08	Loslassen
6:14	Anspannen
6:17	Loslassen
6:22	Anspannen
6:30	Loslassen
6:50	Augen entspannen und loslassen
7:08	Einatmen
7:16	Ausatmen
7:25	Tief einatmen
7:40	Tief ausatmen
8:28	Tief einatmen, Atem durch die Augen leiten
8:39	Tief ausatmen, Atem durch die Augen leiten
9:10	nur Musik
10:48	Seele befreien und sich frei machen
11:30	Beginn der Vorstellungsübungen: Kiste
12:00	Kiste mit Gedanken und Gefühlen füllen, besonders mit den Belastenden
13:00	Kiste schließen und wegschicken
13:30	Entspannen
13:40	Beginn der Visualisierungen „Reise durch das Auge“
14:46	Mitschwimmen im Kammerwasser
15:30	Gedanken frei machen
15:43	Vorstellen, im Kammerwasser mitzufließen
16:30	Abfluss vorstellen und Kanälchen erweitern
bis 19:17	nur Musik
19:18	Augenhintergrund vorstellen, sowie Blutgefäße, diese imaginativ erweitern → Sehnerv nun besser durchblutet
ab 21:00	nur Musik
23:36	Kammerwasserabfluss verbessern und Gefäße weitstellen
24:10	Energie fließt und steigt, Ruhe
26:23	Vorbereiten auf das Ende der Sitzung
26:57	Rückwärtszählen ab 10 (wie bei Hypnotherapien üblich)
27:19	Zahl 1 erreicht
27:22	Anspannen
27:35	Loslassen
27:43	Augen öffnen und wach werden

## 7.4 **Psychologische Analyse** **- Subjektive Befindlichkeitsfragebögen-**

### 7.4.1 **Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB)**

Es handelt sich um einen bipolaren Fragebogen. Er wurde auf Empfehlung von Prof. Dr. phil. Dr. med. H.-D. Basler, Leiter des Institutes für medizinische Psychologie in Marburg, verwendet. Bipolar bedeutet, dass zwischen einem positiven und einem negativen Pol entschieden werden muss. Für die aktuelle Befindlichkeit nimmt man eher wenige Items, um die Befragungszeit zu verkürzen. Dies ist wichtig, da man bei langen Fragebögen beobachtet hat, dass eine negative Befindlichkeit noch negativ verstärkt wird. Der KAB wurde von BASLER und MÜLLER (1989) an einer Blutspenderpopulation entwickelt, um subjektiv erlebte Beanspruchung mit kurzen Retestintervallen zu erfassen. Für diesen Fragebogen ergeben sich folgende Gütekriterien: Retestkoeffizienz mit 0,83; Reliabilität mit 0,85; Standardmessfehler mit 0,30; gute Validität, hohe Korrelationen unter verschiedenen

Studien und gute Sensitivität (genauer unter MÜLLER, B./BASLER, H.-D. 1993). Diese Gütekriterien sprechen für den Fragebogen.

Bei den Items werden nur neutrale Adjektive verwendet, um Antworttendenzen im Sinne der „sozialen Erwünschtheit“ zu vermeiden. Weiterhin werden nur gebräuchliche Adjektive zu sinnvollen Gegensatzpaaren kombiniert, um die Verständlichkeit zu sichern. Zwischen den beiden jeweiligen Gegensatzpaaren liegt eine sechsstufige Ratingskala mit verbalen Verankerungen. Pro Item wird von 1-6 bewertet, wobei die Items 1,3,5 und 7 umgepolt werden müssen, damit ein höherer Itemwert auch eine höhere Beanspruchung ausdrückt. Der Skalenwert ergibt sich aus den mittleren Itemwerten; somit liegt das Maß der Beanspruchung zwischen 1 (minimale Beanspruchung) und 6 (maximale Beanspruchung).

Der KAB sah wie folgt aus:

## Fragebogen zum aktuellen Befinden

Die folgenden Worte beschreiben verschiedene Gefühle.

Bitte kreuzen Sie für jedes Wort das Quadrat an, das am besten Ihre Gefühle am heutigen Tag beschreibt.

Jetzt fühle ich mich :

	sehr	ziemlich	eher	eher	ziemlich	sehr	
angespannt	<input type="checkbox"/>	gelassen					
frisch	<input type="checkbox"/>	matt					
bekommen	<input type="checkbox"/>	gelöst					
unbekümmert	<input type="checkbox"/>	besorgt					
unruhig	<input type="checkbox"/>	entspannt					
voller Elan	<input type="checkbox"/>	kraftlos					
skeptisch	<input type="checkbox"/>	vertrauensvoll					
behaglich	<input type="checkbox"/>	unwohl					

Abb. 6.: KAB

### 7.4.2 Fragebogen zum allgemeinen Befinden (POMS)

Im POMS-Test (Profile of Mood States) sind monopolare Fragebögen zusammengestellt, die das emotionale Wohlbefinden als Komponente der Lebensqualität zugrunde legen. Die Erfassung der Lebensqualität des Patienten wird immer wichtiger, da es der Beurteilung physischer, psychischer und sozialer Komponenten des Wohlbefinden und der Funktionsfähigkeit im Alltag trotz der Erkrankung dient. Im deutschsprachigen Raum wurde der POMS mit 35 Items von BIEHL und LANDAUER 1975 eingeführt, und zunächst an 143 jungen gesunden Probanden getestet. Die 35 Items beziehen sich auf vier Grundbefindlichkeiten: Niedergeschlagenheit, Müdigkeit, Tatendrang und Missmut. Jedes Item ist wiederum kategorialskaliert in 5 Antwortmöglichkeiten, die von 1-5 bewertet werden. Berücksichtigt werden die letzten 24 Stunden und die letzte Woche. Der Test hat

sich in Studien sehr bewährt und befriedigende Ergebnisse hinsichtlich der Faktorenstruktur, Trennschärfe und diskriminanten Validität geliefert. Für diesen Test ergeben sich folgende Gütekriterien: Konsistenzkoeffizienz mit 0,90; faktorielle Validität und mittlere Korrelation mit 0,45; Trennschärfe der Subskalen zwischen 0,45 und 0,85, befriedigende Ergebnisse für Reliabilität und Validität (BULLINGER, M/HEINISCH, M 1990). Der POMS wurde auch von LANE und KASION 1997 bei einer „Hemi-Sync®-Studie“ verwendet. Der hier verwendete Fragebogen sah wie folgt aus:

## Fragebogen zum allgemeinen Befinden

Die folgenden Worte beschreiben verschiedene Gefühle.

Bitte kreuzen Sie für jedes Wort das Quadrat an, das am besten Ihre Gefühle in der letzten Zeit – einschließlich heute – beschreibt.

In der letzten Zeit fühlte ich mich	gar nicht	etwas	ziemlich	stark	sehr stark
Zornig	<input type="checkbox"/>				
Abgeschlafft	<input type="checkbox"/>				
Unglücklich	<input type="checkbox"/>				
Lebhaft	<input type="checkbox"/>				
Unsicher	<input type="checkbox"/>				
Lustlos	<input type="checkbox"/>				
Traurig	<input type="checkbox"/>				
Aktiv	<input type="checkbox"/>				
Gereizt	<input type="checkbox"/>				
Verdrießlich	<input type="checkbox"/>				
Betrübt	<input type="checkbox"/>				
Energisch	<input type="checkbox"/>				
Ängstlich	<input type="checkbox"/>				
Hoffnungslos	<input type="checkbox"/>				
Überreizt	<input type="checkbox"/>				
Müde	<input type="checkbox"/>				
Verärgert	<input type="checkbox"/>				
Entmutigt	<input type="checkbox"/>				

In der letzten Zeit fühlte ich mich	gar nicht	etwas	ziemlich	stark	sehr stark
Neidig	<input type="checkbox"/>				
Fröhlich	<input type="checkbox"/>				
Verbittert	<input type="checkbox"/>				
Erschöpft	<input type="checkbox"/>				
Schwermütig	<input type="checkbox"/>				
Verzweifelt	<input type="checkbox"/>				
Träge	<input type="checkbox"/>				
Hilflos	<input type="checkbox"/>				
Ermattet	<input type="checkbox"/>				
Munter	<input type="checkbox"/>				
Wütend	<input type="checkbox"/>				
Schwungvoll	<input type="checkbox"/>				
Schlecht gelaunt	<input type="checkbox"/>				
Minderwertig	<input type="checkbox"/>				
Erschreckt	<input type="checkbox"/>				
Tatkräftig	<input type="checkbox"/>				
Entkräftigt	<input type="checkbox"/>				

Abb. 7.: POMS

Zu folgenden Dimensionen gehören spezielle Adjektive des Fragebogens:

1. Zu Niedergeschlagenheit: unglücklich, unsicher, traurig, betrübt, ängstlich, hoffnungslos, entmutigt, neidig, verbittert, schwermütig, verzweifelt, hilflos, minderwertig, erschreckt
2. Zu Müdigkeit: abgeschlafft, lustlos, müde, erschöpft, träge, ermattet, entkräftet
3. Zu Tatendrang: lebhaft, aktiv, energisch, fröhlich, munter, schwungvoll, tatenkräftig

4. Zu Missmut: zornig, gereizt, verdrießlich, überreizt, verärgert, wütend, schlecht gelaunt (BULLINGER, M/HEINISCH, M 1990).

## 7.5 Apparative Messverfahren

Die Messung des Augeninnendrucks erfolgte nach dem Prinzip der Applanationstonometrie nach Goldmann an einer Spaltlampe der Firma Haag-Streit, Bern.

Bei der Applanationstonometrie wurden folgende Augentropfen verwendet:

Thilorbin® von der Firma Alcon oder

Novesine® 0,4% von Ciba Vision in Verbindung mit Fluorescein 0,5% aus der Klinikumsapotheke der Philipps-Universität Marburg.

Zur Feststellung des Visus wurde der Rodavist® von Rodenstock verwendet.

Für die Gesichtsfelder wurden grundsätzlich Computer Perimeter der Firma Humphrey Instruments, einer Division der Carl Zeiss Inc. Jena, verwendet, nur in Ausnahmen konventionelle Goldmann-Perimeter; hierbei wurde aber bei jedem Patienten immer das gleiche Verfahren verwendet.

Als Datenträger für die Musiktherapie und binaurikularen Schwingungen wurden CDs (R 74) der Firma TDK mit einer Speicherkapazität von 650 MB verwendet, was einer Länge von 74 min. entspricht.

Der Aufbau des Entspannungsprogramms wurde von Frau Prof. Stempel entwickelt. Musik und Sprecherinnen kamen vom amerikanischen Monroe-Institut, wo die Hemi-Sync®-Technik mit binaurikularen Schwingungen entwickelt wurde.

Die CDs wurden mit einem Stereo- CD- Player der Firma Lifetec abgespielt.

Der Stereokopfhörer mit Rechts- und Linkseingang war von der Firma Sony.

Zum Reinigen der Elektrodenkontaktstellen auf der Haut wurde 70%iger Alkohol aus der Klinikumsapotheke der Philipps- Universität Marburg verwendet.

Zum leichten Anrauen der Kopfhaut wurde ein Stift der Firma Faber-Castell (30103) verwendet, um einen besseren Kontakt der Elektroden zur Kopfhaut zu schaffen.

Für die EEG- Elektroden wurden folgende Elektroden- Cremes benutzt:

- Electrode Cream EC2® von Grass Instrument Division, Astro-Med. Inc.
- EEG Paste Ten 20 conductive® von D.O. Weaver and Co.
- Electrode Adhesive® Paste von Teca Corporation, Vickers Medical

Die Elektroden für EEG, EMG, SC und Herzrate wurden von der Firma Thought Technology Ltg. Hergestellt:

EMG Triode mit Myoscan/Pro

EEG Elektroden mit EEG Scan/Pro

SC Elektroden mit Klettband mit SC-Flex/Pro

Herzrate- Elektrode nach dem Prinzip der Photoplethysmographie mit BVP-Flex/Pro

Als datenverarbeitendes Programm für die Aufzeichnung der Messungen der Elektroden wurde das Programm Biograph® V 2.0 der Firma Mind Media BV verwendet. Dieses Programm wurde auch schon vorher in der Schmerzbehandlung (Spannungskopfschmerz, chronische Rückenschmerzen, Migräne), Psychosomatik (Hyperventilations-Syndrom, Asthma, Hypertonie, Morbus Raynaud), Psychologie (Angstzuständen, Schlafstörungen, Hyperaktivität), Neurologie (Tortikollis, Blephorospasmus, Parkinson), Muskeltraining (Lähmungen, Muskelentspannung, Inkontinenz), Sport (Erregungskontrolle, Wettkampftraining), Entspannungstraining, Rückenschule und Atemschule verwendet. Die Angaben in dem Programm, in welchen Bereichen gemessen wird, beliefen sich auf folgende:

EMG: 0- 400  $\mu$ V RMS (20-500 Hz), gemessen mit 32 Samples/s

EEG: 0- 400  $\mu$ V PK-PK (2- 45 Hz), gemessen mit 256 Samples/s

Thetawellen 4- 7 Hz

Alphawellen 8-12 Hz

Betawellen 13- 40 Hz

SC: 0,1- 30  $\mu$ Siemens, gemessen mit 32 Samples/s

Herzrate: Beats per minute, gemessen mit 32 Samples/s

Installiert war das Programm auf einem PC mit folgenden Voraussetzungen:

Pentium® II mit 400 Hz und 64 MB RAM.

Auf diesem war auch Windows NT® V. 4.0.

Bei der Messung der Muskelspannung mit Hilfe des EMG werden Potentiale, die sich von der Muskelaktivität auf der Hautoberfläche ausbreiten, abgeleitet. Sie liegen im Bereich von 1-500 Mikrovolt. Diese Potentiale werden mit Hilfe von Elektroden gemessen, wobei es zwei aktive und eine Referenzelektrode gibt. Um Störsignale, die zum Beispiel durch die Herzaktivität oder andere Signale entstehen zu verringern oder sogar zu eliminieren, verwendet man eine Messung im Bereich von 100-400 Hertz (ZEIER, H. 1997).

Bei der Messung des Hautleitwertes betrachtet man, von einem Ausgangs- bzw. dem Anfangswert ausgehend, die Tendenz des Hautleitwertes während einer Übung. Der Hautwiderstand liegt normalerweise zwischen 0,2-100 M $\Omega$ ; die Ausschläge bewegen sich zwischen 10-500 k $\Omega$ . Der Hautleitwert wird in der Einheit Siemens gemessen und bewegt sich normalerweise im Bereich zwischen 2-100 Mikrosiemens. Das Ausmaß der Hautleitwerte liegt zwischen 0,01-5 Mikrosiemens. Zur Messung eignen sich besonders die Handballen und die Fingerkuppen. Um Artefakte zu vermeiden, sollte der Patient während der Messung die Hand möglichst wenig bewegen (ZEIER, H. 1997).

Die Herzfrequenz wird mit einem Transducer, der aus einer Lichtquelle und einem Photodetektor besteht nach dem Prinzip der Photoplethysmographie gemessen. Die Lichtquelle sendet kontinuierlich Licht aus, was von dem unter der Haut liegenden Gewebe reflektiert und von dem Photodetektor aufgefangen wird. Die Herzfrequenz wird aus dem Zeitintervall, das zwischen den photoplethysmographischen Pulswellenspitzen liegt, errechnet. Der Transducer wird meist an dem Zeigefinger oder dem Ohrläppchen angebracht (ZEIER, H. 1997).

Die Gehirnaktivität wird mit Hilfe von Elektroden auf der Kopfhautoberfläche gemessen. Das Gehirn erzeugt dauernd sich ändernde Potentiale, die sich bis auf die Kopfhautoberfläche ausbreiten. Den EEG-Potentialen entsprechen die postsynaptischen Dendritenpotentiale der oberflächlichen kortikalen Neurone. Der Durchschnitt der Potentiale bewegt sich bei rund 50 mV, und im Extrembereich von 5-500 mV. Die Frequenz liegt im Normalbereich zwischen 1-25 Hz, und im Extrembereich zwischen 0,1-300 Hz. Die Potentiale sind Summenpotentiale, die einen Gehirnbereich von mindestens 6

cm<sup>2</sup> umfassen. Da die Potentiale verstärkt werden müssen, ist die Messung artefaktanfällig; besonders durch Muskelpotentiale, die Herzaktivität, Augenbewegungen, Veränderungen des Hautwiderstandes, Netzbrummen, mangelnden Sitz der Elektroden und elektrostatische Feldveränderungen.

Bei Messungen mit Elektroden auf der Haut sollte die Haut mit einem mit 70% Alkohol befeuchteten Tupfer entfettet werden, um einen besseren Kontakt zwischen der Haut und der Elektrode zu schaffen, und somit Störungsquellen zu eliminieren (ZEIER, H. 1997).

## **7.6 Auswertung der Messdaten**

Die Daten wurden mit Hilfe von Microsoft Excel® 2000 und SPSS® 10.0 für Windows® an einem privaten Notebook ausgearbeitet.

Die statistischen Daten wurden, nach Absprache mit dem Institut für Medizinische Informatik der Philipps-Universität Marburg und Prof. Dr. phil. Dr. med. habil H.-D. Basler vom Institut für Medizinische Psychologie, über nichtparametrische Tests, den sog. Mann-Whitney-U Test für den Vergleich der beiden Therapieformen (CD 28 und CD 30) zu einander und den sog. Wilcoxon Test für die restlichen statistischen Erhebungen, mit Hilfe von SPSS® ausgearbeitet.

Die Graphiken wurden auch mit Hilfe der beiden oben genannten Programme erstellt.

## 8. Ergebnisse

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden bei dem Kurzzeit-Effekt über die 10 Tage und dem 10-Tages-Effekt beide CDs zusammen betrachtet, da die Patienten insgesamt 10 Tage an der Studie teilnahmen und die CDs im täglichen Wechsel dem Patienten präsentiert wurden. Die Patienten wurden jeweils einer Gruppe zu randomisiert, wobei der Unterschied nur darin lag, mit welcher der beiden CDs begonnen wurde. Kritisch anzumerken bei diesem Versuchsaufbau ist, dass es zu einer Konfundierung der Wirkungen beider CDs ab dem 2. Tag kommt. Bei der Betrachtung des Effektes der binaurikularen Schwingungen wurden die beiden CDs separat betrachtet. Daher kann dieser Effekt auch nur über jeweils 5 Tage ausgewertet werden. Auch hier gibt es eine Betrachtung des Kurzzeit-Effektes und des Effektes über 5 Tage. Aufgrund der Konfundierung der Therapien ab dem 2. Tag muss der 5-Tages-Effekt mit Vorsicht betrachtet werden.

### 8.1 Die Versuchspersonen

An der Studie nahmen 21 Patienten teil, 11 Frauen und 10 Männer, wobei 5 Frauen und 5 Männer mit der CD 28 und der Rest mit der CD 30 angingen; somit waren in der CD 28 – Gruppe 10 und in der anderen 11 Patienten.

Innerhalb der sozioökonomischen Daten, wie z.B. Familienstand, Schulbildung, Berufstätigkeit etc., ist nur für diese Studie die Altersstruktur interessant, da man in vorherigen Studien keine besonderen Einflüsse dieser sozioökonomischen Daten auf die Ergebnisse feststellte.

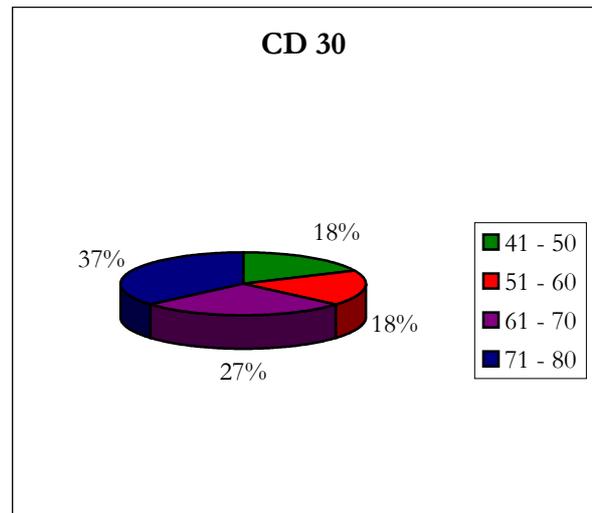
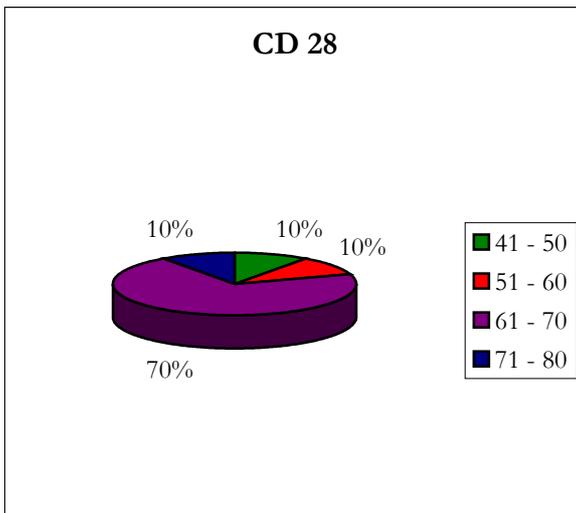
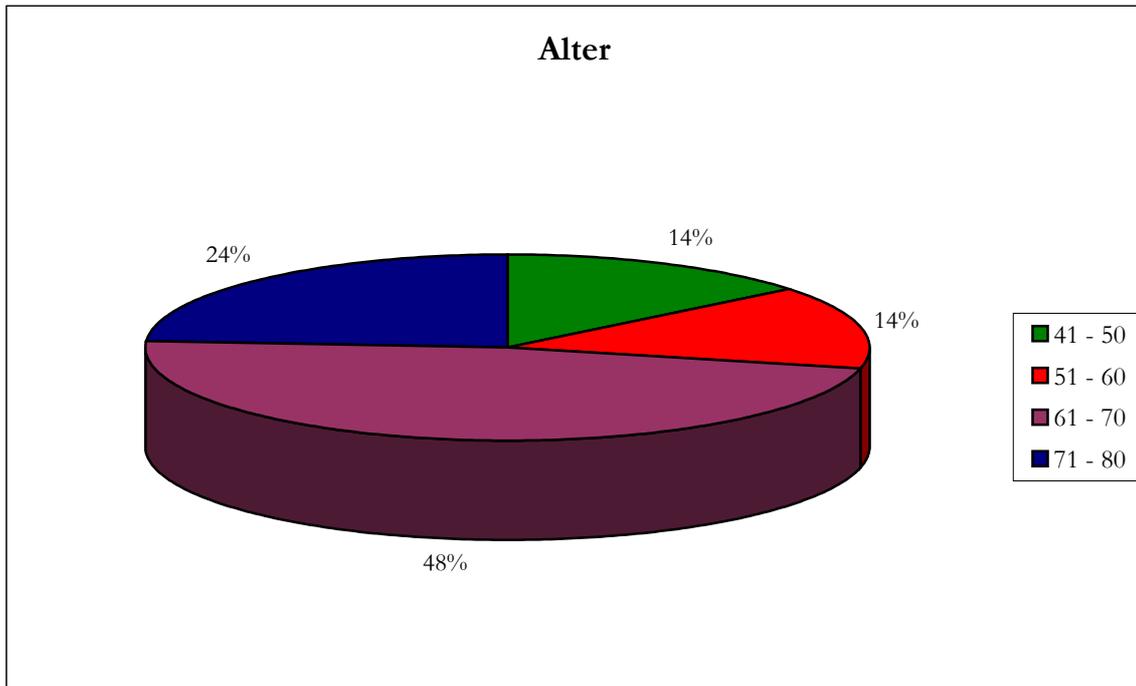
Die Altersverteilung erstreckt sich von 41 bis 79 Jahren. 18 Patienten sind älter als 50 Jahre. Das Durchschnittsalter der Patienten beträgt 63,8 Jahre; in der Gruppe, die mit der CD 28 begannen 64,5 Jahre, und in der anderen Gruppe 63,2 Jahre.

3 Patienten (14%) waren zwischen 41 und 50 Jahren, 3 (14%) zwischen 51 und 60 Jahren, 10 (48%) zwischen 61 und 70 Jahren und 5 (24%) zwischen 71 und 80 Jahren alt.

Bei den CD – Gruppen sieht es wie folgt aus:

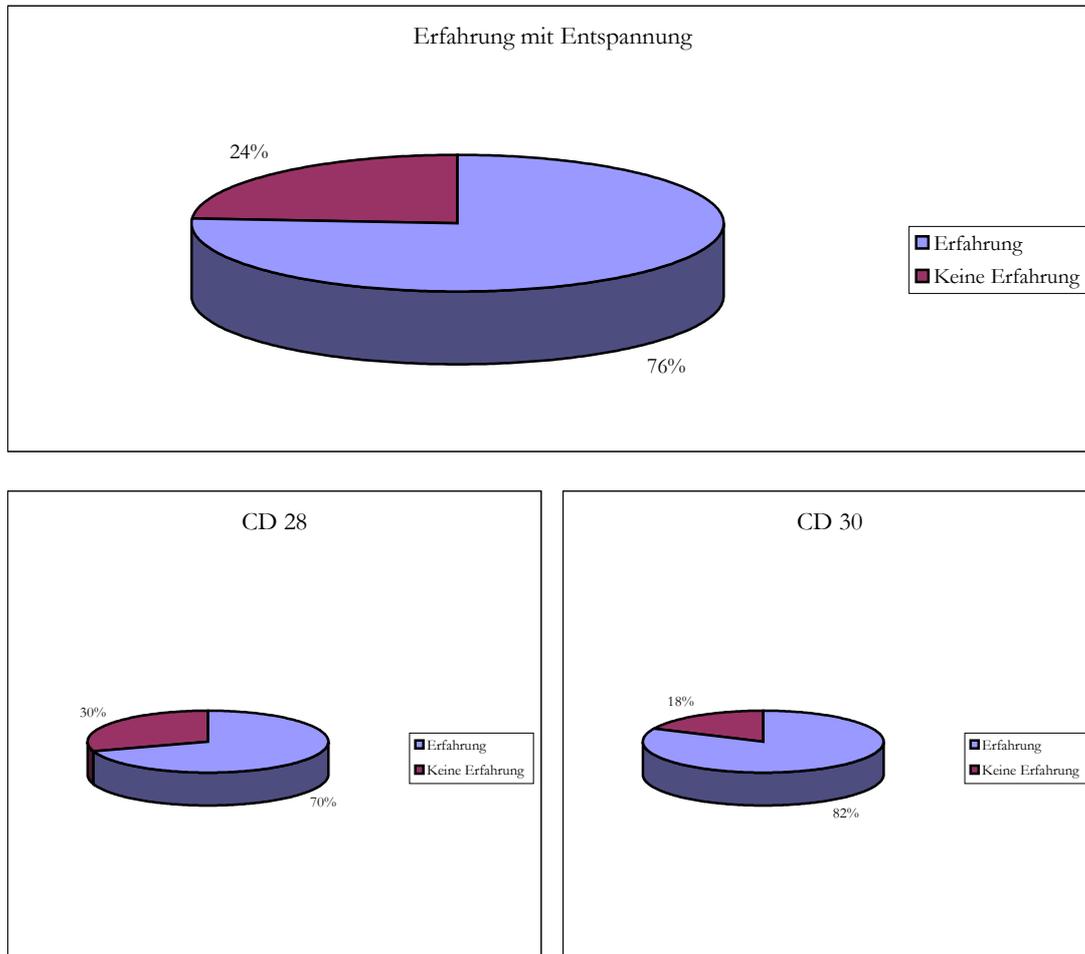
CD 28: 1 Patient (10%) zwischen 41 und 50 Jahren, 1 (10%) zwischen 51 und 60 Jahren, 7 (70%) zwischen 61 und 70 Jahren und 1 (10%) zwischen 71 und 80 Jahren.

CD 30: 2 Patienten (18%) zwischen 41 und 50 Jahren, 2 (18%) zwischen 51 und 60 Jahren, 3 (27%) zwischen 61 und 70 Jahren und 4 (37%) zwischen 71 und 80 Jahren.



**Abb. 8:** zeigt die Altersverteilung insgesamt und getrennt auf die beiden CDs. (n=21)

Erfahrung mit Entspannungsmethoden, wie z.B. Hypnose oder Autogenes Training, hatten 16 Patienten(76%), keine Erfahrung 5 (24%)(alle männlich); in der Gruppe, die mit der CD 28 anfangen, hatten 7 (70%) Erfahrung und 3 (30%) keine; in der anderen Gruppe hatten 9 (82%) Erfahrung und 2 (18%) keine.



**Abb. 9:** zeigt die Erfahrung der Patienten mit Entspannungsmethoden insgesamt und getrennt auf die beiden CDs. (n=21)

Die anamnestischen Angaben bezogen sich auf die Familienanamnese, Dauer des Glaukoms, die verwendete Therapie, Augenoperationen, Begleiterkrankungen, Hypotonie und Hypertonie.

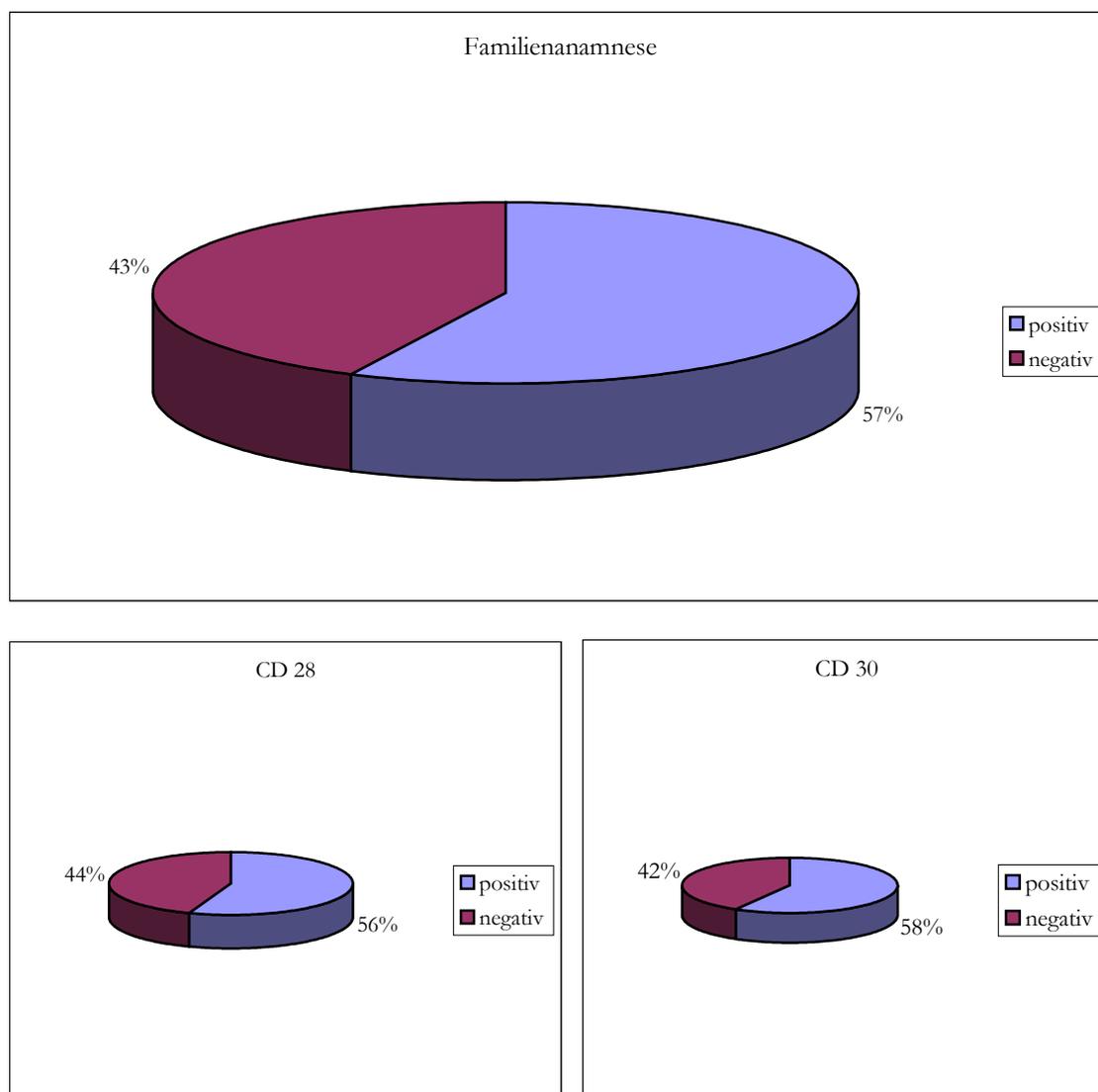
Glaukomdauer:

Die Dauer der Erkrankung reicht von 1 bis zu 30 Jahren, mit einer Durchschnittsdauer von 11,95 Jahren, bei der CD 28- Gruppe eine Durchschnittsdauer von 13,40 Jahren, bei der anderen von 10,45 Jahren.

In dem Bereich von 1-10 Jahren bewegten sich 10 Patienten (CD 28: 5, CD 30: 5), von 11-20 Jahren 8 Patienten (CD 28: 3, CD 30: 5) und von 21-30 Jahren 3 Patienten (CD 28: 2, CD 30: 1).

Familienanamnese:

Die Familienanamnese bezüglich Glaukom war bei 12 Patienten positiv (CD 28: 5, CD 30: 7) und bei 9 Patienten negativ (CD 28: 5, CD 30: 4).



**Abb. 10:** zeigt die Verteilung der familiären Belastung bezüglich Glaukom insgesamt und getrennt auf die CDs. (n=21)

Die verwendete medikamentöse Therapie war unter den Patienten am Anfang der Sitzungen wie folgt verteilt:

- Keine medikamentöse Therapie wurde bei 9 Patienten verwendet, von denen 4 Patienten 1 Woche vor Beginn der Sitzung die vorherige Therapie absetzten; alle 4 Patienten waren vorher mit Carboanhydraschemmern Dorzolamid (Trusopt®) therapiert.

- 5 Patienten waren mit Carboanhydrasehemmern Dorzolamid (Trusopt®) therapiert
- 3 Patienten waren mit Sympathomimetika Brimonidin (Alphagan®) therapiert
- 1 Patient mit einem Kombinationspräparat aus Carboanhydrasehemmer Dorzolamid und Sympatholytika  $\beta$ -Blocker (Cosopt®) therapiert
- 1 Patient mit Sympatholytika  $\beta$ -Blocker (Dispatim® 0,1%) therapiert
- 1 Patient mit Sympatholytika  $\beta$ -Blocker (Timosine®) und Carboanhydrasehemmern Dorzolamid (Trusopt®) therapiert
- 1 Patient mit Carboanhydrasehemmern Dorzolamid (Trusopt®) und Prostaglandinanaloga Latanoprost (Xalatan®) therapiert

Andere Augenerkrankungen:

Bei den Patienten herrschten keine akuten Augenerkrankungen vor. Bei 15 Patienten war der Visus korrigiert durch eine Brille. Als Werte für die Langzeitbetrachtung des Visus wurden die maximal erreichbaren Werte genommen, d.h. bei den korrigierten Patienten die Werte, die mit der Korrektur erreicht werden konnten. Zwischen den beiden Langzeituntersuchungen wurde der Visus nicht weiter korrigiert, sodass jegliche Visusveränderungen an den maximal erreichbaren Werten ermittelt werden konnten. Eine Patientin hatte links eine Enukleation des Bulbus oculi.

Folgende Augenoperationen kamen bei den Patienten vor, wobei auch mehrere Operationen bei einem Patienten möglich waren:

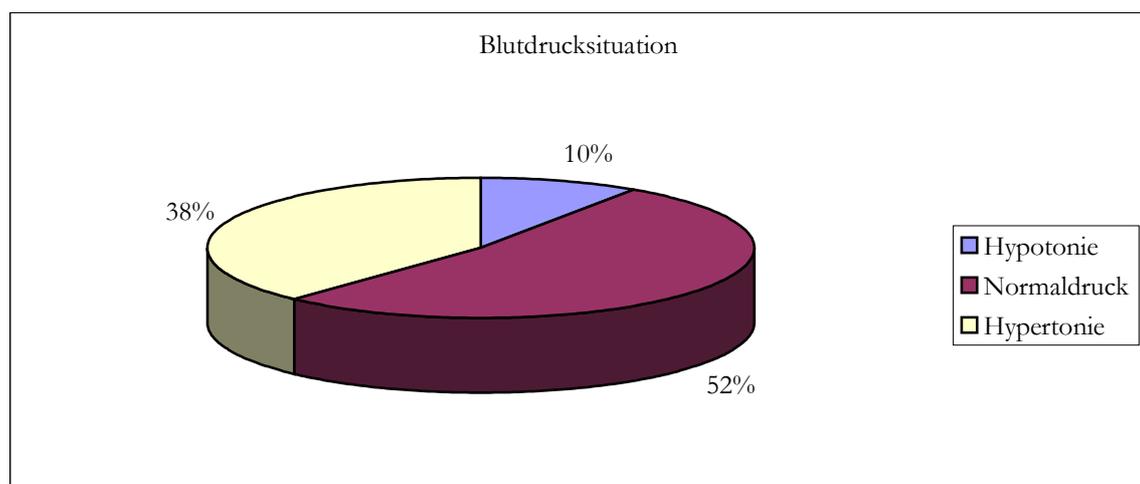
- keine Operation hatten 10 Patienten
- 3 Katarakt Operationen
- 2 Photokoagulationen
- 5 Argon-Lasertrabekuloplastiken
- 3 Netzhaut-Laser Behandlungen
- 2 Ptosis Operationen
- 1 Iridektomie
- 1 Trabekulotomie
- 1 Kryokoagulation
- 1 Schieloperation

Folgende Begleiterkrankungen waren bei den Patienten zu finden, wobei auch mehrere bei einem Patienten möglich waren:

- 2 Patienten hatten eine Hypercholesterinämie
- 2 Patienten litten an Herzrhythmusstörung
- 1 Patient hatte einen Zustand nach Nierenoperation
- 1 Patient litt an einem Raynaud- Syndrom
- 1 Patient hatte chronische Bronchitis
- 1 Patient hatte koronare Durchblutungsstörung
- 1 Patient hatte eine Herzoperation hinter sich

Die Frage nach der Blutsdrucksituation ist auch im Zusammenhang mit der Glaukomekrankung wichtig:

- 2 Patienten hatten eine Hypotonie
- 11 Patienten hatten normalen Blutdruck
- 8 Patienten hatten eine Hypertonie



**Abb. 11:** Blutsdrucksituation der Patienten. (n=21)

Bei der randomisierten Verteilung wurden durch Zufall die Patienten gleichartig auf die CD-Gruppen verteilt, d.h. je 1 Patient mit Hypotonie und 4 mit Hypertonie auf die jeweilige Gruppe.

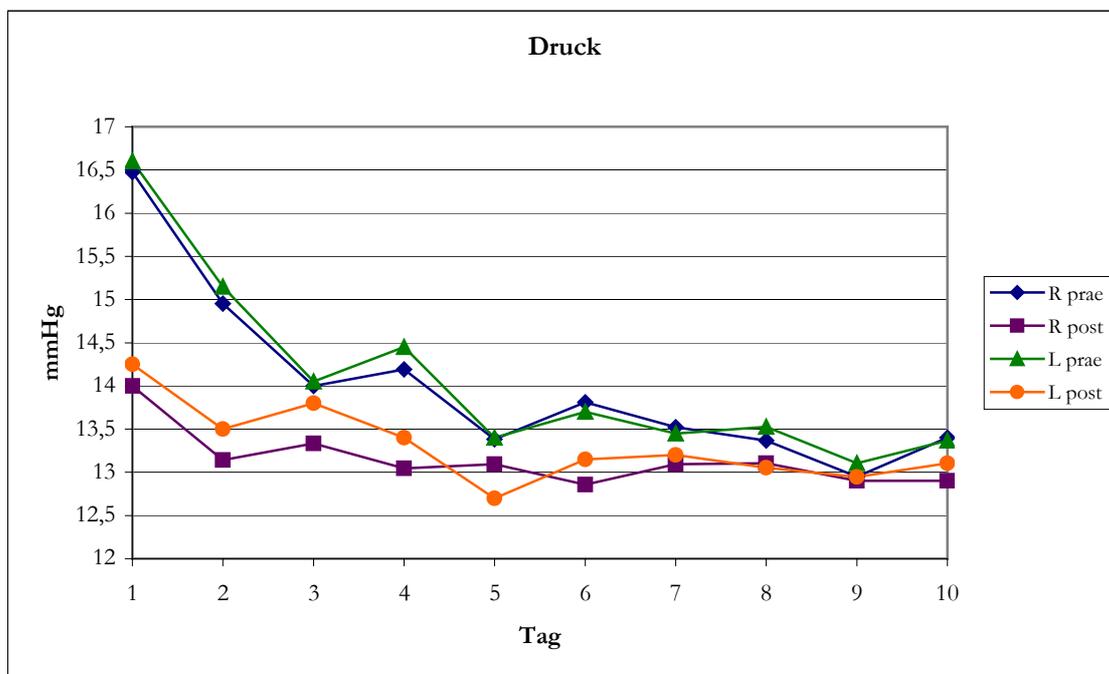
## 8.2 Augeninnendruck

Im Folgenden werden die Ergebnisse für den IOD im Bezug auf den Kurzzeit-, den 10 Tages- und den Effekt der binaurikularen Schwingungen dargestellt.

Bei allen Diagrammen und Tabellen handelt es sich um die Mittelwerte mit rechts n=21 und links n=20.

Es wird das rechte und linke Auge getrennt betrachtet, da beide Augen unterschiedlich im Bezug auf IOD und Therapie reagieren können.

Das folgende Diagramm zeigt den Druckverlauf des rechten und linken Auges über die 10 Tage vor und nach jeder Sitzung beider CDs zusammen.



**Abb. 12:** Druckverlauf über die 10 Tage im Mittel vorher und nachher. (rechts n=21, links n=20)

R prae: bedeutet den Augeninnendruck-Wert am rechten Auge vor der Sitzung

R post: bedeutet den Augeninnendruck-Wert am rechten Auge nach der Sitzung

L prae: bedeutet den Augeninnendruck-Wert am linken Auge vor der Sitzung

L post: bedeutet den Augeninnendruck-Wert am linken Auge nach der Sitzung

Es ist erkennbar, dass der IOD sowohl rechts als auch links über die 10 Tage jeweils vor der Sitzung höher ist als nach der Sitzung. Die Werte nähern sich nur am 9. Tag an, wobei

aber die Werte vorher (R:13,0; L: 13,1) immer noch etwas größer als die nachher (R:12,9; L:12,9) sind. Insgesamt erkennt man bei allen Werten (sowohl vorher als auch nachher, rechts und links) eine Drucksenkung über die 10 Tage. Es wird ein maximal niedriger Wert erreicht, der auch aus physiologischen Gründen nicht weiter absenkbar ist.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Druckwerte [mmHg] im Mittel vor und nach jeder Einzelsitzung beider CDs zusammen am jeweiligen 1. und 10. Tag mit Signifikanzberechnung (Wilcoxon Test)

		<b>Mittelwerte vorher</b> (Standard- abweichung)	<b>Mittelwerte nachher</b> (Standard- abweichung)	<b>Signifikanz nachher – vorher</b> [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>Druck Tag 1</b>	<b>R</b>	<b>16,5</b> (2,50)	<b>14,0</b> (2,49)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,992]
<b>Druck Tag 10</b>		<b>13,4</b> (2,11)	<b>12,9</b> (2,05)	<b>s.s. (0,005)</b> [-2,812]
<b>Druck Tag 1</b>	<b>L</b>	<b>16,6</b> (2,74)	<b>14,3</b> (2,95)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,765]
<b>Druck Tag 10</b>		<b>13,4</b> (2,15)	<b>13,1</b> (2,51)	<b>s. (0,046)</b> [-1,998]

**Tab. 1:** Druckwerte vorher und nachher am 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz nachher zu vorher (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20)

R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, s.... signifikant

Anhand dieser Tabelle sieht man auch, dass die Mittelwerte am 1. Tag und am 10. Tag nach der Sitzung im Vergleich zu vorher rechts und links sinken. Diese Drucksenkung ist jeweils sehr signifikant, bis auf die Drucksenkung am 10. Tag links, die nur signifikant ist. Für die Betrachtung der Hypothese 1 ist dies wichtig.

10 Tages – Effekt:

Vergleich der IOD-Mittelwerte des 1. Tages zu dem 10. Tag (Anfang und Ende der Sitzung) mit Signifikanzberechnung (Wilcoxon Test), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.

		Mittelwerte Tag 1 (Standard- abweichung)	Mittelwerte Tag 10 (Standard- abweichung)	Signifikanz Tag 10 – Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Druck prae	R	16,5 (2,50)	13,4 (2,11)	s.s. (0,000) [-3,703]
Druck post		14,0 (2,49)	12,9 (2,05)	s.s. (0,005) [-2,533]
Druck prae	L	16,6 (2,74)	13,4 (2,15)	s.s. (0,000) [-3,762]
Druck post		14,3 (2,95)	13,1 (2,51)	s. (0,046) [-2,249]

**Tab. 2:** Druckwerte am 1. und 10. Tag vorher und nachher sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1 (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20)

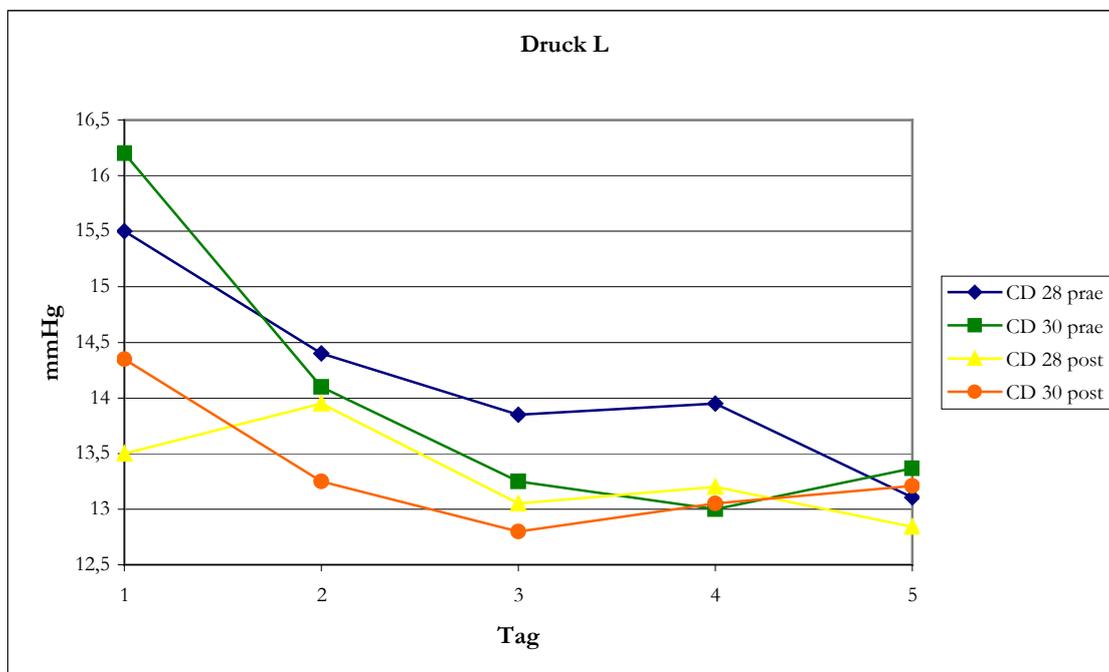
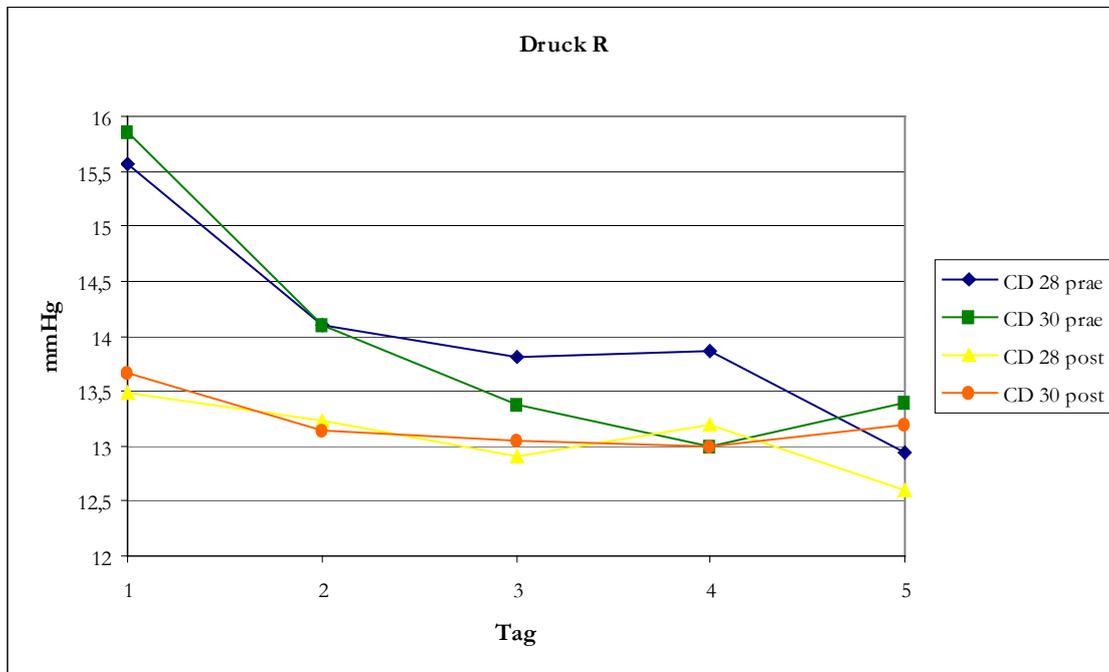
R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, prae... vor der Sitzung, post... nach der Sitzung, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, s.... signifikant

Hier erkennt man, dass die Mittelwerte jeweils vorher und nachher vom 1. zum 10. Tag sinken. Diese Drucksenkung ist rechts und links vor der Sitzung sehr signifikant, nachher signifikant. Dies ist für die Hypothese 4 von Bedeutung.

Effekt der binaurikularen Schwingungen:

Die CD 28 war die CD mit den binaurikularen Schwingungen und die CD 30 ohne. Der Kurzzeit- und 5-Tages-Effekt wird auch hier betrachtet.

Die folgenden beiden Diagramme zeigen den Druckverlauf über die 5 Tage der beiden verschiedenen CDs vorher und nachher, rechts und links.



**Abb. 13 und 14:** Zeigt den Druckverlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs vorher und nachher rechts und links, (CD 28 rechts n=10, links n=9, CD 30 n=11)

CD 28 prae: bedeutet den Augeninnendruckwert vor der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 prae: bedeutet den Augeninnendruckwert vor der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 post: bedeutet den Augeninnendruckwert nach der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 prae: bedeutet den Augeninnendruckwert nach der Sitzung mit der  
CD ohne die binaurikularen Schwingungen

Auch hier erkennt man eine Drucksenkung über die 5 Tage und im Vergleich vor und nach der täglichen Einzelsitzung, unabhängig von den CDs, bis auf den linken Druck am 4 Tag bei der CD 30, wobei dieser nachher leicht höher ist als vorher. Einen deutlichen Unterschied der beiden CDs zueinander kann man anhand der Diagramme nicht erkennen, was auf einen Nicht-Erfolg der binaurikularen Schwingungen als Therapie hindeuten kann.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Druckwerte [mmHg] im Mittel vor und nach jeder einzelnen Sitzung am jeweiligen 1. und 5. Tag, sowie die Signifikanzberechnung (Wilcoxon Test) dessen auf beide CDs bezogen. Diese Tabelle steht auch im Zusammenhang mit der Abbildung 15.

		CD 28			CD 30		
		Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Druck Tag 1	R	15,6 (2,73)	13,5 (2,62)	s.s. (0,000) [-3,883]	15,9 (2,20)	13,7 (2,39)	s.s. (0,000) [-4,010]
Druck Tag 5		13,0 (1,57)	12,6 (1,85)	n.s. (0,157) [-1,414]	13,4 (2,01)	13,2 (2,46)	n.s. (0,277) [-1,087]
Druck Tag 1	L	15,5 (2,91)	13,5 (2,86)	s.s. (0,000) [-3,576]	16,2 (2,63)	14,4 (2,96)	s.s. (0,000) [-3,546]
Druck Tag 5		13,1 (1,63)	12,8 (2,65)	n.s. (0,174) [-1,360]	13,4 (1,98)	13,2 (2,07)	n.s. (0,873) [-0,159]

**Tab. 3:** Druckwerte vorher und nachher am 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz nachher zu vorher bei den CDs (Wilcoxon Test), (CD 28 rechts n=10, links n=9, CD 30 n=11)

R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, n.s.... nicht signifikant

Anhand dieser Tabelle erkennt man, dass der IOD im Vergleich zu vorher nach der Sitzung gesunken ist. Hierbei ist die Drucksenkung am 1. Tag sehr signifikant, hingegen am 5. Tag nicht signifikant. Ein Unterschied zwischen der CD mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) und der ohne (CD 30) ist auch hier nicht erkennbar.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle zeigt einen Überblick über die Druckwerte [mmHg] im Mittel am 1. und 5. Tag vorher und nachher, sowie die Signifikanzen der Werte am Tag 5 zu Tag 1 (Wilcoxon Test),bezogen auf die beiden CDs.

		CD 28			CD 30		
		Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 – Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 – Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Druck prae	R	15,6 (2,73)	13,0 (1,57)	s.s. (0,000) [-3,816]	15,9 (2,20)	13,4 (2,01)	s.s. (0,000) [-3,528]
Druck post		13,5 (2,62)	12,6 (1,85)	n.s. (0,085) [-1,723]	13,7 (2,39)	13,2 (2,46)	n.s. (0,534) [-0,622]
Druck prae	L	15,5 (2,91)	13,1 (1,63)	s.s. (0,001) [-3,384]	16,2 (2,63)	13,4 (1,98)	s.s. (0,000) [-3,769]
Druck post		13,5 (2,86)	12,8 (2,65)	n.s. (0,179) [-1,344]	14,4 (2,96)	13,2 (2,07)	n.s. (0,057) [-1,907]

**Tab. 4:** Druckwerte am 1. und 5. Tag vorher und nachher sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 bei den CDs (Wilcoxon Test). (CD 28 rechts n=10, links n=9,CD 30 n=11)

R...rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, prae... vor der Sitzung, post... nach der Sitzung, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, s.... signifikant

Hier erkennt man, dass die Mittelwerte jeweils vorher und nachher vom 1. zum 5. Tag sinken. Bei beiden CDs ist diese Drucksenkung rechts und links vor der Sitzung sehr signifikant, nachher nicht signifikant. Einen Unterschied zwischen den beiden CDs kann man auch hier nicht erkennen.

Die nächste Tabelle zeigt die Signifikanzberechnung am jeweiligen Tag im Vergleich der beiden CDs zueinander (Mann-Whitney-U Test), d.h. es werden die jeweiligen Tageswerte der beiden CDs zueinander verglichen und eruiert, ob ein signifikanter Unterschied zwischen der Therapie mit der binaurikularen Schwingung und ohne besteht..

		<b>Signifikanz CD 28 - CD 30</b>	
		<b>Tag 1</b> [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test	<b>Tag 5</b> [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
<b>Druck prae</b>	<b>R</b>	<b>n.s. (0,718)</b> [-0,360]	<b>n.s. (0,801)</b> [-0,253]
<b>Druck post</b>		<b>n.s. (0,591)</b> [-0,538]	<b>n.s. (0,887)</b> [-0,142]
<b>Druck prae</b>	<b>L</b>	<b>n.s. (0,846)</b> [-0,195]	<b>n.s. (0,969)</b> [-0,039]
<b>Druck post</b>		<b>n.s. (0,671)</b> [-0,424]	<b>n.s. (0,396)</b> [-0,849]

**Tab. 5:** Zeigt die Signifikanzberechnung der Einzelwerte CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test ),(CD 28 rechts n=10, links n=9,CD 30 n=11) R... rechtes Auge, L... linkes Auge, prae... vor der Sitzung, post... nach der Sitzung, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

An dieser Tabelle kann man erkennen, dass der Vergleich der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen zu der ohne die Schwingungen bei der Wirkung auf den Augeninnendruck nicht signifikant ausfällt, und sich somit kein Unterschied zwischen den beiden Therapieformen ergibt.

Zum Vergleich der beiden CDs sollen auch die Deltawerte des IOD, d.h. Subtraktionswerte, hinzugezogen werden. Hierbei handelt es sich zum einen um die Deltawerte des IOD nachher zu vorher (Nachher minus vorher) und zum anderen um die Deltawerte des IOD Tag 5 zu Tag 1 (Tag 5 minus Tag 1) jeweils im Mittel.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Deltawerte des IOD nachher zu vorher der jeweiligen CD im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwerte CD 28	Mittelwerte CD 30	
		Deltawerte nachher – vorher (Standardabweichung)	Deltawerte nachher – vorher (Standardabweichung)	Signifikanz Deltawerte CD 28 - CD 30 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
Druck Tag 1	R	-2,1 (1,22)	-2,2 (0,87)	n.s. (0,583) [-0,227]
Druck Tag 5		-0,4 (1,35)	-0,2 (1,58)	n.s. (0,915) [-0,036]
Druck Tag 1	L	-2,0 (1,38)	-1,8 (1,45)	n.s. (1,000) [-1,025]
Druck Tag 5		-0,3 (1,79)	-0,2 (0,9)	n.s. (0,860) [-1,396]

**Tab. 6:** Signifikanz der Druck-Einzelwerte CD 28 zu CD 30,  
(Mann-Whitney-U Test ),(CD 28 rechts n=10, links n=9,CD 30 n=11)  
R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, Standardabweichung  
in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf  
positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Die Tabelle zeigt, dass, wie oben schon beschrieben, die Druckwerte bei beiden CDs im Vergleich zu vorher nach der Sitzung im Mittel sinken. Ein signifikanter Unterschied zwischen den CDs ist nicht vorhanden.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle stellt die Deltawerte des IOD Tag 5 zu Tag 1 der jeweiligen CD im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 dar (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwert CD 28	Mittelwert CD 30	
		Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Signifikanz Deltawert CD 30 - CD 28 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
Druck prae	R	-2,6 (1,37)	-2,5 (1,01)	n.s. (0,839) [-0,203]
Druck post		-0,9 (1,42)	-0,5 (1,54)	n.s. (0,546) [-0,604]
Druck prae	L	-2,4 (1,22)	-2,8 (1,46)	n.s. (0,428) [-0,792]
Druck post		-0,7 (1,67)	-1,2 (0,96)	n.s. (0,517) [-0,648]

**Tab. 7:** Deltawerte nachher zu vorher sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test ),(CD 28 rechts n=10, links n=9,CD 30 n=11)  
R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, prae... vor der Sitzung, post... nach der Sitzung, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Hier sieht man noch einmal, dass die Druckwerte bei beiden CDs zum 5. Tag hin im Mittel sinken. Einen signifikanten Unterschied der CDs gibt es auch hier nicht.

Aus der obigen Darstellung der Werte heraus bestätigt sich die Arbeitshypothese, dass der Augendruck sich signifikant nach der Sitzung im Vergleich zu vorher am jeweils 1. und 10. Tag verringert.

Auch die Hypothese, dass der Augendruck sich signifikant im Verlauf der 10 Tage vorher und nachher verändert, hat sich bestätigt.

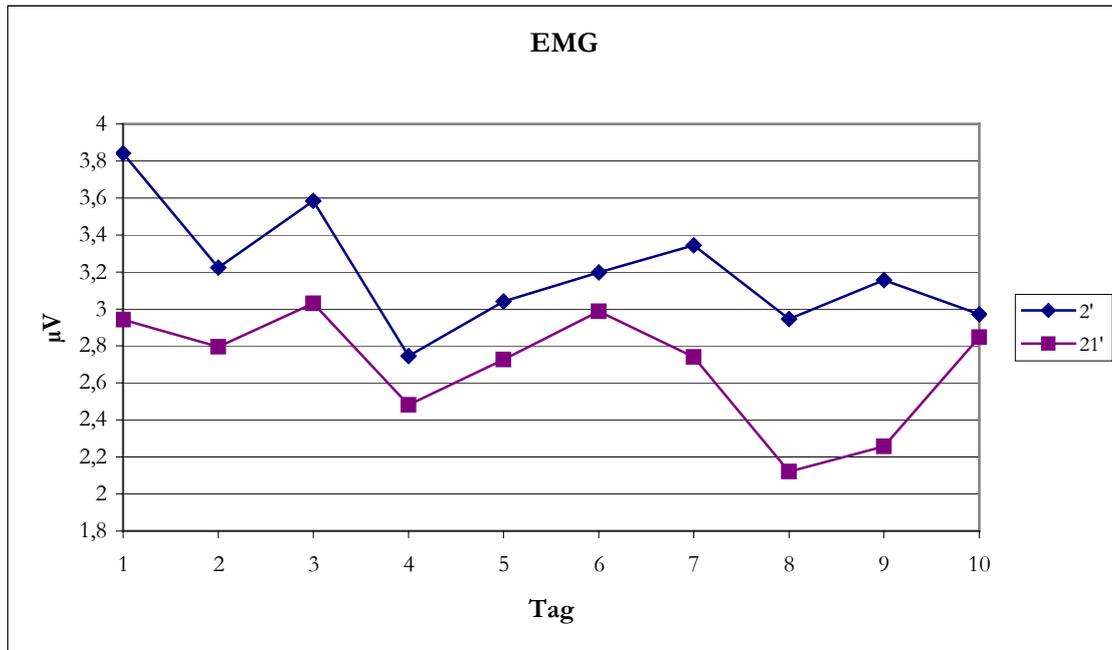
Die Hypothese, die den Vergleich der Therapie der binaurikularen Schwingung zu der ohne betrifft, bestätigt sich im Hinblick auf den IOD nicht, da sich hier kein signifikanter Unterschied.

### **8.3 Ergebnisse der Musiktherapie auf neuro-vegetative Parameter**

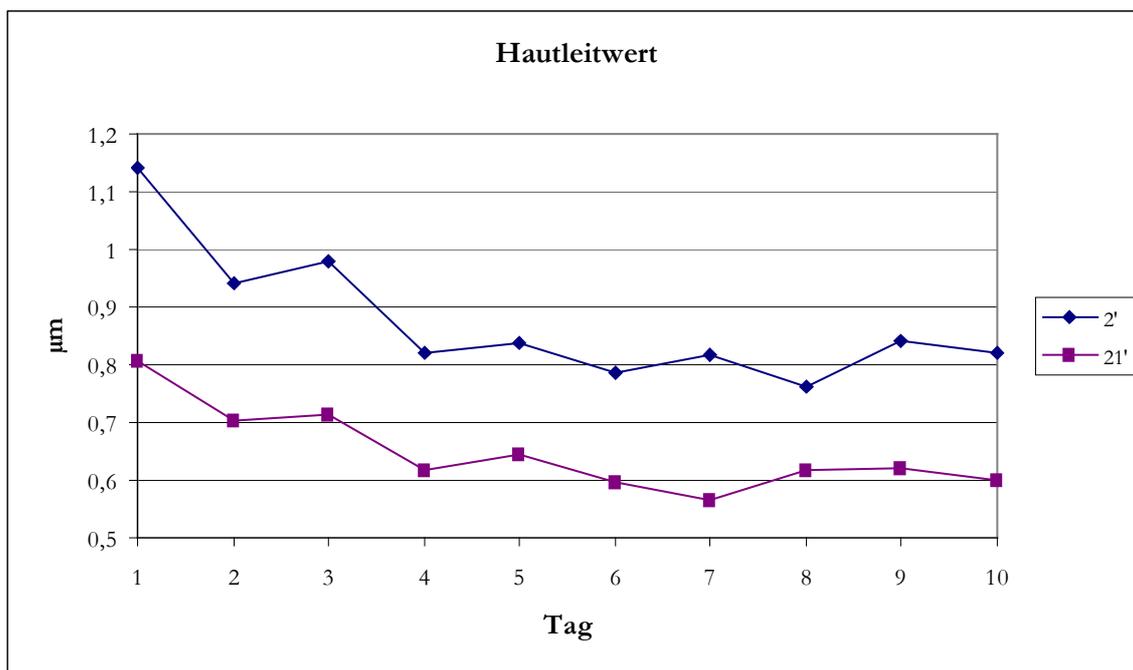
Hier werden die Einflüsse der Musiktherapie auf die Parameter Muskelrelaxation (EMG), Hautleitwert (SC) und Herzfrequenz (Herzrate) dargestellt. Auch hier werden der Kurzzetimeffekt, 10-Tages-Effekt und der Effekt der binaurikularen Schwingungen betrachtet.

Alle Diagramme und Tabellen beziehen sich auf eine Probandenzahl n=21.

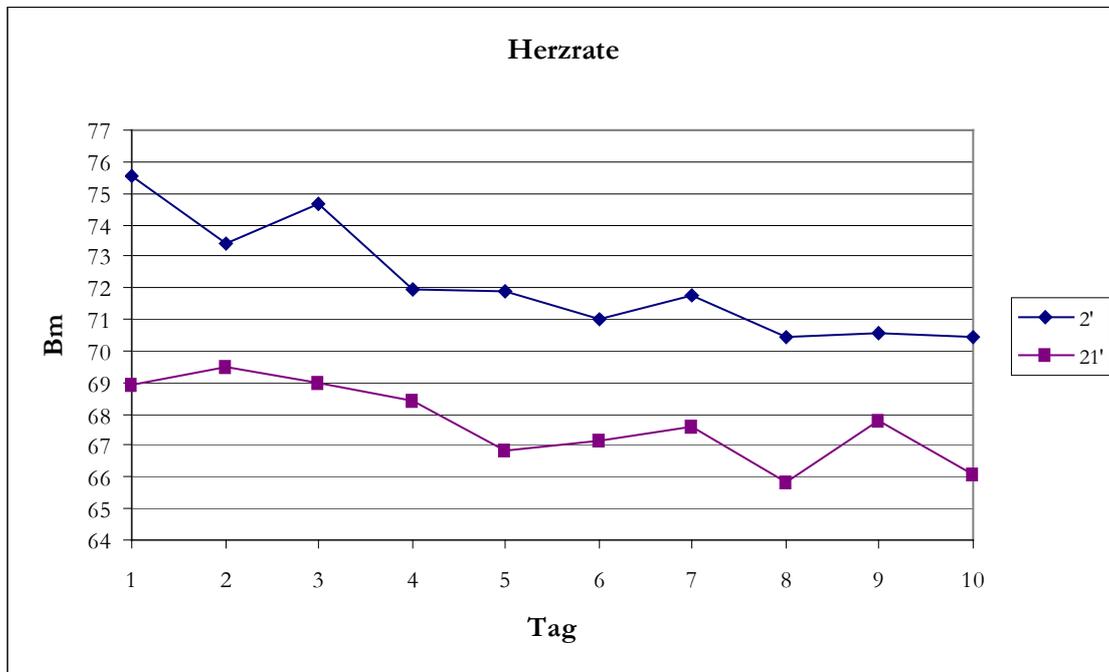
Folgende Diagramme zeigen den Verlauf der EMG-, der Hautleitwert-, und der Herzraten-Werte über die 10 Tage am Anfang (2'=2. Minute) und am Ende (21'= 21. Minute), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.



**Abb. 15:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der EMG-Werte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung, (n=21)  
 2': bedeutet den EMG-Wert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
 21': bedeutet den EMG-Werte am Ende der Sitzung zur 21. Minute



**Abb. 16:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der Hautleit- Werte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung, (n=21)  
 2': bedeutet den Hautleit-Wert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
 21': bedeutet den Hautleit-Wert am Ende der Sitzung zur 21. Minute



**Abb.17:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der Pulsfrequenz im Mittel über die 10 Tage am Anfang und Ende der Sitzung, (n=21)  
 2': bedeutet den Pulswert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
 21': bedeutet den Pulswert am Ende der Sitzung zur 21. Minute

Die Diagramme zeigen, dass beim EMG, beim Hautleitwert und der Herzrate jeweils die Werte am Ende der Sitzung unter den Werten am Anfang der Sitzung liegen. Außerdem kann man bei allen drei Diagrammen ein Senkung über die 10 Tage sowohl am Anfang als auch am Ende der Sitzung erkennen; Ausnahme ist hierbei der Verlauf der EMG-Kurve am Ende der Sitzung, bei der man nur einen tendenziellen Verlauf erkennen kann.

**Kurzzeiteffekt:**

Die folgende Tabelle zeigt die EMG-, Hautleitwert- und Herzrate-Werte im Mittel am Anfang und am Ende am jeweiligen 1. und 10. Tag, sowie die Signifikanzberechnung der Werte Ende zu Anfang (Wilcoxon Test), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.

		<b>Mittelwerte am Anfang</b> (Standardabweichung)	<b>Mittelwerte am Ende</b> (Standardabweichung)	<b>Signifikanz Ende – Anfang</b> [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>E M G</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>3,84</b> (2,33)	<b>2,94</b> (1,73)	<b>n.s. (0,060)</b> [-1,877]
	<b>Tag 10</b>	<b>2,97</b> (1,50)	<b>2,85</b> (1,74)	<b>n.s. (0,741)</b> [-0,330]
<b>Haut- leitwert</b> (in $\mu\text{m}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>1,14</b> (0,78)	<b>0,81</b> (0,47)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,772]
	<b>Tag 10</b>	<b>0,82</b> (0,47)	<b>0,60</b> (0,28)	<b>s.s. (0,003)</b> [-2,938]
<b>Herzrate</b> (in Bm)	<b>Tag 1</b>	<b>75,60</b> (13,65)	<b>68,90</b> (11,72)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,650]
	<b>Tag 10</b>	<b>70,40</b> (9,02)	<b>66,10</b> (8,20)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,911]

**Tab. 8:** EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am Anfang und am Ende am 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz Ende zu Anfang (Wilcoxon Test), (n=21), Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s.s....sehr signifikant

Die Tabelle zeigt die zugehörigen Messwerte von EMG, Hautleitwert und Herzrate. Es ergibt sich, dass die Werte alle am Ende der Sitzung am jeweiligen Tag im Mittel sinken. Außerdem zeigt sie, dass diese Senkung im Falle des Hautleitwertes und der Herzrate sehr signifikant, hingegen im Falle des EMG nicht signifikant ist.

10-Tages-Effekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Werte der EMG-, der Hautleitwert- und der Herzrate-Messung am 1. und 10. Tag am Anfang und am Ende der Sitzung im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung der Werte des 10. zum 1. Tag (Wilcoxon Test), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.

		<b>Mittelwerte Tag 1</b> (Standardabweichung)	<b>Mittelwerte Tag 10</b> (Standardabweichung)	<b>Signifikanz Tag 10 - Tag 1</b> [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>EMG</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>2'</b>	<b>3,84</b> (2,33)	<b>2,97</b> (1,50)	<b>n.s. (0,274)</b> [-1,095]
	<b>21'</b>	<b>2,94</b> (1,73)	<b>2,85</b> (1,74)	<b>n.s. (0,848)</b> [-0,191]
<b>Haut- leitwert</b> (in $\mu\text{m}$ )	<b>2'</b>	<b>1,14</b> (0,78)	<b>0,82</b> (0,47)	<b>s. (0,010)</b> [-2,590]
	<b>21'</b>	<b>0,81</b> (0,47)	<b>0,60</b> (0,28)	<b>s. (0,010)</b> [-2,576]
<b>Herzrate</b> (in Bm)	<b>2'</b>	<b>75,56</b> (13,65)	<b>70,40</b> (9,02)	<b>s. (0,025)</b> [-2,242]
	<b>21'</b>	<b>68,89</b> (11,72)	<b>66,10</b> (8,20)	<b>n.s. (0,297)</b> [-1,043]

**Tab. 9:** EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am 1. und 10. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1 (Wilcoxon Test), (n=21)  
(2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s.... signifikant

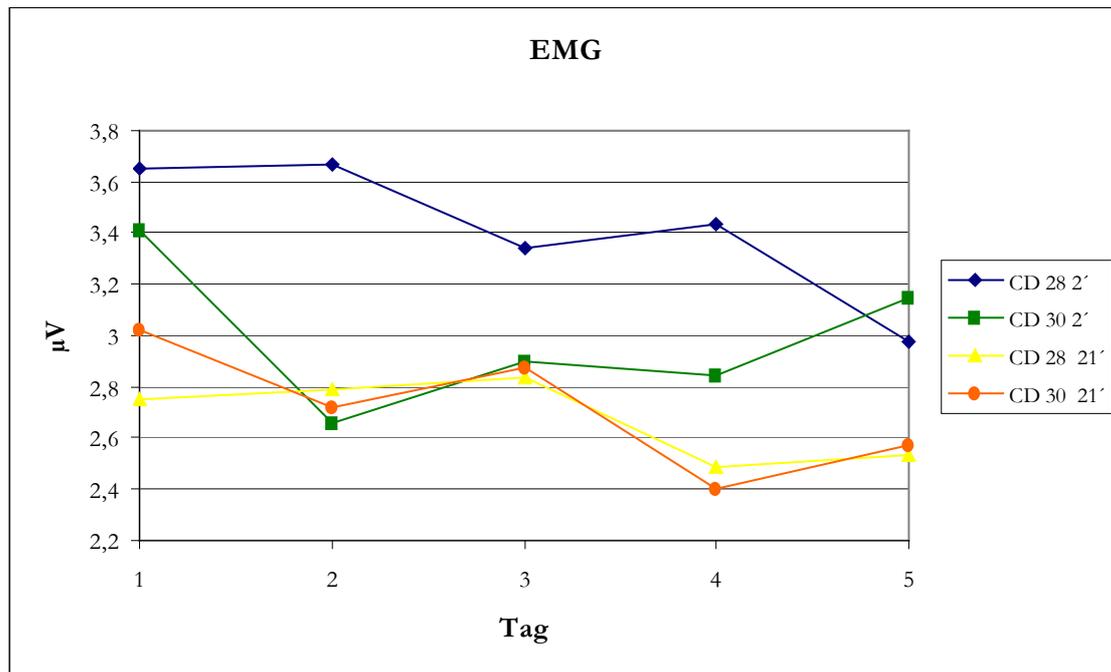
Anhand dieser Tabelle sieht man, dass die Werte im Mittel vom 1. auf den 10. Tag sinken. Zusätzlich erkennt man, dass die Hautleitwertveränderung sowie die Veränderung der Herzrate im Verlauf der 10 Tage am Anfang der Sitzung signifikant sind, hingegen die EMG-Veränderung und die Veränderung der Herzrate im Verlauf der 10 Tage am Ende der Sitzung nicht signifikant sind.

Effekt der binaurikularen Schwingung:

Die folgenden Diagramme und Tabellen dienen der Darstellung der Werte des EMG, des Hautleitwert und der Herzrate bezüglich der Fragestellung, ob die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen einen größeren Einfluss auf die physiologischen Parameter hat als die ohne. Der Kurzzeit- und 5-Tages-Effekt wird auch hier betrachtet, wobei die beiden CDs separat ausgewertet werden.

Anhand der drei folgenden Diagramme soll der Verlauf der EMG-, der Hautleitwert- und der Herzrate-Werte über die 5 Tage der beiden unterschiedlichen CDs am Anfang und am

Ende dargestellt werden (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung).



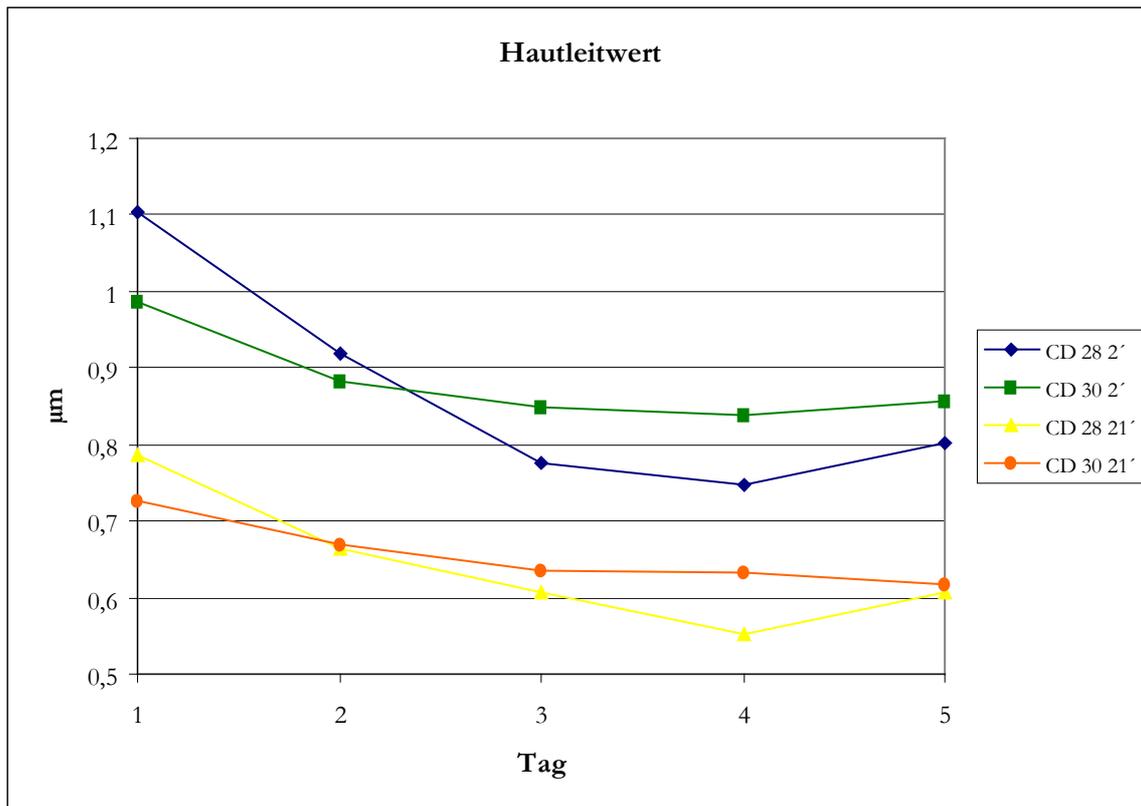
**Abb. 18:** Zeigt den EMG-verlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung, (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet den EMG-wert am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet den EMG-wert am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet den EMG-wert am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet den EMG-wert am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen



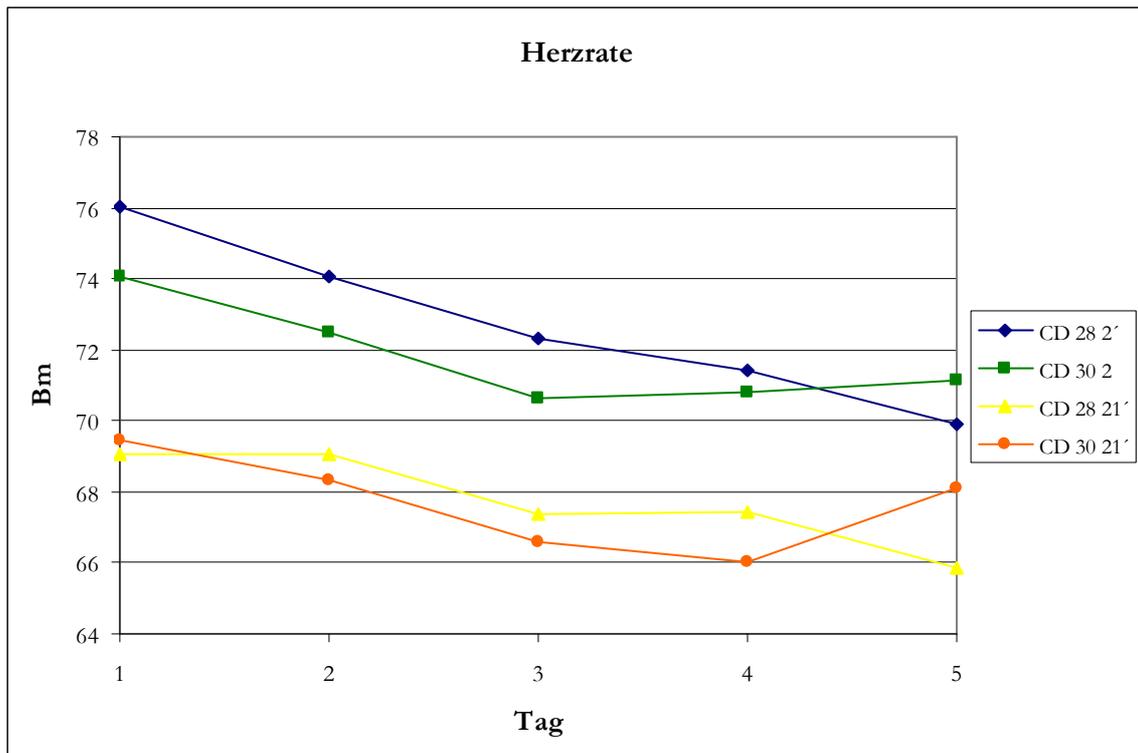
**Abb. 19:** Zeigt den Hautleitwert-verlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung. (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet den Hautleitwert am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet den Hautleitwert am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet den Hautleitwert am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet den Hautleitwert am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen



**Abb. 20:** Zeigt den Pulsfrequenzverlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung. (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet die Pulsfrequenz am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet die Pulsfrequenz am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet die Pulsfrequenz am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet die Pulsfrequenz am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

.Anhand der Diagramme kann man ersehen, dass die Werte beider CDs am Anfang höher als die Werte am Ende der Sitzung sind. Eine Ausnahme hierbei stellt der EMG -Wert der CD 30 am 2. Tag am Anfang der Sitzung da, der unter dem Wert am Ende der Sitzung liegt. Zusätzlich kann man eine Senkung bzw. eine tendenzielle Senkung der Werte über die 5 Tage erkennen. Einen Unterschied zwischen den beiden CDs kann man konkret nicht erkennen, höchstens einen Vorteil der CD 28 beim Hautleitwert.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt EMG, Hautleitwert und Herzrate im Mittel am Anfang und am Ende am jeweiligen 1. und 5. Tag, sowie die Signifikanzen der Werte Ende zu Anfang (Wilcoxon Test), auf die beiden CDs bezogen.

		CD 28			CD 30		
		Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>EMG</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>3,65</b> (2,32)	<b>2,75</b> (1,65)	<b>n.s. (0,140)</b> [-1,477]	<b>3,41</b> (2,08)	<b>3,02</b> (2,32)	<b>n.s. (0,244)</b> [-1,165]
	<b>Tag 5</b>	<b>2,98</b> (1,57)	<b>2,53</b> (1,75)	<b>n.s. (0,322)</b> [-0,991]	<b>3,15</b> (1,57)	<b>2,57</b> (1,44)	<b>n.s. (0,339)</b> [-0,956]
<b>Haut- leitwert</b> (in $\mu\text{m}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>1,10</b> (0,75)	<b>0,79</b> (0,47)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,756]	<b>0,99</b> (0,69)	<b>0,73</b> (0,42)	<b>s.s. (0,002)</b> [-3,044]
	<b>Tag 5</b>	<b>0,80</b> (0,37)	<b>0,61</b> (0,25)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,600]	<b>0,86</b> (0,55)	<b>0,62</b> (0,69)	<b>s.s. (0,006)</b> [-2,763]
<b>Herzrate</b> (in Bm)	<b>Tag 1</b>	<b>76,00</b> (13,02)	<b>69,10</b> (10,76)	<b>s.s. (0,000)</b> [-3,563]	<b>74,10</b> (13,97)	<b>69,40</b> (12,42)	<b>s.s. (0,003)</b> [-3,006]
	<b>Tag 5</b>	<b>69,90</b> (9,29)	<b>65,80</b> (8,69)	<b>s.s. (0,001)</b> [-3,215]	<b>71,10</b> (9,31)	<b>68,10</b> (9,54)	<b>s.s. (0,003)</b> [-2,950]

**Tab. 10:** EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am Anfang und am Ende am 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz Ende zu Anfang beide CDs (Wilcoxon Test),(CD 28 n=10, CD 30 n=11)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s.s....sehr signifikant

Diese Tabelle lässt erkennen, dass in allen drei Bereichen die Werte am Ende der Sitzung im Mittel sinken. Was die Signifikanz des Hautleitwertes und der Herzrate bei beiden CDs betrifft, ist diese sehr signifikant, hingegen beim EMG nicht signifikant.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle zeigt einen Überblick über die EMG-, die Hautleitwert- und Herzrate-Werte im Mittel am 1. und 5. Tag am Anfang und am Ende, sowie die Signifikanzen der Werte am Tag 5 zu Tag 1 (Wilcoxon Test), bezogen auf die beiden CDs.

		CD 28			CD 30		
		Mittel- werte Tag 1	Mittel- werte Tag 5	Signifikanz Tag 5 – Tag 1	Mittel- werte Tag 1	Mittel- werte Tag 5	Signifikanz Tag 5 – Tag 1
		(Standard- abweichung)	(Standard- abweichung)	[Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	(Standard- abweichung)	(Standard- abweichung)	[Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>EMG</b> (in $\mu$ V)	2'	<b>3,65</b> (2,32)	<b>2,98</b> (1,57)	<b>n.s. (0,414)</b> [-0,817]	<b>3,41</b> (2,08)	<b>3,15</b> (1,57)	<b>n.s. (0,876)</b> [-0,156]
	21'	<b>2,75</b> (1,65)	<b>2,53</b> (1,75)	<b>n.s. (0,244)</b> [-1,164]	<b>3,02</b> (2,32)	<b>2,57</b> (1,44)	<b>n.s. (0,778)</b> [-0,282]
<b>Haut- leitwert</b> (in $\mu$ m)	2'	<b>1,10</b> (0,75)	<b>0,80</b> (0,37)	<b>n.s. (0,056)</b> [-1,912]	<b>0,99</b> (0,69)	<b>0,86</b> (0,55)	<b>n.s. (0,281)</b> [-1,078]
	21'	<b>0,79</b> (0,47)	<b>0,61</b> (0,25)	<b>s. (0,037)</b> [-2,087]	<b>0,73</b> (0,42)	<b>0,62</b> (0,69)	<b>n.s. (0,062)</b> [-1,867]
<b>Herzrate</b> (in Bm)	2'	<b>76,04</b> (13,02)	<b>69,90</b> (9,29)	<b>s. (0,029)</b> [-2,190]	<b>74,08</b> (13,97)	<b>71,10</b> (9,31)	<b>n.s. (0,590)</b> [-0,539]
	21'	<b>69,10</b> (10,76)	<b>65,80</b> (8,69)	<b>n.s. (0,099)</b> [-1,651]	<b>69,40</b> (12,42)	<b>68,10</b> (9,54)	<b>n.s. (0,889)</b> [-0,139]

**Tab. 11:** EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am 1. und 5. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs (Wilcoxon Test),(CD 28 n=10, CD 30 n=11) (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s.... signifikant

Diese Tabelle zeigt, dass alle Werte bei beiden CDs vom 1. auf den 5. Tag im Mittel sinken. Die Werte für die CD 30 sind alle nicht signifikant. Bei den Werten für die CD 28 sind die EMG- Werte, der Anfangswert des Hautleitwertes und der Endwert der Herzrate nicht signifikant, hingegen der Endwert des Hautleitwertes und der Anfangswert der Herzrate signifikant.

Die nächste Tabelle zeigt die Signifikanzberechnung der physiologischen Messwerte am jeweiligen Tag im Vergleich der beiden CDs zueinander (Mann-Whitney-U Test).

		Signifikanz CD 28 - CD 30	
		Tag 1 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test	Tag 5 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
EMG (in $\mu\text{V}$ )	2'	n.s. (0,439) [-0,775]	n.s. (0,888) [-0,141]
	21'	n.s. (0,526) [-0,634]	n.s. (0,105) [-1,620]
Haut- leitwert (in $\mu\text{m}$ )	2'	n.s. (0,672) [-0,423]	n.s. (0,260) [-1,127]
	21'	n.s. (0,725) [-0,352]	n.s. (0,418) [-0,810]
Herzrate (in Bm)	2'	n.s. (0,833) [-0,211]	n.s. (1,000) [-0,817]
	21'	n.s. (0,549) [-0,598]	n.s. (0,944) [-0,070]

**Tab. 12:** Signifikanzen der EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Einzelwerte CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11) (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung) Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Anhand dieser Tabelle wird ersichtlich, dass der Vergleich der Einzelwerte der CD 28 zu der CD 30 bezüglich EMG, Hautleitwertes und Herzrate nicht signifikant ist.

Auch hier sollen die Deltawerte (Subtraktionswerte) zum Vergleich der CDs herangezogen werden.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle erklärt die Deltawerte Ende zu Anfang (Ende minus Anfang) der beiden CDs im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwerte CD 28	Mittelwerte CD 30	
		Deltawerte nachher – vorher (Standardabweichung)	Deltawerte nachher – vorher (Standardabweichung)	Signifikanz Deltawerte CD 28 - CD 30 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
<b>EMG</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>-0,90</b> (2,06)	<b>-0,39</b> (1,49)	<b>n.s. (0,275)</b> [-1,092]
	<b>Tag 5</b>	<b>-0,45</b> (2,05)	<b>-0,58</b> (1,60)	<b>n.s. (0,573)</b> [-0,564]
<b>Hautleitwert</b> (in $\mu\text{m}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>-0,31</b> (0,40)	<b>-0,26</b> (0,47)	<b>n.s. (0,669)</b> [-0,427]
	<b>Tag 5</b>	<b>-0,19</b> (0,22)	<b>-0,24</b> (0,33)	<b>n.s. (0,452)</b> [-0,752]
<b>Herzrate</b> (in Bm)	<b>Tag 1</b>	<b>-6,90</b> (8,65)	<b>-4,70</b> (4,98)	<b>n.s. (0,481)</b> [-0,704]
	<b>Tag 5</b>	<b>-4,10</b> (5,02)	<b>-3,00</b> (3,71)	<b>n.s. (0,526)</b> [-0,634]

**Tab. 13:** Deltawerte EMG-, Hautleitwert und Herzrate Ende zu Anfang sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Anhand dieser Tabelle kann man feststellen, dass die Werte im Vergleich zum Ende hin im Mittel alle sinken, unabhängig von der CD. Der Vergleich der Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 ergibt, dass alle Werte nicht signifikant sind; somit sich kein signifikanter Unterschied zwischen den CDs zeigt.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle stellt die Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 (Tag 5 minus Tag 1) der jeweiligen CD im Mittel, sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 dar (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwert CD 28	Mittelwert CD 30	Signifikanz Deltawert CD 30 - CD 28 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
		Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	
E M G	2'	<b>-0,67</b> (2,12)	<b>-0,26</b> (1,43)	<b>n.s. (0,259)</b> [-1,130]
	21'	<b>-0,22</b> (1,94)	<b>-0,45</b> (1,64)	<b>n.s. (0,931)</b> [-0,087]
Haut- leitwert	2'	<b>-0,30</b> (0,38)	<b>-0,13</b> (0,30)	<b>n.s. (0,217)</b> [-1,234]
	21'	<b>-0,18</b> (0,45)	<b>-0,11</b> (0,29)	<b>n.s. (0,348)</b> [-0,939]
Herzrate	2'	<b>-6,14</b> (9,02)	<b>-2,96</b> (3,56)	<b>n.s. (0,330)</b> [-0,973]
	21'	<b>-3,23</b> (3,79)	<b>-1,36</b> (2,09)	<b>n.s. (0,205)</b> [-1,269]

**Tab. 14:** Deltawerte EMG-, Hautleitwert und Herzrate Tag 5 zu Tag 1 sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu CD 30 (Mann-Whitney-U Test ),(CD 28 n=10, CD 30 n=11) (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Es ergibt sich, dass alle Werte vom 1. auf den 5. Tag sinken, allerdings ist der Unterschied nicht signifikant.

Zusammenfassend kann man aus den obigen Darstellungen zu den Veränderungen der neurovegetativen Parameter sagen:

Hautleitwert und Herzrate sinken am Ende der Sitzung signifikant am jeweiligen Tag 1 und 10; für das EMG ergab sich das nicht, da die Werte am Ende der Sitzung am jeweiligen Tag nicht signifikant sinken.

Die Messwerte für die Hautleitwerte (am Anfang und am Ende) und die Herzrate am Anfang sinken vom 1. zum 10. Tag signifikant; was das EMG (am Anfang und am Ende) und die Herzrate am Ende der Sitzung betrifft, sinken die Werte zwar, aber nicht signifikant.

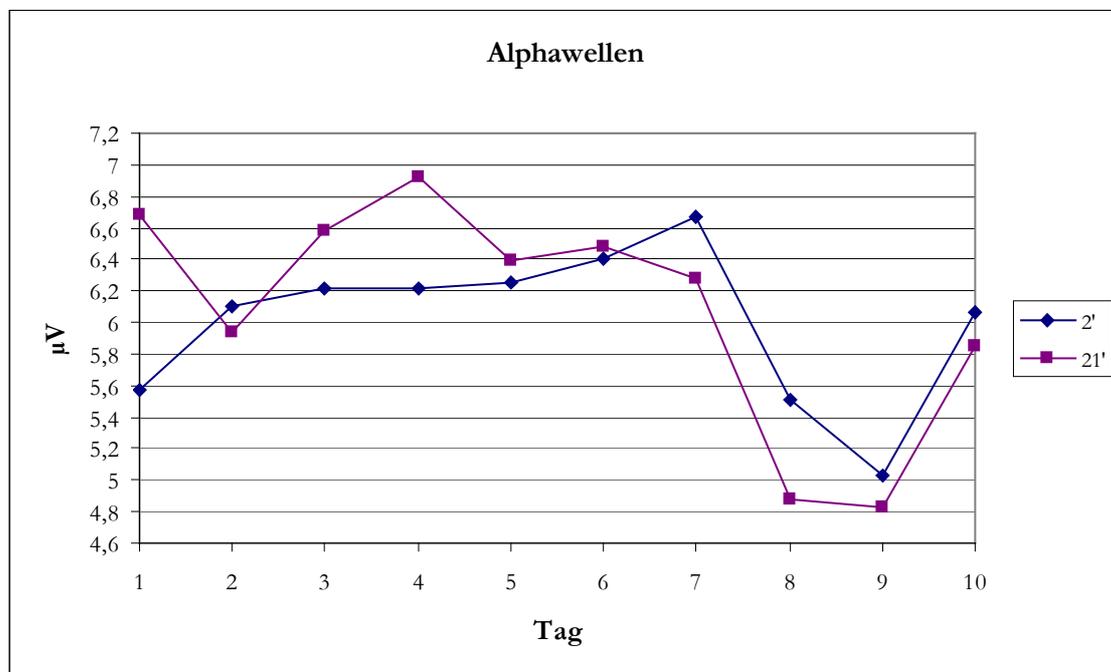
Der Vergleich der CDs mit und ohne binaurikuläre Schwingung zeigt im Hinblick auf die physiologischen Messwerte, dass sich hier kein signifikanter Unterschied ergibt.

## 8.4 Cerebrale Veränderungen

In diesem Teil werden die Ergebnisse der Wirkung der Musiktherapie auf die cerebrale Aktivität im Hinblick auf die Beta-, Alpha- und Thetawellen aufgezeigt. Auch hier werden der Kurzzeiteffekt, 10-Tages-Effekt und der Effekt der binaurikularen Schwingungen betrachtet.

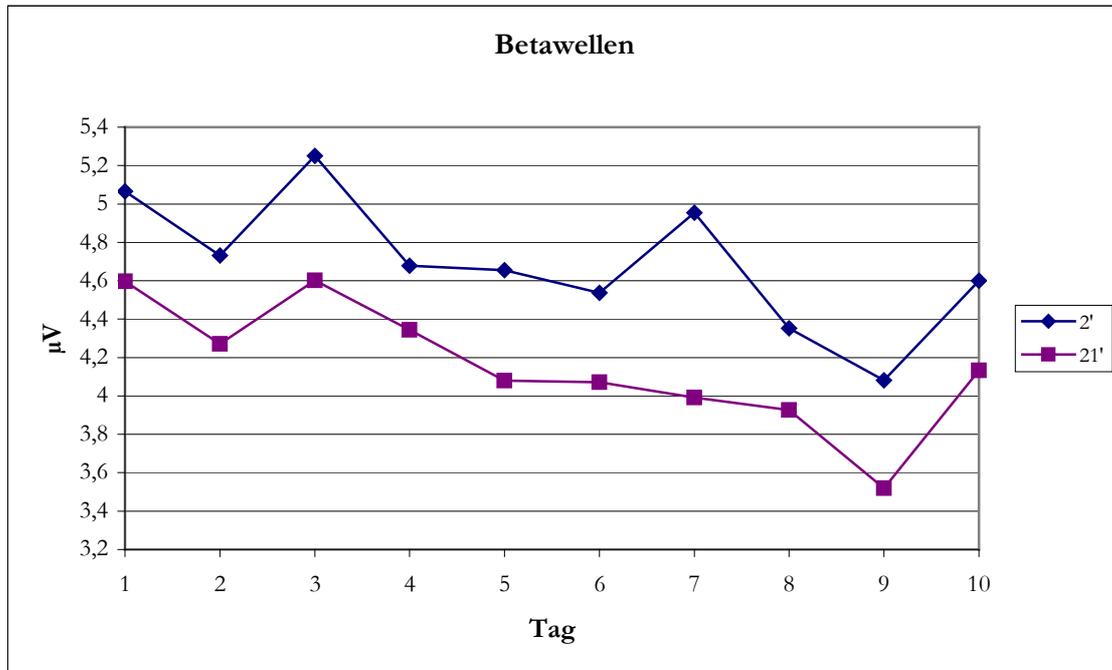
Der Einfluss der Musiktherapie auf die Hirnaktivität wurde anhand eines EEG's ermittelt. Bei allen Diagrammen und Tabellen handelt es sich um Mittelwerte mit  $n=21$ .

Die folgenden Diagramme veranschaulichen den Verlauf der Alpha-, Beta- und Thetawellen- Werte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und Ende, wobei beide CDs zusammen betrachtet werden (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung).



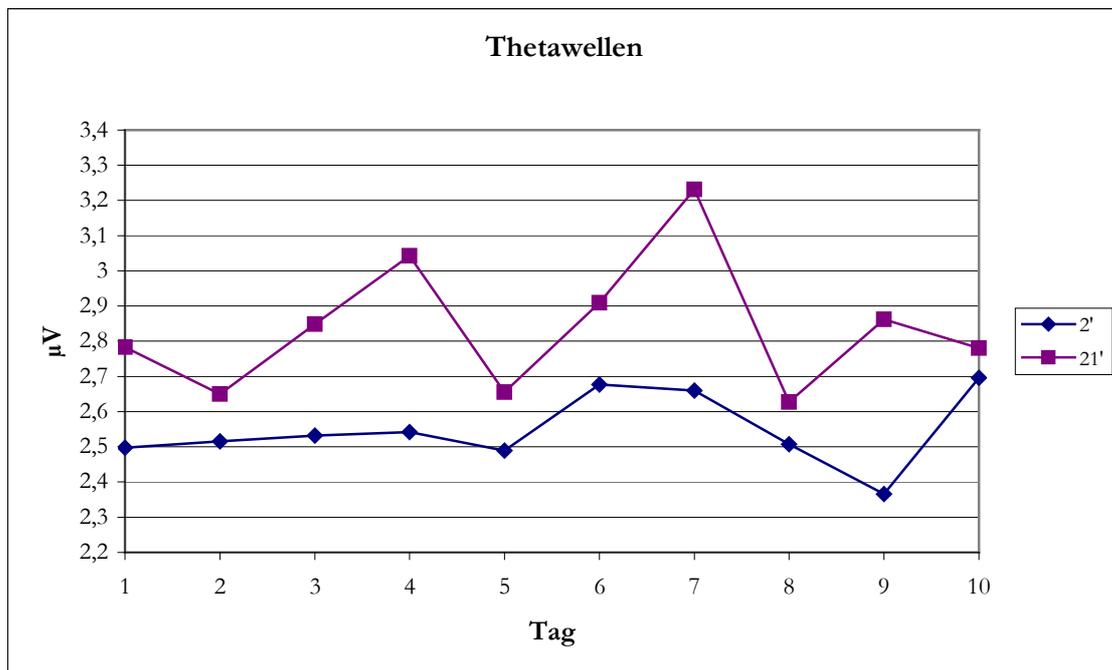
**Abb. 21:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der Alphawellenwerte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung. ( $n=21$ )

2': bedeutet den Alphawellenwert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
21': bedeutet den Alphawellenwert am Ende der Sitzung zur 21. Minute



**Abb. 22:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der Betawellenwerte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung. (n=21)

2': bedeutet den Betawellenwert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
 21': bedeutet den Betawellenwerte am Ende der Sitzung zur 21. Minute



**Abb. 23:** Die Abbildung zeigt den Verlauf der Thetawellenwerte im Mittel über die 10 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung. (n=21)

2': bedeutet den Thetawellenwert am Anfang der Sitzung zur 2. Minute  
 21': bedeutet den Thetawellenwerte am Ende der Sitzung zur 21. Minute

Anhand des Diagramms für die Alphawellen kann man deutlich erkennen, dass die Alphawellen zum 7. Tag hin praktisch gleich sind, am 8. und 9. Tag abfallen und am 10. Tag wieder etwa gleich sind. Der Verlauf über die 10 Tage zeigt keine klare Tendenz; man kann nur einen tendenziellen Anstieg der Anfang-Kurve und eine tendenzielle Senkung der Ende-Kurve erkennen.

Das Diagramm für die Betawellen zeigt, dass die Werte am Ende der Sitzung kontinuierlich unter den Werten am Anfang liegen, was ein Absinken der Betawellen innerhalb der Sitzung beinhaltet. Der 10-Tages-Verlauf lässt auch ein Absinken der Werte am Anfang und am Ende erkennen.

Das Diagramm für die Thetawellen lässt erkennen, dass die Werte am Ende der Sitzung alle über den Werten am Anfang der Sitzung liegen, also eine Steigerung während der Sitzung beinhaltet. Im Verlauf der 10 Tage zeigt sich am Anfang der Sitzung ein Anstieg der Thetawellen; dagegen ist für die Kurve, die die Werte am Ende der Sitzung beinhaltet, kein konkretes Ergebnis zu erkennen.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Werte für die Alpha-, Beta- und Thetawellen im Mittel am Anfang und am Ende des jeweiligen 1. und 10. Tages, sowie die Signifikanzberechnung der Werte Ende zu Anfang (Wilcoxon Test), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.

		<b>Mittelwerte am Anfang</b> (Standardabweichung)	<b>Mittelwerte am Ende</b> (Standardabweichung)	<b>Signifikanz Ende – Anfang</b> [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>Alpha-Wellen</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>5,57</b> (4,26)	<b>6,68</b> (5,83)	<b>n.s. (0,068)</b> [-1,825]
	<b>Tag 10</b>	<b>6,06</b> (4,38)	<b>5,86</b> (3,99)	<b>n.s. (0,357)</b> [-0,921]
<b>Beta - Wellen</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>5,07</b> (2,08)	<b>4,60</b> (2,23)	<b>s. (0,046)</b> [-1,999]
	<b>Tag 10</b>	<b>4,60</b> (1,73)	<b>4,13</b> (1,86)	<b>s.s. (0,003)</b> [-2,972]
<b>Theta - Wellen</b> (in $\mu\text{V}$ )	<b>Tag 1</b>	<b>2,50</b> (1,01)	<b>2,78</b> (1,53)	<b>n.s. (0,266)</b> [-1,112]
	<b>Tag 10</b>	<b>2,70</b> (1,60)	<b>2,78</b> (1,59)	<b>n.s. (0,550)</b> [-0,597]

**Tab. 15:** Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am Anfang und Ende des 1. und 10. Tages sowie die Signifikanz Ende zu Anfang

(Wilcoxon Test) (n=21)

Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant, s.s....sehr signifikant

Anhand der Tabelle sieht man, dass die Alphawellen im Mittel am 1. Tag vom Anfang bis zum Ende der Sitzung steigen und am 10. Tag sinken. Die Betawellen sinken im Mittel an beiden Tagen vom Anfang zum Ende hin; die Thetawellen steigen im Mittel am Ende, im Vergleich zum Anfang, an beiden Tagen an. Der Vergleich Ende zu Anfang ergibt, dass die Werte für die Zunahme der Alphawellen und Thetawellen nicht signifikant sind, für den Abfall der Betawellen am Anfang signifikant und am Ende sehr signifikant sind.

10-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle zeigt die Werte der Alpha-, Beta- und Thetawellen des 1. und 10. Tages am Anfang und am Ende der Sitzung im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung der Werte des 10. zum 1. Tag (Wilcoxon Test).

		Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 10 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 10 - Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Alpha-Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	5,57 (4,26)	6,06 (4,38)	s. (0,027) [-2,207]
	21'	6,68 (5,83)	5,86 (3,99)	n.s. (0,715) [-0,365]
Beta - Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	5,07 (2,08)	4,60 (1,73)	n.s. (0,259) [-1,130]
	21'	4,60 (2,23)	4,13 (1,86)	n.s. (0,145) [-1,456]
Theta - Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	2,50 (1,01)	2,70 (1,60)	n.s. (0,145) [-1,456]
	21'	2,78 (1,53)	2,78 (1,59)	n.s. (0,357) [-0,921]

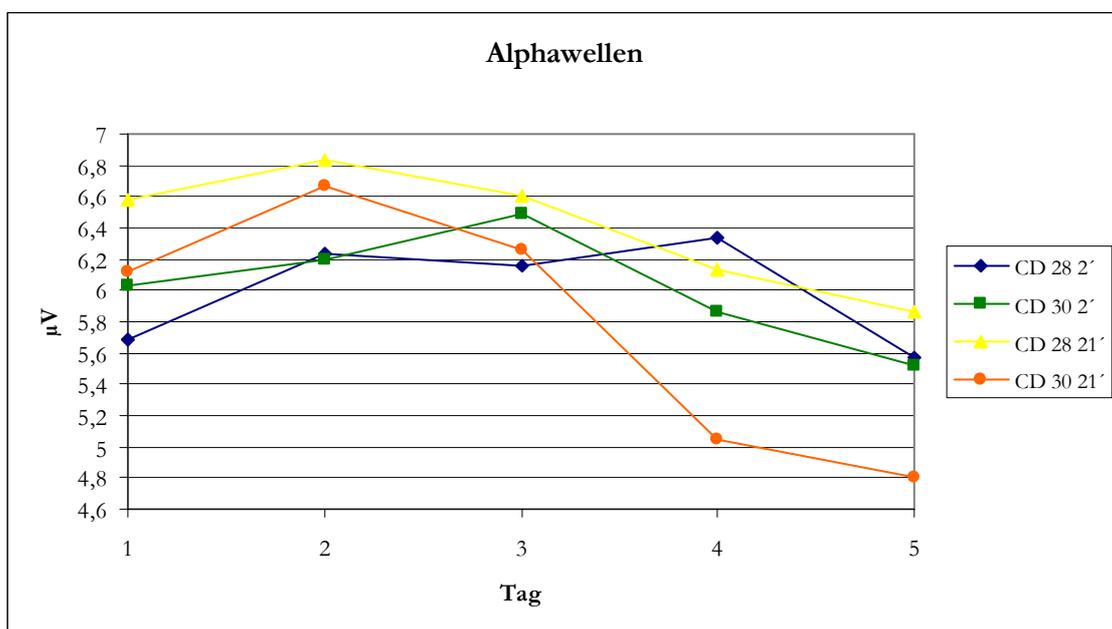
**Tab. 16:** Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am 1. und 10. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1, (Wilcoxon Test), (n=21)  
(2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant

Die Tabelle zeigt, dass die Alphawellen im Mittel am Anfang der Sitzung vom 1. auf den 10. Tag steigen und am Ende sinken. Die Betawellen sinken vom 1. auf den 10. Tag am

Anfang und am Ende im Mittel; die Thetawellen steigen am Anfang der Sitzung vom 1. auf den 10. Tag und am Ende bleiben sie konstant. Im Vergleich der Werte vom 10. zum 1. Tag sind alle nicht signifikant, bis auf den Anstieg der Alphawellen zum 10. Tag hin am Anfang der Sitzung, welcher signifikant ist.

Effekt der binaurikularen Schwingung:

Die folgenden Diagramme sollen den Verlauf der Alpha-, Beta- und Thetawellen-Werte im Mittel über die 5 Tage der beiden unterschiedlichen CDs am Anfang und am Ende dargestellt werden (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung).



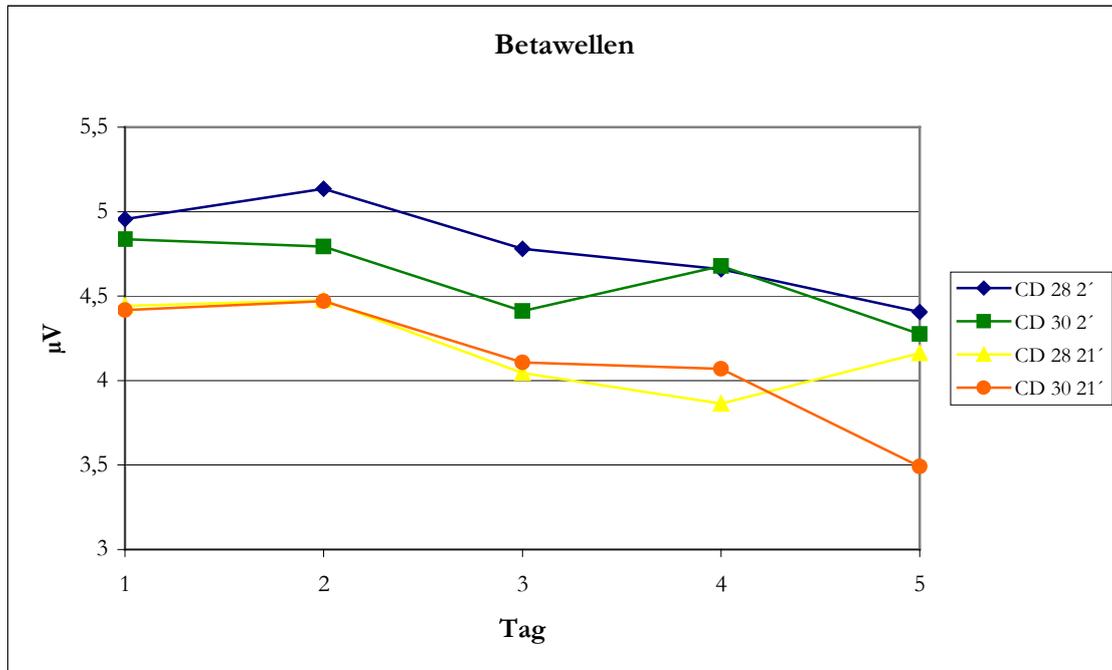
**Abb. 24:** Zeigt den Alphawellenverlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung. (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet den Alphawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet den Alphawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet den Alphawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet den Alphawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen



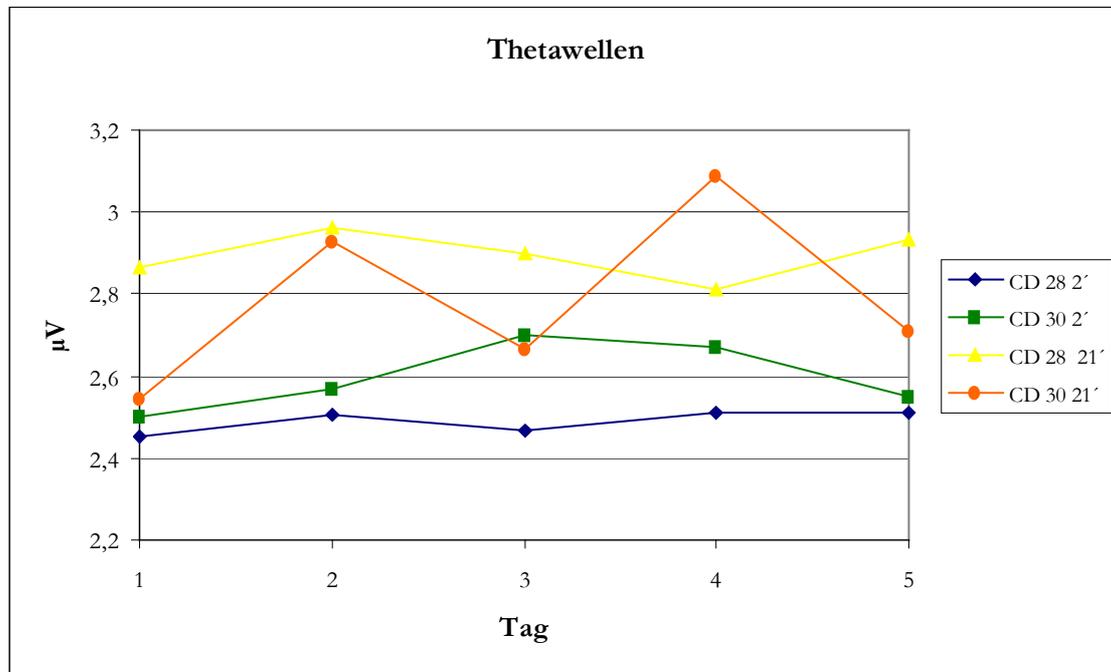
**Abb. 25:** Zeigt den Betawellenverlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung. (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet den Betawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet den Betawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet den Betawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet den Betawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen



**Abb. 26:** Zeigt den Thetawellenverlauf über die 5 Tage im Mittel bei beiden CDs am Anfang und Ende der Sitzung. (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

CD 28 2': bedeutet den Thetawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 2': bedeutet den Thetawellenwert am Anfang der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

CD 28 21': bedeutet den Thetaawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD mit den binaurikularen Schwingungen

CD 30 21': bedeutet den Thetawellenwert am Ende der Sitzung mit der CD ohne die binaurikularen Schwingungen

Anhand des Diagramms für die Alphawellen erkennt man, dass alle Kurven an den ersten Tagen steigen und an den letzten Tagen absinken. Außerdem zeigt sich bei der Therapie mit der binaurikularen Schwingung(CD 28), dass die Kurve für die Werte am Ende der Sitzung zumeist (außer am 4. Tag) über der Kurve am Anfang verläuft; bei der Betrachtung für die Therapie ohne (CD 30) lässt sich nichts Konkretes erkennen. Bei dem Vergleich der CDs zeigt sich für die Werte am Ende der Sitzung, dass die CD 28 mit den binaurikularen Schwingungen einen Vorteil hat; für die Anfangswerte lässt sich kein Unterschied erkennen.

Die Betawellen-Werte sind am Anfang der Sitzung höher als am Ende bei beiden CDs. Zusätzlich kann man bei beiden CDs ein Absinken der Werte vom 1. auf den 5. Tag

feststellen. Einen Unterschied zwischen den beiden CDs kann man anhand des Diagramms schwer feststellen.

Bei den Thetawellen-Werten zeigt sich, dass die Werte bei beiden CDs am Ende der Sitzung über den Werten am Anfang (außer bei der CD 30 am 3.Tag) liegen. Weiterhin steigen alle Kurven vom 1. auf den 5. Tag mindestens tendenziell an. Was den Unterschied zwischen den beiden CDs betrifft, ist kein wesentlicher Unterschied zu sehen.

Kurzzeiteffekt:

Die folgende Tabelle zeigt die Alpha-, Beta- und Thetawellen im Mittel am Anfang und am Ende am jeweiligen 1. und 5. Tag, sowie die Signifikanzberechnung der Werte Ende zu Anfang (Wilcoxon Test), auf die beiden CDs bezogen.

		CD 28			CD 30		
		Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte vorher (Standard- abweichung)	Mittelwerte nachher (Standard- abweichung)	Signifikanz nachher – vorher [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Alpha- Wellen (in $\mu\text{V}$ )	Tag 1	<b>5,69</b> (4,84)	<b>6,58</b> (5,35)	<b>n.s. (0,848)</b> [-0,191]	<b>6,03</b> (5,02)	<b>6,12</b> (5,06)	<b>n.s. (0,848)</b> [-0,191]
	Tag 5	<b>5,57</b> (3,86)	<b>5,87</b> (3,95)	<b>s. (0,019)</b> [-2,346]	<b>5,52</b> (2,07)	<b>4,81</b> (3,22)	<b>s. (0,019)</b> [-2,346]
Beta - Wellen (in $\mu\text{V}$ )	Tag 1	<b>4,96</b> (2,21)	<b>4,44</b> (1,93)	<b>s. (0,027)</b> [-2,207]	<b>4,84</b> (2,08)	<b>4,42</b> (2,32)	<b>n.s. (0,068)</b> [-1,825]
	Tag 5	<b>4,41</b> (1,57)	<b>4,16</b> (1,75)	<b>s. (0,021)</b> [-2,312]	<b>4,28</b> (1,52)	<b>3,49</b> (1,54)	<b>s.s. (0,001)</b> [-3,215]
Theta – Wellen (in $\mu\text{V}$ )	Tag 1	<b>2,45</b> (1,06)	<b>2,87</b> (1,57)	<b>n.s. (0,085)</b> [-1,721]	<b>2,50</b> (1,08)	<b>2,55</b> (1,31)	<b>n.s. (0,889)</b> [-0,139]
	Tag 5	<b>2,51</b> (1,41)	<b>2,94</b> (1,72)	<b>s.s. (0,003)</b> [-2,949]	<b>2,55</b> (1,69)	<b>2,71</b> (1,85)	<b>n.s. (0,737)</b> [-0,336]

**Tab. 17:** Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am Anfang und Ende des 1. und 10. Tages sowie die Signifikanz Ende zu Anfang beide CDs, (Wilcoxon Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant, s.s....sehr signifikant

Für die Alphawellen ergibt sich, dass bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) (komplett) und bei der ohne (CD 30) am 1. Tag die Werte vom Anfang der Sitzung zum Ende hin ansteigen, hingegen am 5. Tag bei der CD 30 absinken.

Der Vergleich Ende zu Anfang liefert bei beiden CDs am 1. Tag einen nicht signifikanten Wert und am 5. Tag einen signifikanten Wert.

Die Betawellen sinken zum Ende der Sitzung hin am jeweiligen Tag bei beiden CDs. Diese Senkung ist bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) jeweils signifikant, bei der Therapie ohne (CD 30) am 1. Tag nicht signifikant und am 5. Tag sehr signifikant.

Die Thetawellen steigen vom Anfang der Sitzung zum Ende hin am jeweiligen Tag bei beiden CDs. Diese Steigerung ist jeweils nicht signifikant, außer bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) am 5. Tag ist sie sehr signifikant.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle zeigt eine Übersicht über die Alpha-, Beta- und Thetawellen im Mittel am 1. und 5. Tag am Anfang und am Ende, sowie die Signifikanzen der Werte am Tag 5 zu Tag 1 (Wilcoxon Test),bezogen auf die beiden CD.

		CD 28			CD 30		
		Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 - Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 - Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Alpha-Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	5,69 (4,84)	5,57 (3,86)	n.s. (0,375) [-0,886]	6,03 (5,02)	5,52 (2,07)	n.s. (0,375) [-0,886]
	21'	6,58 (5,35)	5,87 (3,95)	n.s. (0,848) [-0,191]	6,12 (5,06)	4,81 (3,22)	n.s. (0,848) [-0,191]
Beta - Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	4,96 (2,21)	4,41 (1,57)	n.s. (0,217) [-1,234]	4,84 (2,08)	4,28 (1,52)	n.s. (0,339) [-0,956]
	21'	4,44 (1,93)	4,16 (1,75)	n.s. (0,520) [-0,643]	4,42 (2,32)	3,49 (1,54)	n.s. (0,122) [-1,547]
Theta - Wellen (in $\mu\text{V}$ )	2'	2,45 (1,06)	2,51 (1,41)	n.s. (0,651) [-0,452]	2,50 (1,08)	2,55 (1,69)	n.s. (0,689) [-0,400]
	21'	2,87 (1,57)	2,94 (1,72)	n.s. (0,332) [-0,971]	2,55 (1,31)	2,71 (1,85)	n.s. (0,380) [-0,877]

**Tab. 18:** Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am 1. und 5. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs (Wilcoxon Test ),(CD 28 n=10, CD 30 n=11)  
(2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Diese Tabelle zeigt, dass die Alpha- und Betawellen vom 1. auf den 5. Tag am Anfang und am Ende der Sitzung bei beiden CDs sinken. Die Thetawellen steigen zum 5. Tag hin am Anfang und am Ende bei beiden CDs. Der Vergleich des 5. zum 1. Tag fällt jedes Mal nicht signifikant aus.

Die nächste Tabelle zeigt die Signifikanzberechnung am jeweiligen Tag im Vergleich der beiden CDs zueinander (Mann-Whitney-U Test).

		Signifikanz CD 28 - CD 30	
		Tag 1 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test	Tag 5 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
Alpha-Wellen	2'	n.s. (0,360) [-0,915]	n.s. (0,057) [-1,901]
	21'	n.s. (0,121) [-1,549]	s. (0,024) [-2,253]
Beta - Wellen	2'	n.s. (0,481) [-0,971]	n.s. (0,324) [-0,986]
	21'	n.s. (0,526) [-0,971]	n.s. (0,105) [-1,620]
Theta - Wellen	2'	n.s. (0,121) [-0,971]	n.s. (0,159) [-1,408]
	21'	s. (0,029) [-0,971]	n.s. (0,113) [-1,585]

**Tab. 19:** Signifikanz der Einzelwerte CD 28 zu CD 30.  
(Mann-Whitney-U Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11)  
(2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung)  
Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen,  
n.s.... nicht signifikant, s....signifikant

Hieraus wird ersichtlich, dass der Vergleich der Einzelwerte der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) zu der ohne (CD 30) am jeweiligen Tag, was die Alpha-, Beta- und Thetawellen betrifft, in den meisten Werten nicht signifikant ist. Es zeigt sich nur bei den Alphawellen am 5. Tag am Ende der Sitzung und bei den Thetawellen am 1. Tag am Ende der Sitzung ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Therapieformen, wobei die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen signifikant den ohne überlegen ist.

Zum weiteren Vergleich der CDs werden im Folgenden die Deltawerte (Subtraktionswerte) verglichen.

Kurzzeiteffekt:

Die nächste Tabelle stellt die Deltawerte Ende zu Anfang (Ende minus Anfang) der beiden CDs im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 da (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwerte CD 28	Mittelwerte CD 30	
		Deltawerte Ende - Anfang (Standardabweichung)	Deltawerte Ende - Anfang (Standardabweichung)	Signifikanz Deltawerte CD 28 - CD 30 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
Alpha-Wellen	Tag 1	0,89 (2,85)	0,09 (0,84)	s. (0,020) [-2,325]
	Tag 5	0,30 (2,28)	-0,71 (1,48)	n.s. (0,072) [-1,799]
Beta - Wellen	Tag 1	-0,52 (1,15)	-0,42 (1,13)	n.s. (0,098) [-1,655]
	Tag 5	-0,25 (0,43)	-0,79 (0,85)	n.s. (0,057) [-1,906]
Theta - Wellen	Tag 1	0,42 (0,82)	0,05 (0,62)	n.s. (0,066) [-1,836]
	Tag 5	0,43 (0,57)	0,16 (0,95)	n.s. (0,078) [-1,764]

**Tab. 20:** Deltawerte Ende zu Anfang der Alpha-, Beta- und Thetawellen am 1. und 5.Tag der CDs sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30 (Mann-Whitney-U Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant

Die Alphawellen steigen bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) (Tag 1 und 5) und bei der ohne (CD 30) am Tag 1, sinken hingegen bei der CD 30 am Tag 5, im Vergleich des Endes zum Anfang. Die Betawellen sinken und die Thetawellen steigen bei beiden CDs vom Anfang zum Ende der Sitzung hin an dem jeweiligen Tag. Der Vergleich für die Deltawerte der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) zu der ohne (CD 30) fällt nur am 1. Tag bei den Alphawellen signifikant aus; die restlichen Vergleich sind alle nicht signifikant.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle stellt die Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 (Tag 5 minus Tag 1) der jeweiligen CD im Mittel, sowie die Signifikanzberechnung dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 dar (Mann-Whitney-U Test).

		Mittelwert CD 28	Mittelwert CD 30	
		Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Signifikanz Deltawert CD 30 - CD 28 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
Alpha- Wellen	2'	<b>-0,12</b> (1,32)	<b>-0,51</b> (0,74)	<b>n.s. (0,970)</b> [-0,037]
	21'	<b>-0,71</b> (0,89)	<b>-1,31</b> (1,44)	<b>n.s. (0,741)</b> [-0,330]
Beta - Wellen	2'	<b>-0,55</b> (0,84)	<b>-0,56</b> (0,77)	<b>n.s. (0,741)</b> [-0,330]
	21'	<b>-0,28</b> (0,56)	<b>-0,93</b> (0,76)	<b>n.s. (0,198)</b> [-1,286]
Theta - Wellen	2'	<b>0,06</b> (0,43)	<b>0,05</b> (0,50)	<b>n.s. (0,958)</b> [-0,052]
	21'	<b>0,07</b> (0,34)	<b>0,16</b> (0,42)	<b>n.s. (0,566)</b> [-0,574]

**Tab. 21:** Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 der Alpha-, Beta- und Thetawellen am Anfang und Ende sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30 (Mann-Whitney-U Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11) (2' = 2. Minute = Anfang der Sitzung); (21' = 21. Minute = Ende der Sitzung) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Anhand dieser Tabelle sieht man, dass die Alphawellen und die Betawellen im Mittel bei beiden CDs vom 1. auf den 5. Tag jeweils am Anfang und am Ende der Sitzung sinken. Diese Senkung ist jeweils nicht signifikant.

Die Thetawellen steigen bei beiden CDs im Mittel zum 5. Tag am Anfang und am Ende hin an. Dieser Anstieg ist nicht signifikant.

Die oben dargestellten Ergebnisse bedeuten folgendes in Bezug zur Hirnaktivität:  
Zum Kurzzeiteffekt, d.h. die Veränderung innerhalb der Sitzung:

Für die Betawellen ergibt sich, dass diese am Ende einer Sitzung im Vergleich zum Anfang am 1. Tag signifikant und am 10. Tag sehr signifikant im Mittel sinken. Dieses ist die erwünschte Wirkung der Musiktherapie auf die Hirnaktivität. Hinsichtlich der Thetawellen zeigt sich ein anderes Ergebnis. Die Thetawellen steigen zwar zum Ende der Sitzung hin im Mittel am 1. und 10. Tag an, was die erhoffte Reaktion auf die Therapie ist, aber dieser Anstieg ist nicht signifikant. Auch für die Alphawellen ergibt sich ein ähnliches Bild, da der Vergleich der Werte am Ende der Sitzung zu den Werten am Anfang jeweils nicht signifikant ausfällt; die Alphawellen steigen zwar im Mittel am 1. Tag, welches das Ziel der Therapie ist, aber nicht signifikant, und am 10. Tag sinken sie sogar im Mittel, was unerwünscht ist, jedoch nicht in signifikantem Umfang. Dies zeigt, dass die Situation bei der Alphaaktivität kompliziert ist.

Der 10-Tages-Effekt, d.h. der Effekt, der sich über die 10 Tage ergibt:

Für die Betawellenaktivität zeigt sich, dass diese zwar den erwarteten Effekt zeigen und zum 10. Tag hin im Mittel am Anfang und Ende sinken, dieses aber nicht signifikant ist. Die Thetawellen verhalten sich, was die hypothetische Reaktion betrifft, ähnlich. Diese steigen zwar zum 10. Tag hin im Mittel am Anfang und bleiben am Ende gleich, aber auch dieser Effekt ist nicht signifikant. Die Alphawellen müssen etwas differenzierter betrachtet werden. Im Hinblick auf den Anfang der Sitzung ergibt sich ein signifikanter Anstieg zum 10. Tag hin, was die erwartete Wirkung der Therapie ist; hingegen auf das Ende der Sitzung bezogen, zeigt sich, dass eine nicht signifikante Verminderung der Werte zum 10. Tag hin stattfindet, was der Hypothese widerspricht.

Effekt der binaurikularen Schwingung:

Auch der Vergleich der Musiktherapie mit binaurikularen Schwingungen zu der ohne muss im Hinblick auf die cerebralen Einflüsse im Detail betrachtet werden. Im Bezug auf den Vergleich der Deltawerte (Subtraktionswerte) des 5. Tages zum 1. Tag am Anfang und am Ende der Sitzung zwischen den beiden CDs, zeigt sich kein Unterschied zwischen der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen und der ohne, da die Werte alle nicht signifikant sind. Der Vergleich der Deltawerte (Subtraktionswerte) am Ende der Sitzung zu den Werten am Anfang zeigt nur im Hinblick auf die Alphawellen für den 1. Tag einen signifikanten Unterschied; dies bedeutet, dass die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen bezüglich dieses Messparameter effektiver ist, als die Therapie ohne. Die anderen Vergleiche bei den Deltawerten (Subtraktionswerte) am Ende der Sitzung zu den Werten am Anfang fallen alle nicht signifikant aus. Der Vergleich der beiden Therapieformen bei den Einzelwerten muss differenzierter betrachtet werden. Hierbei

ergeben sich signifikante Werte für die Alphawellen am 5. Tag am Ende der Sitzung und für die Thetawellen am 1. Tag am Ende der Sitzung, nicht signifikante Werte für die

anderen. Somit zeigen sich bei den Einzelwerten nur für diese beiden Werte ein effektiverer Einfluss der binaurikularen Schwingung gegenüber der ohne. Bei diesen Ergebnissen darf man aber nicht außer Acht lassen, dass es sich nur um eine kleine Stichprobe handelt und es durch den Versuchsaufbau zu einer Konfundierung der Therapieformen ab dem 2. Tag kommt.

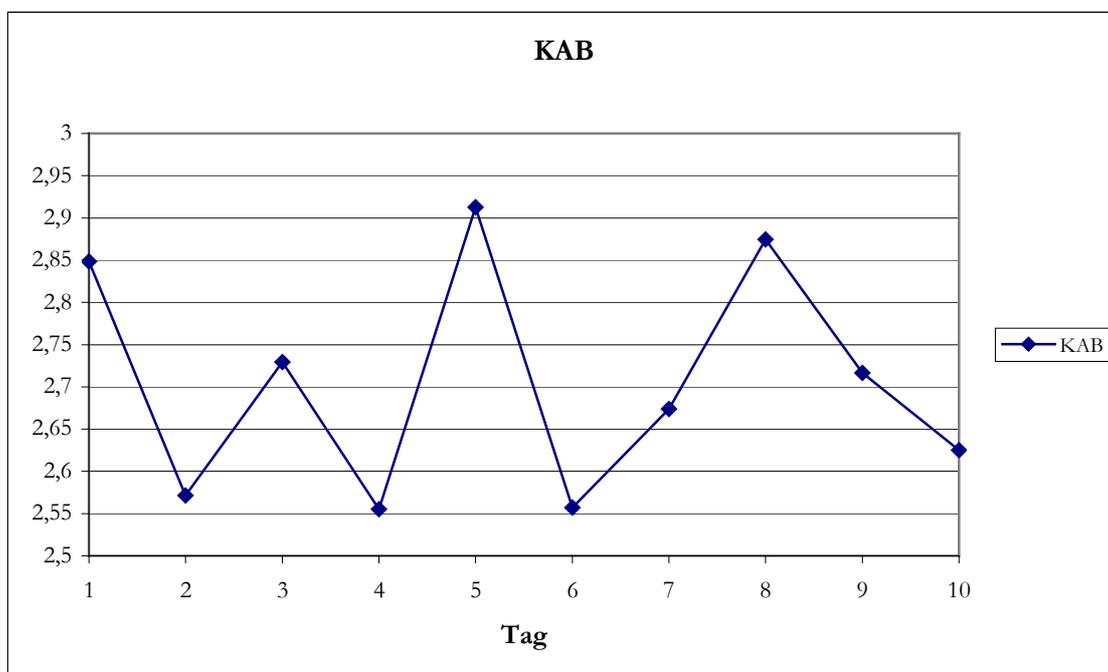
## 8.5 Ergebnisse der Tests zur Subjektiven Befindlichkeitsveränderung

Hier werden die Ergebnisse der Tests zur subjektiven Befindlichkeit im Bezug auf den 10-Tages-Effekt und den Effekt der binaurikularen Schwingungen dargestellt, d.h. in wie weit sich die Therapie auf den Befindlichkeitszustand des Patienten auswirkt.

Diese Ergebnisse beziehen sich auf den Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung.

Bei allen Diagrammen und Tabellen handelt es sich um Mittelwerte mit  $n=21$ .

Das folgende Diagramm stellt den Verlauf der KAB- Werte über die 10 Tage dar, wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.



**Abb. 27:** Zeigt den Verlauf der KAB – Werte im Mittel über die 10 Tage. ( $n=21$ )

Dieses Diagramm zeigt sehr schwankende Werte der Befindlichkeit über die 10 Tage. Insgesamt gesehen, kann man aber eine tendenzielle Änderung vom 1. zum 10. Tag hin erkennen.

10-Tages-Effekt:

Die folgende Tabelle stellt die errechneten Mittelwerte und Signifikanzen der Unterschiede für die KAB des 1. und 10. Tages dar (Wilcoxon Test), wobei beide CDs zusammen betrachtet werden.

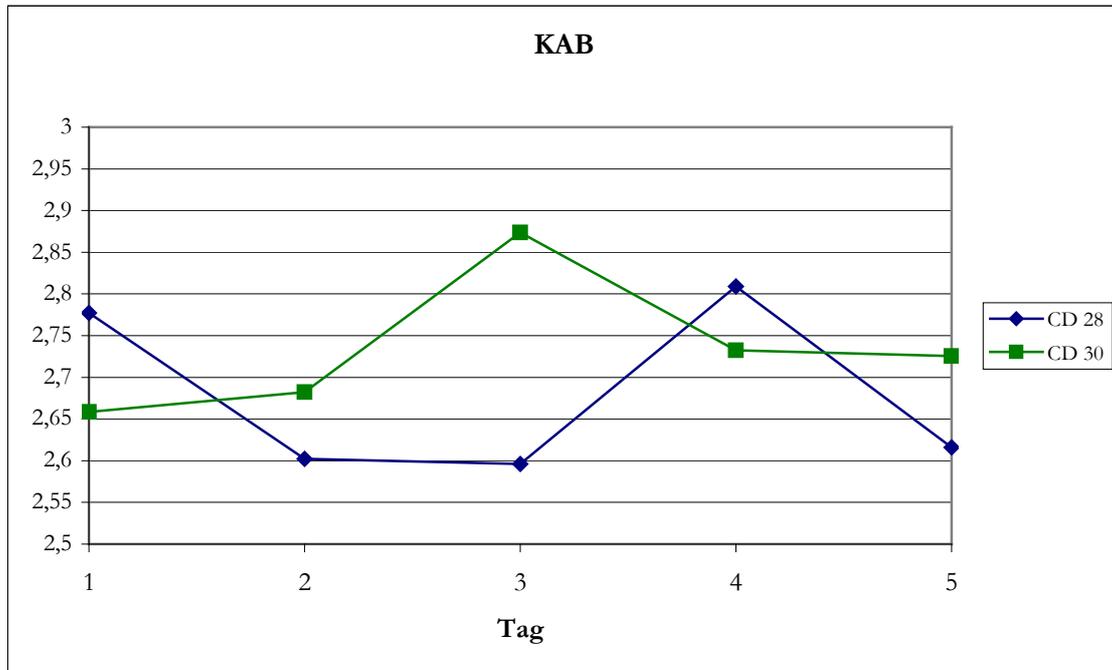
	<b>Mittelwerte Tag 1</b> (Standardabweichung)	<b>Mittelwerte Tag 10</b> (Standardabweichung)	<b>Signifikanz Tag 10 – Tag 1</b> [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>KAB</b>	<b>2,85</b> (0,65)	<b>2,63</b> (0,86)	<b>n.s. (0,084)</b> [-1,727]

**Tab. 22:** KAB-Werte 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1, (Wilcoxon Test), (n=21)  
Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Der KAB – Wert sinkt vom 1. auf den 10. Tag. Diese Senkung ist aber nicht signifikant.

Effekt der binaurikularen Schwingung:

Dieses Diagramm zeigt den Verlauf der KAB – Werte über die 5 Tage, auf die beiden CDs separat bezogen.



**Abb. 28:** Zeigt den Verlauf der KAB – Werte im Mittel über die 5 Tage der beiden CDs.  
(CD 28 n=10, CD 30 n=11)

Es erscheint in diesem Diagramm so, dass die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) die Werte für die KAB senkt, hingegen die Therapie ohne die Schwingungen (CD 30) die Werte steigert. Diese Vermutung soll nun im Folgenden überprüft werden.

5-Tages-Effekt:

Die nächste Tabelle zeigt einen Überblick über die KAB - Werte im Mittel am 1. und 5. Tag, sowie die Signifikanzberechnung der Werte am Tag 5 zu Tag 1 (Wilcoxon Test) bezogen auf die beiden CDs separat.

	CD 28			CD 30		
	Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 - Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test	Mittelwerte Tag 1 (Standardabweichung)	Mittelwerte Tag 5 (Standardabweichung)	Signifikanz Tag 5 - Tag 1 [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>KAB</b>	<b>2,78</b> (0,56)	<b>2,62</b> (0,84)	<b>n.s. (0,189)</b> [-1,312]	<b>2,66</b> (0,75)	<b>2,73</b> (0,93)	<b>n.s. (0,896)</b> [-0,131]

**Tab. 23:** KAB-Werte 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs, (Wilcoxon Test), (CD 28 n=10, CD 30 n=11)

Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Anhand dieser Tabelle wird ersichtlich, dass der KAB – Wert bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) sinkt, wobei diese Senkung nicht signifikant ist, und der Wert für die Therapie ohne (CD 30) steigt, wobei auch dies nicht signifikant ist.

Die nächste Tabelle zeigt die Signifikanzberechnung (Mann-Whitney-U Test ) am jeweiligen Tag im Vergleich der beiden CDs zueinander.

		<b>Signifikanz CD 28 - CD 30</b>	
		<b>Tag 1</b> [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test	<b>Tag 5</b> [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
<b>KAB</b>		<b>n.s. (0,305)</b> [-1,026]	<b>s. (0,014)</b> [-2,460]

**Tab. 24:** Signifikanz der KAB-Einzelwerte CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test ),(CD 28 n=10, CD 30 n=11) Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant

Hieraus ergibt sich, dass der Vergleich der Einzelwerte bezüglich der CDs mit und ohne binaurikulare Schwingungen am 1. Tag nicht signifikant und am 5. Tag signifikant ist.

Auch bei der subjektiven Befindlichkeitsänderung sollen die Deltawerte (Subtraktionswerte) für den Vergleich der CDs herangezogen werden.

5-Tages-Effekt:

Die unten stehende Tabelle stellt die Deltawerte Tag 5 – Tag 1 (Tag 5 minus Tag 1) der jeweiligen CD im Mittel, sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu der CD 30 dar (Mann-Whitney-U Test).

	Mittelwert CD 28	Mittelwert CD 30	Signifikanz Deltawert CD 30 - CD 28 [Prüfstatistik Z] Mann-Whitney-U Test
	Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	Deltawert Tag 5 - Tag 1 (Standardabweichung)	
<b>KAB</b>	<b>-0,16</b> (0,28)	<b>0,07</b> (0,32)	<b>s. (0,011)</b> [-2,544]

**Tab. 25:** KAB-Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30, (Mann-Whitney-U Test),(CD 28 n=10, CD 30 n=11) Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s....signifikant

Die Tabelle zeigt, dass die Werte vom 1. zum 5. Tag bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) sinken und bei der Therapie ohne (CD 30) steigen. Der Vergleich zwischen den beiden CDs fällt signifikant aus.

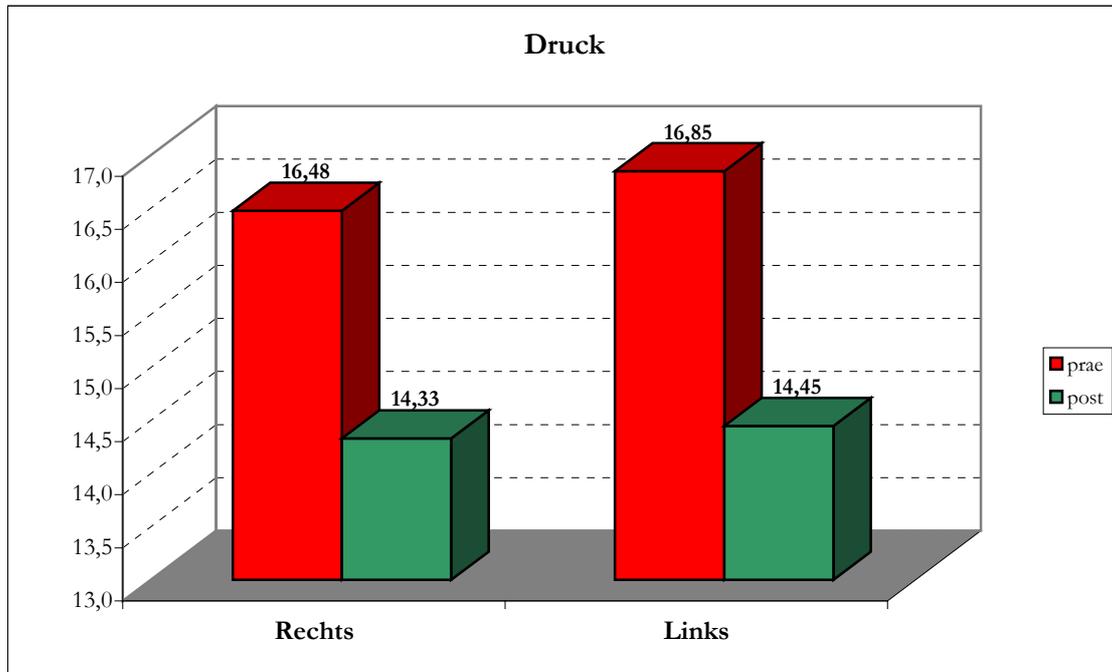
Zusammenfassend kann man bezüglich der subjektiven Befindlichkeit sagen, dass die Untersuchung im Hinblick auf den 10-Tages-Effekt keinen signifikanten Unterschied ergibt. Es zeigt sich nur eine tendenzielle Senkung der KAB – Werte im Verlauf der 10 Tage. Bei dem Vergleich der beiden Therapieformen zu einander ergibt sich unterschiedliches Bild. Die Einzelwerte verhalten sich am 1. Tag nicht signifikant und am 5. Tag signifikant. Der Vergleich der Deltawellen Tag 5 zu Tag 1 fällt signifikant aus. Auch bei diesen Ergebnissen sollte man die entstehende Konfundierung der beiden Therapieformen miteinander nicht vergessen.

## 8.6 Langzeitwerte

Im Folgenden soll überprüft werden, ob sich IOD, Visus, Gesichtsfeld sowie der IOD im Wasserbelastungstest verändern. Außerdem wird die Wirkung der Therapie auf die subjektive Befindlichkeit (POMS) in der Langzeitwirkung betrachtet werden.

Langzeitergebnisse des IOD:

Das folgende Diagramm zeigt den Augeninnendruck im Mittel bei der Vor- und der Nachuntersuchung, wobei rechts n=21 und links n=20.



**Abb. 29:** Zeigt die Druckwerte im Mittel bei der Vor- und Nachuntersuchung rechts und links. (rechts n=21, links n=20), Augeninnendruck in mmHg,  
 Prae: bedeutet den Augeninnendruckwert bei der Voruntersuchung  
 Post: bedeutet den Augeninnendruckwert bei der Nachuntersuchung

Anhand des Diagramms erkennt man, dass der Augendruck rechts und links in der Langzeitbetrachtung von der Voruntersuchung auf die Nachuntersuchung sinkt.

Die zugehörige Tabelle zeigt die Druckwerte im Mittel rechts und links bei der Vor- und Nachuntersuchung, sowie die Signifikanzberechnung der Nachuntersuchung zu der Voruntersuchung (Wilcoxon Test).

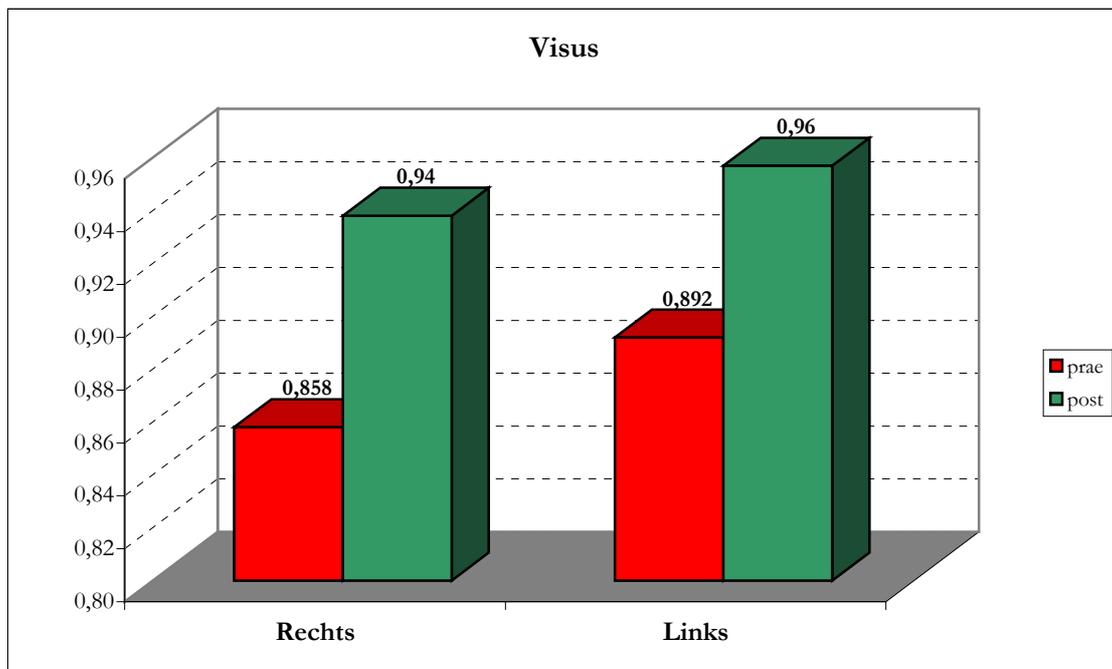
			Mittelwerte (Standardabweichung)	Signifikanz post – prae [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Druck (in mmHg)	R	prae	16,48 (3,76)	s.s. (0,009) [-2,595]
		post	14,33 (2,24)	
	L	prae	16,85 (3,28)	s. (0,010) [-2,574]
		post	14,45 (2,58)	

**Tab. 26:** Druckwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung, (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20), prae... bei der Voruntersuchung, post... bei der Nachuntersuchung, R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Druck in mmHg, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, s....signifikant

Es ergibt sich, dass die Druckwerte jeweils rechts und links bei der Nachuntersuchung niedriger sind als bei der Voruntersuchung. Diese Drucksenkung ist rechts sehr signifikant und links signifikant.

Visus:

Das unten stehende Diagramm stellt den Visus im Mittel bei der Voruntersuchung und der Nachuntersuchung dar, wobei rechts n=21 und links n=20.



**Abb. 30:** Zeigt die Visuswerte im Mittel bei der Vor- und Nachuntersuchung rechts und links. (rechts n=21 und links n=20)

Prae: bedeutet den Visus bei der Voruntersuchung

Post: bedeutet den Visus bei der Nachuntersuchung

Mit Hilfe des Diagramms kann man feststellen, dass der Visus rechts und links von der Voruntersuchung zur Nachuntersuchung hin zunimmt.

Die zugehörige Tabelle gibt die Visuswerte vor Studienbeginn und 3 Monate danach sowie die Signifikanzberechnung (Wilcoxon Test ) wieder.

			Mittelwerte (Standardabweichung)	Signifikanz post – prae [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Visus	R	prae	0,86 (0,28)	s.s. (0,004) [-2,859]
		post	0,94 (0,26)	
	L	prae	0,89 (0,25)	s. (0,044) [-2,013]
		post	0,96 (0,25)	

**Tab. 27:** Visuswerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung, (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20), prae... bei der Voruntersuhung, post... bei der Nachuntersuchung, R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, s.s.... sehr signifikant, s....signifikant

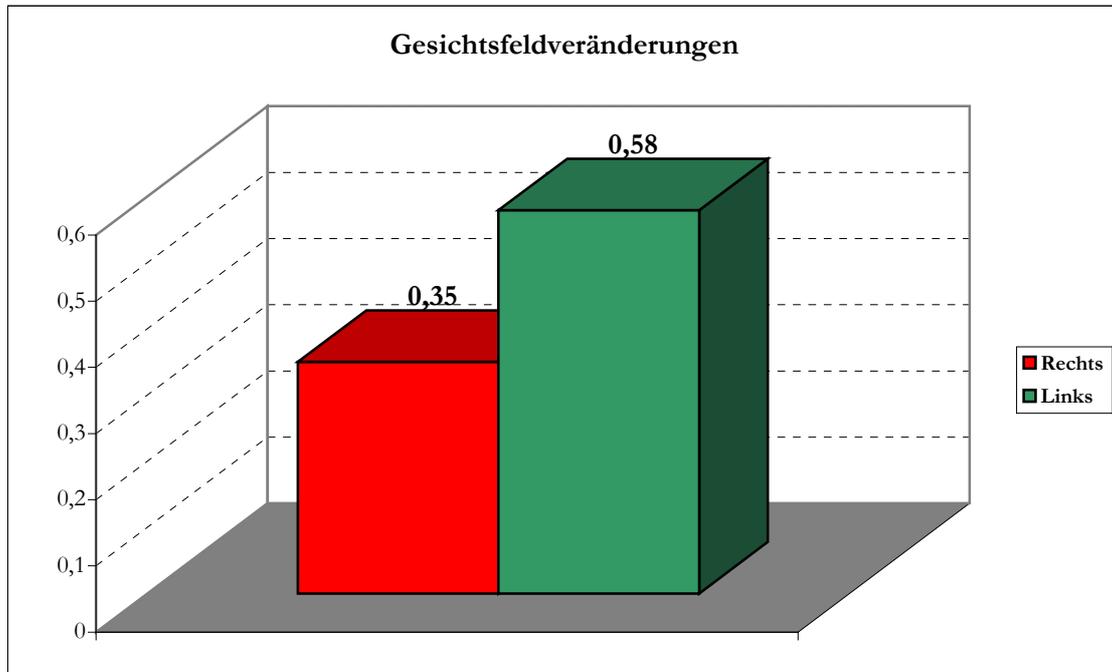
Die Verbesserung der Sehschärfe ist rechts sehr signifikant und links signifikant.

Gesichtsfeld:

Die Auswertung der Gesichtsfelder wurde von mehreren unabhängigen Untersuchern vorgenommen. Hierbei wurden diese nach folgender Skala eingeteilt:

Starke Verschlechterung	...	-2
Leichte Verschlechterung	...	-1
Gleichbleiben	...	0
Leichte Verbesserung	...	1
Starke Verbesserung	...	2

Das folgende Diagramm stellt die Veränderungen im Gesichtsfeld vor der Studie und 3 Monate später dar. Rechts n=21 und links n=20.



**Abb. 31:** Zeigt die Gesichtsfeldwerte im Mittel im Vergleich Nachuntersuchung zu Voruntersuchung rechts und links. (rechts n=21, links n=20)

Anhand dieses Diagramms fällt auf, dass sich die Gesichtsfelder in der Langzeitbeobachtung verbesserten.

Die zugehörige Tabelle beschreibt die Gesichtsfeldwerte im Mittel rechts und links sowie die Signifikanz der Werte Voruntersuchung zu der Nachuntersuchung (Wilcoxon Test).

			Mittelwerte (Standardabweichung)	Signifikanz post – prae [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
Gesichtsfeld	R	prae	0,35 (1,18)	n.s. (0,180) [-1,341]
		post		
	L	prae	0,58 (1,17)	n.s. (0,056) [-1,910]
		post		

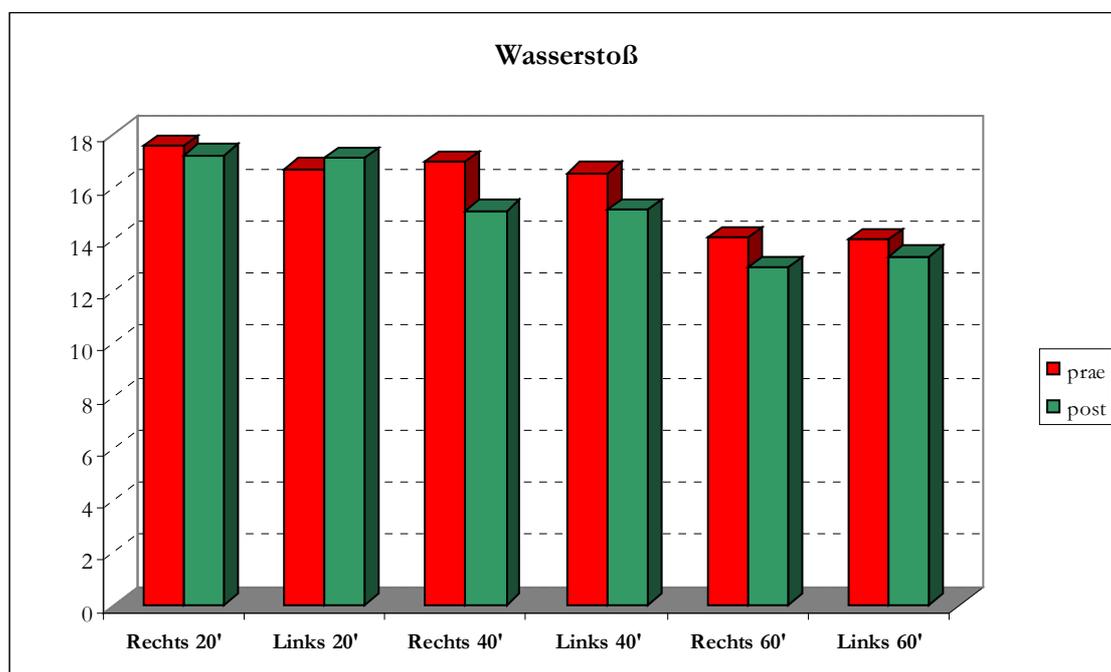
**Tab. 28:** Gesichtsfeldwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung, (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20), prae... bei der Voruntersuhung zu post... bei der Nachuntersuchung,

R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant

Wenngleich die Gesichtsfelder sich tendenziell bessern, zeigt die statistische Berechnung, dass die Werte keinen signifikanten Unterschied aufweisen.

Wasserbelastungstest:

Das folgende Diagramm beschreibt die IOD-Werte im H<sub>2</sub>O-Test im Mittel rechts und links im Langzeitergebnis. Rechts n=21 und links n=20.



**Abb. 32:** Zeigt die IOD-Werte im H<sub>2</sub>O-Test im Mittel bei der Voruntersuchung und Nachuntersuchung rechts und links. (rechts n=21, links n=20)

Prae: bedeutet den Augeninnendruckwert im H<sub>2</sub>O-Test bei der Voruntersuchung

Post: bedeutet den Augeninnendruckwert im H<sub>2</sub>O-Test bei der Nachuntersuchung

Dieses Diagramm legt dar, dass die Werte im H<sub>2</sub>O-Test bei der Nachuntersuchung im Vergleich zur Voruntersuchung meist, außer links zur 20. Minute, niedriger sind.

Die zugehörige Tabelle stellt die konkreten Messwerte für die Langzeitbetrachtung im Mittel rechts und links sowie die Signifikanzberechnung (Wilcoxon Test) dar.

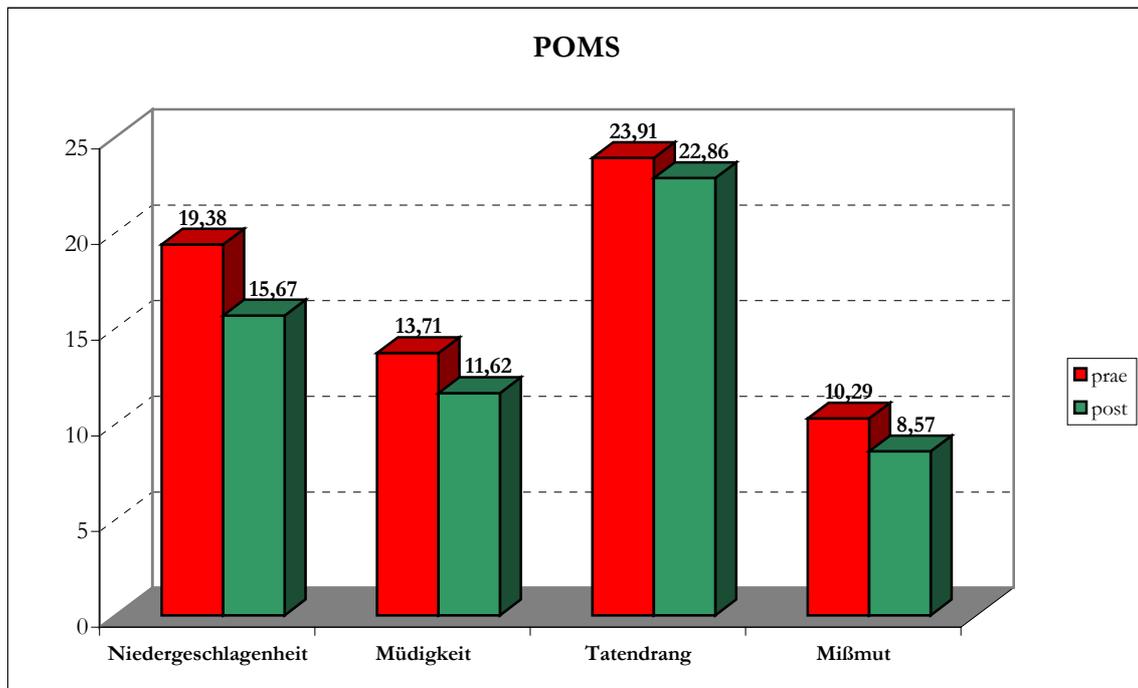
				Mittelwerte (Standardabweichung)	Signifikanz post – prae [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
<b>W A S S E R S T O S S</b>	<b>20 min</b>	<b>R</b>	prae	<b>17,57</b> (5,11)	<b>n.s. (0,642)</b> [-0,465]
			post	<b>17,24</b> (4,28)	
		<b>L</b>	prae	<b>16,70</b> (3,97)	<b>n.s. (0,640)</b> [-0,467]
			post	<b>17,15</b> (5,23)	
	<b>40 min</b>	<b>R</b>	prae	<b>16,95</b> (4,84)	<b>n.s. (0,063)</b> [-1,861]
			post	<b>15,10</b> (3,40)	
		<b>L</b>	prae	<b>16,55</b> (4,17)	<b>s. (0,025)</b> [-2,242]
			post	<b>15,15</b> (4,02)	
	<b>60 min</b>	<b>R</b>	prae	<b>14,10</b> (4,97)	<b>n.s. (0,100)</b> [-1,646]
			post	<b>12,90</b> (2,98)	
		<b>L</b>	prae	<b>14,00</b> (4,22)	<b>n.s. (0,251)</b> [-1,149]
			post	<b>13,35</b> (3,80)	

**Tab. 29:** IOD-Werte im H<sub>2</sub>O-Test bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung, (Wilcoxon Test), (rechts n=21, links n=20), prae... bei der Voruntersuhung, post... bei der Nachuntersuchung, R... rechtes Auge, L... linkes Auge, Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant

Man kann hieraus ersehen, dass alle Werte im Vergleich der Nach- zur Voruntersuchung sinken, bis auf den 20-Minuten-Wert links. Diese Änderungen der IOD-Werte sind alle nicht signifikant, außer der Senkung des 40-Minuten-Wertes links.

Subjektive Befindlichkeit (POMS):

Das folgende Diagramm vergleicht die Werte für die subjektive Befindlichkeit (POMS) im Mittel vor Beginn der Studie und nach 3 Monaten.n=21.



**Abb. 33:** Zeigt die POMS - Werte im Mittel bei der Voruntersuchung und Nachuntersuchung, (n=21)

Prae: bedeutet den POMS-Wert bei der Voruntersuchung

Post: bedeutet den POMS-Wert bei der Nachuntersuchung

Anhand dieses Diagramms wird ersichtlich, dass die Werte für die subjektive Befindlichkeit besonders bezüglich Niedergeschlagenheit, Müdigkeit und Mißmut von der Voruntersuchung zur Nachuntersuchung hin stark sinken; somit sich die subjektive Befindlichkeit verbessert.

Die zugehörige Tabelle beschreibt die Werte für die subjektive Befindlichkeit im Mittel bei der Vor- und Nachuntersuchung, sowie die Signifikanz der Nachuntersuchung zu der Voruntersuchung (Wilcoxon Test).

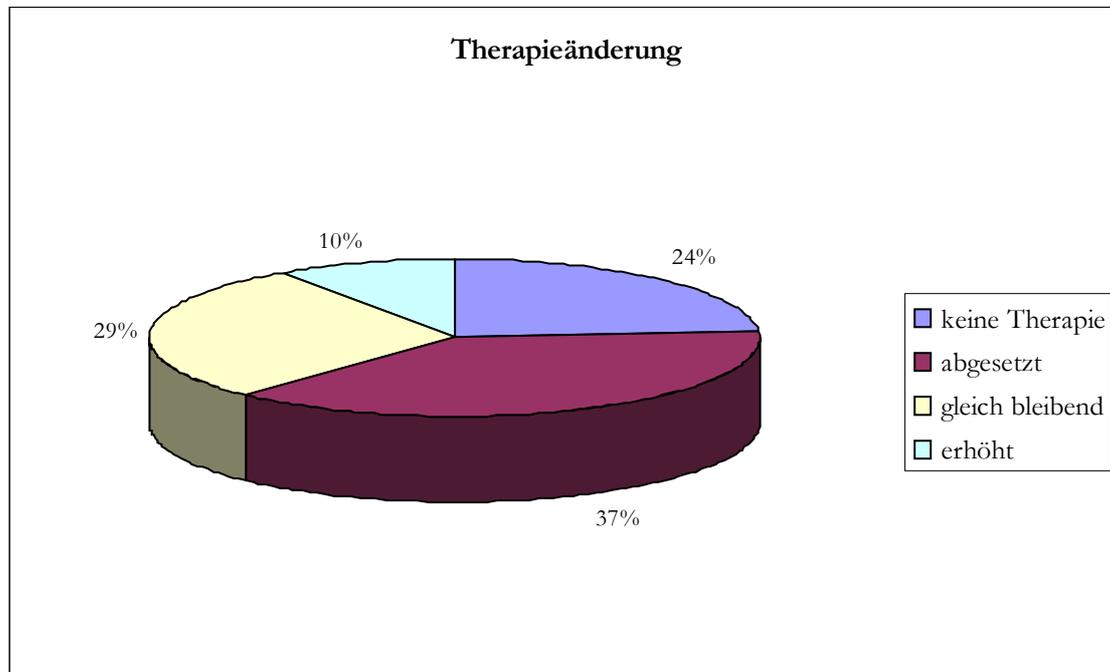
			Mittelwerte (Standardabweichung)	Signifikanz post – prae [Prüfstatistik Z] Wilcoxon Test
P O M S	Nieder- geschlagenheit	prae	19,38 (7,05)	s.s. (0,002) [-3,129]
		post	15,67 (3,04)	
	Müdigkeit	prae	13,71 (5,80)	s. (0,046) [-1,999]
		post	11,62 (4,43)	
	Tatendrang	prae	23,90 (5,60)	n.s. (0,276) [-1,090]
		post	22,86 (5,58)	
	Missmut	prae	10,29 (3,44)	s. (0,019) [-2,351]
		post	8,57 (2,36)	

Tab. 30: POMS-Werte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung, (Wilcoxon Test), (n=21)  
 prae... bei der Voruntersuchung zu post... bei der Nachuntersuchung,  
 Standardabweichung in runden Klammern, Prüfstatistik Z in eckigen Klammern basiert auf positiven Rängen, n.s.... nicht signifikant, s....signifikant, n.s....nicht signifikant

Die Tabelle zeigt, dass die Werte für die subjektive Befindlichkeit im Mittel besonders im Bereich der Niedergeschlagenheit, der Müdigkeit und des Missmutes zur Nachuntersuchung hin stark sinken. Diese Senkung der Werte ist im Hinblick auf die Niedergeschlagenheit sehr signifikant, auf die Müdigkeit und den Missmut signifikant, der Tatendrang bleibt wie erwartet unbeeinflusst.

## 8.7 Einflüsse der Musiktherapie auf die lokale Glaukomtherapie

Anhand der Ergebnisse der Nachuntersuchung wurde festgelegt, ob die Therapie verändert wurde. Das folgende Diagramm gibt einen Überblick über die Therapieänderung nach der Nachuntersuchung im Vergleich zur Voruntersuchung.



**Abb. 34:** Zeigt die Therapieänderung nach der Nachuntersuchung

5 Patienten (24%) hatten zum Zeitpunkt der Vor- und Nachuntersuchung keine Therapie. Bei 8 Patienten (37%) konnte die Therapie im Vergleich zu der Voruntersuchung nach der Nachuntersuchung abgesetzt werden; zu diesen 8 Patienten gehören auch 3 Patienten, die schon 1 Woche vor dem Beginn ihrer Sitzungen die Therapie absetzten. 6 weitere Patienten (29%) konnten ihre Therapie beibehalten. Nur bei 2 Patienten (10%) musste die Therapie verändert werden; von diesen 2 Patienten musste 1 Patient operiert werden, weil mit einer medikamentösen Therapie keine zufriedenstellende Augendruckeinstellung erreicht werden konnte, und der andere Patient musste seine Augentropfenbehandlung wiederaufnehmen, die er 1 Woche vor Beginn der Sitzungen abgesetzt hatte.

## 8.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Folgende Ergebnisse bestätigen die Ausgangshypothesen:

Der IOD verringerte sich signifikant nach jeder Sitzung (Kurzzeiteffekt), nach 10 Tagen (10-Tages-Effekt) und in der Langzeitbetrachtung nach 3 Monaten. Der Kurzzeiteffekt, d.h. eine signifikante Senkung nach jeder Sitzung, zeigt sich auch bei dem Hautleitwert, der Herzrate und der Betawellenaktivität. Der Hautleitwert (Anfang und Ende) und die Herzrate am Anfang der Sitzung sinken signifikant innerhalb der 10 Tage, d.h. der 10-Tages-Effekt stellt sich ein. Auch die Alphawellen am Anfang der Sitzung zeigen diesen 10-Tages-Effekt im Rahmen einer signifikanten Erhöhung der Werte. Ein signifikanter Unterschied der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen zu der ohne ergibt sich im

Bezug auf die Alphawellen im Vergleich der Deltawerte Ende zu Anfang der Sitzung am 1. Tag sowie bei den Einzelwerten für die Alphawellen am 5. Tag und die Thetawellen am 1. Tag jeweils am Ende der Sitzung. Auch bei der subjektiven Befindlichkeit (KAB) ergibt sich für die Einzelwerte am 5. Tag und die Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 ein signifikanter Unterschied zwischen der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen und der ohne. Ein signifikanter Langzeiteffekt ergibt sich noch im Bezug auf den Visus und den IOD im Wasserbelastungstest links zur 40. Minute, sowie im Rahmen der subjektiven Befindlichkeit (POMS) im Bezug auf die Niedergeschlagenheit und Müdigkeit und Missmut.

Bei 19 Patienten (90%) zeigte sich keine Verschlechterung der Therapiesituation.

Weitere Ergebnisse:

Ein nicht signifikantes Kurzzeitergebnis ergab sich im Bezug auf das EMG sowie die Alpha- und Thetawellen; das EMG, die Alphawellen am 1. Tag und die Thetawellen (komplett) zeigen wenigstens tendenziell das erwartete Ergebnis. Der 10-Tages-Effekt fiel im Bezug auf die Herzrate am Ende der Sitzung, das EMG (Anfang und Ende), die Beta- und Thetawellen (Anfang und Ende), die Alphawellen am Ende der Sitzung und die subjektive Befindlichkeit nicht signifikant aus; hier ergibt sich bei allen, bis auf die Alphawellen am Ende der Sitzung, tendenziell die hypothetisierte Reaktion. Der erwartete signifikante Unterschied zwischen der Therapie mit der binaurikularen Schwingung und der ohne zeigt sich komplett für den Augeninnendruck, das EMG, den Hautleitwert und die Herzrate, sowie im Bezug auf die Einzelwerte (außer Alphawellen am 5. Tag und Thetawellen am 1. Tag jeweils am Ende der Sitzung) und Deltawerte 5. Tag zu 1. Tag am Anfang und Ende der Sitzung (außer die subjektive Befindlichkeit KAB), alle Werte des Vergleiches der Deltawerte Ende zu Anfang am 1. Tag und 5. Tag (außer Alphawellen am 1. Tag) nicht. Auch die Langzeitwerte im Bezug auf das Gesichtsfeld, den IOD im Wasserbelastungstest (bis auf den obigen Wert) und die subjektive Befindlichkeit (POMS) im Bezug auf den Tatendrang fallen nicht signifikant aus, wobei sich aber wenigstens tendenziell die angedachten Effekte ergeben.

## **9. Diskussion**

Diese Studie ist eine Weiterführung der wissenschaftlichen Studien zur Entspannungstherapie bei Glaukoma-Patienten. Da es Musikmedizin in der Augenheilkunde bisher nicht gibt, ist diese Studie als Pilotstudie gedacht. Vergleichbare und mit der ophthalmologischen Literatur zu diskutierende Ergebnisse gibt es deshalb nicht.

### **9.1 Diskussion der Methode**

#### **9.1.1 Versuchsplan**

Für die vorliegende Studie wurde ein zweifaktorielles Design gewählt, d.h. zum einen die CD mit binauralen Schwingungen (die CD 28) und zum anderen die CD ohne diese (CD 30). Die CDs waren auch für uns verblindet, d.h. nach Ablauf der Studie und der Auswertung der Ergebnisse wurde uns erst mitgeteilt, welche CD mit binaurikularen Schwingungen und welche ohne versehen war; dieses erfolgte, um eine doppelblinde Studie zu gewährleisten. Die Patienten wussten nicht, dass es zwei verschiedene CD-Varianten gab. Durch die Doppelblindheit wird verhindert, dass der Versuchsleiter und die Versuchsperson unbewusst Einfluss auf die Ergebnisse nehmen können, weil sie wissen, welches Therapiedesign während der Studie herrscht. Auf eine Kontrollgruppe ohne Therapie wurde verzichtet, da in vorherigen Studien mit autogenem Training ein signifikanter Unterschied zwischen Therapie- und der Kontrollgruppe schon beschrieben wurde. Das Fehlen der Kontrollgruppe muss in gewisser Weise kritisch betrachtet werden, da bei dieser Studie eine neue Therapieform im Rahmen der Entspannungstherapie bei Glaukoma-Patienten eingesetzt wurde. Es schien uns gerechtfertigt, weil man von einem gleichen Einfluss der Entspannungsmethoden auf die gemessenen Parameter ausgehen kann. Hierbei sollte jedoch überdacht werden, dass eine effektivere Reduktion des Augendruckes bei Autogenem Training im Vergleich zu einer Kontrollgruppe nicht als Beleg dafür genommen werden sollte, dass auch mit Hilfe der Musiktherapie ein signifikanter Unterschied zu einer Kontrollgruppe entstehen würde. Die Patienten sind in zwei Gruppen randomisiert verteilt worden, wobei der Unterschied zwischen diesen nur in der Reihenfolge der Darbietung der CDs lag. Dieses geschah, um individuelle Reaktionen des Patienten auf die beiden Therapien erfassen zu können. Kritisch könnte man anmerken, dass sich der Unterschied zwischen den beiden Therapieformen in nur jeweils 5

Tage zeigen soll (immer in abwechselnder Reihenfolge). Es könnte sein, dass diese Zeit zu kurz ist, damit sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen und der ohne einstellt. Das Problem hierbei war nur, dass wir die Patienten für einen noch längeren Zeitraum als 10 Tage nicht rekrutieren konnten, da sie sich immer zur gleichen Zeit freinehmen mussten. Ein Versuch, Patienten für die doppelte Zeit zu motivieren, scheiterte. Bei diesem Versuchsaufbau kommt es jedoch schon ab dem 2. Tag zu einer Konfundierung der beiden Therapieformen miteinander, was dazu führt, dass sich nur der Vergleich dieser Therapien zu einander am 1. Tag vernünftig auswerten lässt und der am 5. Tag sehr kritisch betrachtet werden muss. Einen Ansatzpunkt für Kritik liefert die unabhängige Variable, nämlich die Abhängigkeit von der Motivation und der Fähigkeit der Patienten zu entspannen, sowie der Therapie offen gegenüber zu treten; zusätzlich ist noch die Fähigkeit des einzelnen Patienten von Bedeutung, die Visualisierungen und Entspannungsübungen bei dieser Art von Therapie umzusetzen, wie oben im Kapitel 3 erwähnt (WOLF, H. 1990). Daher ist es von Vorteil, dass viele Patienten Erfahrung mit Entspannungsmethoden gesammelt haben (siehe Abb. 9), wie sich erst nach Auswertung der Ergebnisse herausstellte.

### **9.1.2 Studienablauf**

Wegen der circadianen Schwankungen des IOD fanden die Tests bei den jeweiligen Patienten immer zur selben Tageszeit statt (LANG 1998, KÜCHLE, H.J./BUSSE, H. 1991). Auf eventuelle circanuale Rhythmen konnte keine Rücksicht genommen werden, da die Studie sich über mehrere Monate erstreckte. Eventuelle atmosphärische oder jahreszeitlichen Einflüsse konnten weder ausgeschaltet noch in ihrer Bedeutsamkeit eingeschätzt werden, obwohl bekannt ist, dass solche Einflüsse in die Studienergebnisse mit eingehen können (ERB, C./BRODY, S. 1998). Die Patienten setzten nach der Sitzung ihren normalen Tagesablauf fort, um zu zeigen, dass die alltäglichen Belastungen mit dieser Therapie abgefangen werden können. Somit waren die physischen, psychischen und mentalen Belastungen des Patienten quasi konstant (ERB, C./BRODY, S. 1998). Einen Einfluss auf die Messwerte können neben dem oben schon erwähnten circanularen Effekt oder auch Effekt der Jahreszeit folgende Effekte haben:

1. Regressinseffekt: Dieser Effekt beschreibt, dass die Möglichkeit, bei hohen Anfangswerten eine Senkung bzw. bei niedrigen Anfangswerten eine Steigerung zu erreichen, hoch ist.

2. Zuwendungseffekt: Dieser Effekt beschreibt, dass alleine die Zuwendung des Untersuchers zu dem Patienten einen positiven Effekt neben der eigentlichen Therapie bewirken kann.
3. Hawthorne- Effekt: Dieser Effekt beschreibt, dass alleine eine Veränderung im Umfeld des Patienten und der Lebensbedingungen zu einem positiven Effekt führen kann.

Ein besonders wichtiger Punkt war die Aufklärung der Patienten. Dazu gehörte auch eine genaue Erklärung der Produktion, der Zirkulation und des Abflusses des Kammerwassers, um die bildliche Vorstellung während der Visualisierungsübungen zu gewährleisten. Diesem Procedere wurde vor der Studie besonders viel Zeit und Aufmerksamkeit gewidmet. Der Ablauf der Sitzung fand immer in der gleichen Reihenfolge statt, um eine Vertrautheit mit der Sitzung und der Situation zu schaffen und Stress zu reduzieren. Hier kann man natürlich auch Kritik anbringen, da ein Reihenfolgeeffekt entstehen könnte, der sich auf die nachfolgenden Sitzungen auswirken und als mitbestimmende Variable fungieren könnte. Da wir aber eine angenehme Umgebung und eine möglichst geringe Stresssituation in der Sitzung erreichen wollten, was erforderlich ist (KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988), haben wir uns für dieses Vorgehen entschieden. Auch aus diesem Grund finden die Sitzungen immer im gleichen Raum statt, und der Patient wird durch einen Kopfhörer und das Abdunkeln des Raumes vor ablenkenden akustischen und visuellen Einflüssen geschützt. Zusätzlich dient auch die bequeme Sitzposition diesem Ziel, um eine Anspannung zu verhindern.

### **9.1.3 Entspannungsprogramm**

Die Reihenfolge des Entspannungsprogramms ist hierbei mit Bedacht gewählt worden: Einleitung mit nur Entspannungsmusik, nochmalige Erklärung des Glaukoms, progressive Relaxation vom gesamten Körper auf die Augen übergehend, Atemübungen, Visualisierungen über Energie, Auge und Gefäße, zuletzt vorsichtiges Erwecken. Die progressive Relaxation verwendet eine Abwechslung zwischen An- und Entspannung, und dient der Verbesserung der propriozeptiven Wahrnehmung (KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988). Es handelt sich um eine gelenkte Entspannung, bei der bestimmte Klangfolgen mit verbalen Anweisungen zu Entspannungsübungen verknüpft werden (MASLUK, T.-J. 1996). Auch hier erkennt man noch einmal, wie wichtig es ist, dass die Patienten dem gegenüber offen entgegnetreten und bewusst teilnehmen. Außerdem zeigt sich, dass es von Vorteil ist, Erfahrung im Bereich der Entspannungsmethoden zu haben,

um diese besser umzusetzen. Die Musiktherapie ist so ausgewählt worden, dass eine Entspannung und Stressreduzierung gefördert wird. Die Visualisierungen beziehen sich daher auch zuerst auf das Loslassen von Belastungen und danach auf das Auge im Sinne von „Reise durch das Auge“. Die progressive Entspannung bezieht sich auf den ganzen Körper und das Auge, um auch eine Entspannung des Körpers als Gesamten zu erreichen. Es wird angestrebt, nicht nur die Situation des Auges, sondern auch die des ganzen Körpers zu verbessern, damit auch eine Steigerung der Lebensqualität des Patienten erfolgt. Während der Therapie äußerten einzelne Patienten ein Missfallen der Musik bzw. der Sprecherstimmen. Auch die zu schnelle Abfolge der Visualisierungen und Entspannungsübungen wurde von einigen Teilnehmern bemängelt. Dieses kann zu einem Nicht-Entspannen und einer unbewussten Abwehr der Übungen seitens des Patienten führen, was unwägbar Einflüsse auf die Ergebnisse haben kann. Bekannt ist aber, dass die Entspannung durch die Kombination Musik und Visualisierungen die Effektivität der Methode steigert (BATCHELOR, L. 1991).

#### **9.1.4 Diskussion der Befindlichkeitsfragebögen**

Die Wechselwirkungen von Psyche und Körper, d.h. speziell Augen, wurden in verschiedenen Studien wissenschaftlich belegt, insbesondere dass Stress den IOD beeinflusst (KALUZA, G., et al. 1996, KALUZA, G./STREMPEL, I. 1995 und 1994). Beim Glaukom hat man bei vielen Patienten eine emotionale Instabilität z.B. Angstzustände, Nervosität, Depression etc. festgestellt (ERB, C./BRODY, S. 1998); zusätzlich zeigte sich, dass diese Patienten schlecht Probleme lösen können und psychisch überfordert sind (ERB, C./BATRA, A. 1999). Daher ist es auch von enormer Bedeutung, neben der Standard-Therapie auch den emotionalen Zustand der Patienten zu berücksichtigen und stressreduzierende Therapieformen mit in die Behandlung einzubeziehen, um die Lebensqualität des Patienten zu verbessern (ERB, C./THIEL, H.J./FLAMMER, J. 1998). Der emotionale Zustand der Patienten wurde in dieser Studie mit Hilfe der subjektiven Befindlichkeitsfragebögen innerhalb der 10 Tage und der Langzeitbetrachtung beobachtet, um zu überprüfen, ob sich der psychologische Zustand verbesserte und sich die emotionale Instabilität sowie die Stressbelastung verringerte. Die Patienten sollten außer einer Verbesserung des IOD auch eine Verbesserung der psychischen Situation erfahren. Insgesamt sollte die Lebensqualität des Glaukompatienten im therapeutischen Konzept mitbedacht werden (ERB, C./THIEL, H.J./FLAMMER, J. 1998), ein Ziel, das mit Hilfe unserer Therapie angestrebt wurde.

Beide verwendeten Fragebögen (KAB und POMS) zeigen zufrieden stellende Gütekriterien, die für diese und ihre Verwendung in solchen Studien sprechen (siehe oben Kap. 7.4.1 und 7.4.2 sowie MÜLLER, B./BASLER, H.-D. 1993 und BULLINGER, M/HEINISCH, M 1990).

### **9.1.5 Versuchspersonen**

Bei den Versuchspersonen handelt es sich um Patienten mit einem primären Offenwinkelglaukom. Zum Patientenkollektiv ist anzumerken, dass es sich nicht um eine zufällig zusammengestellte Gruppe von Glaukompatienten handelt. Viele Glaukompatienten bringen nicht die ausreichende Motivation mit, die die Teilnahme an einem solchen Forschungsprojekt erfordert, nämlich an 10 Tagen immer zur gleichen Zeit daran teilzunehmen. Hinzu kommt, dass sich nur Patienten mit Interesse an „ganzheitlichen“ Therapiemethoden sowie Einsicht in ihre Krankheit und der Notwendigkeit eigenverantwortlich für sich etwas tun zu müssen, überhaupt ansprechen ließen. Die Teilnahme erforderte schon eine bewusste Hinwendung zur Krankheit und den damit verbundenen Problemen. So handelt es sich um ein ganz besonders motiviertes allerdings kleines Klientel von Patienten. Wünschenswert wäre eine größere Fallzahl gewesen, um statistisch zuverlässige Daten erheben zu können. Es sollte sich aber zunächst um eine Pilotstudie handeln, um überhaupt Sinn, Nutzen und Effektivität von Musiktherapie bei Glaukom zu eruieren. Die Verteilung der 21 Patienten auf die CD-Gruppen ist bewusst gleich groß gewählt worden; durch Zufall ist die Geschlechterverteilung, insgesamt und auf die CD-Gruppen gesehen, etwa gleich groß. Innerhalb der sozioökonomischen Daten wurde nur die Altersverteilung recherchiert, da kein signifikanter Einfluss anderer, wie zum Beispiel Lebensverhältnisse, Kinder etc, bekannt ist. Die Altersverteilung (Abb. 8) liegt bei dieser Studie innerhalb der Hauptaltersklassen für Glaukom (LANG 1998). Durch die zufällige Verteilung auf die CDs hat sich für die CD 30 ein etwas höherer Altersgipfel ergeben, zwischen dem 70. und 80. Lebensjahr. Das Durchschnittsalter aller Probanden liegt im Bereich des Häufigkeitsgipfels, insgesamt und auch getrennt auf die CD-Gruppen gesehen; es ist auch durch Zufall ein geringer Unterschied (1,3 Jahre im Durchschnitt) im Durchschnittsalter zwischen den beiden CD-Gruppen. Mehr als 75% aller Patienten wussten bereits, worum es bei Entspannungsmethoden geht (Abb.9); keine Kenntnisse hatten nur 5 männliche Patienten. Frauen scheinen offener gegenüber Entspannungsmethoden zu sein. Die zufällige Aufteilung auf die CD-Gruppen ergab eine fast gleiche Verteilung der Nichterfahrenen und der Erfahrenen. Durchschnittlich findet man bei 19% aller Patienten

mit Offenwinkelglaukom eine positive Familienanamnese (GREHN, F 2003); bei dieser Studie ist diese wesentlich höher (Abb.10), was auf eine genetische Belastung hindeutet. Aus ethischen Erwägungen wurde die Glaukomtherapie der Patienten während der Studie beibehalten, da ein Auslassen der medikamentösen Therapie zu irreversiblen Schäden führen könnte. Bei den Patienten ist eine unterschiedliche Medikation vorhanden und während den Sitzungen nicht verändert worden. Die Musiktherapie soll auch hauptsächlich als Zusatztherapie gelten, die aber auch zu Therapieänderungen z.B. Reduzierung Anlass geben kann. Knapp 43% aller teilnehmenden Patienten begannen die Sitzungen ohne Therapie, von denen 4 die Therapie eine Woche vor Sitzungsbeginn absetzten. Diese 4 Patienten hatten aber bei der Voruntersuchung ihre Therapie noch nicht abgesetzt. Dieses bedeutet, dass es für diese Studie noch schwieriger ist, einen signifikanten Unterschied zwischen der Vor- und Nachuntersuchung zu erreichen, da die Therapie noch nicht abgesetzt war. Eine wünschenswerte einheitliche medikamentöse Therapie ist auch nicht umsetzbar, da jeder Patient individuell medikamentös eingestellt wird. Während der Studie ist extra bei den Patienten darauf geachtet worden, dass keine zusätzlichen Augenerkrankungen auftraten bzw. schon vorhanden waren, die die Werte und Messungen beeinflussen können. Die vorherigen Operationen der Patienten, ob nun die Linse und die Netzhaut (Katarakt-OP, Netzhaut-Laser und Schiel-OP), oder die Produktion oder den Abfluss des Kammerwassers (Photokoagulation, Argon-Lasertrabekuloplastik, Iridektomie, Trabekulotomie und Kryokoagulation) betreffend, waren vor dem Beginn der Studie durchgeführt worden, und können daher keinen Einfluss mehr auf die in der Studie beobachteten Ergebnisse haben.

Das Glaukom ist bis zu 90% der Fälle mit Allgemeinerkrankungen assoziiert, die einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf des Augenbefundes haben können: Vasospasmen (FUNK, R.H.W. 2000), Durchblutungsstörungen (GERSTE, R. 1998), vaskuläre Risikofaktoren wie z.B. koronare Herzkrankheit und Herzrhythmusstörungen (ERB, C. 1999), Raynaud-Syndrom (vermehrt eher bei Normaldruckglaukom) (MICHELSON, G. 1999) und Hypercholesterinämie (KREMER, S./SELBACH, J.M. 2000). Diese Erkrankungen kommen auch bei den Teilnehmern dieser Studie vor, womit eine gewisse Vergleichbarkeit zu dem Gesamtkollektiv der Offenwinkelglaukom-Patienten gegeben ist. Zu diesen Erkrankungen gehört auch die Blutdrucksituation, wobei Hypertonie, normaler Blutdruck und Hypotonie unterschieden werden müssen. Die Hypertonie ist vermehrt bei Offenwinkelglaukom, die Hypotonie hingegen vermehrt bei Normaldruckglaukom zu finden (ERB, C. 1999). Wie man aus Abb. 12 ersehen kann, kommen in unserem Kollektiv eher normale Blutdruckwerte bzw. Hypertonie vor, bis auf 2 Patienten (10%) mit Hypotonie.

### **9.1.6 Material**

Die bei der Tonometrie, der Visusbestimmung und der Perimetrie verwendeten Geräte sind im täglichen klinischen Gebrauch. Die verwendeten Datenträger (CDs) für die Musik- und Hemi-Sync®-Therapie sind handelsüblich ohne Besonderheiten. Auch der CD-Player ist ein Handelsüblicher.

Der verwendete 70%ige Alkohol und die Elektrodencremes sind im alltäglichen klinischen Gebrauch. Der Gebrauch des Aufrastiftes von Faber Castell ist von der Neurologischen Klinik der Philipps-Universität angeraten worden. Die verwendeten Elektroden sind Handelsübliche und von hoher Qualität, um eine mögliche Fehlerquelle zu verringern; sie sind auch insbesondere für Biofeedback-Untersuchungen geeignet. Das datenverarbeitende Programm wurde von der Firma Mind-Media geliefert und in vielen Bereichen der Biofeedback-Therapie verwendet. Die Einstellungen des Programms erfolgten von Fachkräften der Firma Mind-Media speziell auf diese Studie abgestimmt. Der PC hatte genügend Arbeitsspeicher und war schnell genug, um die Informationen der Messungen ohne Schwierigkeiten zu verarbeiten.

### **9.1.7 Messungen**

Bei der Applanationstonometrie muss man beachten, dass bei Messungen in kurzer Zeit, d.h. wenige Minuten, hintereinander eine Variation der Werte um 30%, d.h. um 2-3 mmHg, verursacht werden kann (WETZEL, C. 1999); hierbei handelt es sich meistens um eine Drucksenkung. Aus diesem Grund sind bei uns keine Druckmessungen innerhalb dieser Zeiträume durchgeführt worden, und die Zeit der Applanation so kurz wie möglich gehalten worden, um mögliche Drucksenkungen in Folge einer zu langen Applanation oder durch wiederholtes Nachmessen zu vermeiden. Einen Einfluss dieses Faktors auf den Augendruck bei dem Wasserbelastungstest kann man ausschließen, da die Messungen in einem Abstand von jeweils 20 Minuten erfolgten. Auch der Abstand der Messung vor und nach der Sitzung ist lang genug (30 Minuten)(WETZEL, C. 1999). Eine zu große Hornhautdicke verfälscht auch die Druckwerte, d.h. der Augendruck wird zu hoch gemessen (KRIEGESKORTE, V. 2001). Bei zu dicker Hornhaut wird der Wert überschätzt und umgekehrt. Der Fehler liegt bei 7 mmHg pro 0,1 mm Abweichung von der Norm (0,52 mm). Auf eine Pachymetrie zur Bestimmung der Hornhautdicke ist bei dieser Studie verzichtet worden, da die Variabilität der Hornhautdicke gering ist

(Standartabweichung ca. 0,03 mm), und somit der Einfluss der Hornhautdicke in der Regel tolerabel ist (GRÄF, M. 1995). Außerdem interessieren bei dieser Studie die IOD-Schwankungen bei dem einzelnen Patienten unabhängig von der Hornhautdicke. Die Möglichkeit falsche Messergebnisse bei zu großen oder kleinen Fluoresceinhalbkreisen zu bekommen, muss in die Betrachtung möglicher Fehlerquellen mit einbezogen werden. Zu breite Halbkreise, d.h. zu viel Fluorescein, führen zu höheren Messwerten und umgekehrt (KRIEGESKORTE, V. 2001). Um interpersonelle Messwertverschiebungen auszuschließen, wurden die Messungen immer vom selben Versuchsleiter (mir) durchgeführt.

Um eine mögliche Beeinflussung der Elektrodenmessungen durch schlechten Kontakt zu vermeiden, wurde die Kopfhaut aufgeraut und zusätzlich eine Elektrodencreme benutzt und der Kontakt zusätzlich durch vorheriges Entfetten der Haut mit 70%igem Alkohol verbessert (ZEIER, H. 1997). Bei Elektrodenmessungen, wie wir sie durchgeführt haben, gibt es zu bedenken, dass Artefakte auftreten können durch: Muskelpotentiale, Herzrhythmus, Herzschlag und Augenbewegungen. Auch sind die Messungen gegenüber dem Netzbrummen (50 Hz), mangelndem Sitz der Elektroden und elektrostatischen Feldveränderungen empfindlich. Zusätzlich kommt die Komponente „Patient als Störfaktor“ hinzu; der Mensch selber produziert Artefakte durch willkürliche oder unwillkürliche Muskelanspannungen und Augenbewegungen, die sich beide auf das EEG auswirken. Was EMG-Messungen betrifft so kann die Herzaktivität die Werte beeinflussen. Bewegungsartefakte durch den Menschen können durch Husten, Bewegen, Schlucken etc. entstehen (ZEIER, H. 1997, KÖRNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988). Daher sind auch folgende Vorsichtsmaßnahmen getroffen worden: Einnehmen einer bequemen Liege-/Sitzposition vor der Sitzung, um Körperbewegungen zu reduzieren. Das Schließen der Augen ist wichtig, um visuelle Ablenkungen und okulomotorische Bewegungen zu verringern. Der Einfluss des Netzbrummens, der elektrostatischen Feldveränderungen, der Herzaktivität und von ungewollten Bewegungen (Husten und Schlucken) konnten natürlich nicht ganz eliminiert werden, waren aber bei unseren Probanden nicht von Bedeutung. Auch die folgenden Faktoren können Einfluss nehmen auf die Messungen: Elektrosmog in höheren Frequenzen (Telefon-Richtfunk, Radio, Fernsehen, Radar, Sendeanlagen, etc.), atmosphärische Einflüsse wie Wetter, Krankheiten der Patienten, Medikamente, Biorhythmus, Erfahrung und Aufgeschlossenheit der Patienten der Therapie sowie unangenehme Empfindungen durch Kopfhörer oder Elektroden konnten nicht ausgeschlossen werden, waren aber weitgehend irrelevant. Zu diesen Störfaktoren kommen noch folgende den Patienten beeinflussende Effekte hinzu:

Regressionseffekt, Effekt der Jahreszeit, Zuwendungseffekt und Hawthorne-Effekt (siehe genaueres Kap. 9.1.2)

### **9.1.8 Auswertung**

Microsoft® Excel 2000 und SPSS® 10.0 für Windows sind typische Programme für die Auswertung von wissenschaftlichen Daten und Studien. Die Verwendung der nichtparametrischen Tests, des sog. Wilcoxon Tests und des Mann-Whitney-U Tests, ist in Absprache mit der Medizinischen Informatik der Philipps- Universität Marburg und Prof. Dr. phil. Dr. med. habil H.-D. Basler vom Institut für Medizinische Psychologie geschehen. Statistisch unbefriedigend ist natürlich die geringe Anzahl (n=21) der teilnehmenden Patienten, was aber im Konzept einer Pilotstudie vorkommen und hingenommen werden kann.

### **9.1.9 Musiktherapie mittels CD**

Die CD wurde nach neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen zusammengestellt. Der Textteil wurde nach psychologischen Kriterien erarbeitet und die Musik von ehemaligen Mitarbeitern des Monroe-Institutes in USA zur Verfügung gestellt. Als Sprecherinnen fungierten 2 Mitarbeiterinnen des Monroe-Institutes, die in Deutschland Hemi-Sync®-Kurse geben. Eine von ihnen ist promovierte Psychologin (Dr. Williams). Die CDs sind also eine interaktive Gemeinschaftsproduktion und basieren u.a. auch auf den Erfahrungen und wissenschaftlichen Studien des Monroe-Institutes, besonders was die binaurikularen Schwingungen betrifft. Die dortigen Studien (RUBIK, B. 1997/McMONEAGLE, J.W. 1996/MALISZEWSKI, B.F. 1991) zeigen, dass binaurikulare Schwingungen auch ohne begleitende Musik allein schon in der Lage sind, das Gehirn zum „mitschwingen“ im  $\alpha$ -, $\beta$ - etc. Rhythmus zu veranlassen. Im Rahmen von gewünschter Entspannung werden Frequenzen benutzt, die im Gehirn  $\alpha$ -binaurikulare Schwingungen aber auch Delta- und Theta-binaurikulare Schwingungen induzieren. Das Monroe-Institut hat diese Schwingungen ihren Musik- oder Sprach-CDs unterlegt und deren Effektivität in wissenschaftlichen Studien bewiesen (RUBIK, B. 1997, McMONEAGLE, J.W. 1996, MALISZEWSKI, B.F. 1991). Unser spezielles Anliegen im Rahmen der Musiktherapie für Glaukomapatienten war nun den therapeutischen Effekt von:

- a) Musik
- c) Visualisierungen
- d) Binaurikulare Schwingungen

zu kombinieren mit dem Ziel der Augeninnendrucksenkung und der allgemeinen Entspannung. Es ging uns aber auch darum zu überprüfen, ob es tatsächlich einen Unterschied in der Wirkung gibt, wenn die CD mit bzw. ohne binaurikulare Schwingungen angewendet wird, um die Ergebnisse der amerikanischen Studien zu überprüfen. Wie sich zeigt, tritt eine signifikante Senkung des IOD ein, sowie deutlich messbare Entspannung, allerdings ergab sich bei uns kein Unterschied in den beiden Versionen. Das widerspricht den amerikanischen Ergebnissen. Woran das liegt wissen wir nicht genau. Eventuell könnte es sein, dass auf unserer CD mit binaurikularen Schwingungen die Stimmen der Sprecherinnen zu laut und die binaurikularen Schwingungen zu leise eingemischt wurden. Die ansonsten kaum wahrnehmbaren binaurikularen Schwingungen konnten so eventuell vom Gehör nicht ausreichend aufgenommen und nach zentral weitergeleitet werden. Ein weiterer Grund dafür könnte daran liegen, dass durch den Versuchsaufbau und die Reihenfolge der Therapie eine Konfundierung der beiden Therapieformen ab dem 2. Tag miteinander entsteht und somit sich kein Unterschied einstellen könnte.

## **9.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **9.2.1 Augeninnendruck**

Der IOD sinkt innerhalb der Sitzung (Kurzzeiteffekt) und über die 10-Tage (10-Tages-Effekt) signifikant. Wie die Abb. 12 zeigt, sind die Werte vor der Sitzung höher als die Werte nach der Sitzung am jeweiligen Tag. Anhand dieser Abbildung kann man erkennen, dass die IOD-Werte sinusförmig zum 10. Tag hin sowohl vor als auch nach der Sitzung absinken. Dieser Effekt ist bei den Werten vor der Sitzung stärker. Aus dem Verlauf lässt sich schließen, dass die Werte innerhalb der Sitzung absinken, und auch innerhalb der 10 Tage. Einen großen Unterschied zwischen dem rechten und linken Auge kann man nicht feststellen.

Die oben beschriebenen Ergebnisse werden auch noch einmal in der Tab. 1 und 2 dargestellt. Zusätzlich kann anhand der Tab. 1 auch abgeleitet werden, dass sich der Augendruck innerhalb der Sitzung am 1. und 10. Tag signifikant verringert. Warum der Vergleich nachher zu vorher am 10. Tag links nur signifikant ausfällt und die restlichen

sehr signifikant, ist schwer zu erklären. Die Tab. 2 zeigt den Vergleich des 10. zu dem 1. Tag; dieser fällt jeweils vor der Sitzung sehr signifikant und nach der Sitzung signifikant aus. Anhand der Abb. 12 und dem sinusförmigen Verlauf kann man die Vermutung aufstellen, dass sich die Werte alle einem gemeinsamen Bereich mit einer gewissen Variation annähern. Dieser Bereich liegt scheinbar bei unserer Studie zwischen 12,9 und 13,4 mmHg. Setzt man diese Werte als Basis, ist auch verständlich, warum sich die hohen Vorherwerte diesem Bereich sehr signifikant und die Nachherwerte, die schon innerhalb der Sitzung in Richtung dieses Bereiches gesenkt wurden, „nur“ signifikant annähern.

Diese Ergebnisse stellen deutlich dar, dass:

1. Der IOD während jeder Einzelsitzung signifikant absinkt
2. Der IOD statistisch signifikant im Verlauf der Studie (über die 10 Tage) absinkt.
3. Der IOD wird im Langzeitergebnis signifikant reduziert (siehe Kap. 8.2.5)

Im Hinblick auf den Unterschied der Therapie mit binaurikularen Schwingung zu der Therapie ohne im Bezug auf den Augendruck zeigt sich kein Unterschied, da alle Vergleiche nicht signifikant ausfallen (siehe Tab. 5, 6 und 7). Anhand der Abb. 13 kann man auch, für die beiden CDs getrennt, die für die 10 Tage aufgestellten Beobachtungen, anhand der Abb. 12, auf die 5 Tage für die jeweilige CD übertragen. Es lässt sich eine Drucksenkung bei beiden CDs innerhalb der Sitzung, außer am 4. Tag links bei der CD 30, und im Verlauf der 5 Tage beobachten. Warum diese Ausnahme bei der CD 30 am 4. Tag auftritt, ist unklar. Die tendenzielle Drucksenkung für die beiden CDs innerhalb der Sitzung und über die 5 Tage ist auch anhand der Tab. 3 und 4 festzustellen. An diesen ist außerdem ersichtlich, dass der Vergleich der Werte nachher zu vorher am 1. Tag rechts und links bei beiden CDs sehr signifikant und am 5. Tag nicht signifikant ist. Auch der Vergleich Tag 5 zu Tag 1 fällt vor der Sitzung rechts und links bei beiden CDs sehr signifikant und nach der Sitzung nicht signifikant aus. Auch hier kann man das Annähern an diese bestimmte Basis erkennen. Schon am 1. Tag nähern sich die Werte vorher zu nachher sehr schnell dieser Basis an (signifikanter Unterschied vorher zu nachher), hingegen am 5. Tag ist diese Annäherungsmöglichkeit der schon stark gesenkten Werte nur noch gering. Daher ist es gut nachzuvollziehen, warum dieser Vergleich am 5. Tag nicht signifikant ausfällt. Die mögliche Erklärung für die Nichtsignifikanz des jeweiligen Vergleichs Tag 5 zu Tag 1 nach der Sitzung bei beiden CDs ist, dass sich die Werte nach der Sitzung am 1. Tag schon dem erwarteten Bereich angenähert haben, und daher der Unterschied Tag 5 zu Tag 1 nach der Sitzung nicht mehr signifikant ausfällt. Hierbei darf

man aber nicht außer Acht lassen, dass durch die Konfundierung der Therapieformen ab dem 2. Tag die Ergebnisse, die den 5. Tag im Bezug auf den Vergleich der beiden Therapien betreffen, kritisch betrachtet werden müssen.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Musiktherapie einen signifikanten Einfluss auf den Augendruck innerhalb der Einzelsitzungen sowie auch über 10 Tage hat. Dieses entspricht den Ergebnissen früherer Studien mit Hypnose und Autogenem Training (KALUZA, G., et al. 1996, KALUZA, G./STREMPEL, I. 1995 und 1994). Einen Unterschied zwischen der Therapie mit bzw. ohne binaurikulare Schwingungen bezüglich des Augendruckes kann man jedoch hier nicht feststellen.

## **9.2.2 Diskussion der Ergebnisse der Musiktherapie in Beziehung zu den physiologischen Parametern**

### **9.2.2.1 EMG**

Für das EMG zeigen sich keine signifikanten Ergebnisse für den Kurzeffekt, den 10-Tages-Effekt und den Unterschied zwischen den CDs. Die Abb. 15 zeigt, dass die Werte am Anfang der Sitzung konstant über den Werten am Ende der Sitzung liegen. Dies bedeutet, dass die EMG-Werte innerhalb der Sitzung absinken. Zusätzlich erkennt man noch ein tendenzielles Absinken über die 10 Tage, besonders bei der Kurve mit den Anfangswerten. Auch anhand der Tab. 8 sieht man zudem, dass die Werte vom Anfang der Sitzung zum Ende hin absinken; dieses Absinken ist am 1. und 10. Tag allerdings nicht signifikant. Die Tab.9 stellt dar, dass die EMG-Werte im Vergleich des 1. Tags zum 10. absinken, sowohl am Anfang und am Ende der Sitzung; auch diese Senkung ist jeweils nicht signifikant. Bezieht man die Ergebnisse auf die 2 CD-Versionen (Abb. 18) so erkennt man ein Absinken der Vorherwerte zum Ende der Sitzung hin, außer bei der CD 30 am 2. Tag am Anfang der Sitzung. Warum diese Ausnahme auftritt ist schwer zu erklären. Weiterhin zeigt diese Abbildung ein tendenzielles Absinken aller vier Kurven im Verlauf der 5 Tage, welches bei der Anfangskurve der CD 30 nicht so ausgeprägt ist. Bei den Werten am Anfang der Sitzung könnte man einen Unterschied zwischen den CDs interpretieren, da die Werte der CD 30 meist unter denen der CD 28 liegen; da aber von Tag 1 auf Tag 2 bei der CD 30 ein starkes Absinken und ab dann ein Anstieg und bei der

CD 28 eher ein konstantes Absinken zu beobachten ist, muss man diese Interpretation wieder relativieren und feststellen, dass eher kein bedeutsamer Unterschied zwischen den CDs am Kurvenverlauf zu erkennen ist, da zusätzlich auch ein fast paralleler Verlauf der Endwerte bei den CDs zu beobachten ist. Auch anhand der Tab. 10 und 11 kann man einen Rückgang der Werte innerhalb der Sitzung und über die 5 Tage bei beiden CDs sehen. Alle diese Senkungen sind aber nicht signifikant. Die Tab. 12, 13 und 14 zeigen den Vergleich der CDs zueinander und stellen dar, dass dieser jeweils nicht signifikant ist. Hinsichtlich der Ergebnisse, die den 5. Tag im Bezug auf den Vergleich der beiden Therapien betreffen, muss man bei der Interpretation kritisch sein, da schon zu diesem Zeitpunkt die Konfundierung der Therapieformen eingetreten ist.

Insgesamt kann man somit keinen signifikanten Einfluss der Musiktherapie auf die Muskelverspannung während der Sitzungen und über die 10 Tage beobachten. Einen Unterschied zwischen den beiden CDs mit und ohne binaurikulare Schwingungen kann man nicht feststellen.

### **9.2.2.2 Hautleitwert**

Der Hautleitwert ist ein sehr feiner Indikator für die Stresslage des Patienten. Er ist besonders gut geeignet zu überprüfen, ob der Patient wirklich in die erwartete psychische Entspannung eintritt. Es ergibt sich, dass der Hautleitwert sowohl innerhalb der Einzelsitzung als auch über die 10 Tage signifikant sinkt, was für die Umschaltung des Vegetativums in Richtung der Entspannung spricht und das hypothesierte Ergebnis zeigt. Abb. 16 zeigt, dass die Werte am Anfang der Sitzung höher sind als am Ende. Zusätzlich kann man ein sinusförmiges Absinken der Vorher- und Nachherwerte über die 10 Tage erkennen. Auch die Tab.8 und 9 bestätigen das Absinken während der Einzelsitzungen sowie im Verlauf der 10 Tage. Das Absinken innerhalb der jeweiligen Sitzung ist an beiden Tagen sehr signifikant und das Absinken über die 10 Tage ist jeweils signifikant, was bedeutet, dass die Patienten tatsächlich psychisch hervorragend entspannt waren.

Ein Unterschied zwischen der CD mit binaurikularen Schwingungen und ohne zeigt sich nicht. Anhand der Abb. 19 sieht man, dass bei beiden CDs die Werte zu Anfang der Sitzung zum Ende hin absinken, und dass ein tendenzielles Absinken über die 5 Tage bei allen vier Kurven da ist. Einen eventuellen Vorteil der Therapie mit binaurikularen Schwingungen kann man eventuell erkennen, da die Werte hierfür am Anfang (bis auf 2 Werte) und am Ende (bis auf 1 Wert) unter den Werten der Therapie ohne liegen; dieser Unterschied ist aber nicht sehr stark ausgeprägt. Auch die Tab. 10 und 11 zeigen die

Senkung innerhalb der Sitzungen und über die 5 Tage. Die Senkung innerhalb der Sitzungen ist bei beiden CDs sehr signifikant an beiden Tagen. Bei der Senkung über die 5 Tage sieht das Ergebnis anders aus; diese fällt bei der CD ohne binaurikulare Schwingungen am Anfang und am Ende nicht signifikant, bei der CD mit binaurikularen Schwingungen am Anfang nicht signifikant, aber am Ende signifikant. Dies zeigt, dass der Hautleitwert bei beiden CDs innerhalb der Sitzung über die 5 Tage genau so reagiert wie über die 10 Tage. Einen Unterschied erkennt man bei den Vergleichen Tag 10 zu Tag 1 bzw. Tag 5 zu Tag 1, da der Vergleich Tag 5 zu Tag 1 bei den CDs, mit Ausnahme der Endwerte bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen, jeweils nicht signifikant ausfällt. Man könnte vermuten, dass 5 Tage nicht genug sind, um eine signifikante Senkung über eine bestimmte Zeit zu erreichen. Die Ergebnisse, die den 5. Tag im Bezug auf den Vergleich der beiden Therapien betreffen, müssen aber aufgrund der entstandenen Konfundierung der Therapien miteinander mit vorsichtig betrachtet werden. Der Vergleich der CDs zeigt in allen Untersuchungen keinen signifikanten Unterschied (siehe Tab. 12, 13 und 14).

Insgesamt kann man somit einen signifikanten Einfluss der Musiktherapie auf den Hautleitwert innerhalb der Einzelsitzungen und im Verlauf von 10 Tagen im Rahmen einer Senkung feststellen, was ein deutliches Korrelat der Entstressung darstellt. Einen Unterschied zwischen den beiden CD-Versionen zeigte sich bei uns nicht. Insgesamt war also ein äußerst positiver Effekt der Musiktherapie zu beobachten. Die Patienten konnten hervorragend entspannen, was sich auch in den physiologischen Parametern widerspiegelt

### **9.2.2.3 Pulsfrequenz (Herzrate)**

Betrachtet man die Pulsfrequenz (Herzrate) der Patienten in den Einzelsitzungen an jedem Studientag, so findet man einen signifikanten Abfall. Vergleicht man die Herzrate am Anfang der Sitzung des 1. Tages und des 10. Tages so zeigt sich ein signifikanter Unterschied über die 10 Tage; vergleicht man hingegen die Herzrate am Ende der Sitzung des 1. Tages mit der des 10. Tages, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Auch kein signifikanter Unterschied war zwischen den CDs mit und ohne binaurikulare Schwingungen zu beobachten. An der Abb. 17 sieht man, dass die Werte am Anfang höher sind als am Ende der Sitzung, so dass ein tendenzielles Absinken über die 10 Tage feststellbar ist. Auch anhand der Tab. 8 ist zu ersehen, dass ein Absinken zum Ende der Einzelsitzung hin geschieht. Dieses Absinken ist an beiden Tagen sehr signifikant. Die Tab. 9 zeigt das Absinken der Werte über die 10 Tage am Anfang und Ende der Sitzung, dieses Absinken ist im Vergleich der Werte vom 1. bis zum 10. Tag am Anfang signifikant, am

Ende nicht signifikant. Für diese Nichtsignifikanz des Vergleichs des 10. zum 1. Tag am Ende der Sitzung kann man interpretieren, dass sich die Herzrate bei jedem Patienten nur einem bestimmten Minimalwert nähert, um die Homoöstate im Körper aufrecht zu erhalten. Aufgrund der lebenserhaltenden regulativen Mechanismen des Körpers geht die Pulsfrequenz nie unter einen bestimmten Minimalwert. Wenn sich die Herzrate schon am Ende der Sitzung am 1. Tag diesem Ruhewert stark annähert, wäre die weitere Reduzierung über die 10 Tage nicht mehr physiologisch und sinnvoll, was die Nichtsignifikanz erklärt. Abb. 20 zeigt, dass die Werte für die Herzrate am Anfang der Einzelsitzung über denen am Ende bei beiden CDs liegen. Auch ein tendenzielles Absinken über die 5 Tage kann man bei beiden CDs am Anfang und am Ende der Sitzung erkennen. Ein Unterschied zwischen den beiden CDs ist schwer auszumachen. Die Tab. 10 zeigt auch noch einmal das Absinken innerhalb der Einzelsitzung; diese Senkung ist am jeweiligen Tag bei beiden CDs sehr signifikant. Dies zeigt, dass sich die Pulsfrequenz bei beiden CDs innerhalb der Sitzung über die 5 Tage genau so verhält wie über die 10 Tage. Anhand der Tab. 11 kann man auch beobachten, dass ein Absinken zum Tag 5 hin am Anfang und am Ende der Sitzung bei beiden CDs geschieht; dieses Absinken ist bei der CD ohne die binaurikularen Schwingungen am Anfang und am Ende nicht signifikant, für die CD mit den binaurikularen Schwingungen am Anfang signifikant und am Ende nicht signifikant. Hier reagiert der Vergleich des 5. zum 1. Tag der CD mit den binaurikularen Schwingungen ähnlich wie bei dem Vergleich des 10. zum 1. Tag in der Gesamtbetrachtung. Daher könnte man die gleiche Vermutung für die CD mit den binaurikularen Schwingungen übernehmen, die oben schon im Zusammenhang der 10 Tage aufgestellt wurde. Da die CD ohne die binaurikularen Schwingungen diese Reaktion nicht zeigt, könnte man vermuten, dass die CD mit den Schwingungen effektiver ist als die CD ohne. Diese Vermutung wird aber durch die Ergebnistabellen 12, 13 und 14 quasi widerlegt, da die Vergleiche der CDs zueinander nicht signifikant ausfallen. Auch hier muss man die Ergebnisse, die den 5. Tag im Bezug auf den Vergleich der beiden Therapien betreffen, aufgrund der entstandenen Konfundierung kritisch betrachten.

Insgesamt kann man einen deutlichen Einfluss der Musiktherapie auf die Pulsfrequenz während der Einzelsitzung sowie im Verlauf der 10 Tage erkennen. Dieses ist ein deutlicher Hinweis, dass die gewünschte physiologische Entspannung auch erreicht wird. Einen Unterschied zwischen den beiden CDs kann man auch bezüglich der Herzrate nicht feststellen. Sie sind gleichermaßen effektiv.

## 9.2.3 Einfluss der Musiktherapie auf die Hirnaktivität [EEG]

### 9.2.3.1 Alphawellen

Es war hypothetisiert worden, dass die Musiktherapie im Körper Entspannung bewirkt, was sich auch in der Aktivitätsänderung des Gehirns widerspiegelt. Weiterhin war davon ausgegangen worden, dass sich ein Unterschied in den 2 CD-Versionen zeigt und zwar in Abhängigkeit von den binaurikularen Schwingungen. Die Ergebnisse sind jedoch sehr uneinheitlich, was sich im Folgenden zeigt. Im Hinblick auf die Kurzzeiteffekte und den 10-Tages-Effekt am Ende der Sitzungen fallen die Ergebnisse nicht signifikant aus. Der 10-Tages-Effekt am Anfang verhält sich signifikant für die Alphawellen. Der Vergleich der CDs fällt sehr unterschiedlich aus. Ein signifikanter Unterschied ergibt sich für die Deltawerte (Subtraktionswert) der End- zu den Anfangswerten, wobei sich die CD mit den binaurikularen Schwingungen effektiver als die CD ohne erweist. Die Abb. 21 zeigt kein einheitliches Bild hinsichtlich der Hypothese, dass die Werte der  $\alpha$ -Wellen am Ende der Sitzung über denen am Anfang liegen; dies ist aber - wie man erkennen kann- dennoch fünf Mal der Fall. Die Ergebnisse über 10 Tage sind bedeutsamer. Was die Betrachtung des Verlaufes über die 10 Tage betrifft, ist diese für die Gewinnung von Erkenntnissen ergiebiger. Anhand der Abb. 21 kann man noch feststellen, dass die Werte am Anfang der Sitzung konstant bis zum 7. Tag ansteigen und am 8. sowie 9. Tag stark absinken, um dann am 10. Tag wieder zu steigen. Wenn man den 8. und 9. eher ausblendet, kann man ein tendenzielles Ansteigen der  $\alpha$ -Aktivitäten des Gehirns feststellen. Was die Werte am Ende der Sitzung betrifft, erkennt man eher ein Absinken der Werte über die 10 Tage, wobei der Verlauf der Kurve sehr schwankend ist. Dieser sehr schwankende Verlauf der Kurve bezüglich der Endwerte über die 10 Tage könnte eventuell an der unterschiedlichen Reihenfolge der Präsentation der CDs (siehe Gruppen) liegen. Wäre dies der Fall, müsste man sich die Frage stellen, warum die Anfangswerte nicht so reagieren. Dies könnte daran liegen, dass zu diesem Zeitpunkt die Therapie insgesamt und ins Besondere die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen noch nicht ihre Wirkung entfalten konnte. Der jeweilige Abfall am 8. und 9. Tag könnte auf eine Adaptation der Patienten zurückzuführen sein. Wie bereits besprochen, ist diese Konzentration und Mitarbeit der Patienten aber von enormer Bedeutung (WOLF 1990, BATCHELOR 1991). Der Anstieg am letzten Tag könnte auf eine Steigerung der Motivation aufgrund des Endes der Sitzungen zurückzuführen sein. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Ergebnisse der KAB-Werte wird dieses bestätigt. Auch an der Tabelle 15 kann man ersehen, dass die Werte am

1. Tag zum Ende der Sitzung hin steigen, hingegen aber am 10. Tag zum Ende hin sinken (WOLF 1990, BATCHELOR 1991).

Insgesamt soll aber die cerebrale Reaktion eher getrennt betrachtet werden, da der Einfluss der binaurikularen Schwingungen auf die verschiedenen Wellenformen verschieden sein kann.

Die Tabelle 16 zeigt, dass die Werte für die  $\alpha$ -Wellen im Gehirn am Anfang der Sitzung vom 1. zum 10. Tag hin ansteigen, was signifikant ist, und die Werte am Ende der Sitzung zum 10. Tag hin absinken, was nicht signifikant ist. Bei dem signifikanten Anstieg über die 10 Tage handelt es sich um eine erwartete Reaktion, hingegen das Absinken überraschend ist. Im Folgenden soll der Vergleich der CDs besprochen werden. Die Abb. 24 stellt dar, dass alle vier Kurven an den ersten Tagen ansteigen und an den letzten Tagen abfallen. Dies ist wichtig für die Beobachtung innerhalb der 5 Tage. Einen geringen Unterschied zwischen den CD's kann man sehen. Die Werte am Ende der Sitzungen für die CD mit den binaurikularen Schwingungen liegen über denen für die CD ohne. Dieses spricht für den Vorteil der binaurikularen Schwingungen. Bei der weiteren Betrachtung im Hinblick auf den Vergleich der End- zu den Anfangswerten ergibt sich, dass bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen die Endwerte meistens über den Anfangswerten liegen, wobei es sich um die erwartete Reaktion im Hinblick auf einen Anstieg der Alphawellenaktivität innerhalb der Sitzungen handelt. Möglicherweise war bei den Ausnahmewerten die Motivation des Patienten nicht so stark ausgeprägt. Deshalb haben wir die KAB-Werte dazu angeschaut. Die KAB-Werte steigen hierbei am 4. Tag (siehe Abb. 28), was diese Theorie unterstützt. Bei der CD ohne binaurikulare Schwingungen gibt es kein klares Ergebnis, da die Endwerte an den ersten zwei Tagen über den Anfangswerten, aber an den restlichen Tagen unter den Anfangswerten liegen. Dies würde für einen Vorteil der CD mit den binaurikularen Schwingungen gegenüber der Anderen sprechen. Die Tab. 17 muss auch getrennt für die CDs betrachtet werden. Für die CD mit den binaurikularen Schwingungen zeigt sich, dass sowohl am 1. als auch am 5. Tag die Alphawellen zum Ende der Sitzung hin steigen, wobei diese Steigerung am 1. Tag nicht signifikant, hingegen am 5. Tag signifikant ist. Bei der CD ohne diese Schwingungen ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild, hier steigen die Werte am 1. Tag zum Ende der Sitzung hin, fallen aber am 5. Tag am Ende der Sitzung. Der Anstieg ist nicht signifikant, der Abfall ist aber signifikant. Der jeweilige signifikante Wert, Anstieg der Alphawellen bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen und Senkung bei der CD ohne, ließe die Vermutung zu, dass die CD mit den Schwingungen im Hinblick auf das erwartete Verhalten, einem Anstieg innerhalb der Sitzung, besser ist als die CD ohne, da diese ein entgegengesetztes Verhalten als erwünscht widerspiegelt. Diese Vermutung wird weiter

unten noch auf ihre Signifikanz überprüft. Die Tab. 18 zeigt für beide CDs ein einheitliches Bild, nämlich, dass am Anfang und am Ende der Sitzung die Werte über die 5 Tage hin absinken, wobei diese Senkung jeweils nicht signifikant ist. Diese Senkung ist im Hinblick auf die erwarteten Ergebnisse genau entgegengesetzt. Dieser Befund ist schwer zu erklären und könnte Zufall sein, was durch die Nichtsignifikanz bestätigt wird. Es könnte auch daran liegen, dass sich ein Effekt im Hinblick auf eine Alphawellensteigerung über die 5 Tage unter jeglicher Musiktherapie (mit und ohne binaurikulare Schwingungen) nicht einstellt.

Der Vergleich der CDs fällt im Hinblick auf die Deltawerte (Subtraktionswerte) des Endes zu dem Anfang der Sitzung am 1. Tag signifikant und am 5. Tag nicht signifikant aus (siehe Tab. 20). Hinsichtlich des Vergleiches der CDs für die Deltawerte des 5. zu dem 1. Tag ist dieser nicht signifikant. Bei den Einzelwerten fällt nur der Vergleich bei den Alphawellen am 5. Tag am Ende der Sitzung signifikant aus, die restlichen nicht signifikant. Somit ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild bei den Alphawellen, welches schwer zu deuten ist. Es deutet sich hier an, dass die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen (CD 28) einen stärkeren Einfluss auf die Alphawellen hat als die Musiktherapie ohne diese Schwingungen, jedenfalls was den Einfluss innerhalb der Einzelsitzung betrifft. Ein Langzeitunterschied über die 5 Tage gibt es zwischen den beiden CDs nur bei den Einzelwerten am 5. Tag am Ende der Sitzung. Dieses muss man aber aufgrund der entstandenen Konfundierung der beiden Therapieformen miteinander ab dem 2. Tag kritisch betrachten.

Insgesamt zeigt sich ein sehr differenziertes Bild der Wirkung der Musiktherapie mit und ohne binaurikulare Schwingungen innerhalb der Sitzung und über die 10 Tage. Ein signifikanter Anstieg der Alphawellen innerhalb der Einzelsitzungen lässt sich nicht beobachten, nur ein Tendenzieller am 1. Tag. Über die 10 Tage kann man für die Werte am Anfang der Sitzung einen signifikanten Anstieg, wie in der Theorie erwartet, erkennen, aber nicht für das Ende. Diese beiden Ergebnisse könnten vermuten lassen, dass die Musiktherapie nur einen kurzfristigen Effekt hat, der sich nur innerhalb der Sitzung und über die 10 Tage nur am Anfang zeigt. Auch die Motivation des Patienten könnte diese Effekte hervorrufen oder beeinflussen (WOLF 1990, BATCHELOR 1991). Der Vergleich der zwei CD-Varianten zueinander ergibt einen signifikanten Unterschied für die Deltawerte (Subtraktionswerte) innerhalb der Sitzung zugunsten der binaurikularen Schwingungen am 1. Tag und die Einzelwerte am Ende der Sitzung am 5. Tag.. Dieses könnte bei den Alphawellen darauf hindeuten, dass die binaurikularen Schwingungen effektiver wirken als die Musiktherapie ohne. Zu bedenken ist, dass man bei allen Ergebnissen im Bezug auf die Signifikanzberechnung vorsichtig sein muss, da es sich nur

um 21 Patienten handelt und auch die Werte für den Vergleich der beiden Therapieformen am 5. Tag kritisch betrachten muss, da ab dem 2. Tag aufgrund der Versuchsanordnung eine Konfundierung entsteht.

### 9.2.3.2 Betawellen

Der Betawellenaktivität des Gehirns entsprechen Vigilanz, Wachheit, und Aufmerksamkeit. Ziel unserer Entspannungstherapie ist, diese Aktivität vorübergehend zu reduzieren, damit Entspannung eintritt. Wir hypothesieren also, dass die Betawellenaktivität sinkt. Dieses bestätigt sich auch signifikant für den Kurzzeiteffekt und den Vergleich der CD mit den binaurikularen Schwingungen zu der CD ohne diese im Hinblick auf die Deltawerte des Endes zum Anfang am 5. Tag. Nicht signifikant hingegen bleiben der 10-Tages-Effekt und die restlichen Vergleiche der CD's zueinander. Die Abb. 22 zeigt, dass die Endwerte unter den Anfangswerten liegen, und somit für ein Absinken der Betawellen innerhalb der Einzelsitzungen entsprechen. Auch ein tendenzielles Absinken der Anfangs- und Endkurve über die 10 Tage ist festzustellen. Anhand der Tabelle 15 kann man ein Absinken der Werte zum Ende der Sitzung hin beobachten, wobei das Absinken am 1. Tag signifikant und am 10. Tag sehr signifikant ist. Der Unterschied zwischen dem 1. Tag (signifikant) und dem 10. Tag (sehr signifikant) könnte daran liegen, dass die Therapie ihre Effizienz auf die Betawellen im Laufe der zehn Tage innerhalb der Sitzung noch ausbaut. Die Tab. 16 lässt auch noch mal ein Absinken der Werte für die Betawellen am Anfang und am Ende über die 10 Tage erkennen, wobei beide Senkungen nicht signifikant sind. Anhand der Abb. 25 kann man ersehen, dass die Anfangswerte gegenüber den Endwerten bei beiden CDs höher liegen. Zusätzlich beobachtet man ein tendenzielles Absinken über die 5 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung bei beiden CDs. Einen Unterschied zwischen den CDs kann man hier nicht feststellen. Auch an der Tab. 17 ersieht man noch einmal das Absinken der Betawellen zum Ende der Sitzung hin an beiden Tagen bei beiden CDs. Dieses Absinken ist bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen an beiden Tagen signifikant und bei der CD ohne binaurikulare Schwingungen am 1. Tag nicht signifikant und am 5. Tag sehr signifikant. Der nicht signifikante Wert der CD 30 am 1. Tag könnte daran liegen, dass die Musiktherapie ohne die Schwingungen nicht so schnell und effektiv wie die Therapie mit wirkt; es könnte sich aber auch nur um einen Zufall handeln, dass diese Nichtsignifikanz (0,068) nur knapp an der Signifikanzgrenze von 0,05 scheitert. Die Tab. 18 stellt noch einmal dar, dass die Werte bei beiden CDs am Anfang und am Ende über die 5 Tage sinken, wobei dies jeweils nicht signifikant ist. Der Vergleich der CDs fällt bei allen

betrachteten Werten nicht signifikant aus (siehe Tab. 19, 20 und 21).

Insgesamt kann man sagen, dass die Musiktherapie einen signifikanten Einfluss innerhalb der Einzelsitzungen und einen tendenziellen über die 10 Tage der Therapie im Sinne einer Senkung der Werte für die Betawellen erkennen lässt. Dieses entspricht den hypothetisierten Ergebnissen bezüglich der Wirkung der binaurikularen Schwingungen. Die Theorie für die Wirkung der binaurikularen Schwingungen besagt, dass ein Alphazustand hervorgerufen werden soll, bei dem die Alpha- und Thetawellenaktivität steigen und die Betawellen sinken (LANE, J.D./KASSIAN, S.J. 1997). Dass die Ergebnisse innerhalb der Einzelsitzungen effektiver ausfielen als im Gesamtverlauf, zeigte sich schon bei den Alphawellen. Dieses unterstützt die These, dass die Musiktherapie gerade im Kurzzeiteffekt effektiv ist und sich eine Wirkung über einen längeren Zeitraum einstellt, der aber nicht so ausgeprägt ist, dass er statistisch signifikant ausfällt. Dieses zeigt jedoch, dass die Aktivität und die Vigilanz der Patienten gerade innerhalb der Einzelsitzungen, aber auch über die 10 Tage abnehmen. Somit wird eine Entspannung induziert. Ein Unterschied der CDs zueinander zeigt sich nicht. Dieses könnte daran liegen, dass sich die Wirkung der binaurikularen Schwingungen erst über die eine gewisse Zeit aufbauen muss (ATWATER, F.H. 1997, SABICK-QUINN, C. 1995) und diese hier zu kurz war. Weiterhin muss man aber bedenken, dass man bei allen Ergebnissen im Bezug auf die Signifikanzberechnung vorsichtig sein muss, da es sich nur um 21 Patienten handelt und auch die Werte für den Vergleich der beiden Therapieformen am 5. Tag kritisch betrachten muss, da ab dem 2. Tag aufgrund der Versuchsanordnung eine Konfundierung entsteht.

### **9.2.3.3 Thetawellen**

Wenn Thetawellen im EEG gemessen werden, so entspricht das tiefster Entspannung, gar Schlaf. Auch im hypnoiden Zuständen oder tiefer Meditation können sie beobachtet werden. Unsere Hypothese war, dass es eventuell bei einigen Patienten sogar zu so tiefer Entspannung kommt, dass eine Steigerung der Thetawellen zu beobachten ist.

Für die Thetawellen fallen der Kurzzeiteffekt, der 10-Tages-Effekt und der Effekt der binaurikularen Schwingungen zum größten Teil nicht signifikant aus. Der einzige signifikante Effekt zeigt sich nur im Vergleich der CDs im Bezug auf die Einzelwerte am Ende der Sitzung am Tag 1. An der Abb.23 kann man feststellen, dass die Endwerte über den Werten am Anfang liegen, was für einen Anstieg der Thetawellen innerhalb der Einzelsitzungen spricht. Die Anfangswerte zeigen über die 10 Tage einen tendenziellen

Anstieg, die Werte am Ende der Sitzung bleiben über die 10 Tage tendenziell konstant, wobei schwankende Verläufe zu beobachten sind. Die Tab. 15 lässt erkennen, dass ein Anstieg innerhalb der Einzelsitzungen sowohl am 1. als auch 10. Tag stattfindet, der aber nicht signifikant ist. Anhand der Tab.16 kann man ersehen, dass die Anfangswerte vom 1. zum 10. Tag hin ansteigen und die Endwerte gleich bleiben; beide Beobachtungen sind nicht signifikant. Dieses entspricht den erwarteten Ergebnissen, zwar nicht signifikant, aber tendenziell. Es zeigt sich somit bei den Thetawellen, dass die Patienten gerade innerhalb der Einzelsitzungen in eine sehr tiefe Entspannung eintreten, sich aber auch insgesamt über die 10 Tage verstärkt entspannen und ruhiger werden. An der Abb. 26 kann man feststellen, dass alle Werte am Ende der Sitzung über den Anfangswerten bei beiden CDs liegen, mit Ausnahme der CD ohne die binaurikulare Schwingungen Werte am 3. Tag. Eine mögliche Erklärung für diese Ausnahme wäre, dass auch hier ein möglicher Einfluss –wie oben bei den Alphawellen schon vermutet- der Motivation vorhanden ist, die an diesem Tag möglicherweise weniger ausgeprägt war. Diese Theorie wird von einem Anstieg der KAB-Werte bei der CD 30 am 3. Tag unterstützt. Anhand der Tab. 17 kann man für beide CDs festmachen, dass die Werte zum Ende der Sitzung hin ansteigen, wobei der Anstieg jeweils nicht signifikant ist, außer am 5. Tag bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen. An der Tab. 18 kann man auch noch einmal den Anstieg über die 5 Tage am Anfang und am Ende der Sitzung bei beiden CDs beobachten, wobei dieser Anstieg jeweils nicht signifikant ist. Der Vergleich der CDs zueinander fällt meist nicht signifikant aus, außer dem Vergleich der Einzelwerte am es zu dem Anfang am 5. Tag (siehe Tab. 19, 20 und 21). Eine mögliche Vermutung hierfür wäre –wie oben schon angedeutet-, dass die binaurikularen Schwingungen nur innerhalb der Einzelsitzungen ihre signifikante Wirkung haben, und dass in dem Fall der Thetawellen noch eine gewisse Zeit benötigt würde, um eine signifikante Reaktion hervorzurufen.

Ein Unterschied zwischen der CD mit und der ohne binaurikulare Schwingungen zeigt sich nur innerhalb der Sitzung bei dem Vergleich der Einzelwerte am Ende der Sitzung am Tag 1 für die binaurikularen Schwingungen. Diese könnte darauf hindeuten, dass die Therapie mit den binaurikularen Schwingungen sehr schnell (schon am 1. Tag) einen signifikanten Unterschied zu der Therapie ohne die Schwingungen einstellt, es könnte aber auch nur ein zufälliges Ergebnis sein, da es sich nur um 21 Patienten handelt. Bei der Betrachtung der Vergleiche der Therapien zu einander, darf man nicht vergessen, dass ab dem 2. Tag eine Konfundierung dieser entsteht und somit die Werte für den 5. Tag vorsichtig zu sehen sind.

Insgesamt kann man sagen, dass die Musiktherapie einen Einfluss auf die Thetawellen im Gehirn im Sinne eines tendenziellen Anstiegs innerhalb der Sitzung und über die 10 Tage hat. Dieses Ergebnis entspricht der Hypothese und wurde schon in vorherigen Studien mit den binaurikularen Schwingungen beobachtet. Die Patienten erreichen somit einen Zustand tiefster Entspannung durch die Musiktherapie (ATWATER, F.H. 1997, RUBIK, B. 1997, SABICK-QUINN, C. 1995).

#### **9.2.4 Zur subjektiven Befindlichkeit der Probanden**

Anhand der subjektiven Befindlichkeitsfragebögen (KAB) sollte herausgefunden werden, in wie weit die Musiktherapie einen Einfluss auf die Befindlichkeit und Motivation des Patienten nimmt. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich das Befinden der Patienten innerhalb der 10 Tage und besonders durch die binaurikularen Schwingungen verbessert. Hierfür ergaben sich aber keine signifikanten Werte, sondern nur eine tendenzielle Senkung über die 10 Tage und ein Unterschied zwischen den CDs bei den Einzelwerten am 5. Tag und bei den Deltawerten Tag 5 zu Tag 1.

Die Abb. 27 zeigt einen sehr schwankenden Kurvenverlauf mit einem tendenziellen Abfall über die 10 Tage. Dies ist auch an der Tab. 22 zu beobachten. Hier sieht man ein Absinken der Werte vom 1. zum 10. Tag, welches aber nicht signifikant ist, was bedeutet, dass sich die Befindlichkeit der Patienten im Verlauf der 10 Tage tendenziell verbessert. Dieses entspricht dem erwarteten Effekt der Musiktherapie auf die Befindlichkeit und Motivation des Patienten. Abb. 28 vergleicht die Werte für die beiden Therapieformen. Die KAB-Werte sinken tendenziell bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen und steigen tendenziell bei der CD ohne diese Schwingungen über die 5 Tage. Bei Beiden gibt es jeweils an einem Tag einen starken Anstieg, der bei der CD mit den Schwingungen am 4. Tag und bei der CD ohne am 3. Tag auftritt. Warum diese Anstiege bei den CDs gerade an diesen Tagen auftreten, ist schwer zu erklären, aber sie bedeuten, dass sich die Befindlichkeit der Patienten an diesen Tagen verschlechtert hat, und somit eventuell die oben schon erwähnte Motivation. Die Tab. 23 zeigt auch noch einmal den Abfall der Werte bei der CD mit den binaurikularen Schwingungen vom 1. auf den 5. Tag und die Steigerung der Werte bei der CD ohne die binaurikularen Schwingungen, wobei beides nicht signifikant ist. Hieraus könnte man auf einen Unterschied zwischen den beiden CDs schließen, da die CD mit den binaurikularen Schwingungen das erwartete Verhalten im Rahmen einer Verbesserung der Befindlichkeit und Motivation des Patienten zeigt, und die

andere CD ein Entgegengesetztes. Bei dem Vergleich der CDs zueinander, ergibt sich aber, dass sie signifikant ausfallen (siehe Tab. 24 und 25), bis auf den Vergleich der Einzelwerte am Tag 1. Dieses Ergebnis könnte die Vermutung unterstützen, dass die binaurikularen Schwingungen erst eine gewisse Zeit benötigen, um einen signifikanten Unterschied zu der Therapie ohne diese Schwingungen zu erreichen. Auf der anderen Seite muss man bedenken, dass ab dem 5. Tag eine Konfundierung der Therapien entsteht. Dieses Ergebnis hier spräche aber gegen diese Konfundierung.. Es könnte auch sein, dass diese signifikanten Werte nur zufällig auftreten, weil man bei allen Ergebnissen im Bezug auf die Signifikanzberechnung vorsichtig sein muss, da es sich nur um 21 Patienten handelt. Welche Vermutung zutrifft, wäre nur im Rahmen einer erneuten Studie mit mehr Teilnehmern zu eruieren.

Insgesamt kann man sagen, dass die Musiktherapie einen Einfluss auf das subjektive Befinden der Patienten im Rahmen einer tendenziellen Verbesserung innerhalb der Einzelsitzungen und über die 10 Tage hat. Dieses ist auch die erwartete Wirkung der Musiktherapie. Auch die Patienten berichteten, dass sie sich nach der Musiktherapie wesentlich besser und erleichtert empfanden. Bei einigen Patienten wurde eine so starke Entspannung induziert, dass sie nur schwer erweckbar waren. Nach verschiedenen Autoren (HASSED, C. 2000, KRÖNER-HERWIG/SACHSE 1988) werden durch diese Therapie Konzentration, Spontaneität und Kreativität gefördert und Ängste, Anspannung, Stress etc. verringert. Unsere Patienten berichteten auch außerhalb der Fragebogen, dass sich ihr Stressempfinden und ihre Anspannung verringert haben. Dieses entspricht den Beobachtungen mit den anderen Entspannungsmethoden wobei die Stresshormone wie Adrenalin und Cortisol herunterreguliert werden (HASSED, C. 2000, KALUZA, G., STREMPPEL, I. 1994).

### **9.2.5 Langzeitergebnisse**

Kontrolluntersuchungen für diese Studie fanden maximal 3 Monate vor Beginn der Studie und 3 Monate danach statt. Dazu gehörte der übliche Glaukom-Check-Up und das Abfragen der Befindlichkeit. Im Hinblick auf die Langzeitwerte muss die Compliance der Patienten berücksichtigt werden. Die Patienten wurden nach den 10 Tagen gebeten, die mitgegebene CD (ohne binaurikulare Schwingungen) bis zur Nachuntersuchung 2-3 mal pro Woche zu hören und diese Zusatztherapie in Eigenverantwortung zu handhaben. Da

bei 4 Patienten die Therapie 1 Woche vor Beginn der Sitzungen abgesetzt wurde, aber deren Vorherwerte noch unter Therapie gemessen wurden, bedeutet dieses, dass es wesentlich schwerer ist, signifikante Werte zu erreichen, da die Nachherwerte ohne Therapie gemessen wurden.

IOD:

Die Langzeitbeobachtung ergibt eine weiterhin signifikante Senkung des IOD durch die Musiktherapie (Abb. 29, Tab. 26). Daran kann man erkennen, dass die Musiktherapie auch als Langzeittherapie einsetzbar ist, da der IOD auch über Monate hinweg die erwartete Drucksenkung zeigt. Da der IOD der wichtigste Parameter in der Glaukomtherapie ist und sich sehr signifikante bzw. signifikante Werte ergeben, spricht dieses für den durchschlagenden Erfolg der Musiktherapie und der Wirkung auf den IOD. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch schon bei den vorherigen Studien mit dem Autogenem Training und der Hypnose (STREMPEL, I 2002). Somit ist diese Therapie auf jeden Fall bei den Offenwinkelglaukom-Patienten als Zusatztherapie empfehlenswert; hierzu siehe auch das Kapitel „Einfluss der Musiktherapie auf die medikamentöse Glaukomtherapie der Patienten in der Langzeitbetrachtung“.

Visus:

Insgesamt sieht man einen signifikanten Einfluss der Musiktherapie auf den Visus im Rahmen eines Anstieges in der Langzeitbetrachtung. Wenn der IOD sinkt, die Drucksituation sich verbessert, können die Sehnervenfasern, die sich im Erhaltungstoffwechsel befinden, wieder aktiviert werden. Dieses erklärt den verbesserten Visus und das Gesichtsfeld. Diese Visus- und Gesichtsfeldverbesserung ist besonders wichtig für die Patienten, zeigt es doch, dass das Fortschreiten der Erkrankung aufgehalten werden kann und die Therapie erfolgreich ist. Dieses wiederum wirkt sich auf die Motivation und Befindlichkeit des Patienten aus und verbessert die Compliance. Die Erblindungsgefahr wird gemindert, was psychodynamisch positive Effekte auf die Krankheitsbewältigung hat.

Gesichtsfeld:

Anhand der Abb. 31 kann man feststellen, dass sich eine leichte Verbesserung der Gesichtsfelder im Vergleich der Ergebnisse vor und nach Beendigung der Studie ergibt, wobei am linken Auge diese Verbesserung noch etwas ausgeprägter ist. Auch an der Tab. 28 kann man diese Verbesserung beobachten wenngleich diese rechts und links nicht signifikant ist. Hierbei muss man allerdings bedenken, dass man keine dramatischen

Veränderungen erwarten kann, da der durch Glaukom geschädigte Sehnerv nur in äußerst geringem Umfang erholen kann. Zu bedenken ist auch, dass es sich um einen subjektiven Test handelt, der entsprechenden Schwankungen unterliegen kann (z.B. psychische Verfassung, Lerneffekte, etc.).

Insgesamt bedeuten diese Ergebnisse, dass die Musiktherapie in der Langzeitbetrachtung einen tendenziell positiven Einfluss auf das Gesichtsfeld im Sinne einer Verbesserung hat.

IOD im Wasserbelastungstest:

Insgesamt kann man für den Wasserbelastungstest erkennen, dass auch hier die Musiktherapie einen Einfluss im Rahmen einer tendenziellen Senkung der Augeninnendruckwerte in der Langzeitbetrachtung zeigt. Auch dieses Ergebnis ist für den Patienten und seine Erkrankung besonders gut und wünschenswert, da sich hier zeigt, dass Belastungen und Stresssituationen mit der Therapie abgefangen werden können. Gerade die Belastungen und die dadurch entstehenden Druckspitzen sind für das Gesichtsfeld und die Nervenfasern des Patienten gefährlich und führen zu den bekannten typischen glaukomatösen Schäden. Dank der Musiktherapie sind die Druckspitzen, die artifiziell durch den Wasserbelastungstest erzeugt werden und direkt korrelieren mit den Augeninnendruckwerten in den frühen Morgenstunden bzw. unter Stress, deutlich reduziert. Damit ist ein wesentlicher Schutz der Patienten durch die Musiktherapie belegt.

Subjektive Befindlichkeit (POMS) der Patienten nach 3 Monaten:

Die subjektive Befindlichkeit wurde mit Hilfe der POMS – Fragebögen getestet, um festzustellen, ob sich die Stimmung und Motivation der Patienten innerhalb von 3 Monaten während der Anwendung der Musiktherapie verbessert. Es ergibt sich bei dieser Studie, dass die Werte für die Niedergeschlagenheit, die Müdigkeit und den Missmut signifikant gesenkt werden und der Wert für den Tatendrang nicht verändert war. Die Abb. 33 zeigt ein Absinken der psychisch negativen Parameter im Vergleich von Vor- und Nachuntersuchung. Dieses sieht man sehr gut anhand der Tab. 30. Ein Absinken der Werte bedeutet, dass sich das subjektive Befinden des Patienten verbesserte. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Befindlichkeit des Patienten durch die Musiktherapie positiv beeinflusst wird. Dieser Zusammenhang zwischen Befindlichkeit und IOD sowie Glaukom bei den Patienten wurde auch schon früher beschrieben (ERB, C./BRODY, S. 1998). Frühere Studien bezüglich der psychischen Situation der Patienten zeigten, dass die Patienten emotional instabil waren, weniger Stress ertragen konnten und oft zu Ängsten und Depressionen neigten (ERB, C./BATRA, A. 1999). Auch unsere Patienten zeigten ein ähnliches Verhaltensmuster. Wenn zum Beispiel die Patienten von einem stressigen Tag,

einer anstrengenden Anreise oder emotionaler Belastung berichteten, waren die Werte in den Fragebögen und auch die Druckwerte schlechter. Diese Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der Fragebögen wird auch durch die oben genannten Gütekriterien bestätigt (siehe Kap. 7.4.1 und 7.4.2). Da sich die subjektive Befindlichkeit auch über die 3 Monate verbesserte, zeigt dieses sehr gut den Langzeiterfolg der Musiktherapie. Da die Glaukompatienten zu Depressionen und Ängsten neigen (ERB, C./BATRA, A. 1999), ist es wichtig, dass sich gerade die Werte für Niedergeschlagenheit, Missmut und Müdigkeit verbesserten, da dieses die bekannten Merkmale einer Depression sind. Gerade diese drei Faktoren lassen sich besonders schnell und positiv durch Musiktherapie verändern. Die Ergebnisse und Berichte der Patienten ergaben auch, dass die Patienten nach der Musiktherapie und den 3 Monaten nicht mehr so stressanfällig waren und den Alltag besser meistern konnten. Dieses bedeutet auch, dass sich die Lebensqualität der Patienten verbesserte, wie dieses auch schon andere Studien (STREMPEL, I 1994; ERB, C., et al. 1998) belegten. Eine Verbesserung der Lebensqualität ist und sollte ein wichtiges Anliegen auch in der Behandlung von Patienten mit grünem Star sein.

Insgesamt kann man einen signifikanten oder zumindest tendenziellen Einfluss der Musiktherapie auf die subjektive Befindlichkeit im Sinne einer Verbesserung feststellen, besonders bezüglich der Stimmung und Niedergeschlagenheit der Patienten.

### **9.2.6 Einfluss der Musiktherapie auf die medikamentöse Glaukomtherapie der Patienten in der Langzeitbeobachtung**

24% der Patienten konnten ohne weitere medikamentöse Therapie in unserer Beobachtung bleiben. Bei 37% der Patienten konnte bemerkenswerterweise die Therapie abgesetzt oder reduziert werden. Nur bei 10% besonders schwer behandelbarer Glaukome musste die lokale Therapie trotz adjuvanter Musiktherapie erhöht werden. Diese Informationen kann man an der Abb. 34 ablesen.

Dieses beweist, dass die Musiktherapie als adjuvante Glaukomtherapie einen hervorragenden Stellenwert einnimmt, weil bei 8 Patienten (37%) die vorherige Therapie abgesetzt werden und durch die Musiktherapie ersetzt werden konnte. Auch bei 11 (53%) weiteren Patienten hatte die Musiktherapie einen stabilisierenden Einfluss und wirkte positiv als Zusatztherapie.

Insgesamt zeigt die Musiktherapie einen positiven Einfluss auf die Patienten und ihre lokale Glaukomtherapie. Bei vielen Patienten reicht sie als einzige Therapie aus. Bei anderen ist sie als Zusatztherapie effektiv. Da die Musiktherapie auch als alleinige Therapie bei bestimmten Patienten eingesetzt werden kann (zumeist bei Patienten mit okulärer Hypertension), bedeutet das, dass sich neue Therapieoptionen ergeben. Insgesamt kann bei den meisten Patienten die Drucksituation mit der Musiktherapie verbessert oder stabilisiert werden. Das bedeutet eine Reduzierung der oft nicht unerheblichen Nebenwirkungen der angewandten Lokaltherapeutika sowie eine Kostendämpfung im Gesundheitssystem. Die Patienten werden dennoch weiterhin streng kontrolliert, um zu verifizieren, dass die Therapie weiter wirkt.

### **9.3 Interpretation der Ergebnisse im Vergleich zur Literatur**

Bezüglich IOD und dessen Regulation:

Die Regulation des Augeninnendrucks ist ein sehr komplexes und multifaktorielles Geschehen. Produktion und Abfluss des Kammerwassers unterliegen komplizierten zentralnervösen, vegetativen und humoralen Mechanismen. Diese Studie zeigt, dass es möglich ist, durch Harmonisierung von Körper-Seele und Geist positiven Einfluss auf diese Regulation zu nehmen. Die signifikante Augendrucksenkung nach der Sitzung, im Verlauf der 10 Tage und im Langzeitergebnis ist für die Patienten von Bedeutung. Wird der Augeninnendruck nur um 1 mmHg gesenkt, bedeutet dies eine Senkung des Progressionsrisikos um 10% (LESKE, M.C. 2003). Da die Augeninnendrucke der meisten Patienten weit mehr sanken, wird hieraus die Bedeutung dieser Studie ersichtlich. Diese Augendrucksenkung könnte auf verschiedene Weise zustande kommen, z.B. durch Reduktion der Kammerwasserproduktion sowie einer Verbesserung des Abflusses des Kammerwassers. Durch Musiktherapie werden eine psycho-physische Entspannung sowie ein schlafähnlicher Zustand herbeigeführt. Man hat festgestellt, dass im Schlaf die Produktion des Kammerwassers absinkt. Im Schlaf wird die Na-K-ATPase, die Adenylzyklase oder die Carboanhydrase gehemmt (LANG 1998). Dies könnte auch der Fall während der CD-Induzierten Entspannung sein. Im Hinblick auf die Verbesserung des Abflusses gibt es drei Möglichkeiten: der Abfluss über das Trabekelwerk, welcher ca. 85% des Gesamtabflusses ausmacht, der Abfluss über das uveosklerale System und der Abfluss über die Retina. Die Regulation des Trabekelwerkes geschieht über den Ziliarmuskel und über die kontraktiven Eigenschaften der Trabekelwerkzellen. Die Trabekelwerkzellen werden über Myosin und die Myosin-Light-Chain-Kinase reguliert; der Ziliarmuskel wird

durch verschiedene Transmitter und das Nervensystem beeinflusst (LANG 1998). An dem Trabekelwerk und dem Ziliarkörper enden adrenerge und cholinerge Nervenfasern (ERB, C./BRODY, S. 1998). Für die Wirkung der Musiktherapie und Entspannung könnte man vermuten, dass diese zum einen das Nervensystem und die Transmitter des Ziliarkörpers (VIP, Neuropeptid Y, Substanz P, endogene Opiate) so beeinflusst, dass dessen Kontraktilität zunimmt und der Abfluss dadurch gesteigert wird (HEINZ, C., et al. 2003, HEINZ, C., et al. 2002).

Bezüglich Durchblutung und deren Effekt:

Die Visualisierungsübungen, die gezielt auf bessere Durchblutung hin angelegt sind führen tatsächlich zu einer Temperaturerhöhung des Auges (DIPPEL 2004), was besserer Durchblutung entspricht. Durch Verringerung des Innendrucks in den Venen (LÜTJEN-DRECOLL, E., et al. 2001) wird der uveosklerale Abfluss gesteigert, ein Mechanismus der auch bei der Musiktherapie eine Rolle spielen könnte. Dieser Abfluss unterliegt zusätzlich der vegetativen Innervation, wobei eine Steigerung des Parasympathikus bzw. Senkung des Sympathikus diesen verbessert (ERB, C., et al. 1998). Die verbesserte Durchblutungssituation der Aderhaut fördert eventuell auch den Abfluss über die Retina der durch den kolloidosmotischen Sog und aktive Transportmechanismen bewerkstelligt wird. Bei diesen Mechanismen spielt die Carboanhydrase eine wichtige Rolle im Bereich der lokalen Autoregulation (EICHHORN, M. 1999). Für die Wirkung der Entspannung und Musiktherapie könnte man im Hinblick auf die Ergebnisse vermuten, dass die Carboanhydrase-Aktivität gesteigert und somit auch eine Vasodilatation durch erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration hervorgerufen wird. Diese Vermutung wird durch die gemessene Temperaturerhöhung im Auge bestätigt (DIPPEL 2004).

Die choroidalen Blutgefäße, besonders der Circulus arteriosus iridis, sind von dem vegetativen Nervensystem, also Sympathikus und Parasympathikus, innerviert (NAGEL, E., et al. 2002). Der Einfluss der Entspannung durch die Musiktherapie liegt zum einen an einer Senkung des Sympathikotonus und zum anderen an einer Steigerung des Parasympathikotonus (VAITL, D. 2000), was eine Vasodilatation zur Folge hat. Es könnte auch sein, dass die Entspannung die vasodilatatorischen Gefäßtransmitter erhöht, wie z.B. CO<sub>2</sub>, Prostazyklin und NO, was für die Netzhautgefäße von Bedeutung ist. Die vasokonstriktorisches Hormone wie Endothelin, Thromboxan A<sub>2</sub> und Prostaglandine werden eventuell verringert, was in zukünftigen musikmedizinischen Untersuchungen zu belegen sein wird (Studie in Auswertung). Die autoregulierte Zentralarterie könnte eventuell beeinflusst werden, indem die Entspannung auf die kontraktilen Zellen (Perizyten, amakrine Zellen, Endothelzellen) einwirkt bzw. lokale vasoaktive Metabolite

(Eikosanoide, vasoaktive Amine und Peptide, NO) freisetzt. Bekannt ist, dass ein metabolischer Stress durch eine Vasodilatation abgefangen werden kann (FUNK, R.H.W. 2000). Die Wirkung der Entspannung entspricht der Wirkung von Sympathikolytika, d.h. Entspannungsmethoden sind quasi Sympatholytika, wodurch der Körper mehr unter dem Einfluss des Vagus gerät.

Innerhalb der Hydrodynamik des ganzen Körpers und auch des Auges spielen Melatonin und Serotonin eine wichtige Rolle (KRIEGLSTEIN, G.K. 1995). Möglicherweise übt die Entspannung einen Einfluss auf diese Substanzen aus, wobei eine Erhöhung im Blut mit verbessertem Abfluss der Flüssigkeit einherginge. Serotonin ist außerdem bei Depressionen von Bedeutung, erniedrigte Serotoninspiegel werden bei vielen depressiven Menschen gefunden. Bei Glaukompatienten wurden auch vermehrte depressive Verstimmungen beobachtet. Da sich die subjektive Befindlichkeit durch die Musiktherapie verbessert und mit einer Reduzierung der depressiven Verstimmungen einhergeht, könnte dieses an einem Anstieg der Serotonin-Konzentration im Körper liegen, was ebenfalls durch zukünftige Studien zu prüfen sein wird. Dieses könnte eine mögliche Erklärung für die Drucksenkung sein. Vielleicht ist der erniedrigte Serotoninspiegel ein gemeinsamer eventuell sogar kausaler Faktor von Glaukom, Hydrodynamik und Depression sein, was aber noch nicht bewiesen wurde und Anlass für weitere Untersuchungen bietet.

Bezüglich Visus und Gesichtsfeld:

Die oben erwähnte Durchblutungsverbesserung spielt nicht nur bei der Reduzierung des Augendruckes, der Abflussverbesserung und der Hämodynamik des Auges eine wichtige Rolle, sondern zusätzlich für die davon abhängigen visuellen Funktionen wie Visus und Gesichtsfeld. Die bei dieser Studie beobachtete signifikante Visus- und tendenzielle Gesichtsfeldverbesserung könnte unter anderem an der Steigerung der Durchblutung der Aderhaut liegen. In anderen Studien wurde auch schon eine Visusverbesserung beobachtet (COSTA, V.P., et al. 2003, BOEHM, A.G., et al. 2002). Der Blutfluss in der Choroidea ist sehr wichtig für den Schutz der Photorezeptoren (GAMLIN, P.D.R. 2000). Durch eine Verbesserung der metabolischen Versorgung der Netzhaut im Rahmen der Musiktherapie wird eventuell die Glutamatfreisetzung verringert, wobei Glutamat neurotoxisch wirkt und für die Gesichtsfeldverluste mitverantwortlich ist (TAYLOR, S., et al. 2003, MARCIC, T.S., et al. 2003, KAUSHIK, S., et al. 2003). Die beobachtete leichte Gesichtsfeldverbesserung könnte auch darauf zurückzuführen sein. Die Wiederbelebung von abgestorbenen Neuronen ist nicht mehr möglich, aber eine gewisse Reversibilität der Ausbuchtung der Lamina cribosa sowie eine Veränderung in der extra- und intrazellulären Flüssigkeitsvolumina führt zu einem Aufheben der Kompression der Papille und Neurone.

In einem gewissen Maß ist somit grundsätzlich eine Verbesserung des Gesichtsfeldes möglich (KRIEGLSTEIN, G.K. 1995), wenn die schädigenden Mechanismen wegfallen. Dies könnte durch eine Vasodilatation der Gefäße im Rahmen der Entspannung durch die Musiktherapie verursacht sein, wobei dies bei dieser Studie nicht bewiesen wurde und im Rahmen einer weiteren Untersuchung mit einem Retina Flowmeter erfolgen müsste. Die Durchblutung des Auges verbessert sich tatsächlich, wie eine Folgestudie unserer Arbeitsgruppe beweisen konnte (DIPPEL 2004).

Dies bedeutet genauer: der Abflusswiderstand in den episkleralen Venen wird gesenkt (durch Parasympathikusaktivität), die Kontraktion des Ziliarkörpers (nerval oder durch Transmitter bedingt) gesteigert, was Abflusserleichterung bedeutet, Sympathikussenkung und Parasympathikuserhöhung bedeutet verbesserte Durchblutung, Drucksenkung und Durchblutungsverbesserung wirken neuroprotektiv (siehe unten), steigern von Überlebensfaktoren (z.B. bFGF), senken die Kammerwasserproduktion (ähnlich Sympatholytika), erhöhen den uveoskleralen Abfluss durch Vasodilatation (durch Neurotransmitter oder Sympathikotonussenkung), Blutflusssteigerung durch Vasodilatation (s.o.), erhöhen die Perfusion der Choroidea (ähnlich Carboanhydrasehemmern), positive Beeinflussung des Metabolismus und der Sauerstoffversorgung (ähnlich Carboanhydrasehemmern). Eine gewisse Verschiebung innerhalb des Flüssigkeitsvolumens könnte auch durch die Entspannung erreicht werden, indem die Gefäße erweitert werden und somit die intrazelluläre und extrazelluläre Flüssigkeit abtransportiert wird. Dadurch wird die gesamte Flüssigkeitssituation und Belastung des Auges verbessert. Auch eine eventuelle Erhöhung von neuroprotektiven Neutrophinen sowie Wachstumsfaktoren ist zu vermuten.

Bezüglich der zentralen Wirkung auf das Gehirn und die subjektive Befindlichkeit:

In dem komplexen Regelwerk des Augendruckes und der Reaktion des Körpers auf die Entspannung spielt das Dienzephalon eine wichtige Rolle, da hier visuelle und akustische Wege mit emotionalen Prozessen zusammentreffen und beide humoralen Einflüssen unterliegen. Die Stressforschung zeigt, dass emotionale Prozesse humorale Reaktionen hervorrufen und umgekehrt (ERB, C., et al. 1998). Hier setzen Entspannung und Musiktherapie an. Bei Glaukompatienten wurde eine vermehrte emotionale Instabilität wie Nervosität, Angst und Depression beobachtet, was für die Verbindung Glaukom und Emotionen auf der Ebene des Dienzephalons spricht. Zudem werden das autonome Nervensystem und die Freisetzung von Transmittern auch von der Psyche beeinflusst (ERB, C. /BATRA, S. 1999). Es zeigte sich, dass ein instabiler emotionaler Zustand

scheinbar auch die Augendruck-Kontrolle stört. Das Ziel der Musiktherapie ist es also, auf diese Störfaktoren Einfluss zu nehmen, z.B. das Dienzephalon und das limbische System positiv zu stimulieren und dadurch die Lebensqualität für den Patienten zu verbessern.

Dies ist durch Entspannungsmethoden erreichbar (ERB, C., et al. 1998, KALUZA, G./STREMPEL, I. 1994, STREMPEL, I. 2002), wie diese Studie durch die Verbesserung des IOD und der subjektiven Befindlichkeit beweist. Die Verbesserung der subjektiven Befindlichkeit wird auch noch durch Äußerungen der Patienten unterstützt. Viele Patienten äußerten sich über die Therapie in dem Sinne, dass diese sehr angenehm sei, die CD-Stimme und Musik sehr entspannend seien, die Musiktherapie ein Mittel zwischen Hypnose und Autogenem Training sei, dies wesentlich besser sei als Autogenes Training aufgrund von nicht direktem Selbstagieren und dem Gefühl, in einer anderen Welt während der Sitzung zu sein. Kritisch wurde angemerkt, dass es am Anfang trotz Einführung viel Neues gäbe und teilweise zu wenig Zeit wäre, die Übungen und Anweisungen umzusetzen. Dies ist für folgende Studien wichtig. Um mit Musik zu heilen, muss oft erst einmal eine zentrale Bahnung geschaffen werden, was auch bei dieser Studie bei der Therapie mit den binaurikularen Schwingungen beobachtet wird. Die Musik und die Entspannung könnten Einfluss auf die folgenden zentrale Systeme haben: Mittelhirn, Medulla oblongata, retikuläres System, limbisches System, Hypothalamus und Hypophyse. Diese Systeme beeinflussen ihrerseits den Sympathikotonus sowie die Menge von Adrenalin und Noradrenalin, was sich auch an der Gefäßreaktion und dem elektrischen Hautleitwiderstand erkennen lässt (KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988).

Die Musiktherapie geht davon aus, dass durch die Musik und die binaurikularen Schwingungen eine Synchronisation der Gehirnwellen erreicht werden kann (ZEIER, H. 1997). Eine solche ist jedoch in dieser Studie nicht deutlich erkennbar, und es wird darauf noch in folgenden Studien eingegangen. Wissenschaftliche Forschungen haben gezeigt, dass durch binaurikulare Schwingungen Enkephaline freigesetzt werden, welche im Zusammenhang mit einer Erhöhung von Alphawellen- und Thetawellenaktivität stehen könnte (MALISZEWSKI, B.F. 1991). Unsere Studie scheint das zu bestätigen. Mit Hilfe der binaurikularen Schwingungen soll ein Alphazustand erreicht werden, welcher sich in einer Steigerung der Alpha- und Thetawellenaktivität und einer Senkung der Betawellenaktivität zeigt (LANE, J.D./KASSIAN, S.J. 1997). Dieser Alphazustand stellte sich auch bei unseren Patienten teilweise sogar signifikant und teilweise tendenziell ein. Allerdings ohne Unterschied der beiden gebotenen CDs mit bzw. ohne binaurikulare Schwingungen. Ein Unterschied zwischen den beiden CD's zeigt sich nicht bezüglich der Wirkung auf den Augendruck und der neurovegetativen Parameter, sondern nur bei den

cerebralen Veränderungen und der subjektiven Befindlichkeit. Der durch die Entspannung hervorgerufene Alphazustand kann die kognitiven Leistungen erhöhen, eine Entspannung induzieren, das Schlafbedürfnis herabsetzen und Heiterkeit erzeugen (KRÖNER - HERWIG, B. / SACHSE, R. 1988).

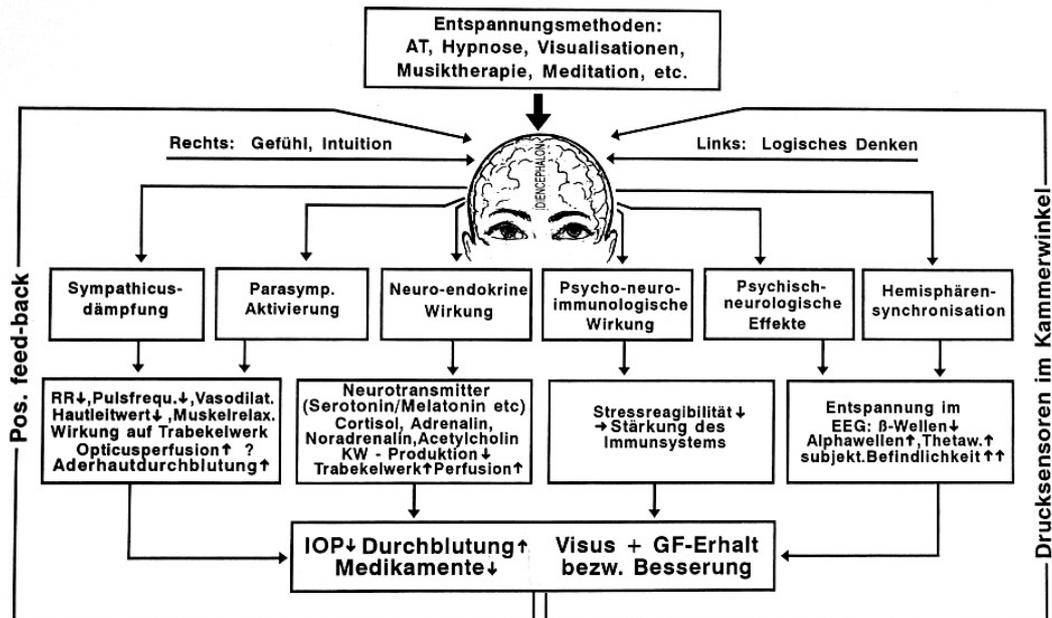
Auch bei dieser Studie kann man ein signifikantes Herabsetzen der Müdigkeit, der Niedergeschlagenheit und des Missmutes beobachten.

Bezüglich der physiologischen Parameter:

Der Einfluss der Entspannungsmethoden auf Herz, Kreislauf, Hirnwellen und limbisches System wurde schon in vorherigen Untersuchungen bewiesen (ERB, C., et al 1998, KALUZA, G./ STREMPPEL, I. 1994, STREMPPEL, I. 2002) und konnte auch in dieser Studie gesteigert werden. Bei diesen Studien (ERB, C., et al. 1998, KALUZA, G./ STREMPPEL, I. 1994, STREMPPEL, I. 2002) zeigt sich eine Senkung des Muskeltonus, der Stresshormone, der Angst etc.. Es scheint, dass der Rhythmus der Musik eventuell die Rhythmen des Körpers, wie Stoffwechsel, Herz und Kreislauf, EEG, beeinflusst. Der Einfluss der Musiktherapie auf das Neurovegetativum im Sinne einer Senkung des Sympathikotonus ist erkennbar an der Reduzierung der Herzrate, Erhöhung des Hautwiderstandes und Reduzierung des Muskeltonus.

Insgesamt zeigt die Abb. 35 die Komplexität der möglichen Wirkung der Entspannungsmethoden am Auge.

## Hypothetisches Modell der Wirkung von Entspannungsmethoden am Auge



**Abb. 35** Hypothetisches Modell der Wirkung von Entspannungsmethoden am Auge  
(nach Stempel, 2002)

Entspannung und Musiktherapie induzieren eine Sympathikusdämpfung und Parasympathikusaktivierung messbar an einer Senkung der Pulsfrequenz, des Hautleitwertes und der Muskelspannung. Eine neuroendokrine Wirkung der Entspannung und der Musiktherapie lässt sich aufgrund der Sympathikus- und Parasympathikuswirkung nachweisen. Eine Wirkung auf die Stresshormone wurde aber in dieser Studie nicht untersucht. Hypothetisch müsste sich ein Einfluss auf den Cortisol-, Adrenalin-, Noradrenalin und Acetylcholinhaushalt einstellen. Entspannung hat auch psycho-neuro-immunologische Wirkungen. Der Stress und die Stressreagibilität der Patienten werden verringert im Zusammenhang mit der Sympathikusdämpfung. Entspannung bewirkt zusätzlich, dass die subjektive Befindlichkeit und Motivation gesteigert und die Ängste und Depressionen verringert werden. In anderen Studien ergab sich dadurch eine Stärkung und Aktivierung des Immunsystems (STREMPEL, I. 2002; WARSHOLD, K.-D. 1998; KRÖNER-HERWIG, B./SACHSE, R. 1988). Psycho-neuro-immunologische Studien weisen einen Einfluss der Psyche auf die Aktivität der Killerzellen nach. Die psychisch-neurologischen Effekte werden unserer Studie werden erkennbar durch die tendenzielle Reduzierung der Betawellenaktivität sowie der Zunahme der Alphawellen- und Thetawellenaktivitäten und der subjektiven Befindlichkeit. Dieses beweist, dass die Entspannung und Musiktherapie auch auf höchster zentraler Ebene einen Einfluss haben.

Der einzige Effekt, der mit dieser Studie nicht bewiesen werden konnte, ist eine Hemisphärensynchronisation. Diese konnte aufgrund technischer Schwierigkeiten nicht nachgewiesen werden und wird derzeit mit verbesserten technischen Voraussetzungen überprüft. Insgesamt ergibt sich eine Harmonisierung von Körper, Seele und Geist.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb.		Seite
Abb. 1	Überblick über das Auge.....	7
Abb. 2	Übersicht über die Kammerwinkelregion.....	8
Abb. 3	Überblick über die Gefäßversorgung.....	9
Abb. 4	Zirkulation des Kammerwassers.....	11
Abb. 5	Schema des Schlemmschen Kanals und der verschiedenen Abflüsse.....	11
Abb. 6	KAB.....	50
Abb. 7	POMS.....	52-53
Abb. 8	Altersverteilung.....	59
Abb. 9	Erfahrung mit Entspannungsmethoden.....	60
Abb. 10	Verteilung der Familienanamnese.....	61
Abb. 11	Blutdrucksituation.....	63
Abb. 12	Druckverlauf über die 10 Tage vor und nach der Sitzung.....	64
Abb. 13	Druckverlauf über die 5 Tage vorher und nachher bei beiden CDs rechts.....	67
Abb. 14	Druckverlauf über die 5 Tage vorher und nachher bei beiden CDs links.....	67
Abb. 15	EMG-Werte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	73
Abb. 16	Hautleitwerte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	73
Abb. 17	Herzraten-Werte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	74
Abb. 18	EMG-Werte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	77
Abb. 19	Hautleitwerte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	78
Abb. 20	Herzraten-Werte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	79
Abb. 21	Alphawellen-Werte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	85
Abb. 22	Betawellen- Werte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	86
Abb. 23	Thetawellen- Werte am Anfang und am Ende über die 10 Tage.....	86
Abb. 24	Alphawellen-Werte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	89
Abb. 25	Betawellen- Werte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	90
Abb. 26	Thetawellen- Werte am Anfang und am Ende über die 5 Tage bei den CDs.....	91
Abb. 27	KAB-Werte über die 10 Tage.....	98
Abb. 28	KAB-Werte über die 5 Tage der beiden CDs.....	100
Abb. 29	Druckwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung.....	103
Abb. 30	Visuswerte bei der Vor- und Nachuntersuchung.....	104
Abb. 31	Gesichtsfeldwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung.....	106
Abb. 32	IOD-Werte im H <sub>2</sub> O-Test bei der Vor- und Nachuntersuchung.....	107

Abb. 33	POMS-Werte bei der Vor- und Nachuntersuchung.....	109
Abb. 34	Therapieänderung nach der Nachuntersuchung.....	111
Abb. 35	Hypothetisches Model der Wirkung von Entspannungsmethoden am Auge.....	145

<b>Tab.</b>		<b>Seite</b>
Tab. 1	Druckwerte vorher und nachher am 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz nachher zu vorher.....	65
Tab. 2	Druckwerte am 1. und 10. Tag vorher und nachher sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1.....	66
Tab. 3	Druckwerte vorher und nachher am 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz nachher zu vorher bei den CDs.....	68
Tab. 4	Druckwerte am 1. und 5. Tag vorher und nachher sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 bei den CDs.....	69
Tab. 5	Signifikanz der Druck-Einzelwerte CD 28 zu CD 30.....	70
Tab. 6	Deltawerte nachher zu vorher sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30.....	71
Tab. 7	Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30.....	71
Tab. 8	EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am Anfang und am Ende am 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz Ende zu Anfang.....	75
Tab. 9	EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am 1. und 10. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1.....	76
Tab. 10	EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am Anfang und am Ende am 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz Ende zu Anfang beide CDs.....	80
Tab. 11	EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Werte am 1. und 5. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs.....	81
Tab. 12	Signifikanzen der EMG-, Hautleitwert- und Herzraten-Einzelwerte CD 28 zu CD 30.....	82
Tab. 13	Deltawerte EMG-, Hautleitwert und Herzrate Ende zu Anfang sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu CD 30.....	83
Tab. 14	Deltawerte EMG-, Hautleitwert und Herzrate Tag 5 zu Tag 1 sowie die Signifikanz dieser Deltawerte der CD 28 zu CD 30.....	84
Tab. 15	Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am Anfang und Ende des 1. und 10. Tages sowie die Signifikanz Ende zu Anfang.....	87

Tab. 16	Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am 1. und 10. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1.....	88
Tab. 17	Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am Anfang und Ende des 1. und 10. Tages sowie die Signifikanz Ende zu Anfang beide CDs.....	92
Tab. 18	Alphawellen-, Betawellen- und Thetawellen-Werte am 1. und 5. Tag am Anfang und Ende sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs.....	93
Tab.19	Signifikanz der Alpha-, Beta- und Thetawellen- Einzelwerte CD 28 zu CD 30.....	94
Tab. 20	Deltawerte Ende zu Anfang der Alpha-, Beta- und Thetawellen am 1. und 5.Tag der CDs sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30..	95
Tab. 21	Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 der Alpha-, Beta- und Thetawellen am Anfang und Ende sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30.....	96
Tab.22	KAB-Werte 1. und 10. Tag sowie die Signifikanz Tag 10 zu Tag 1.....	99
Tab. 23	KAB-Werte 1. und 5. Tag sowie die Signifikanz Tag 5 zu Tag 1 beide CDs.....	100
Tab. 24	Signifikanz der KAB-Einzelwerte CD 28 zu CD 30.....	101
Tab. 25	KAB-Deltawerte Tag 5 zu Tag 1 sowie die Signifikanz dieser Deltawerte CD 28 zu CD 30.....	102
Tab. 26	Druckwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung.....	103
Tab. 27	Visuswerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung.....	105
Tab. 28	Gesichtsfeldwerte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung.....	106
Tab. 29	IOD-Werte im H <sub>2</sub> O-Test bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung.....	108
Tab. 30	POMS-Werte bei der Vor- und Nachuntersuchung sowie die Signifikanz Nach- zu Voruntersuchung.....	110

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren:

Arnold, Aumüller, Baake, Barth, Bartsch, Basler, Baum, Bertalanffy, Berthold, Beyer, Bien, Bolm, Christiansen, Czubayko, Daut, Doss, Eilers, Feuser, Geus, Goerke, Gotthardt, Gotzen, Griss, Grzeschik, Happle, Hasse, Heeg, Hellinger, Hesse, Hofmann, Joseph, Jungclas, Junge, Kern, Klenk, Klose, Koolman, Krieg, Kroll, Kuni, Lang, Lange, Lammel, Lennartz, Lippert, Löffler, Maisch, Moll, Moosdorf, Mueller, Mutters, Neubauer, Oertel, Prinz, Reichardt, Remschmidt, Richter, Röhm, Rothmund, Schäfer, Schmidt, Schnabel, Schneyer, Seitz, Siegel, Slenczka, Steininger, Stempel, Vohland, Vogelmeier, Voigt, Wagner, Weihe, Wennemuth, Werner, Westermann, Wichert v., Wolf, Zielke.

## Danksagung

Hiermit möchte ich **Frau Prof. Dr. med. I. Stempel** meinen besonderen Dank für die Idee zu dieser Arbeit, die Produktion der CD, die Auswahl und Vorbereitung der Patienten sowie deren Weiterbetreuung, der Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit und die besonders große und freundliche Unterstützung zu jeder Zeit aussprechen. Vielen Dank für Alles.

**Herrn Prof. Dr. med. P. Kroll** möchte ich danken, dass ich an seiner Klinik arbeiten durfte, Einsicht in alle nötigen Unterlagen bekam und alle notwendigen Untersuchungsgeräte ohne Schwierigkeiten benutzen durfte, sowie in das gesamte Klinikteam herzlich aufgenommen und von diesem unterstützt worden bin.

**Herrn Prof. Dr. phil. Dr. med. habil. H.-D. Basler** und seinem Team danke ich für die Bereitstellung und Beratung bezüglich der psychologischen Fragebögen; **Herrn Dr. Prinz** für die Beratung bezüglich der statistischen Auswertung.

Natürlich möchte ich **allen teilnehmenden Patienten** für ihre Geduld und ihren Einsatz bei dieser Studie danken.

Besonderer Dank gilt auch meinen Eltern, **Waltraud (†) und Paul Eschstruth**, die mir das Medizinstudium ermöglichten und mich jederzeit unterstützten.

Auch bei **Frau Sylvia Rudolph** möchte ich mich besonders bedanken, die mir in der gesamten Zeit des Medizinstudiums und der Entstehung dieser Arbeit zur Seite stand.

Zuletzt bedanke ich mich noch bei meiner Verlobten **Frau Carmen Schmitt**, die mich in der letzten Phase dieser Arbeit unterstützte und motivierte.

