

Aus der Augenklinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. Dr. h.c. (unf.lassy) Franz Grehn

***Langzeitverlauf des Gesichtsfeldes bei verschiedenen
Glaukomformen an der Klinik und Poliklinik für Augenranke
der
Universität Würzburg der Jahre 1985 – 2006***

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Victoria Bardenheuer
aus Düsseldorf

Würzburg, August 2008

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Klink, Augenheilkunde

Koreferent: Prof. Dr. med. Dr. h.c. (unf.lassy) Franz Grehn, Augenheilkunde

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 2008

Die Promovendin ist Zahnärztin.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Allgemeines und Zielsetzung der Arbeit	1
2	Allgemeiner Teil.....	3
2.1	Grundlagen Glaukomerkrankung	3
2.1.1	Definition Glaukom.....	3
2.1.2	Risikofaktoren	3
2.1.2.1	Augeninnendruck	3
2.1.2.2	Weitere Risikofaktoren	5
2.2	Grundlagen Perimetrie und Gesichtsfeld bei Glaukomerkrankung.....	7
2.2.1	Definition Gesichtsfeld / Perimetrie	7
2.2.2	Topographie der Gesichtsfeldausfälle beim Glaukom	7
2.2.3	Erfassung des glaukomatösen Gesichtsfeldschadens	9
2.2.3.1	Rasterdichte und untersuchter Bereich.....	9
2.2.3.2	Statische Messverfahren.....	9
2.2.3.3	Stimulus.....	11
2.2.3.4	Fixations- und Blickkontrolle	12
2.2.3.5	Fangfragen auf falsch-positives Verhalten	13
2.2.3.6	Fangfragen auf falsch-negatives Verhalten.....	14
2.2.3.7	Fluktuationen	14
2.2.4	Darstellung der Ergebnisse.....	16
2.2.4.1	Empfindlichkeitswerte	16
2.2.4.2	Topographische Befunddarstellung.....	16
2.2.4.3	Quantitative Gesichtsfeldanalyse.....	17
2.2.4.4	Wahrscheinlichkeitskarten.....	19
2.2.5	Programme zur Analyse und Verlaufskontrolle.....	20
2.2.6	Einfluss von Katarakt auf das Gesichtsfeld.....	21
3	Patientengut und Methode.....	23
3.1	Patientengut	23

3.2	Methode und Statistik.....	24
3.2.1	Octopus-Perimeter.....	24
3.2.2	Erfassung und Anordnung der Daten.....	25
3.2.3	Datenanalyse.....	26
3.2.4	Operationen.....	27
3.2.4.1	Kataraktoperationen.....	27
3.2.4.2	Drucksenkende Operationen und Laserbehandlungen ...	28
4	Ergebnisse.....	33
4.1	Epidemiologische Daten und allgemeine Ergebnisse.....	33
4.2	Verteilung der Patientenaugen gemäß der Defektgruppen.....	35
4.3	Gesichtsfeldverläufe der einzelnen Defektgruppen.....	36
4.3.1	Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von < 5 dB.....	38
4.3.2	Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 5 < 10$ dB.....	40
4.3.3	Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 10 < 15$ dB.....	42
4.3.4	Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 15 < 20$ dB.....	44
4.3.5	Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von ≥ 20 dB.....	46
4.3.6	Gesichtsfeldverläufe aller Patientenaugen.....	48
4.4	Gesichtsfeldverläufe und Druckwerte.....	50
4.5	Therapiebezogene Ergebnisse.....	51
4.5.1	Eingriffe zur Augeninnendrucksenkung.....	51
4.5.1.1	Wirkung der Argonlasertrabekuloplastiken bezüglich der anfänglichen MD-Werte und der Arten von Glaukomerkrankung.....	63

4.5.1.2	Wirkung der Trabekulektomien bezüglich der anfänglichen MD-Werte und der Arten von Glaukomerkrankung	66
4.5.1.3	Gesichtsfeldbefunde in Abhängigkeit vom Ausmaß der Augeninnendruckreduktion	69
4.5.2	Entwicklung des Augeninnendruckes und der Gesichtsfeldbefunde an konservativ behandelten Patientenaugen.....	72
4.5.3	Kataraktoperationen	73
5	Diskussion	75
6	Zusammenfassung	89
7	Anhang	91
7.1	Langzeitverläufe von MD-Wert, P-score und der Anzahl der absoluten Skotome bei den einzelnen Patientenaugen	91
7.2	Langzeitverlauf von MD-Werten und Augeninnendruck bei den einzelnen Patientenaugen.....	113
	Literaturverzeichnis.....	125

1 Einleitung: Allgemeines und Zielsetzung der Arbeit

Das Glaukom ist eine der häufigsten Ursachen für Erblindung (Pfeiffer 2001). So beschreiben Krumpaszky und Graef die Glaukomerkrankung als die in den Industrienationen dritthäufigste Erblindungsursache nach der Makuladegeneration und der diabetischen Retinopathie (Krumpaszky et al. 1999, Graef et al. 1999). Laut WHO liegt bei mehr als 100 Millionen Menschen ein Glaukomverdacht vor. Weltweit beläuft sich die Anzahl der Glaukomerkranken auf geschätzte 66,8 Millionen Menschen, von denen circa 6,8 Millionen beidseitig erblinden, weil ihre Erkrankung nicht rechtzeitig behandelt wird (Coleman 1999). Dem Baltimore Eye Survey zufolge ist die Erkrankung in Industrieländern bei nur etwa 50 Prozent der Fälle dem Betroffenen bekannt (Sommer et al. 1991). In den Entwicklungsländern ist diese Zahl noch niedriger.

In Europa und den USA wird die Prävalenz der Glaukomerkrankungen jenseits des 40. Lebensjahres auf etwa 0,5 bis 2 Prozent geschätzt. Dies entspricht in Deutschland einer Häufigkeit von etwa 200.000 bis 800.000 Patienten. Mit steigendem Alter nimmt die Häufigkeit des Glaukoms exponentiell zu: 60-jährige sind zu etwa 6 Prozent betroffen, bei den über 80-jährigen beläuft sich die Zahl auf 10 bis 15 Prozent (Pfeiffer 2001). Der Anteil der an Glaukom erkrankten, überwiegend älteren Patienten nimmt mit der Verschiebung der Bevölkerungspyramide stetig zu. Das Krankheitsbild Glaukom rückt daher zunehmend in das Blickfeld des ophthalmologischen Interesses.

Die Untersuchung des Gesichtsfeldes, auch Perimetrie genannt, stellt neben der Intraokulardruckmessung, der Kammerwinkelbeurteilung und der Papillometrie eine der vier Säulen der Verlaufskontrolle beim Glaukom dar (Gloor 1990).

Das Glaukom ist eine langsam fortschreitende Krankheit, die es erfordert, den erkrankten Patienten bis zu seinem Lebensende regelmäßig und sorgfältig zu beobachten. Die Computerperimetrie ist hierbei das allseits anerkannte Mittel der Wahl, den Glaukomschaden zu quantifizieren (Brusini, Filacorda 2006). Das Diagnostizieren von Gesichtsfeldveränderungen ist und bleibt eine der wichtigsten, gleichzeitig aber auch eine der anspruchsvollsten Aufgaben in der Behandlung von Glaukomen (Artes et al. 2005).

Die vorliegende Studie befasst sich mit dem Verlauf von Gesichtsfeldern bei Glaukompatienten der Klinik und Poliklinik für Augenkrankte der Universität Würzburg der Jahre 1985 bis 2006. Hintergrund und Ziel dieser Arbeit ist es, die Gesichtsfelder im Langzeitverlauf darzustellen und zu analysieren. Insbesondere wurde überprüft, inwieweit eine Korrelation zwischen den absoluten Skotomen und der mittleren Defektkurve (MD = mean deviation) vorliegt bzw. gerade bei fortgeschrittenen Gesichtsfeldschäden eine Progression durch die Bestimmung der absoluten Skotome früher als durch Betrachtung der MD detektiert werden kann.

Analysiert wurden auch der Verlauf eines P-scores (entwickelt aus den Perzentilen der Wahrscheinlichkeitskarten), der MD und der Anzahl der absoluten Skotome bei vorliegender Katarakt bzw. nach Kataraktextraktion. Vor allem im Hinblick auf eine therapeutische Konsequenz wurde untersucht, ob einer der drei Parameter bei den unterschiedlichen Defektgruppen als besonders sensibel identifiziert werden kann.

Hinzu kommen Analysen der Therapieerfolge nach operativer Intervention beziehungsweise nach Lasertherapie in Bezug auf die Gesichtsfeldverläufe. Es stellt sich die Frage, inwieweit durch drucksenkende Eingriffe, eine Progression des glaukomatösen Gesichtsfeldschadens aufgehalten werden kann.

2 Allgemeiner Teil

2.1 Grundlagen Glaukomerkrankung

2.1.1 Definition Glaukom

Als Glaukome werden eine Anzahl heterogener Augenkrankheiten bezeichnet, die zu einer progredienten Schädigung des Sehnerves mit Verlust der visuellen Funktion führen (Bathija et al. 1998; Pfeiffer 2002).

Grundsätzlich wird zwischen primären und sekundären Glaukomen unterschieden: Während letztere als Folge von anderen Augen- oder Allgemeinerkrankungen auftreten, stellen die primären Glaukome eine Augenerkrankung dar, deren Genese man noch nicht kennt.

2.1.2 Risikofaktoren

2.1.2.1 Augeninnendruck

Der Augeninnendruck oder intraokulare Druck, kurz IOD, ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Kammerwasserproduktion und Kammerwasserabfluss. Er gilt als wichtigster, nicht jedoch als einziger Faktor für die Glaukomentstehung (Pfeiffer 2001).

Das Kammerwasser, welches von Epithelzellen des Ziliarkörpers unter Mitwirkung der Karbonanhydrase gebildet und in die Hinterkammer sezerniert wird, fließt zwischen Iris und Linse zur Pupille und gelangt somit in die Vorderkammer. Nachdem es über das Trabekelwerk in den Schlemm-Kanal abgeflossen ist, wird es über die intra- und episkleralen Venen schließlich dem Blutkreislauf zugeleitet. Die abfließende Gesamtmenge beträgt etwa 2,4 ml +/-0,6 pro Minute, so dass das Kammerwasser etwa alle 1 bis 2 Stunden vollständig erneuert wird.

Bei Augengesunden beträgt der Augeninnendruck im Durchschnitt 15 mmHg +/-2,5 mmHg, wobei Schwankungen im Tagesverlauf auftreten können. Diese betragen

meistens bis zu 3 mmHg, selten jedoch auch 5 mmHg oder mehr (Leydecker 1985). Sowohl bei Glaukompatienten als auch bei Augengesunden werden die höchsten IOD-Werte morgens und die niedrigsten am frühen Nachmittag gemessen. Die IOD-Schwankungen korrelieren dabei mit der Höhe des Intraokulardruckes und sind beim primären Offenwinkelglaukom am meisten ausgeprägt (Saccà et al. 1998). Auch durch Luftanhalten und Pressen kann der Augeninnendruck eines Augengesunden auf 40 bis 50 mmHg ansteigen. Des Weiteren können geringe Anstiege bei veränderter Körperposition, wie zum Beispiel im flachen Liegen oder bei plötzlicher seelischer Erregung festgestellt werden (Leydecker 1985). Alkohol in jeglicher Form bewirkt bereits in kleinen Mengen (beispielsweise eine Flasche Bier) hingegen eine Drucksenkung um etwa 20 Prozent. Der einzelne IOD-Wert hat somit nur eine geringe Aussagekraft. Zudem ist der gemessene Wert fälschlich zu hoch, wenn der Patient während der Tonometrie nicht entspannt ist, wie es bei der ersten Messung häufig der Fall ist (Leydecker et al. 1978). Auch Myopie, Lidweite und Augenreiben müssen beim Messen des Augeninnendruckes berücksichtigt werden (Pfeiffer 2001).

Pulsatorische Schwankungen von $\pm 1,5$ mmHg durch Atmung und vasomotorische Schwankungen werden durch wiederholtes Messen bei der Tonometrie ausgeglichen (Leydecker 1985).

Heute ist allgemein akzeptiert, dass ein pathologisch erhöhter IOD nicht durch eine bestimmte Druckhöhe definiert ist, sondern dadurch, ob er einen Glaukomschaden hervorruft. Genauso schließt ein gemessener normaler Druck kein Glaukom aus, wie zum Beispiel beim Normaldruckglaukom (Pfeiffer 2001).

Bei Augen mit leicht gesteigertem Augeninnendruck, aber normaler Papille und normalem Gesichtsfeld spricht man von „okuläre Hypertension“. Diese Bezeichnung suggeriert zwar einen unschädlichen Dauerzustand, ein Übergang in ein primäres Offenwinkelglaukom ist jedoch möglich (Leydecker, Krieglstein 1984). In der Untersuchung von Georgopoulos entwickelten 71 von 354 unbehandelten Patienten mit okulärerer Hypertension im Laufe von sieben Jahren ein Glaukom (Georgopoulos et al. 1997).

2.1.2.2 Weitere Risikofaktoren

Eine *hereditäre Komponente* ist bei Glaukompatienten eindeutig nachweisbar. In einer Studie von Budde und Jonas wiesen 24 Prozent der Patienten mit primärem Offenwinkelglaukom eine positive Familienanamnese auf. Die Häufigkeit einer familiären Vorbelastung nahm dabei mit dem Alter ab und lag bei den Patienten unter 50 Jahren bei fast 40 Prozent. Bei juvenilem Krankheitsbeginn primärer Offenwinkelglaukome ist der Hintergrund der Erkrankung häufiger hereditärerer Natur. Mit steigendem Lebensalter nahm somit der „Risikofaktor Alter“ im untersuchten Patientenkollektiv zu (Budde, Jonas 1999). Diese Altersabhängigkeit wird durch die Ergebnisse der Studie von Konareva-Kostianeva bestätigt. Insgesamt wiesen von den 205 untersuchten Patienten sogar 76 (37 Prozent) eine positive Familienanamnese auf (Konareva-Kostianeva 1998). Der Hintergrund einer genetischen Disposition sind Gene mit potentieller ätiologischer Bedeutung, die für unterschiedliche Glaukomformen identifiziert wurden (Pfeiffer 2001).

Die Gabe von *Steroiden* kann den IOD erhöhen, indem der Abfluss des Kammerwassers vermindert wird. Mit ihren vielfältigen Effekten auf das Trabekelwerk verändern Steroide den Metabolismus der extrazellulären Matrix, die Organisation des Zytoskeletts sowie die Zellfunktion und die Genexpression, indem das Glaukomgen *GLC1 A* im Trabekelwerk aktiviert wird (Wordinger, Clark 1999).

Eine *vaskuläre Komponente* ist beim primären Offenwinkelglaukom und beim Normaldruckglaukom von Bedeutung. Zur Perfusion des Sehnervkopfes bedarf es der Regulation von arteriellem Perfusionsdruck einerseits und lokalem Widerstand durch den IOD andererseits. Ein weiterer Faktor ist die Autoregulation, die lokale Regulation der Durchblutung, die über den lokalen Gefäßwiderstand gesteuert wird und somit die Unabhängigkeit vom Perfusionsdruck gewährleistet (Chung et al. 1999, Flammer 2000). Stefan zeigte in einer Studie, dass bei 70 Prozent der Offenwinkel- und Normaldruckglaukome mindestens ein vaskulärer Risikofaktor vorhanden ist. Bei Patienten mit primärem Offenwinkelglaukom waren degenerative Gefäßerkrankungen häufig, während bei Patienten mit Normaldruckglaukom ein gehäuftes Vorkommen von arterieller Hypotonie und von spastischen Vasopathien auffiel (Stefan et al. 1998). Unter Letzterem versteht man eine reversible Konstriktion morphologisch unauffälliger

oder arteriosklerotischer Gefäße. Arterielle Hypotonie, eine Neigung zur orthostatischen Dysregulation und nächtliche hypotensive Episoden werden vor allem bei Normaldruckglaukomen beobachtet. Dabei ist der niedrige, stabile Blutdruck ungefährlicher als plötzliche Blutdruckabfälle, die zumeist nachts auftreten und nicht selten auf antihypertensive Therapien zurückzuführen sind (Collignon et al. 1998, Hayreh et al. 1999).

Da Risikofaktoren dieser Art mit dem *Lebensalter* zunehmen und sich zusätzlich der Verlust von Nervenfasern im Laufe des Lebens addiert, besteht bei der Häufigkeit des Glaukomschadens eine deutliche Altersabhängigkeit. Da das Fortschreiten des Schadens über lange Zeit nicht oder nur kaum bemerkt wird, es sich in der Spätphase jedoch schließlich stark bemerkbar machen kann, ist die Wahrscheinlichkeit für eine subjektiv bemerkte Verschlechterung im Alter viel höher (Flammer 2001).

Papillenrandblutungen werden in 3 bis 6 Prozent der Glaukomaugen gefunden und nehmen mit Progredienz des Glaukomschadens zu (Shihab et al. 1982, Drance et al. 1977). Es besteht eine negative Korrelation zum IOD (Kottler, Drance 1976), weshalb ein gehäuftes Vorkommen bei Normaldruckglaukomen besteht (Drance et al. 1973; Chumbley, Brubaker 1976). Papillenrandblutungen treten ebenfalls beim primären Offenwinkelglaukom auf (Susanna et al. 1979; Bengtsson et al. 1980; Airaksinen et al. 1981; Gloster 1981). Inwieweit das aus den Gefäßen ausgetretene Blut nur ein Indikator für eine Schädigung oder aber selbst eine Ursache ist, ist noch nicht geklärt. Es ist anzunehmen, dass das ausgetretene Blut sekundär zu Gefäßspasmen führt (Flammer 2001).

Ein weiterer Risikofaktor stellt die ethnische Herkunft dar. So sind Menschen *schwarzer Rasse* häufiger und in schwererem Maße betroffen als Weiße. Untersuchungen des Baltimore Eye Survey ergaben bei Menschen schwarzer Rasse eine viermal so hohe Prävalenz, an einem Offenwinkelglaukom zu erkranken (Tielsch et al. 1991), bei einem sechsfach erhöhten Erblindungsrisiko (Sommer et al. 1991). Die Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS) und andere klinische Studien bestätigen dieses Ergebnis (AGIS-Investigators 2004; Glaucoma Laser Trial Research Group 1993; Grant, Burke 1982).

Die Korrelation von Glaukom und *Myopie* wurde in der Blue Mountain Eye Study (Mitchell et al. 1999) untersucht und ergab ein zwei- bis dreifach höheres Glaukomrisiko. Der Risikofaktor Myopie ist dabei unabhängig von anderen Risikofaktoren und dem IOD.

2.2 Grundlagen Perimetrie und Gesichtsfeld bei Glaukomerkrankung

Das Glaukom bildet die zurzeit weitaus häufigste Indikation zur Perimetrie, so dass im Alltag des Ophthalmologen 90 Prozent der Gesichtsfelduntersuchungen mit der Glaukomproblematik in Zusammenhang stehen (Gloor 1993).

2.2.1 Definition Gesichtsfeld / Perimetrie

Das Gesichtsfeld ist die Summe aller Richtungen, aus denen das fixierende Auge optische Reize wahrnimmt. Eine Wahrnehmung lässt sich durch eine Vielzahl solcher Reize auslösen, wenn sie sich in irgendeiner Weise von ihrer Umwelt deutlich genug unterscheiden. Mit der Perimetrie soll die Verteilung der Empfindlichkeit im Gesichtsfeld für die Reize bestimmt werden (Dannheim 1995).

2.2.2 Topographie der Gesichtsfeldausfälle beim Glaukom

Nach Erarbeitung zahlreicher Einzelbefunde seit dem letzten Jahrhundert (Haffmanns 1862, von Graefe 1869, Bjerrum 1889, Rönne 1909) teilten Aulhorn und Karmeyer aufgrund vorwiegend kinetischer Perimetrie die glaukomatösen Gesichtsfeldausfälle in 5 Stadien ein, die bei der Progredienz der Glaukomerkrankung durchlaufen werden (Aulhorn, Karmeyer 1977):

Stadium 1: isolierte relative Skotome

Stadium 2: fleck-, strich- oder bogenförmige Parazentralskotome noch ohne Verbindung zum blinden Fleck

Stadium 3: absolute Bogenskotome mit Verbindung zum blinden Fleck und mit/ ohne nasalen Durchbruch (entsprechend dem sogenannten Bjerrum-Skotom)

Stadium 4: Halbring- oder Ringskotome mit Bildung einer zentralen Insel (entsprechend dem sogenannten Rönne-Sprung)

Stadium 5: Verlust der zentralen Insel, Gesichtsfeldrest nur temporal

Diese Klassifizierung enthält neben topographischen auch quantitative Merkmale: In Stadium 1 handelt es sich lediglich um kleinflächige, relative Skotome, die geringe Flächen bedecken, in Stadium 2 sind die Skotome kleinfleckig und absolut. Einer durch Aulhorn 1983 durchgeführten Präzisierung zufolge, sind in Stadium 3 weniger als ein Viertel der Gesichtsfeldfläche von absoluten Skotomen betroffen, in Stadium 4 hingegen mehr als ein Viertel. Die absoluten Defekte sind in Stadium 5 fast total.

Die mit manueller Perimetrie erhobenen Befunde konnten durch die automatisierte Perimetrie, insbesondere mit dem Octopus, später ergänzt werden (Gramer 1982; Gramer et al. 1982; Phelbs et al. 1984; Heijl, Lundqvist 1984):

1. Absolute und relative Ausfälle sind in der oberen Gesichtsfeldhälfte häufiger als in der unteren, und häufiger nasal als temporal.
2. Es besteht eine Häufigkeitszunahme vom sechsten bis zum dreißigsten Grad. Vor allem oben und hier wiederum vor allem nasal (vgl. dazu auch Hart, Becker 1982; im Widerspruch dazu: Iwase et al. 1991).

In diesen Studien bestätigte sich, dass die Makula und der Bereich zwischen Makula und blindem Fleck zunächst ausgespart werden.

Weber stellte 1992 jedoch fest, dass das räumliche Verteilungsmuster im Einzelfall deutlich vom Durchschnitt abweicht. Nur etwa 30 Prozent der Gesichtsfelder lassen sich demnach klassifizieren (Weber 1992). Die Topographie dieser Gestaltklassen orientiert sich am retinalen Nervenfaserverlauf. Die stärker geschädigten Zonen sind dabei peripher breiter und zentral schmaler als der Nervenfaserverlauf (Weber, Ulrich 1991).

In Fällen von Glaukomerkrankungen, die relativ hohe Druckwerte aufweisen, wie z.B. beim Pigmentdispersionsglaukom, werden häufig diffuse Schäden beschrieben

(Glowatzki, Flammer 1987; Chauhan et al. 1989, Caprioli et al. 1987; Lachenmayr et al. 1991). Diffuser Verlust lässt sich häufig auch nachweisen, wenn sich foveale Funktionsstörungen finden (Lachenmayr, Drance 1992).

2.2.3 Erfassung des glaukomatösen Gesichtsfeldschadens

Sowohl für die Diagnostik als auch für die Verlaufsdiagnostik ist inzwischen die automatisierte Schwellenperimetrie zum Standard geworden. Die kinetische Goldmann-Perimetrie hat ihren Einsatz bei Glaukomfällen, in denen der Gesichtsfeldschaden schon sehr weit fortgeschritten ist.

2.2.3.1 Rasterdichte und untersuchter Bereich

Bereits kurz nach Erscheinen der ersten automatischen Perimeter, stellte sich heraus, dass mit einem 6°-Raster, verteilt über ein Gesichtsfeld mit einem Radius von 30°, einem so genannten 30°-Gesichtsfeld, mehr Gesichtsfeldausfälle gefunden wurden als mit der manuellen Perimetrie und somit die Möglichkeit einer frühzeitigeren Erfassung glaukomatöser Ausfälle besteht (Li et al. 1979, Schmied 1980; Heijl, Drance 1981; Krieglstein et al. 1981; Gramer 1982; Heijl, Lundquist 1984, Lustgarten et al. 1990). Untersuchungen mit dem Humphrey-Visual-Field-Analyzer (Weber, Dobek 1986) wie auch mit dem Octopus-Perimeter zeigen, dass der gleichmäßig verteilte 6°-Raster nicht ganz ausreicht, um glaukomatöse Gesichtsfeldausfälle sicher zu erfassen. Somit wäre eine zweite Untersuchung mit einem um 3° versetzten Raster erforderlich, bzw. ein Prüfraster von 4,2° bei einem einzigen Prüfgang (vgl. auch Weber, Kosel 1986).

2.2.3.2 Statische Messverfahren

Bei der Computerperimetrie werden überwiegend statische Reize wechselnder Leuchtdichten verwendet.

Bei der *schwelennahen überschwelligen Strategie* wird die Überschwelligkeit mit 4 bis 6 dB so gewählt, dass feinere Unregelmäßigkeiten in der Nähe der Wahrnehmungsschwelle sich noch nicht als Defekt darstellen. Während bei der Grobauslotung lediglich zwischen einem normalen, pathologischen und einem absoluten Ausfall differenziert wird, besteht mit der Feinauslotung die Möglichkeit, durch genaue Eingabelung die Wahrnehmungsschwelle zu ermitteln.

Bei einigen Geräten geht das Programm von der altersentsprechenden, normalen Empfindlichkeit aus, bei anderen von den zu Beginn an einigen repräsentativen Gesichtsfeldorten gemessenen Schwellen. Durch die peripherwärts entsprechende Steigerung der Leuchtdichte des Prüfpunktes ist der nach peripher hin physiologische Abfall der Empfindlichkeit ausgeglichen. Das schwelennah überschwellige Verfahren, wie oben beschrieben, ist mittlerweile jedoch obsolet (Funkhauser et al. 1983).

Als effektivstes Messverfahren gilt die 1947 von Bekesky entwickelte *Treppenmethode* (Cornsweet 1962). Nach jedem Reiz und der Antwort des Patienten wird die Reizstärke in die Richtung geändert, in der die Reizschwelle aufgrund der Antwort vermutet wird. Die Reizstärken nähern sich dem Schwellenreiz (Schwellenkonvergenz) und pendeln nach wenigen Reizdarbietungen um diese Schwelle. In der Computerperimetrie wird überwiegend die 4 dB-2 dB-Treppenmethode (Schwellenstrategie) angewandt (Spahr, Fankhauser 1974). Die Reizstärke wird bei einem Folgereiz zunächst um 4 dB erhöht oder erniedrigt. Nach dem ersten Wechsel der Patientenantwort (vermutete Schwellenüberschreitung) werden die Reizstärken nur noch um 2 dB verändert. Nach dem zweiten Wechsel der Patientenantwort wird die Reizfolge beendet. Der Schwellenreiz ist der arithmetische Mittelwert der letzten beiden Reizstärken, also die Mitte zwischen gesehener und nicht gesehener Reizstärke. In den modifizierten Versionen des Humphrey Perimeters („Fastpac“) beträgt die Abstufung 3 dB (Heijl u. Krakau 1975).

Auch variable Stufen („*dynamische Strategie*“, Weber 1990) werden verwendet und können bei günstiger Dimensionierung effektiver sein. Hier werden die Schrittgrößen an die physiologisch bedingten Schwankungen der Netzhaut angepasst, so dass das absolute Empfindlichkeitsniveau variiert. Als endgültiger Messwert wird schließlich der Mittelwert zwischen zwei Stimuli berechnet. Die Untersuchungszeit wird mit der

dynamischen Strategie somit bei geschädigtem Gesichtsfeld um 40 bis 50 Prozent reduziert. Handelt es sich um normale Empfindlichkeiten, verkürzt sich die Gesichtsfeldprüfung um 30 bis 40 Prozent. Im Normal- und Grenzbereich ist die Genauigkeit mit der der 4-2-1 dB-Schwellenstrategie vergleichbar. Bei niedrigen Empfindlichkeiten nimmt die Präzision ab. Der Vorteil der Strategie liegt in der Reproduzierbarkeit und der Zeitersparnis (Weber, Klimaschka 1995).

Im Falle der linear *überschwellig* Strategie hingegen ist die Reizstärke des Prüfpunktes im gesamten Messbereich konstant. Es erfolgt somit keine Anpassung der Helligkeit an die physiologische Verteilung der Empfindlichkeit, so dass die Reize zentral stärker überschwellig erscheinen als peripher. Diese Strategie hat für die Diagnostik keine Bedeutung mehr. Sie wird nur noch mit einer sehr stark überschwellig Reizmarke für die Begutachtung in Fällen von eventueller Erblindung angewandt (Dannheim 1995).

2.2.3.3 *Stimulus*

In der statischen Perimetrie haben sich insgesamt runde bis leicht ovale Reizmarken allgemein bewährt. Diese heben sich durch ihre Helligkeit von der Umgebung ab. Als Maß für die Empfindlichkeit wird somit die Schwelle für den gerade eben wahrnehmbaren Unterschied herangezogen, welche in Dezibel (dB) angegeben wird. Mit der üblichen Darbietungszeit von 0,1 bis 0,2 Sekunden wird die Latenzzeit für Blickbewegungen unterschritten, so dass das Patientenaugenauge in fixierter Position verbleibt. Zusätzlich ist eine Randomisierung der Prüfpositionen einer ruhigen und zentralen Fixation zuträglich. Die Prüfpunktgrößen gehen auf das Goldmann-Perimeter zurück und sind in logarithmischer Reihenfolge angeordnet: I (entspricht 6,5 Winkelminuten), II (entspricht 13 Winkelminuten), III (entspricht 26 Winkelminuten), IV (entspricht 52 Winkelminuten), V (entspricht 104 Winkelminuten). Für einen kleinen Prüfpunkt ergibt sich ein steiler Empfindlichkeitsabfall vom Zentrum zur Peripherie, wohingegen ein großer Prüfpunkt von den peripherwärts größer werdenden rezeptiven Feldern profitiert. Somit steigert sich die Empfindlichkeit zentral mit wachsendem Prüfpunktdurchmesser nur sehr begrenzt, peripher dagegen sehr deutlich

(Dannheim 1995). Aus diesem Grunde und wegen der besonders geringen Refraktionsabhängigkeit gegenüber kleineren Stimuli hat sich die Stimulusgröße III nach Goldmann durchgesetzt (Heuer, Anderson, Gressel 1985).

Indem man die Leuchtdichte eines Prüfreizes um die des Umfeldes periodisch alterniert, dabei jedoch die Frequenz unterhalb der Flimmerverschmelzungsfrequenz liegt, lässt sich das zeitliche Auflösungsvermögen bestimmen (Wall, Sadun 1989). Erste Ergebnisse zeigten, dass sich Glaukomfälle mit dieser Methode besonders früh erfassen lassen. Die Abhängigkeit vom Alter und von der Qualität der brechenden Medien ist bei dieser Technik deutlich geringer (Lachenmayr, Vivell 1992).

Die Blau-auf-gelb-Perimetrie wurde entwickelt mit dem Ziel, glaukomatöse Defekte besonders frühzeitig feststellen zu können (Sample et al. 1992; Sample et al. 1993; Johnson et al. 1993; Johnson et al. 1993). Das Ergebnis ist jedoch stark von der Transparenz der brechenden Medien abhängig, was im Falle einer Kataraktentwicklung mit einer Verschiebung der Gelbanteile vor allem für die Verlaufsbeurteilung abträglich ist. Somit hat sich die konventionelle Weiß-auf-weiß-Perimetrie allgemein durchgesetzt (Pfeiffer 2001). Zudem weist die Blau-auf-gelb-Perimetrie in größerem Maße Langzeit- (Blumenthal et al. 2000; Hutchings et al. 2001) und Kurzzeitfluktuationen (Kwon et al. 1998; Wild et al. 1998) auf.

2.2.3.4 Fixations- und Blickkontrolle

Da eine gute Fixation des Patienten für die Qualität der Gesichtsfelduntersuchung unabdingbar ist, bestehen mehrere verschiedene Überwachungssysteme.

Bei der *manuellen optischen Fixationsüberwachung*, kontrolliert der Untersucher das Patientenauge über ein Teleskop oder eine Kamera.

Die *automatische elektronisch-optische Fixationsüberwachung* besteht darin, dass die Helligkeit in einem Bildfenster über der Pupille elektronisch analysiert wird. Wenn sich die Pupille aus dem Fenster bewegt oder auch beim Lidschluss, steigt die Helligkeitssumme an. Wegen der Möglichkeit einer Fehlantwort wird der letzte Messreiz somit wiederholt.

Die *automatische sensorische Fixationsüberwachung* ist indirekt. Sie registriert die Folgen einer Malfixation für die Empfindlichkeit.

Bei der *Heijl-Krakau-Methode* werden in regelmäßigen Abständen helle Lichtreize an die normale Position des blinden Fleckes gesendet. Bei korrekter Fixation dürfen diese nicht wahrgenommen werden.

Sehr schwache Lichtreize hingegen werden bei der *Tübinger Methode* verwendet. Diese Reize werden am Fixationspunkt dargeboten und werden somit bei Malfixation nicht mehr erkannt.

Bei der sensorischen Fixationsüberwachung wird der prozentuale Anteil der Fixationsverluste im Befund angegeben, bei der elektronisch-optischen Überwachung die Anzahl der wiederholten Reize (Weber 1993).

2.2.3.5 Fangfragen auf falsch-positives Verhalten

Nahezu alle automatischen Perimeter streuen Fangfragen in Form von optischen Reizen ein, die sich im nicht sichtbaren Bereich befinden oder sogar fehlen. Der prozentuale Anteil der „wahrgenommenen“ Lichtreize, die während der Untersuchung nicht vorhanden waren, der so genannten falsch-positiven Antworten, hat klinischen Wert und wird im Befund zur Einstufung der Qualität des Gesichtsfeldes angegeben (Heijl et al. 1987; Katz et al. 1991; McMillan et al. 1992). In besonders großem Maße sind diese bei Patienten der Fall, die sich als „Vieldrucker“ herausstellen und ein überempfindliches Reaktionsverhalten zeigen.

Generell ist es ein Nachteil zusätzlich eingestreuter Fangfragen, dass sich mit zunehmender Anzahl der Testreize die Dauer der Untersuchung verlängert. Es kommt somit zu Ermüdungserscheinungen und einem Nachlassen der Konzentration, was wiederum zu falschen Antworten führt und die Qualität des Gesichtsfeldes vermindert (Katz et al 1991).

2.2.3.6 Fangfragen auf falsch-negatives Verhalten

Ist das Reaktionsverhalten des Patienten dagegen unempfindlich, das heißt er versäumt es den Antwortknopf zu drücken, obwohl Reize auf niedrigen Ebenen der optischen Wahrnehmung bemerkt werden, kann dies verschiedene Ursachen haben. Das Verhalten kann absichtlich (Simulation), unbewusst (psychogene Gesichtsfeldstörung), oder aber auch glaukombedingt und hier vom Status der Erkrankung abhängig sein. Die meisten Geräte streuen auch hinsichtlich dieses Antwortverhaltens Fangfragen ein. Der prozentuale Anteil an falsch-negativen Antworten gegenüber der Gesamtzahl der Fangfragen wird im Befund angegeben, um dessen Zuverlässigkeit anzuzeigen (Fankhauser et al. 1977; Anderson, Patella 1999). Die Helligkeit der Testreize ist deutlich oberhalb der bereits zuvor gemessenen Schwelle am entsprechenden Gesichtsfeldort. Liegen bei einem Patientenaugen niedrige Empfindlichkeiten vor, so liegen die Testreize jedoch noch im Schwellenbereich. Die Aussagekraft dieser Kontrollfunktion ist somit begrenzt (Weber 1993).

Studien ergaben, dass unabhängig von der Mitarbeit der Patienten die Quote falsch-negativer Antworten deutlich mit dem Ausmaß des glaukomatösen Defektes ansteigt (Heijl, Lindgren, Olsson 1987; Katz, Sommer 1988; Katz, Sommer 1990; Katz, Sommer 1991; Birt et. al 1997). Dies steht im Zusammenhang mit großen Schwankungen des Befundes (siehe „Fluktuationen“) bei Glaukompatienten (Lachenmayr, Vivell 1992; Anderson, Patella 1999; Bengtsson, Heijl 2000). Faktoren, die mit falsch-negativen Antworten korrelieren, sind die mangelnde Fixation bei glaukomatösen Augen (Choplin, Russel 1995) und Ermüdungserscheinungen mit zunehmender Dauer des Testes (Weitzman, Caprioli 1996; Budenz 1997).

2.2.3.7 Fluktuationen

Das Ergebnis einer einzelnen Gesichtsfelduntersuchung kann durch zahlreiche Faktoren beeinflusst werden, so auch durch Pupillengröße (Wood et al. 1988; Lindenmuth et al. 1989; Webster et al 1993), eine nicht oder schlecht eingestellte Refraktion bei Kurz- oder Weitsichtigkeit (Goldstick et al.1987; Heuer et al. 1987; Weinreb et al. 1986), durch Trübungen der brechenden Medien (Guthauser et al. 1988; Wood et al. 1987;

Dengler-Harles et al. 1990; Wood et al. 1989), durch den Lerneffekt (Heijl et al. 1989; Wild et al. 1989), durch Müdigkeit des Patienten (Heijl 1977; Johnson et al. 1988; Heijl, Drance 1983; Hudson et al. 1994), durch medizinische Therapie (Haas, Flammer 1985; Wild et al. 1990) sowie durch die physiologische Situation des Patienten (Anderson 1992). Solche Faktoren können bei Betrachtung zweier aufeinander folgender Untersuchungen Gesichtsfelddefekte vortäuschen oder auch maskieren.

Man unterscheidet Kurzzeitfluktuationen von Langzeitfluktuationen der Lichtunterschiedsempfindlichkeit. Letztere werden wiederum in homogene und heterogene unterteilt (Bebić et al. 1976).

Bei den Kurzzeitfluktuationen handelt es sich um die Streuung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit. Diese ergibt sich aus Mehrfachbestimmungen, die entweder stichprobenartig an einigen verschiedenen oder an allen untersuchten Prüfpunkten durchgeführt werden. Die Mehrfachbestimmungen finden innerhalb einer Gesichtsfelduntersuchung statt, welche in der Regel die Dauer von 20 Minuten nicht überschreitet (Flammer et al. 1984). Die Kurzzeitfluktuation ist ein Maß für die Reproduzierbarkeit des Befundes (Anderson 1992) und kann sowohl bei mangelnder Kooperation augengesunder Probanden, als auch, wie oben erwähnt, bei verschiedenen Erkrankungen erhöht sein.

Unter Langzeitfluktuationen versteht man die Fluktuationen, die von einer Sitzung bis zur nächsten auftreten, abzüglich der aus den Sitzungen gemittelten Kurzzeitfluktuationen. Die homogene Langzeitfluktuation bezieht sich auf alle Testpunkte gleichermaßen, während die heterogene Komponente zwischen den einzelnen Gesichtsfeldpunkten differenziert (Flammer et al. 1983).

Insbesondere in Gesichtsfeldern glaukomatöser Augen können die Empfindlichkeitswerte von einer Untersuchungssitzung zur nächsten erheblich schwanken. Die Fluktuationen in einem Testpunkt steigen mit der Ausprägung des Defekts und dessen Lokalisation, denn die Schwankungen steigen an, je weiter der Testpunkt vom Zentrum des Gesichtsfeldes entfernt ist (Heijl 1977; Holmin, Krakau 1979; Flammer, Drance, Schulzer 1984; Wilensky, Joondeph 1984; Parrish, Schiffman; Anderson 1987; Lewis et al. 1986; Hoskins et al. 1987; Katz, Sommer 1986; Heijl et al. 1987; Werner et al. 1987; Heijl et al. 1987).

2.2.4 Darstellung der Ergebnisse

2.2.4.1 Empfindlichkeitswerte

Die *absolute Empfindlichkeit* ist das Rohergebnis einer automatischen Schwellenmessung. Abhängig vom Gerät erhält man einen Dezibelwert zwischen 0 und 40 dB. Ein Synonym für die absolute Empfindlichkeit ist der Schwellenwert. Da auch das Alter des Patienten und die Lokalisation des Testpunktes die absolute Empfindlichkeit beeinflussen, lässt sich aus diesem Wert noch genau keine Schädigung ablesen.

Da die *relative Empfindlichkeit* die Differenz zum alters- und ortsbezogenen Normalwert darstellt, erlaubt sie eine Entscheidung über eine pathologische Veränderung der Empfindlichkeit. Synonyme sind normbezogene Empfindlichkeit, Differenzwert, Abweichung, Defekt, Defekttiefe oder auch Empfindlichkeitsverlust.

Einige Programme berechnen, anstatt die Normalwerte zu verwenden, eine *individuelle Empfindlichkeit*, bei der das Bezugsniveau individuell für den einzelnen Test neu festgelegt wird. Der Bezugshügel wird so verschoben, dass er auf den besseren Werten aufsetzt. So werden nur die tiefen Empfindlichkeitsabsenkungen dargestellt. Dieses Vorgehen kann für die Erkennung krankheitsspezifischer Schädigungsmuster zur Differenzialdiagnose sinnvoll sein, verschleiert jedoch generalisierte Absenkungen.

2.2.4.2 Topographische Befunddarstellung

Bei topographischen Darstellungen ist das Gesichtsfeld in gewohnter Weise flächig abgebildet. Die Koordinaten in den Abbildungen entsprechen den Koordinaten im Gesichtsfeld.

Bei der *numerischen Darstellung* wird die Empfindlichkeit als Zahl abgebildet und es entstehen Zahlenfelder. Da die Perzeption von 50 bis 100 Zahlen jedoch fast unmöglich ist, ist die numerische Darstellung leichter zu lesen, wenn die relative Empfindlichkeit zur Grundlage genommen wird, und alle nahezu normalen Werte (meistens +4 oder -4 dB) und die absoluten Skotome durch ein gleichartiges Symbol ersetzt werden.

Die *Graustufendarstellung* vermittelt einen bildlichen Eindruck des Gesichtsfeldes. Hierbei werden Empfindlichkeiten durch Graustufen dargestellt. Je schlechter es sich mit der Empfindlichkeit verhält, desto dunkler ist an dieser entsprechenden Stelle der Grauton. Durch Interpolieren der freien Lücken wird die Erkennung von Defektformen verbessert (interpolierte Graustufendarstellung). Es entstehen so Zonen gleicher Lichtunterschiedsempfindlichkeit, wobei die Grenzlinien zwischen diesen Zonen den Isopteren der kinetischen Perimetrie entsprechen. Bei dieser Darstellung sind die einzelnen Prüfpunkte allerdings nicht erkennbar, und es muss grundsätzlich bedacht werden, dass in den Lücken eventuell kleinere Skotome lokalisiert sein könnten.

Wird die Empfindlichkeit als Höhe dargestellt, dann als ein dreidimensionaler Gesichtsfeldhügel, der auf Bildschirm und Ausdruck in perspektivischer Ansicht gezeigt wird. Erst mehrere Ansichten dieser *Hügeldarstellung* vermitteln einen Gesamteindruck, der aber immer durch die perspektivische Verkürzung verzerrt ist.

Auch bei der *Profildarstellung* wird die Empfindlichkeit als Höhe dargestellt. Aus dem dreidimensionalen Gesichtsfeldhügel ist hier aber nur ein Meridian herausgeschnitten und wird im Profil gezeigt.

Zu den topographischen Darstellungen zählen ebenfalls die Wahrscheinlichkeitskarten. Diese werden unter dem Punkt 2.2.4.4 separat behandelt.

2.2.4.3 *Quantitative Gesichtsfeldanalyse*

Die normalerweise dreidimensionalen Gesichtsfelder (zwei Dimensionen bestimmen die Position des Prüfpunktes, die dritte Dimension gibt die Empfindlichkeit an) ist als topographisches Datenformat für einige statistische Analysen ungeeignet. Deswegen werden die Schwellenwerte in Form der vorliegenden Zahlenwerte ortsentkoppelt (Weber 1993). Diese nun eindimensionalen Daten können sodann mit den statistischen Standardmethoden dargestellt werden: Üblich sind das *Häufigkeitsdiagramm* und die kumulative *Häufigkeitskurve*, auch *kumulative Defektkurve* oder *Bebié-Kurve* genannt (Bebié H., Flammer, Bebié T. 1989; Kaufmann, Flammer 1989). Die einzelnen Schwellenwerte werden hier nach ihrer Abweichung von der Altersnorm sortiert. Ein Blick auf dieses Diagramm gibt einen Eindruck, ob es sich um einen pathologischen

Gesichtsfeldverlust handelt, und vor allem, ob der Gesichtsfeldverlust generalisiert oder lokalisiert ist (LeBlanc 1992).

Gesichtsfeldindizes (Drance, Anderson 1985; Gloor 1987; Flammer, Kaiser 1991; Lachenmayr, Vivell 1992) sind mathematisch-statistische Kennwerte, die aus den Empfindlichkeitswerten berechnet werden. Den wichtigsten Indizes liegen die relativen Empfindlichkeitswerte zugrunde. Die geläufigsten Indizes seien hier genannt:

- MS (Mean sensitivity, mittlere Sensivität): Beim MS-Index handelt es sich um die tatsächliche Lichtunterschiedsempfindlichkeit und somit um einen Rohwert. Er stellt den einzigen Wert dar, bei dem es sich nicht um einen Differenzwert zum alterskorrigierten Normwert handelt.
- MD (mittlerer Defekt oder Mean Defect am Octopus bzw. Durchschnittsabweichung oder Mean Deviation am Humphrey Perimeter): Dieser Index stellt das arithmetische Mittel der Defektabweichung von den alterskorrigierten Normwerten dar. Er spricht besonders deutlich auf eine diffuse Herabsetzung der Empfindlichkeit an, ist aber auch entsprechend pathologisch, wenn ein isolierter Defekt eine gewisse Größe überschreitet.
- Verlustvarianz (Loss Variation am Octopus, Inhomogenitätsindex bzw. Pattern Standard Deviation am Humphrey Perimeter): Sie ist ein Maß dafür, wie unregelmäßig die Empfindlichkeit im Gesichtsfeld verteilt ist. In diesem Index drücken sich umschriebene Defekte besonders deutlich aus, auch wenn die Gruppierung von defekten Positionen hierbei nicht berücksichtigt wird. Eine zufällige Unregelmäßigkeit der Schwelle lässt sich jedoch nicht von einem sicher reproduzierbaren Skotom differenzieren.
- Korrigierte Verlustvarianz (korrigierter Inhomogenitätsindex, Corrected Loss Variation am Octopus bzw. Corrected Pattern Standard Deviation am Humphrey Perimeter): Bei diesem Index ist in der Verlustvarianz die Kurzzeitfluktuation SF berücksichtigt. Hierdurch werden zufällig auftretende, nicht reproduzierbare Absenkungen der Empfindlichkeit unterdrückt.
- Kurzzeitfluktuation (SF): Wie unter 2.2.3.7 bereits beschrieben, ist die Kurzzeitfluktuation ein Maß für die Reproduzierbarkeit der Schwellenwerte. Sie wird

aus der mittleren quadratischen Abweichung der doppelt bestimmten Messwerte bestimmt. Aus den Residuen einfacher Schwellenmessungen lässt sich durch hohen Rechneraufwand ebenfalls ein Maß für die Kurzzeitfluktuation gewinnen.

2.2.4.4 Wahrscheinlichkeitskarten

Die Empfindlichkeitswerte normaler Augen variieren nicht nur mit der Lokalisation des einzelnen Testpunktes im Gesichtsfeld und dem Alter, sondern auch zwischen den Individuen. Die Normalwerte, die bei der Berechnung der relativen Empfindlichkeit verwendet werden, sind die Mittelwerte für die jeweilige Position im Gesichtsfeld und die jeweilige Altersgruppe (Heijl, Åsman 1989; Heijl et al. 1989). Der Normalbereich, in dem die individuellen Werte streuen können, ist unterschiedlich groß. Im Zentrum ist er deutlich kleiner als in der Peripherie, und bei jungen Patienten kleiner als bei älteren. Beim Humphrey Field Analyser umfasst der 5 bis 95 Prozent - Normalbereich im Gesichtsfeldzentrum von 20 jährigen Menschen eine relative Empfindlichkeit von etwa +4dB bis -4dB. In der Gesichtsfeldperipherie bei 80-jährigen Patienten reicht er dagegen von +6 bis -10dB. Im Falle des Octopus Perimeter sind diese Unterschiede weniger ausgeprägt. Die Grenzen des Normalbereiches sind vor allem von Bedeutung bezüglich der Frage, ob eine Empfindlichkeitsabsenkung noch normal sein könnte. Bei einer differenzierten Beurteilung wird allerdings nicht nur eine Grenze verwendet, sondern die Wahrscheinlichkeit der Empfindlichkeitsabsenkung im Normalkollektiv exakt beziffert. Die Darstellung der in der Normalwahrscheinlichkeit übersetzten Empfindlichkeitswerte erfolgt üblicherweise in einer Graustufenkarte, der Wahrscheinlichkeitskarte. Die Prozentangabe gibt an, wie viel Prozent der normal Sehenden derselben Altersgruppe dieselben oder schlechtere Werte hätten (Weber 1993).

Um die gleichmäßige Absenkung der Sensitivität, die durch Katarakt oder pharmakologisch induzierte Miosis und nicht durch die Glaukomerkrankung zustande kommt, auszuklammern, wurden zusätzlich Karten mit der so genannten korrigierten Wahrscheinlichkeit entwickelt (Heijl et al. 1989; Bengtsson et al. 1997). Zur Berechnung der generellen Sensitivitätssenkung, die hierfür ermittelt werden muss, wird ein Gebiet im Gesichtsfeld benötigt, welches keinen lokalisierten Schaden aufweist. Die

Berechnung basiert auf der Sensitivität des besten Punktes im 85. Perzentils im zentralen Gesichtsfeld. Dies kann somit allerdings in sehr späten Stadien der Glaukomerkrankungen nicht mehr durchgeführt werden, wenn die letzten 15 Prozent des Gesichtsfeldes Glaukomschäden aufweisen.

2.2.5 Programme zur Analyse und Verlaufskontrolle

Die Verlaufsbeurteilung stellt den synoptischen Vergleich der einzelnen Testausdrucke dar. Beim Humphrey-Field-Analyser erhält man mit der Programmerweiterung Statpac 2 einen Übersichtsausdruck. Hier werden in chronologischer Reihenfolge mehrere Gesichtsfelder auf einer Seite dargestellt. Über den optischen Vergleich hinausgehend, werden die numerischen Aspekte der Gesichtsfelder analysiert. Diese Kennwerte können entlang einer Zeitachse graphisch aufgetragen werden, wobei sich mittels Regressionsanalysen die Trends ermitteln lassen. Statpac 2 (Heijl et al. 1991) orientiert sich an ortsbezogenen Änderungswahrscheinlichkeiten auf Basis der Durchschnittsabweichung. Somit wird hier zusätzlich eine Darstellung geboten, in der Symbole eine Verbesserung oder Verschlechterung jedes einzelnen Testpunktes anzeigen und dies in Relation zur erwarteten Fluktuation. Es kann zur Übersicht eine Serie mehrerer Tests ausgedruckt werden.

Mit dem Peridata-Analyseprogramm für Octopus- und Humphreygesichtsfelder für PC's erhält man einen Ausdruck mit Darstellungen, die auf Abweichungswerten basieren. In einer Darstellung sind die Ausgangszahlen des ersten und des zweiten Tests wiedergegeben. Bei mehr als zwei Tests wird in jedem Punkt eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Eine weitere Darstellung ist die „GANT“, die Graphische Analyse Numerischer Trends (Weber, Krieglstein 1990). Es handelt sich um die graphische Darstellung einer Befundänderung mit der kumulierten Defektkurve (Bebié et al. 1989) des ersten Gesichtsfeldes, wobei die Änderung bei jedem einzelnen Messwert des Erstbefundes als Balken nach unten aufgetragen wird, wenn es sich um eine Verschlechterung handelt, als Balken nach oben, wenn sich der Wert verbessert hat. Mit dem Ziel, die Interpretation besonders bei geringen Veränderungen zu erleichtern, wurde die „GATT“, die Graphische Analyse Topographischer Trends

entwickelt (Weber et al. 1989). Hier werden Verbesserungen des Befundes als Streifenmuster mit vertikaler Orientierung abgebildet, bei Befundverschlechterungen hingegen ist das Muster horizontal ausgerichtet. Wechselnde Empfindlichkeiten ohne signifikante Trends verursachen dagegen ein Schachbrettmuster. Bei dieser Darstellung lässt sich zum einen die räumliche Ausdehnung und das Empfindlichkeitsniveau erkennen, zum anderen das Ausmaß der Änderung durch den Kontrast, den die Streifen bilden. Grundlage hierfür ist die Überschreitung der empirisch ermittelten Vertrauensbereiche.

Das Octosoftprogramm ist ein Speicher- und Analyseprogramm für Octopusgesichtsfelder auf dem PC. Es dient der Datenverwaltung, der Erstellung statistischer und graphischer Darstellungen und trägt die Ergebnisse auf der Zeitachse auf. Es bietet jedoch ebenfalls die Durchführung von t-Tests mit Hilfe des Octotrendprogrammes, eine Analyse mit Kommentar mit dem Octosmartprogramm und der Erstellung kumulativer Kurven.

Verschiedene statistische und graphische Darstellungen und t-Tests bietet das Delta-Programm. Hierbei handelt es sich um ein Auswertungsprogramm für Octopus-Gesichtsfelder auf Großcomputern.

2.2.6 Einfluss von Katarakt auf das Gesichtsfeld

Die Katarakt ist die weitaus häufigste Medientrübung. Bei Auftreten einer Katarakt erleidet das Gesichtsfeld eine konzentrische Einengung der Grenzen. Im betroffenen Auge beeinträchtigt sie alle Netzhautfunktionen und verhindert somit die klare Beurteilung des Gesichtsfeldes.

Skotome, wie sie mit größeren Prüfmarken in der Peripherie gemessen werden können, werden damit kleiner (Anderson 1987; Niesel et al. 1978). Genauso nehmen zentraler liegende Skotome ab, insbesondere, wenn sie einen Durchmesser von weniger als 4 bis 6° haben, wie beim frühen Glaukom typischerweise beobachtet wird (Guthauser et al. 1987). Die meistens kleinen Bjerrum-Skotome können daher bei Entwicklung einer Katarakt verschwinden bzw. erst gar nicht erkannt werden. Es liegt dann der Umstand vor, dass eine sich zum Glaukom gesellende Katarakt die Besserung eines Glaukoms

vortäuscht oder eine positive Glaukomdiagnose nicht zulässt. Daher ist es notwendig bei der Betreuung von Glaukompatienten bzw. bei Patienten mit Glaukomverdacht, den Zustand der Linse zu beobachten (Niesel et al. 1982).

Typisch für eine Katarakt ist die diffuse Herabsetzung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit, wie sie sich in der Zunahme des Index MD äußert (Augustiny et al. 1985; Guthauser et al. 1985). Weitere Indizes, die sich unter dem Einfluss einer Katarakt verändern sind die MS und die CLV.

3 Patientengut und Methode

Die in Teil 4 der vorliegenden Arbeit dargestellten Ergebnisse basieren auf der retrospektiven Längsschnittstudie der in den Jahren 1985 bis 2006 an der Universitätsaugenklinik Würzburg langfristig durchgeführten Gesichtsfelduntersuchungen an Patientenaugen mit Glaukomerkrankung.

3.1 Patientengut

Grundlage der vorliegenden Arbeit sind die Ergebnisse von Gesichtsfelduntersuchungen, die mit dem Octopus-Perimeter in der Klinik und Poliklinik für Augenranke der Julius-Maximilians-Universität Würzburg durchgeführt wurden. Dabei wurden alle Patienten mit der klinischen Diagnose Glaukom, deren Gesichtsfeld über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren regelmäßig untersucht wurde, in einer Datenbank erfasst.

Anhand der Patientenakten wurden die für diese Studie relevanten Befunde und Gesichtsfelddaten eines jeden Octopus-Gesichtsfeldes tabellarisch aufgenommen. Es wurden sowohl Patienten einbezogen, die sich hier vollständig in Behandlung befanden, und somit Diagnose, Kontrolluntersuchungen und die Therapie der Glaukomerkrankung hier stattfanden, als auch solche Patienten, bei welchen die Diagnose auswärts gestellt wurde und nur die Kontrolle und Therapie in der Klinik und Poliklinik für Augenranke vorgenommen wurden. Die Studie bezieht sich auf Gesichtsfelder von Patientenaugen, die sich im Anfangsstadium der Erkrankung befanden, wie auch auf Gesichtsfelder von solchen, deren glaukomatöse Defekte bereits weiter vorangeschritten waren. Die zeitlichen Intervalle zwischen den Gesichtsfelduntersuchungen waren sowohl unter den 52 Patienten unterschiedlich als auch zum Teil bei den einzelnen Patienten selbst.

Die Studie umfasst insgesamt 52 Patienten, wovon in 50 Fällen auch beide Augen an einem Glaukom erkrankt waren. Bei zwei Patienten war nur ein Auge vorhanden. Es ergaben sich 98 zu untersuchende Augen, die das Kriterium erfüllten, über einen

Zeitraum von mindestens drei Jahren mit dem Octopus perimetrisch erfasst worden zu sein.

3.2 Methode und Statistik

Es müssen zunächst die Differenzialdiagnose und die Verlaufskontrolle als zwei grundsätzliche Fragestellungen beim Glaukomgesichtsfeld unterschieden werden. Für die Diagnostik von glaukomatösen Fröhschäden ist die Topographie der Schäden, der die grobe Orientierung am retinalen Nervenfaserverlauf gemeinsam ist, besonders zu beachten. Für die Verlaufskontrolle der Glaukomerkrankung ist die Topographie jedoch weniger von Bedeutung, da sich die Schädigung über alle Anteile des Gesichtsfeldes erstreckt (Weber 1992). Es mag die Analysen vereinfachen, dass die numerischen dB-Werte des Patienten an dem alterskorrigierten Normalwert jedes einzelnen Prüfpunktes gemessen werden. Die Komplexität, die sich jedoch hinter den ausgedruckten Gesichtsfeldkarten verbirgt, macht es bei der Beurteilung von Gesichtsfeldkarten schwierig, die Signifikanz der einzelnen erhobenen Schwellenwerte zu beurteilen.

3.2.1 Octopus-Perimeter

Die Gesichtsfelduntersuchungen wurden mit dem Glaukomprogramm G 2 des Octopus 101 der Firma Interzeag durchgeführt. Untersucht wurde das zentrale 30° Gesichtsfeld bei 59 Prüfpunkten. Es wurde ein Stimulus der Größe III verwendet bei einer Darbietungszeit von 0,1 ms und einer Umfeldhelligkeit von 4 asb. Die Empfindlichkeitsbestimmung erfolgte mithilfe der dynamischen Strategie (Weber, Klimaschka 1995).

Die Untersuchung wurde in vier Stufen durchgeführt (Funkhauser, Fankhauser 1989). Das Stufenkonzept ermöglicht es die Gesichtsfeldprüfung in modular aufgebauten Schritten durchzuführen und besteht aus einer Reihe diagnostisch relevanter Stufen, die jeweils eine Gruppe von Prüfpunkten erfassen. Entsprechend der dynamischen Strategie wurde jede Stufe vollständig durchgeführt bevor die nächste begann. Den für eine Glaukomerkrankung diagnostisch wichtigsten Prüfpunkten wurde dabei, durch das G2-Programm festgelegt, Vorrang gegeben. Somit erfolgte der wesentliche Teil der

Gesichtsfeldprüfung zu Beginn der Untersuchung, wenn der Patient noch in guter Verfassung war.

In jeder Untersuchung wurden Fangfragen auf falsch positives und falsch negatives Verhalten eingestreut. Lag die Rate von falsch positivem oder falsch negativem Verhalten bei 15 Prozent oder höher, wurde das jeweilige Gesichtsfeld von der Studie ausgeschlossen.

Ein Untersuchungsgang dauerte pro Auge circa fünf Minuten.

Gesichtsfelduntersuchungen, die vor dem Jahr 2001 stattfanden, wurden mit dem Glaukomprogramm G1 des Octopus 201 durchgeführt (Flammer et al. 1987; Messmer, Flammer 1991). Die Untersuchung mit dem Octopus 201 umfasste nasal 56° des Gesichtsfeldes, temporal 50°, kranial 40° und kaudal 48°, bei einer Anzahl von insgesamt 73 Prüfpunkten.

3.2.2 Erfassung und Anordnung der Daten

Bei der Erfassung der Daten wurden von jeder Gesichtsfelduntersuchung jedes einzelnen Patienten der entsprechende MD-Wert, die Anzahl der absoluten Skotome sowie die Anzahl der Perzentilen der korrigierten Wahrscheinlichkeitskarten in den Abstufungen $p < 5$, $p < 2$, $p < 1$ und $p < 0,5$ dokumentiert.

Die einzelnen Abstufungen der Perzentilen aus den Wahrscheinlichkeitskarten wurden gemäß der Ausprägung des Defektes mit einem Score belegt und für jedes Gesichtsfeld summiert: Prüfpunkte mit $p < 0,5$ gingen vierfach ein, $p < 1$ dreifach, $p < 2$ zweifach und $p < 5$ einfach. So ergibt sich aus jeder Wahrscheinlichkeitskartendarstellung ein so genannter P-score.

Die Gesichtsfelder, die mit dem Octopus 201 zustande kamen, liegen nicht in der Wahrscheinlichkeitskartendarstellung vor, so dass die Beobachtung des Langzeitverlaufes eines P-scores bzw. der einzelnen Wahrscheinlichkeitswerte erst ab der ersten Untersuchung mit dem Octopus 101 möglich war.

Erfasst wurde ebenfalls der aktuelle Augeninnendruck, der zum Zeitpunkt jeder Gesichtsfelduntersuchung gemessen wurde. Die Messung erfolgte mittels Applanationstonometrie nach Goldmann.

Ebenso aufgenommen wurden augeninnendrucksenkenden Laserbehandlungen und Operationen sowie Kataraktoperationen, die innerhalb des jeweiligen Beobachtungszeitraumes des Patienten durchgeführt wurden.

Es erfolgte eine Einteilung aller Patientenaugen in Defektklassen gemäß dem MD-Wert, der zu Beobachtungsbeginn ermittelt wurde. Die Augen wurden demnach wie folgt unterteilt:

1. Patientenaugen mit einem anfänglichen MD-Wert von weniger als 5 dB
2. Patientenaugen mit einem anfänglichen Wert von 5 dB bis 9,9 dB
3. Patientenaugen mit einem anfänglichen Wert von 10 dB bis 14,9 dB
4. Patientenaugen mit einem anfänglichen Wert von 15 dB bis 19,9 dB
5. Patientenaugen mit einem anfänglichen MD-Wert von 20 dB oder mehr

3.2.3 Datenanalyse

Um individuell die Verläufe und das langfristige Verhalten der drei Parameter darzustellen, wurden die erfassten Daten für alle 98 Augen in einzelnen Grafiken für jedes Auge gegen die Zeit aufgetragen.

Wie bereits für die einzelnen Augen durchgeführt, wurden die Verläufe von MD-Wert, P-score und der Anzahl der absoluten Skotome für jede der fünf Gruppen graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Gesichtsfelduntersuchungen aller Augen innerhalb einer Gruppierung wurden jeweils gemittelt. Dies erfolgte zu definierten Messzeitpunkten. Durch dessen Festlegung konnten die Untersuchungsreihen in einheitlichen Zeitintervallen angeordnet werden. Der erste Messzeitpunkt umfasst das erste halbe Jahr, der zweite den Zeitraum vom ersten halben Jahr bis zum ersten Jahr, der dritte den Zeitraum vom ersten bis zum zweiten Jahr, bis hin zum zehnten Messzeitpunkt. Nach

neun Jahren umfasste das Kollektiv nur noch weniger als zehn Patientenaugen, so dass die Analysen bis zum neunten Jahr durchgeführt wurden.

In identischer Art und Weise wurden die Werte für alle 98 Augen gemittelt und der Verlauf ebenfalls graphisch dargestellt.

Für jedes der 98 Patientenaugen wurde ebenfalls jeweils ein Diagramm erstellt, in welchem der Verlauf der MD-Werte mit den dazugehörigen aktuellen Druckwerten dargestellt ist.

Sämtliche statistische Analysen der Patientendaten, auch unter dem Aspekt der operativen Drucksenkung (unter Punkt 3.2.4 beschrieben), wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 14.0 für Windows® durchgeführt. Die Diagramme wurden auf der Basis der so ermittelten Werte mit dem Programm Microsoft Excel® erstellt.

3.2.4 Operationen

Um zu erkennen, inwieweit sich sowohl die durchgeführten drucksenkenden Operationen und Laserbehandlungen als auch die Katarakt-Operationen auf das Gesichtsfeld bzw. auf den IOD auswirken, wurden diese in den Diagrammen der einzelnen Patientenaugen zu den entsprechenden Zeitpunkten vermerkt. Es wurden die prä- und postoperativen Augeninnendruck- und Gesichtsfeldbefunde aller einzelnen Patientenaugen analysiert. Hierfür wurden die Augen nicht nur nach ihren Anfangs-MD-Werten eingeteilt, sondern auch nach der Art der Glaukomerkrankung sowie auch nach dem Ausmaß der Augeninnendrucksenkung.

3.2.4.1 Kataraktoperationen

Durch das Einpflanzen einer Kunstlinse wird das Auge dem präoperativen, jugendlichen Zustand wieder angeglichen, so dass ein wieder normalisiertes Gesichtsfeld zu erwarten ist (Bron 1988). Verschiedene Untersuchungen bestätigen den alltäglichen klinischen Eindruck, dass nach einer Operation mit Einpflanzung einer Intraokularlinse das

Gesichtsfeld die Konfiguration des jugendlichen Normalauges wieder gewonnen hat (Leonardi et al. 1985; Obstbaum 1986; Tixi et al. 1985).

Die Kataraktoperationen wurden extrakapsulär mit der Phakoemulsifikationstechnik vorgenommen.

Beim Auftreten eines Nachstars, der nach einer extrakapsulären Katarakt-OP durch Fibrosierung der Hinterkapsel oder durch zurückgebliebene Linsenepithelzellen entstehen kann, wurden Kapsulotomien unter Anwendung eines Neodym-YAG-Lasers durchgeführt.

3.2.4.2 Drucksenkende Operationen und Laserbehandlungen

Alle Glaukomerkrankungen müssen behandelt werden mit dem Ziel, die visuelle Funktion des Patienten zu erhalten und dies bei akzeptablen Nebenwirkungen und Kosten. Unstrittig ist auch die Behandlungsindikation beim Normaldruckglaukom. Alle verfügbaren Therapieoptionen zielen auf eine Senkung des Augeninnendruckes ab, so dass das Therapieziel in der Regel als Zieldruck beschrieben werden kann. Der individuelle Zieldruck sollte dem Augeninnendruck entsprechen, bei dem es nicht zu einer Progression des Gesichtsfeldverlustes und des glaukomatösen Sehnervenschadens kommt. Der individuelle Zieldruck hängt zum einen vom Ausgangsdruck ab, zum anderen auch vom Risikoprofil des Patienten. Ein Therapiekonzept, das sich nach dem Zieldruck der Obergrenze des statistischen Normbereiches orientiert, etwa 21 mmHg, ist in vielen Fällen sicher unzureichend, vor allem beim Normaldruckglaukom. Trat der glaukomatöse Schaden bei einem Druck von 35 bis 50 mmHg auf, kann ein Zieldruck von 21 mmHg ausreichen. Die Drucksenkung ist aber wahrscheinlich unzureichend, wenn der Glaukomschaden bei bereits 23 mmHg aufgetreten ist. Die Anwendung des „halbschematischen Drucksenkungskriteriums“ bietet eine Orientierungshilfe: Danach soll der IOD gegenüber dem Ausgangsdruck, bei dem eine Schädigung aufgetreten ist, um mindestens 20 Prozent gesenkt werden, gleichzeitig darf der Wert von 21 mmHg nicht überschritten werden (Grehn 1997). Zum Teil wird sogar eine stärkere IOD-Senkung auf 50 Prozent des Ausgangsdruckes gefordert (Hitchings 1998). Diese ermittelten Zieldrücke müssen im Verlauf korrigierbar sein. Letztendlich muss der

Augeninnendruck soweit gesenkt werden, bis das eigentliche Therapieziel, das heißt bis zur Stabilisierung des Gesichtsfeld- und Papillenbefundes, erreicht ist. Daher kann es sein, dass der Zieldruck erst nach mehreren Kontrolluntersuchungen feststeht. In der Vergangenheit wurde in Studien die Effektivität der drucksenkenden Glaukomtherapie oft als kritisch beurteilt.

Die Indikation für eine operative Therapie war gegeben, wenn eine Progredienz der Erkrankung unter konservativer Therapie stattfand oder das Erreichen des Zieldruckes auf konservative Weise unrealistisch war. Eine mangelnde Compliance und ein sehr weit fortgeschrittenes Stadium der Erkrankung bei hohem Augeninnendruck waren weitere Faktoren, die auch gegebenenfalls für eine operative Intervention sprachen. Des Weiteren waren auch der Patientenwunsch selbst zu berücksichtigen, wenn die medikamentöse Therapie gravierende Auswirkungen auf die Lebensqualität des Patienten hatte oder der Patient auch ganz ohne Beschwerden nach langjähriger Medikation eine Operation präferierte.

Speziell für die primär operative Therapie war die wichtigste Veranlassung ein primär hoher Augeninnendruck mit einer nachgewiesenen Progression des Papillenschadens und der Gesichtsfeldausfälle.

Argon- Laser- Trabekuloplastik (ALT)

Es handelt sich um eine Behandlung des Trabekelmaschenwerkes durch Laserapplikation. 80 bis 100 Laserherde mit einem Durchmesser von 50 µm und einer Dauer von 0,1 Sekunden werden auf die gesamte Zirkumferenz im vorderen Anteil des Trabekelwerkes gesetzt. Ziel des Eingriffes ist, durch die Lasernarben eine narbige Kontraktion zu bewirken, die in den Zwischenräumen zu einer Aufdehnung des Trabekelwerkes mit Abflussverbesserung führt. Die Laserbehandlung des Kammerwinkels ist nur bei offenem Kammerwinkel möglich. Es kann eine Drucksenkung von 5 bis 8 mmHg für etwa zwei Jahre erreicht werden, jedoch ist die Drucksenkung nicht immer ausreichend.

Trabekulektomie (TET)

Zugrunde liegendes Prinzip der Trabekulektomie ist die Ableitung des Kammerwassers von der Vorderkammer durch eine Skleraöffnung vorbei am Trabekelwerk unter die

Bindehaut, wo es von den Venen und Lymphgefäßen aufgenommen wird. Durch das absickernde Kammerwasser wird die Bindehaut vorgewölbt und es entsteht ein so genanntes Sickerkissen. Bei der Operation wird nach Präparation der Bindehaut ein rechteckiger Skleralappen präpariert. Anschließend wird ein Blöckchen Sklera und Trabekelwerk im Kammerwinkel entfernt. Der zuvor präparierte Skleralappen wird wieder locker fixiert und mit Bindehaut gedeckt. Durch kurzzeitiges Einwirken und/oder die subkonjunktivale Applikation eines Antimetaboliten, wie Mitomycin C (MMC) oder 5-Fluorouracil, werden die postoperative Wundheilung und die Narbenbildung gehemmt und die Filtrationswege offen gehalten.

Gelingt es nicht den Augeninnendruck medikamentös oder durch eine ALT zu senken oder ist das Glaukom sehr weit fortgeschritten, ist die Indikation einer solchen Filtrationsoperation gegeben.

Zyklokryotherapie

Hierbei werden Teile des Ziliarkörpers durch die Sklera hindurch mit Kälte behandelt, so dass durch Atrophie des kammerwasserproduzierenden Gewebes der Augendruck sinkt. Der Eingriff kann wiederholt werden, wobei sich die Wirkung der Eingriffe addiert.

Zyklophotokoagulation

Die Zyklophotokoagulation bewirkt ebenfalls eine Atrophie des Ziliarkörpers, nicht jedoch durch Kälte, sondern durch Laser-Pulse hoher Energie. Es handelt sich um ein neueres Therapieverfahren, welches es ermöglicht die Atrophie des Ziliarkörpers schonender für das Auge herbeizuführen.

Zyklodialyse

Ziel der Zyklodialyse ist, das Kammerwasser durch einen Spalt in den supraziliären Raum zu leiten. Hinter dem Limbus wird die Sklera bis auf den Ziliarkörper inzidiert. Die Sklera wird mit einem Spatel vom Ziliarkörper separiert und der Spatel in die Vorderkammer geschoben. In dem abgelösten Areal atrophiert der Ziliarkörper mit der Konsequenz, dass die Kammerwasserproduktion reduziert wird. Dieses Verfahren wird heute nur noch in sehr seltenen Fällen durchgeführt.

Trabekulotomie

Indikation der Trabekulotomie sind kongenitale und juvenile Glaukome. Bei diesem Eingriff wird der Schlemm-Kanal zur Vorderkammer hin eröffnet. Durch einen radiären Einschnitt über dem Kammerwinkel wird der Schlemm-Kanal unter einem Skleradeckel eröffnet. Eine gebogene Sonde wird in den Schlemm-Kanal eingeführt und in Richtung Kammer geschwenkt. Die innere Wand des Kanals, das Trabekelwerk und davor liegendes embryonales Gewebe wird zerrissen und der Abflussweg für das Kammerwasser geöffnet.

Goniotomie

Die Indikation für die Goniotomie entspricht der Trabekulotomie. Hier wird unter Sichtkontrolle mittels Gonioskopielinse der Kammerwinkel mit einer kleinen Lanzette von der Gegenseite und von innen eröffnet. Die Hornhaut muss allerdings klar und die Kammerwinkelstrukturen gut zu erkennen sein.

Neodym-YAG-Laser-Iridotomie

Als kausale Therapie eines Winkelblockglaukoms wird ein Shunt zwischen Vorder- und Hinterkammer an der Irisbasis angelegt. Ohne das Auge zu eröffnen, wird mit dem YAG-Laser durch Gewebszerreiung eine Öffnung in der peripheren Iris geschaffen.

Periphere Iridektomie

Bei der peripheren Iridektomie handelt es sich um einen chirurgischen, bulbuseröffnenden Eingriff. Hier wird der Vorder-Hinterkammer-Shunt durch eine basale Irisausschneidung am Limbus geschaffen. Eine Indikation für diese chirurgische Methode ist gegeben, wenn die Hornhaut ödematös geschwollen und damit getrübt ist, die Iris von ihrer Beschaffenheit her sehr dick ist oder durch eine Vertiefung der Vorderkammer zusätzlich Goniosynechien gelöst werden sollen. Diese Situationen können nicht mit dem Laser behandelt werden. Die dauerhafte Öffnung der Shuntverbindung ist hier besser, da die kleine Öffnung, die durch den Laser angelegt wird, schnell wieder verwachsen kann.

Standardeingriff beim primären Offenwinkelglaukom ist nach wie vor die Trabekulektomie. Nicht-perforierende Operationsmethoden sind bei der Risikoarmut, die ihnen unterstellt wird, jedoch auch deutlich schwächer augeninnendrucksenkend. Somit ist die Trabekulektomie bei Betrachtung der augeninnendrucksenkenden Wirkung und Risikoprofil bei unausgesuchten Fällen des primären Offenwinkelglaukoms an erster Stelle. In Fällen von kongenitalen oder zum Teil auch bei juvenilen Glaukomen ist in erster Linie an eine Trabekulotomie zu denken.

Zeigt die Trabekulektomie als Ersteingriff eine nicht ausreichende Wirkung, ist die nächste Stufe operativer Invasivität eine Trabekulektomie verstärkt durch Antimetaboliten, wobei diese vielfach auch schon bei Primäreingriffen eingesetzt werden. Diese sind zum Beispiel 5-Fluorouracil subkonjunktival oder Mitomycin C intraoperativ. Ist der Effekt diesmal wieder unzureichend, stehen unter anderem die zyklodestruktiven Eingriffe zur Verfügung.

4 Ergebnisse

4.1 Epidemiologische Daten und allgemeine Ergebnisse

Von den 98 erfassten Patientenaugen wiesen 48 ein primäres Offenwinkelglaukom mit Hochdruck auf, 16 ein Normaldruckglaukom, 18 ein Pigmentdispersionsglaukom, neun ein Pseudoexfoliationsglaukom und sieben ein spätjuveniles Glaukom.

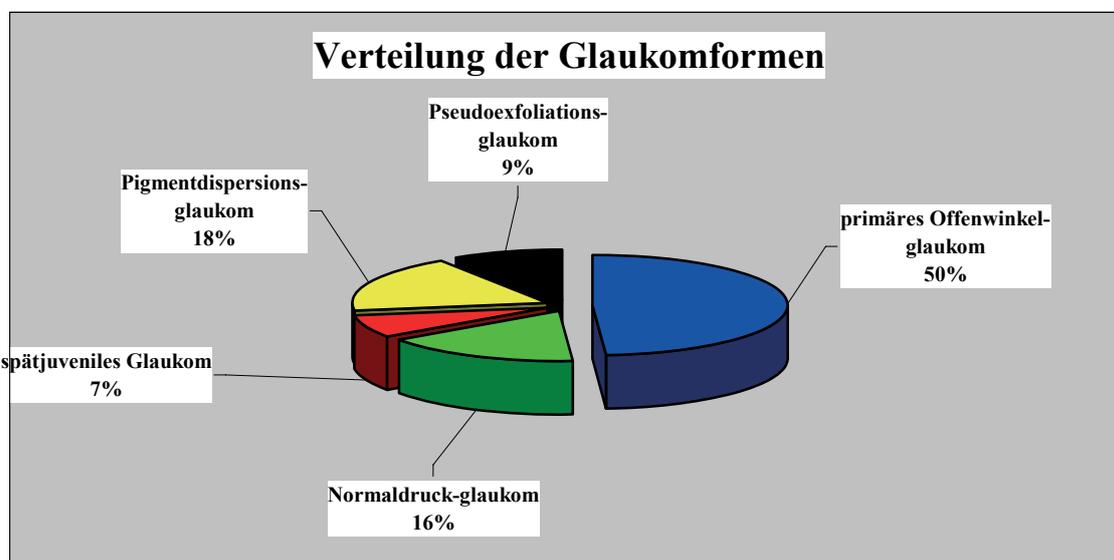


Abbildung 1: Verteilung der Glaukomformen

n=98

Der jüngste Patient ist zum Zeitpunkt der ersten Gesichtsfelduntersuchung 22 Jahre alt, der älteste 80 Jahre, insgesamt beträgt das Durchschnittsalter 55,25 Jahre. Ein deutlicher Anstieg der Inzidenz ist ab dem 40. Lebensjahr zu bemerken. Insgesamt 90 Prozent der Patienten (47) sind älter als 39 Jahre, 79 Prozent (41) sind zwischen 40 und 70 Jahre alt.

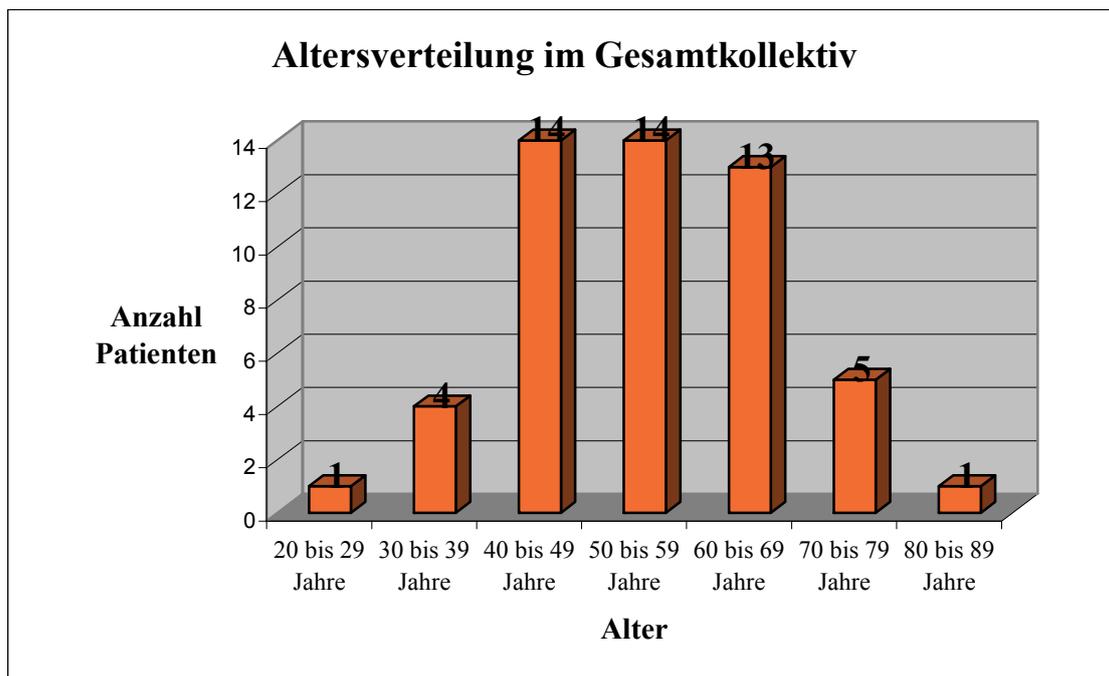


Abbildung 2: Alter der Patienten zum Zeitpunkt der ersten Gesichtsfelduntersuchung n=52

Das Patientenkollektiv stellt sich zusammen aus 30 Männern und 22 Frauen.

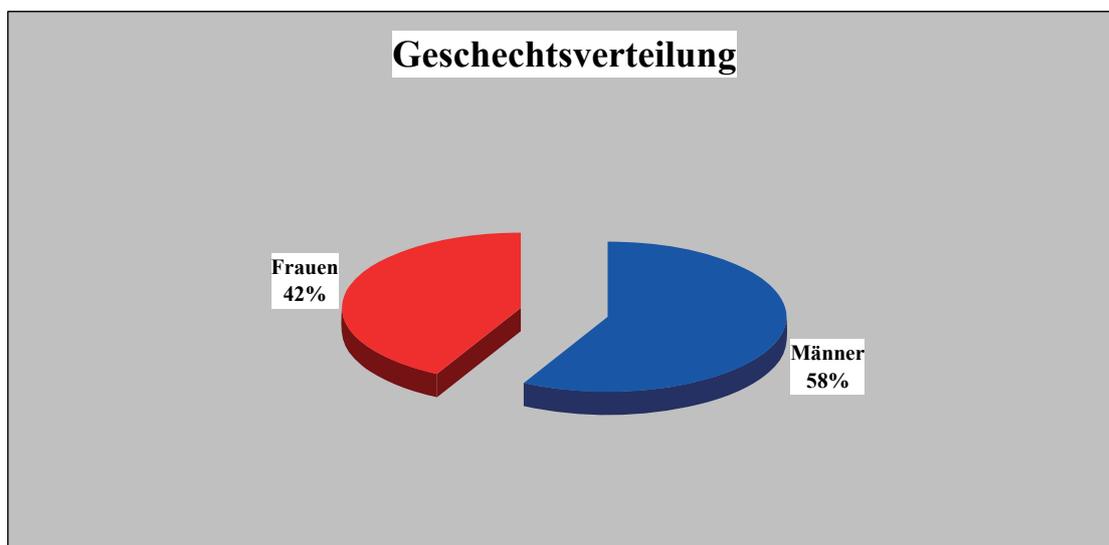


Abbildung 3: Geschlechtsverteilung des Kollektivs n=98

5,1 Prozent (10) der Patienten waren familiär vorbelastet.

4.2 Verteilung der Patientenaugen gemäß der Defektgruppen

Bei der Einteilung der Patientenaugen gemäß des Anfangsdefektes stellte sich das Kollektiv wie folgt dar: Die erste Gruppe beinhaltete mit 55 die größte Anzahl an untersuchten Augen, die zweite Gruppe umfasste 18 Augen, die dritte Gruppe 15, die vierte Gruppe neun Augen und die fünfte Gruppe ein Auge.

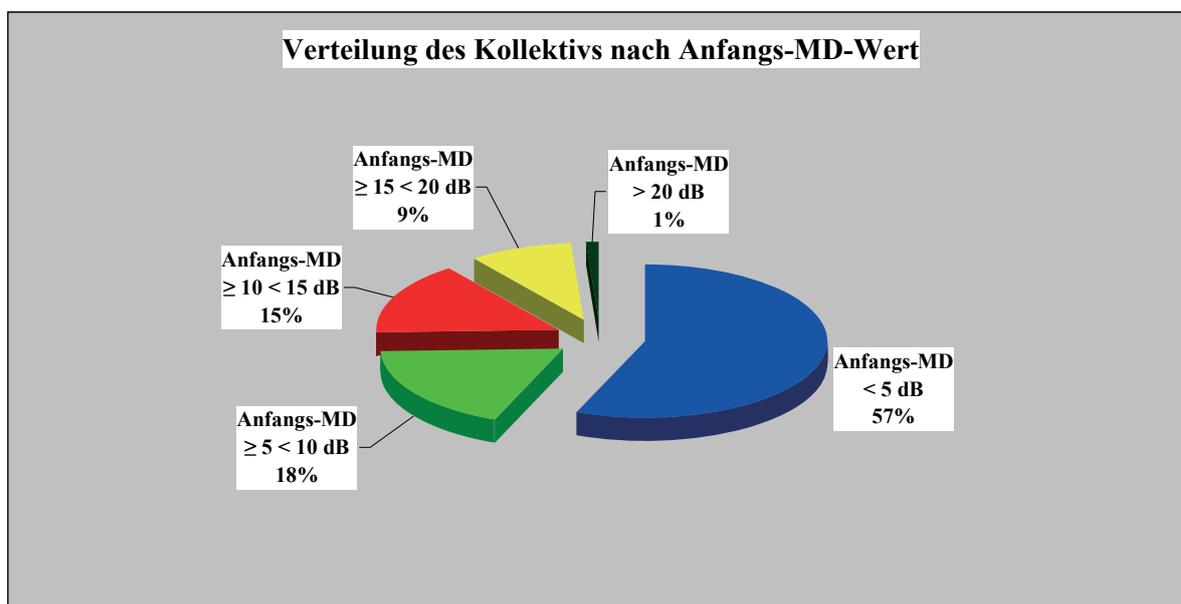


Abbildung 4: Verteilung des Kollektivs nach Anfangs-MD-Wert

n=98

Bei 19 der 46 Patienten, deren linkes und rechtes Auge beobachtet wurde, bestand zu Beginn des Beobachtungszeitraumes ein seitenungleicher Gesichtsfelddefekt.

4.3 Gesichtsfeldverläufe der einzelnen Defektgruppen

Wenn man davon ausgeht, dass der Gesichtsfeldbefund eins zu eins die Ganglien der Netzhaut exakt widerspiegelt, ist eine Verbesserung des Gesichtsfeldbefundes theoretisch unmöglich. Hier handelt es sich jedoch um die errechneten Mittelwerte von mehreren Patientenaugen, so dass auch Schwankungen größeren Ausmaßes erklärbar sind. Aber auch bei Betrachtung der Gesichtsverläufe der einzelnen Patientenaugen sind, trotz des angewendeten Ausschlusskriteriums bei Unzuverlässigkeit des Gesichtsfeldbefundes, Schwankungen zu finden. Diese sind auf Faktoren, wie eine wechselnde Verfassung des entsprechenden Patienten, den Lerneffekt oder das Stadium der Glaukomerkrankung zurückzuführen (siehe Allgemeiner Teil, Punkt 2.2.3.7). Diese Aspekte müssen berücksichtigt werden und treffen auch auf die folgenden Defektgruppen und Analysen zu.

Es fällt bei den letzten drei Defektgruppen auf, dass der über das erste halbe Jahr gemittelte Anfangswert unter dem festgesetzten „Anfangsmindest-MD-Wert“ liegt. Dies liegt daran, dass die Werte gemittelt wurden und die Gesichtsfeldbefunde der folgenden Untersuchungen vieler Patienten, die in das erste halbe Jahr hineinfielen, sich offensichtlich verbessert haben. Am Beispiel der letzten Defektgruppe, in die nur die Daten eines Patientenauges hineinfließen, lässt sich dieser Sachverhalt gut nachvollziehen.

Von den insgesamt 98 analysierten Patientenaugen wurden im Durchschnitt jeweils 13,53 Gesichtsfelder ($\pm 13,53$) erstellt. In einem Fall waren es vier Gesichtsfelder, die maximale Anzahl an erstellten Gesichtsfeldern betrug 37.

Die Gesichtsfeldverläufe der einzelnen Patientenaugen, deren Gesichtsfelddaten in den folgenden Diagrammen gemittelt wurden, sind im Anhang unter Punkt 7 zu finden.

Die Beobachtungszeiträume der Patientenaugen betragen im Durchschnitt 7,55 ($\pm 3,7$) Jahre bei einem maximalen Beobachtungszeitraum von 20,85 Jahren und einem minimalen Zeitraum, der 3,14 Jahre betrug. Somit konnte in den folgenden Verlaufsanalysen der einzelnen Gesichtsfeldparameter nicht jedes Patientenauge bis zum neunten Jahr bzw. bis zum 10. Messzeitpunkt erfasst werden, was die abfallenden

Anzahlen n , die zum zehnten Messzeitpunkt hin zu beobachten sind, erklärt. P-score-Verläufe konnten erst seit Anwendung des Octopus 101 erfasst werden.

4.3.1 Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von < 5 dB

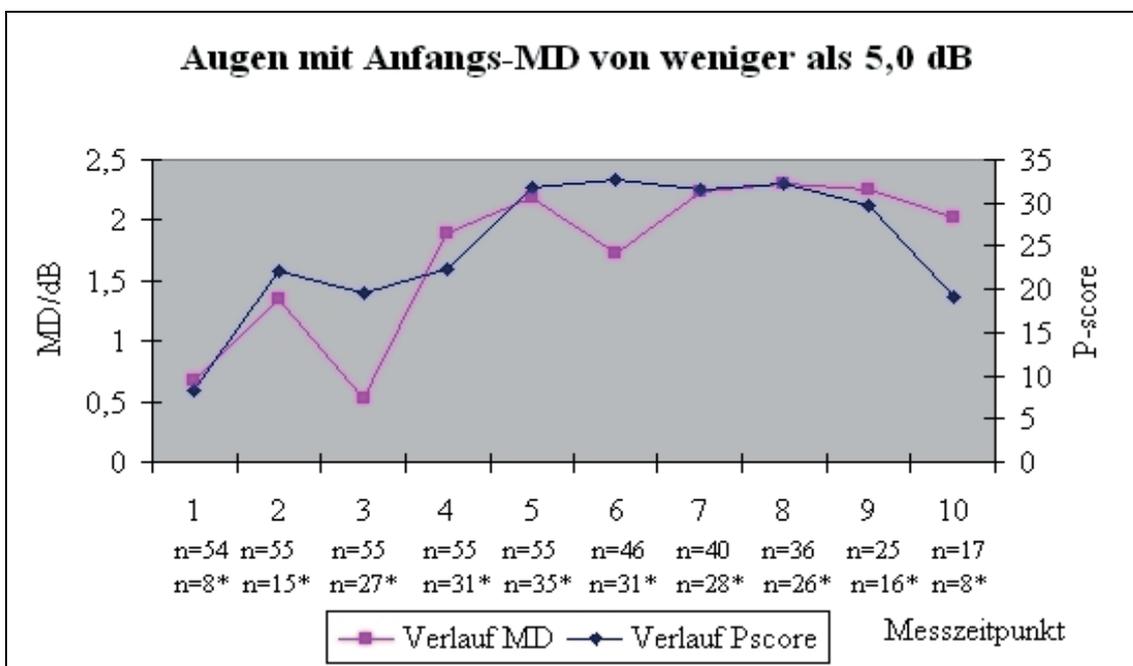


Abbildung 5 (*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

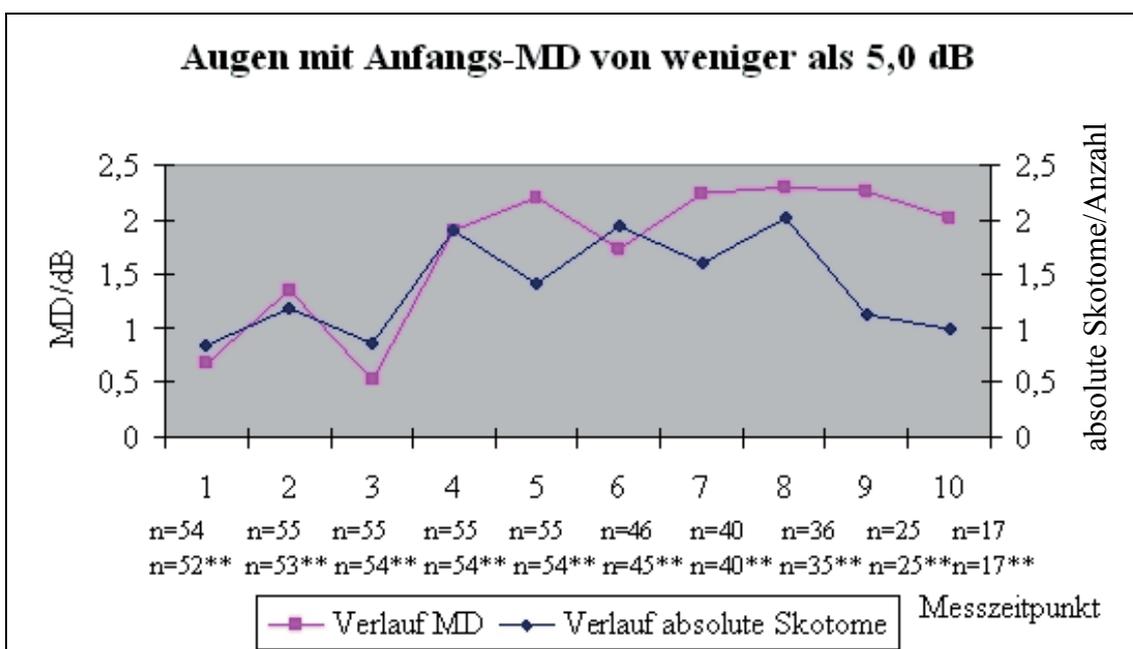


Abbildung 6 (**: Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung der Anzahl der absoluten Skotome)

In der Defektgruppe mit den anfänglich nur leichteren Gesichtsfeldschäden entsprachen bis zum fünften Messzeitpunkt, das heißt bis zum vierten Jahr, die Tendenzen von P-score- und MD-Verlauf einander, wobei der P-score allerdings nicht ganz so stark ausschlug. Im weiteren Verlauf blieb der P-score zunächst konstant und begann ab dem achten Messzeitpunkt, also dem siebten Jahr, stark abzufallen, das heißt „sich zu verbessern“. Diese Tendenz zeigte sich auch beim Verlauf des MD-Wertes, jedoch nicht ganz so ausgeprägt. Auffallend war ein zwischenzeitlicher Abfall der MD-Kurve im fünften Jahr um 0,47 dB, während der P-score nahezu konstant blieb. Der MD-Wert verschlechterte sich von anfänglichen 0,67 dB auf 2,02 dB im neunten Jahr, wobei ein Maximum mit 2,26 dB im achten Jahr zwischenzeitlich erreicht wurde. Nimmt man auch Anfangs- und Endpunkt des P-scores, stieg er von anfänglichen 8,2 auf einen Wert von letztendlich 19,1 an. Der P-score erreichte dabei einen zwischenzeitlichen Maximalwert von 32,73. Die Korrelation von MD- und P-score-Verlauf stellte sich signifikant dar ($p=0,011$).

Betrachtet man die Kurve der Anzahl der absoluten Skotome, so stellt man fest, dass diese sich bis zum dritten Jahr ganz ähnlich wie die MD-Kurve darstellte. Dann verhielten sich die Kurven beider Parameter jedoch im Rahmen von 0,61 absoluten Skotomen beziehungsweise 1,71 dB gegenläufig. Ab dem achten Messzeitpunkt fiel die Anzahl der absoluten Skotome rapide ab, während sich der MD-Wert nur leicht verbesserte. Die Korrelation von MD-Verlauf und dem Verlauf der Anzahl der absoluten Skotome stellte sich als nicht signifikant heraus ($p=0,071$).

Ein Prüfen der drei Parameter hinsichtlich der Fragestellung, ob es möglich ist, durch den P-score oder die Anzahl der absoluten Skotome die Progression eines Gesichtsfeldschadens frühzeitiger detektieren zu können als durch den MD-Wert, ergab für diese Gruppe von Patientenaugen, dass keiner der beiden Gesichtsfeldparameter gegenüber dem MD-Wert zur Beurteilung von signifikantem Vorteil ist (in beiden Fällen $p=0,206$). Im statistischen Vergleich von MD-Wert und P-score geben beide Parameter gleichermaßen Progressionen bzw. Verbesserungen wieder. Selbiges trifft auf die Gegenüberstellung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome zu.

4.3.2 Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 5 < 10$ dB

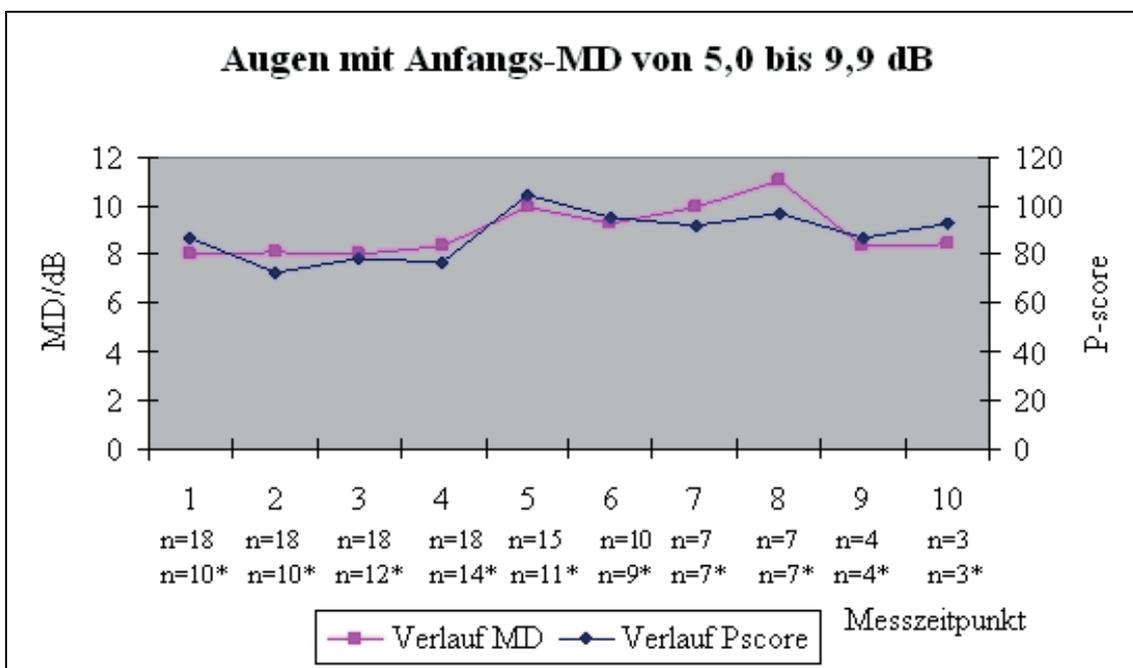


Abbildung 7 (*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

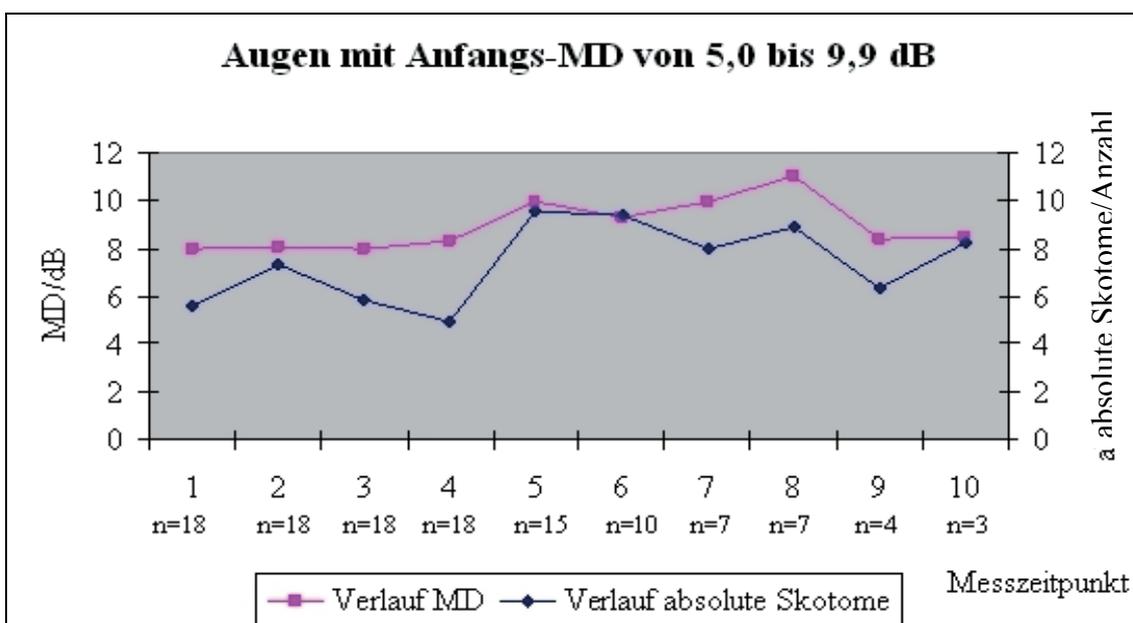


Abbildung 8 (Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome sind identisch)

In der Gruppe der Patientenaugen, die einen MD-Anfangsdefekt von mindestens 5 dB und gleichzeitig weniger als 10 dB aufwiesen, verschlechterte sich der MD-Wert insgesamt sehr leicht um knapp 0,5 dB.

Abgesehen von zwei geringfügig gegenläufigen Entwicklungen zum zweiten und zum sechsten Jahr verhielten sich MD und P-score über die gesamten neun Jahre nahezu identisch.

Während der MD-Wert über die ersten drei Jahre konstant blieb, verbesserte sich die Anzahl der absoluten Skotome insgesamt betrachtet von durchschnittlich 5,63 auf 4,9. Im vierten Jahr stieg sie wiederum stark auf 9,57 an und blieb wie die MD zunächst nahezu konstant. Bis zum neunten Jahr zeigte die Anzahl der absoluten Skotome immer wieder abwechselnd Verbesserungen und Verschlechterungen an, während die MD-Kurve zunächst leicht anstieg, schließlich auf den Wert von 8,35 dB abfiel und bis zum neunten Jahr konstant blieb.

Sowohl die Korrelation von MD- und P-score-Verlauf als auch die von MD-Verlauf und der Anzahl der absoluten Skotome erwiesen sich jeweils als signifikant (in beiden Fällen $p=0,016$).

Der MD-Wert zeigte sowohl im Vergleich zum P-score als auch zur Anzahl der absoluten Skotome eine Progression früher an, allerdings ohne Signifikanz (MD-Wert - P-score: $p=1,0$; MD-Wert - absolute Skotome: $p=0,167$).

4.3.3 Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 10 < 15$ dB

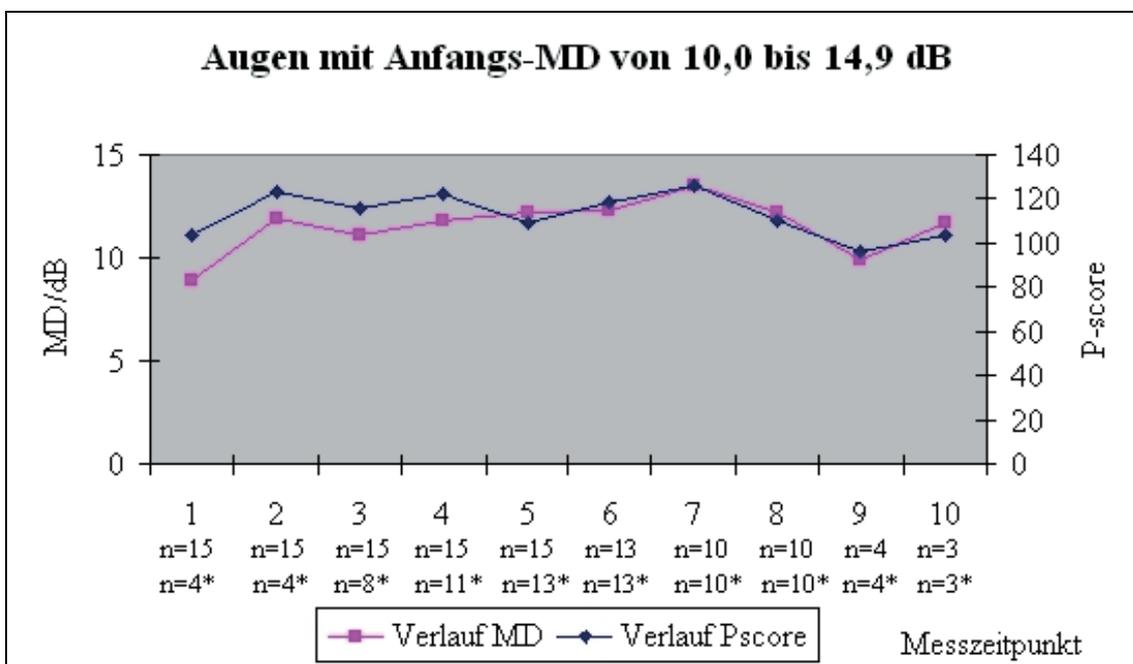


Abbildung 9 (*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

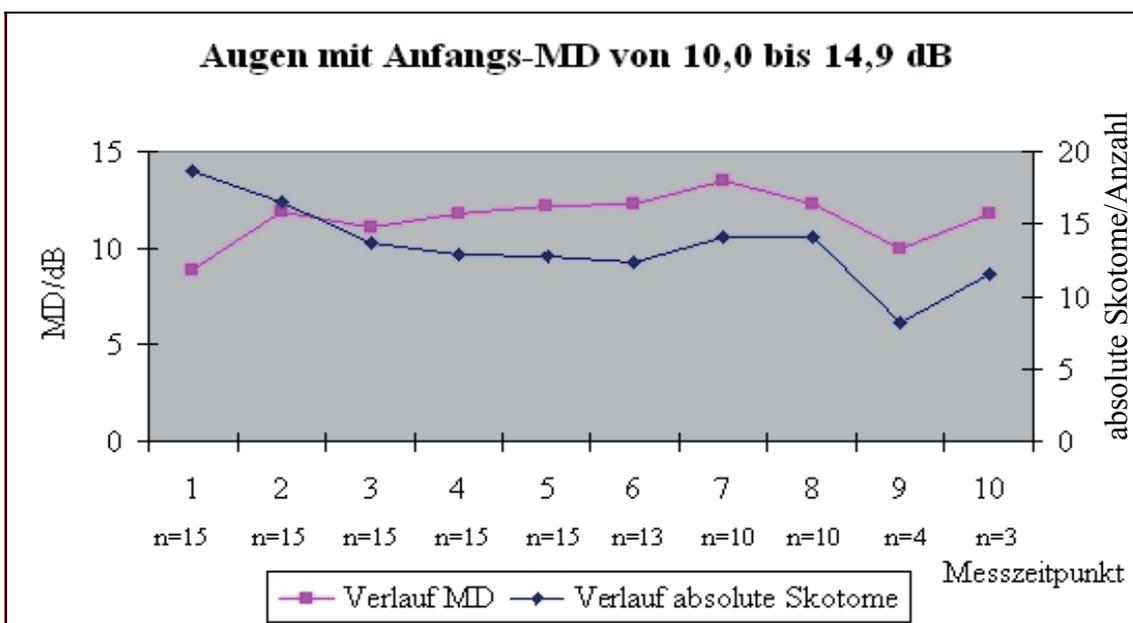


Abbildung 10 (Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome sind identisch)

Bei der Defektgruppe mit Anfangs-MD-Werten von 10 bis 14,9 dB erreichte der MD-Wert bei einem durchschnittlichen Anfangswert von 8,87 dB nach neun Jahren 11,75 dB. Die Kurve stieg über die ersten sechs Jahre fast konstant an, fiel wieder ab auf 9,92 dB und erreichte schließlich 11,75 dB im neunten Jahr.

Der P-Score betrug trotz zwischenzeitlicher Schwankungen zum Anfang und zum Ende jeweils 103. Der Verläufe der beiden Kurven hatten, abgesehen vom vierten bis zum siebten Jahr, über die gesamte Zeit die gleichen Tendenzen, wobei der P-score allerdings letztendlich trotz der Tendenzänderungen seinen Wert beibehielt. Der Verlauf der MD korrelierte mit dem Verlauf des P-scores signifikant ($p=0,027$).

Anders verhielt es sich beim Vergleich von MD und der Anzahl der absoluten Skotome: Die Korrelation der beiden Parameter ergab hier keine Signifikanz ($p=0,698$). Letztere fielen die ersten zwei Jahre von 18,67 auf 13,72 stark ab. Die Tendenz blieb, wenn auch nicht ganz so ausgeprägt, über die folgenden drei Jahre bestehen. Dann trat wieder ein leichter Anstieg ein, bis die Kurve im achten Jahr auf durchschnittliche 8,2 abfiel. Im neunten Jahr stieg sie wiederum auf 11,5 an.

Im Vergleich mit der Anzahl der absoluten Skotome stellte sich der MD-Wert in der Detektion einer Progression von geringfügigem aber nicht signifikantem Vorteil dar ($p=1,0$). Die Analyse von MD-Wert und P-score hinsichtlich der frühzeitigeren Erkennung einer Progression ergab eine Signifikanz zugunsten der MD ($p=0,048$).

4.3.4 Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 15 < 20$ dB

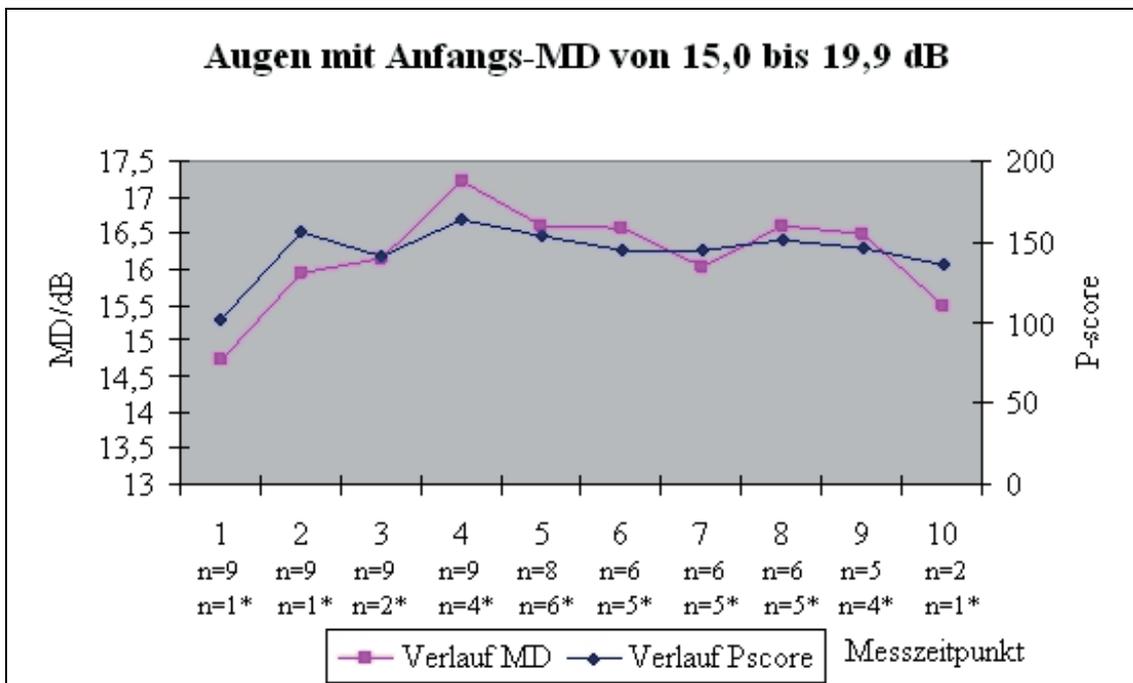


Abbildung 11 (*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

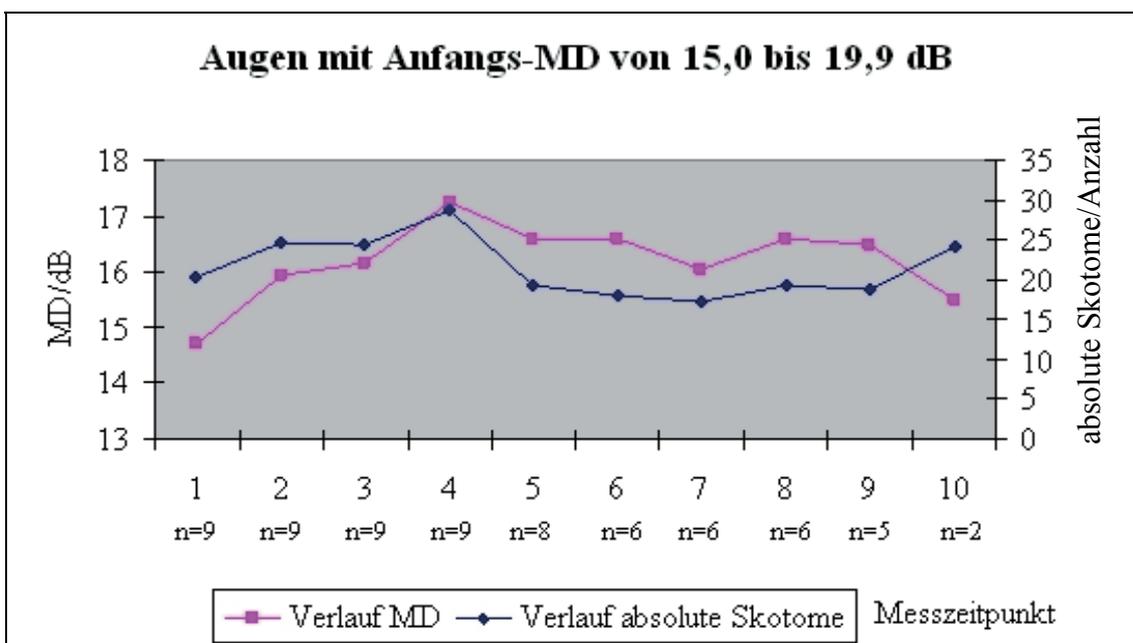


Abbildung 12 (Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome sind identisch)

Sowohl MD- Wert als auch P-score verschlechterten sich über die neun Jahre hinweg. Mit einer leichten Besserungstendenz im zweiten Jahr zeigte der P-score eine Verschlechterung von 101,67 auf 163,2 an. Er sank nach und nach bis auf einen Wert von 136 im neunten Jahr.

Ähnlich verlief die MD-Kurve: Sie stieg von einem Anfangswert von 14,72 dB bis zum dritten Jahr auf 17,23 dB und fiel dann mit einer kleinen Tendenzänderung im achten Jahr auf 15,5 dB.

Auch die Anzahl der absoluten Skotome stieg bis zum dritten Jahr um 8,27 auf eine Anzahl von 28,67, sank die darauf folgenden drei Jahre wieder und stieg bis zum neunten Jahr wieder auf eine Wert von 24 an.

Wie auch in den Gruppen der Patientenaugen mit Anfangsdefekten von weniger als 5,0 dB und 10 bis 14 dB war die Korrelation der Verläufe von MD und P-score im Gegensatz zur Korrelation von MD und der Anzahl der absoluten Skotomen signifikant ($p=0,001$; $p=0,700$).

Die Anzahl der absoluten Skotome und der MD-Wert zeigten vergleichbare Verbesserungen des Gesichtsfeldbefundes an, die keinen signifikanten Unterschied aufwiesen ($p=0,206$). Der P-score gab diese Entwicklung noch ausgeprägter wieder, so dass sich hier eine Signifikanz ergab ($p=0,048$), nicht aber was die frühzeitige Detektion einer Progression betraf, sondern die einer Verbesserung des Befundes.

4.3.5 Gesichtsfeld der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von ≥ 20 dB

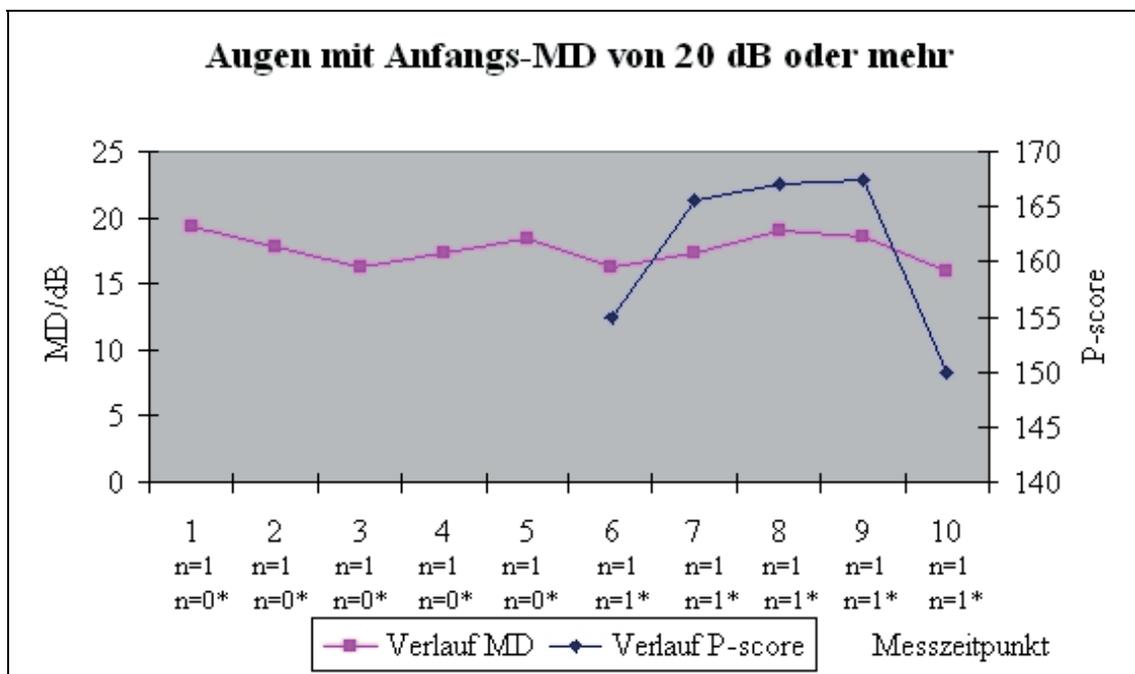


Abbildung 13 (*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

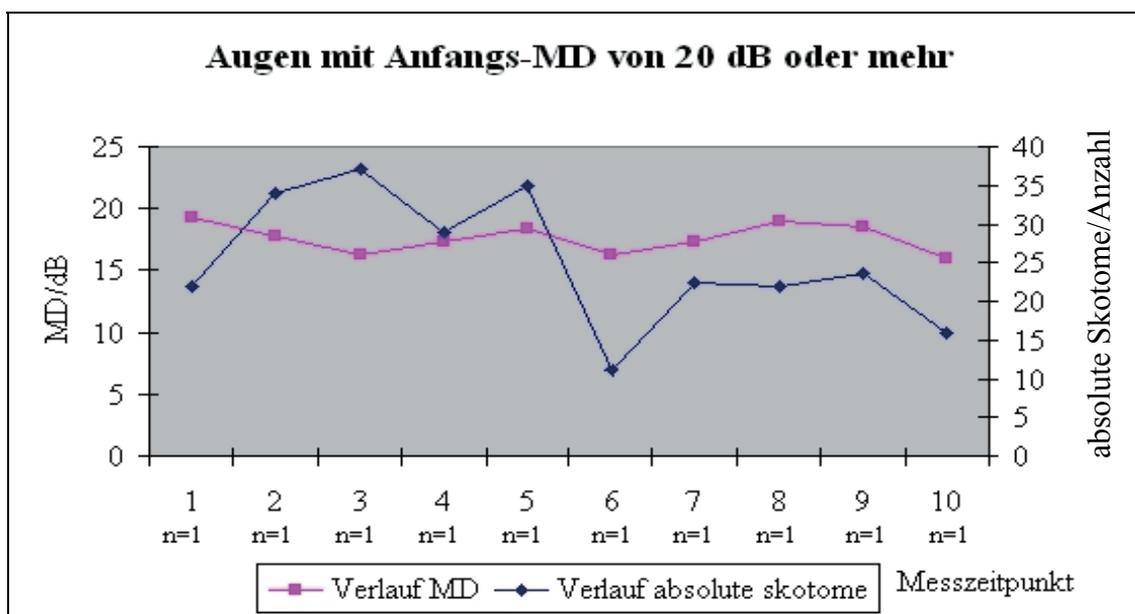


Abbildung 14 (Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome sind identisch)

In diese Defektgruppe gingen lediglich die Daten eines Patienten ein. Um die Daten trotzdem mit denen der übrigen Gruppen vergleichbar zu machen, wurden ebenfalls die Werte zu den entsprechenden Messzeitpunkten errechnet.

Bei dem Patienten fanden keine gravierenden Änderungen des MD-Wertes statt. Er blieb konstant und zeigte sogar eine leichte Verbesserung an. Der P-score, der über die letzten vier Jahre dargestellt werden konnte, stieg zunächst stark an und fiel im neunten Jahr unter seinen Anfangswert.

Die Anzahl der absoluten Skotome verhielt sich sehr inkonstant, zeigte aber insgesamt eine Befundverbesserung an.

Wieder zeigte der MD-Wert im Verlauf eine signifikante Korrelation zum P-score, zu der Anzahl der absoluten Skotome hingegen nicht ($p=0,030$; $p=0,610$).

Ebenfalls unter der Berücksichtigung, dass es sich hier nur um ein Patientenaug handelt, fielen die Analysen der MD und der Anzahl der absoluten Skotome hinsichtlich der Anzeige einer Progression ohne signifikante Ergebnisse aus ($p=1,0$). Die Intervalle zwischen den fünf letzten Messzeitpunkten, die hier einen Vergleich von P-score und MD-Wert zuließen, ergaben ebenfalls keine Signifikanz zugunsten einer der beiden Parameter ($p=1,0$).

4.3.6 Gesichtsfeldverläufe aller Patientenaugen

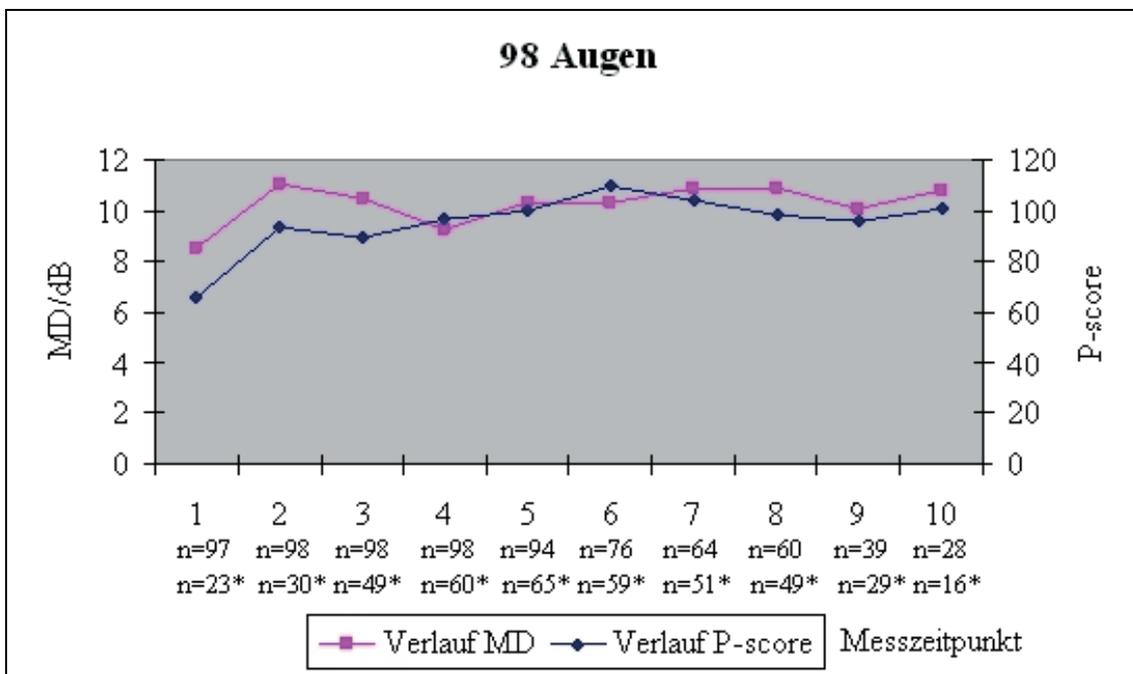


Abbildung 15

(*: Anzahl n der Patientenaugen mit P-score-Erfassung)

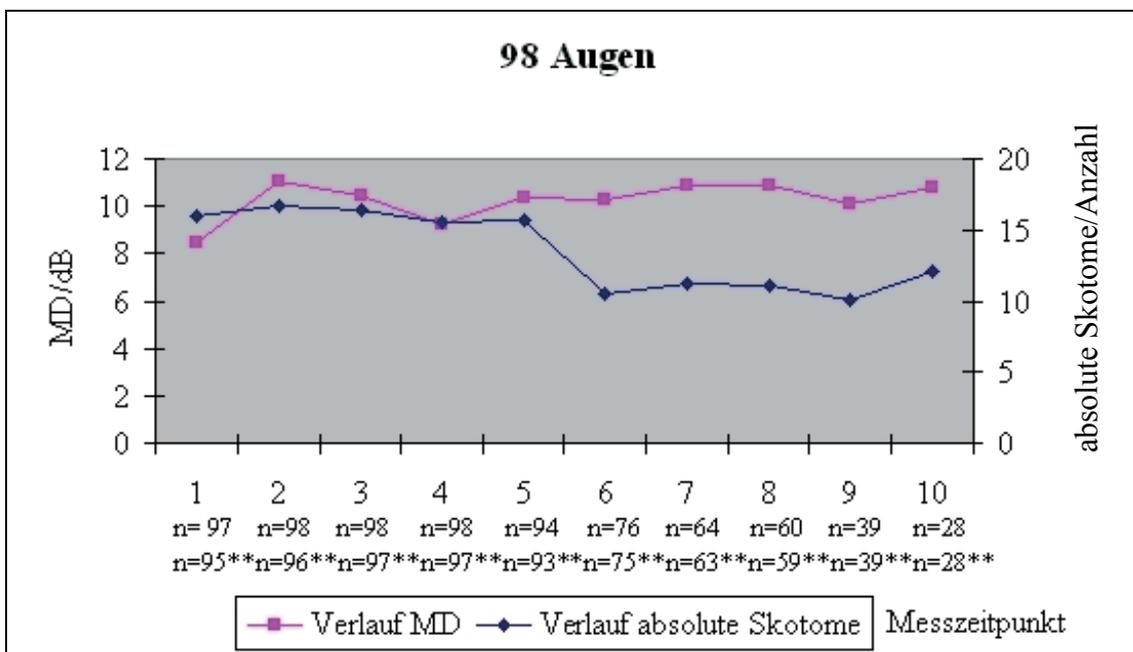


Abbildung 16 (**: Anzahl n der Patientenaugen mit Erfassung der Anzahl der absoluten Scotome)

Betrachtet man den Verlauf der gemittelten Werte aller Patientenaugen sämtlicher Defektgruppen, ließ sich erkennen, dass sowohl MD-Wert als auch der P-Score insgesamt langsam anstiegen. Der MD-Wert verschlechterte sich mit zwischenzeitlichen Schwankungen über die neun Jahre insgesamt um 2,34 dB. Der Verlauf des P-scores stellte sich konstanter dar.

Im Gegensatz zu MD und P-score zeigte die Anzahl der absoluten Skotome eine Verbesserung an. Während die Kurve über die ersten vier Jahre zunächst bei einem Wert von 15 bis 16 konstant blieb, fiel sie im fünften Jahr plötzlich ab, zeigte dann circa zehn bis elf absolute Skotome an, bis sie im neunten Jahr dann wieder auf 12,14 absolute Skotome anstieg.

MD- und P-score-Verlauf wiesen eine signifikante Korrelation auf, der Verlauf der MD und der Anzahl der absoluten Skotome dagegen nicht ($p=0,026$; $p=0,357$).

Die Analysen der Gesichtsfeldparameter hinsichtlich eines frühzeitigen Anzeigens einer Progression ließen im Vergleich von MD und P-score keine Signifikanz erkennen ($p= 0,524$). Die Untersuchung von MD-Wert und der Anzahl der absoluten Skotome ergab, dass durch ein Zählen der absoluten Skotome signifikant früher eine Verbesserung des Gesichtsfeldes erkannt wird, nicht jedoch eine Progression ($p=0,048$).

4.4 Gesichtsfeldverläufe und Druckwerte

Bei der Analyse der Gesichtsfeldbefunde in Form des MD-Wertes im Zusammenhang mit den entsprechenden Augeninnendruckwerten fiel auf, wie individuell die erforderliche Drucksenkung sein muss, um ein Ansteigen der Gesichtsfeldkurve zu verhindern und den Gesichtsfeldbefund stabil zu erhalten: Während bei einigen Patientenaugen ohne eine Druckreduzierung das Gesichtsfeld über sechs Jahre stabil bleibt (z.B. Patient 17, Auge links), wird dieses Ziel in anderen Fällen selbst bei einer Drucksenkung von auf 10 bis 12 mmHg nicht erreicht (z.B. Patient 39, Auge rechts).

Insgesamt lässt sich bei den Patienten, deren linkes und rechtes Auge betroffen waren und erfasst wurden, erkennen, dass die Trends im MD-Verlauf beider Augen meist jeweils ähnlich oder sogar identisch sind, auch was kurzzeitige Schwankungen betrifft (z.B. Patienten 9, 13, 14, 17, 20, 21, 29, 44; im Gegensatz dazu: Patient 8). Dies trifft zum Teil selbst auch dann zu, wenn die Drucksenkung in beiden Augen unterschiedlichen Ausmaßes ist (z.B. Patienten 17, 29).

Auf eventuelle Zusammenhänge zwischen Augeninnendruckschwankungen und Gesichtsfeldbefunden wurden die Befunddaten der Patientenaugen in dieser Studie nicht statistisch untersucht. Obwohl ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Schwankungen des intraokularen Druckes und einer Progression des Gesichtsfeldschadens sich nicht direkt erkennen ließ, lässt sich somit ein Zusammenhang auch nicht ausschließen. Insgesamt zeigte sich bei einer Vielzahl der Patientenaugen mit gut eingestelltem Augeninnendruck eine Verschlechterung des Gesichtsfeldbefundes. Im Gegensatz dazu wiesen auch Augen mit intraokularen Druckschwankungen stabile Gesichtsfelder auf.

Die Diagramme der einzelnen Patienten, aus denen diese Erkenntnisse gewonnen werden konnten, sind ebenfalls im Anhang unter Punkt 7 zu finden.

4.5 Therapiebezogene Ergebnisse

4.5.1 Eingriffe zur Augeninnendrucksenkung

Zur Senkung des Augeninnendrucks (IOD) waren teilweise mehrere Eingriffe nötig.

In 37 (38 Prozent) Fällen fand nur ein Eingriff statt, ein Patientenaugen (1 Prozent) wurde sechsmal operativ, beziehungsweise mit Laser, drucksenkend therapiert. Bei 13 Patientenaugen (13 Prozent) wurde eine rein medikamentöse Therapie durchgeführt. Auf 33 Patientenaugen (34 Prozent) kam zweimal eine operative Intervention zu, elf Augen (11 Prozent) wurden dreimal operiert, drei Augen (3 Prozent) viermal. Ein Augen (1 Prozent) wurde fünfmal operiert.

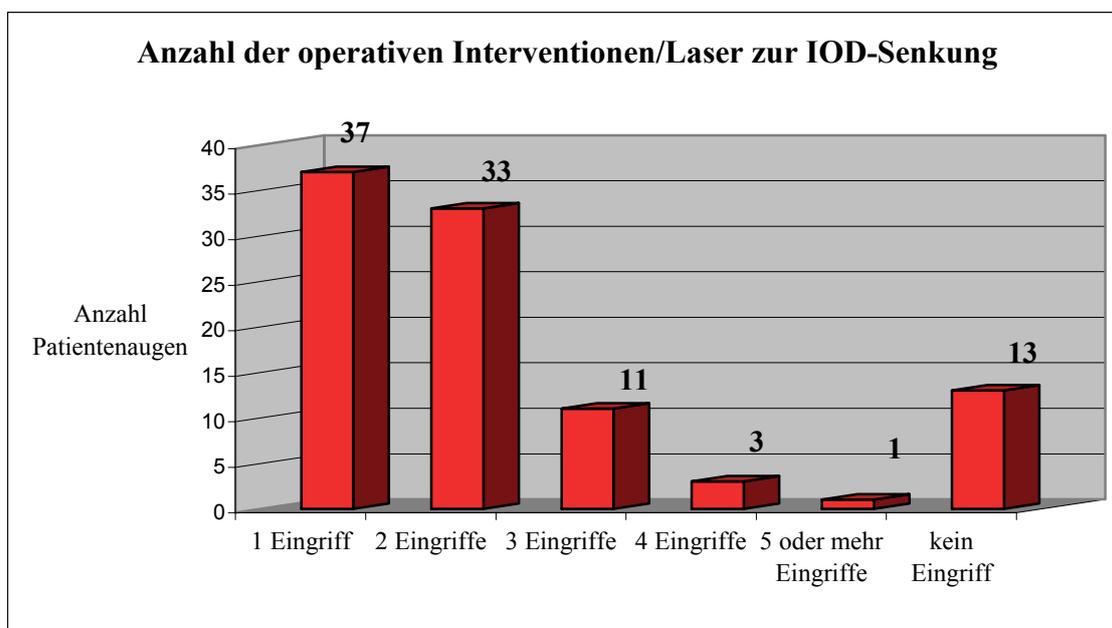


Abbildung 17: Anzahl der Intervention durch OP bzw. Lasertherapie

n=98

Die Argonlasertrabekuloplastik (ALT) konnte als der mit Abstand am häufigsten durchgeführte Erst-, Zweit und Dritteingriff identifiziert werden, gefolgt von der Trabekulektomie (TET) und der Laser-Iridotomie. Bei den Ersteingriffen wurde darüber hinaus vier Mal eine Zyklokryotherapie, zwei Mal eine TET in Kombination mit einer Trabekulotomie und ein Mal eine periphere Iridektomie durchgeführt.

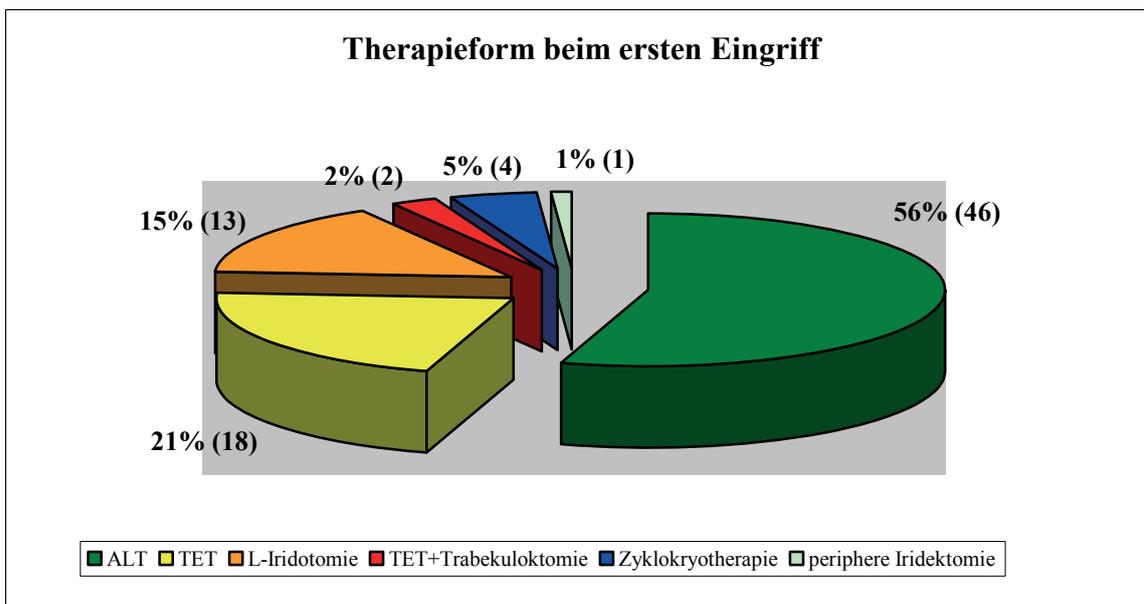


Abbildung 18: Therapieform beim ersten Eingriff

n=84

Bei 47 Zweiteingriffen handelte es sich ebenfalls, wie in der Abbildung 19 dargestellt, zum Großteil um ALT's, TET's und Laser-Iridotomien, bei den letzten vier Prozent um zwei durchgeführte Zyklorkryotherapien.

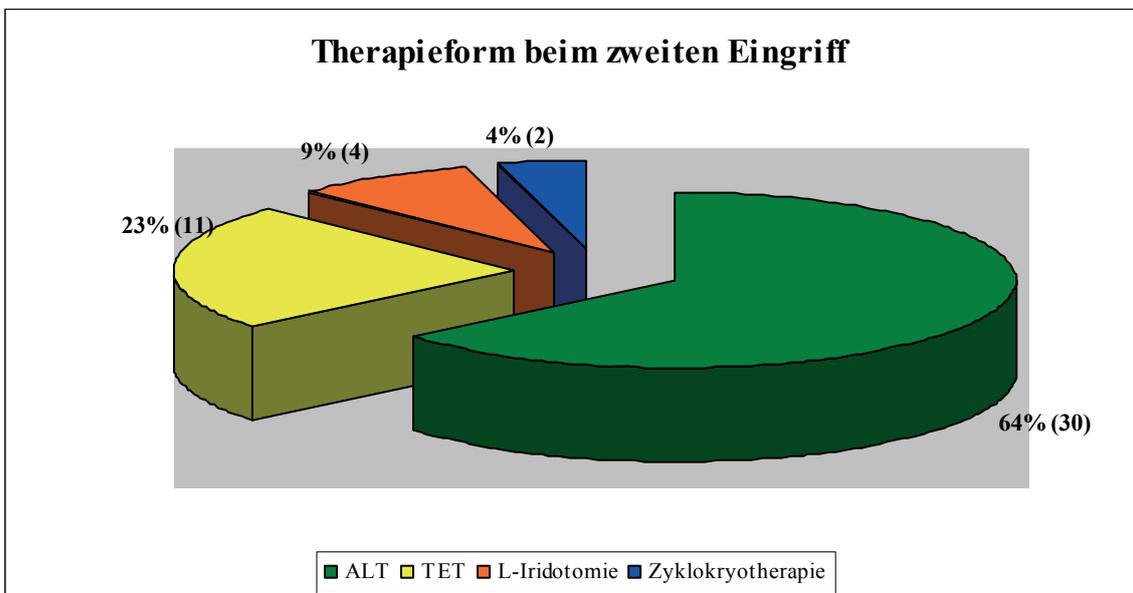


Abbildung 19: Therapieform beim zweiten Eingriff

n=47

15 Mal wurde ein dritter Eingriff durchgeführt. Hierbei handelt es sich um acht ALT's, fünf TET's, eine Laser-Iridotomie und eine Zyklorkryotherapie mit einer Transillumination.

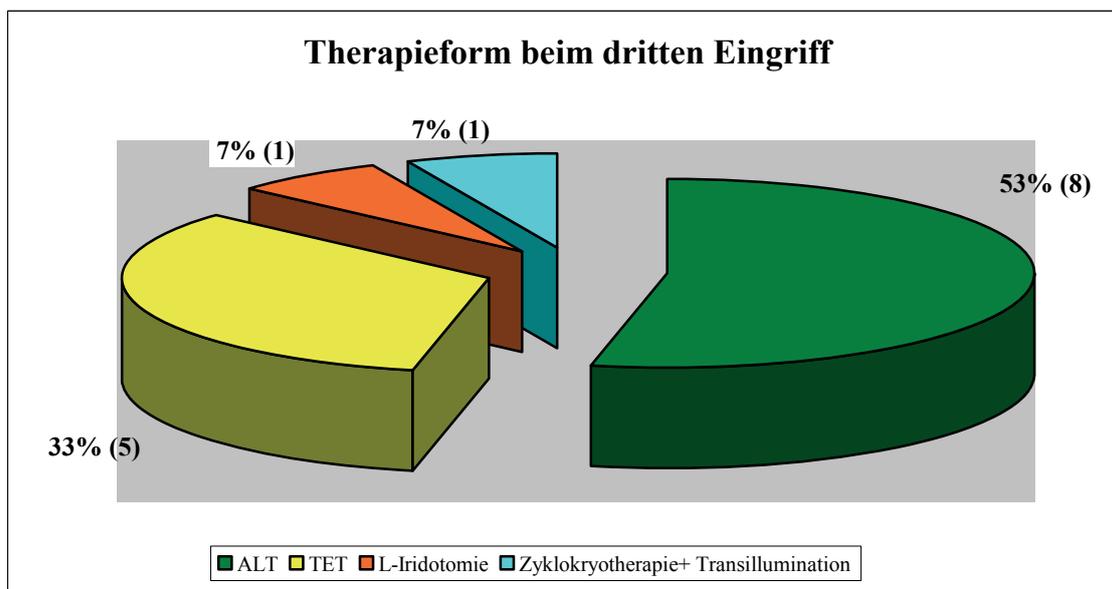


Abbildung 20: Therapieform beim dritten Eingriff

n=15

Sofern eine operative Intervention beziehungsweise eine Lasertherapie den einzigen Eingriff darstellte, der im Zeitraum von einer Kontrolluntersuchung zur nächsten durchgeführt wurde, war die Möglichkeit gegeben, die Auswirkungen dieses operativen Eingriffes zu erfassen und isoliert zu beurteilen. Aufgrund dessen war es bei der Datenanalyse möglich, die Auswirkungen von Trabekulektomien und Argonlasertrabekuloplastiken isoliert zu erfassen.

In 30 Fällen von durchgeführten TET's waren Analysen hinsichtlich des Augeninnendrucks, der MD und der Anzahl der absoluten Skotome möglich. Bei diesen 30 TET's handelt es sich um Eingriffe, die an insgesamt 27 Augen von 23 Patienten vorgenommen wurden. Das bedeutet, dass an drei Augen zwei Mal die Auswirkungen einer TET isoliert erfasst werden konnten. Präoperativ wurden jeweils durchschnittlich 3,23 Gesichtsfelder erstellt (+/-3,01; Minimum: 1 Gesichtsfeld, Maximum: 10 Gesichtsfelder), postoperativ waren es 5,16 Gesichtsfelder (+/-3,97; Minimum: 1 Gesichtsfeld, Maximum: 20 Gesichtsfelder). Es ergab sich eine signifikante

Drucksenkung ($p < 0,001$) von durchschnittlich 7,93 mmHg ($\pm 7,08$). Eine maximale Drucksenkung im Rahmen der Studie durch TET betrug 25,75 mmHg. In einem Fall erhöhte sich der IOD postoperativ um 1 mmHg. Bei 60 Prozent (18) zeigte sich eine Progression der Gesichtsfelddefekte laut MD. Bei 40 Prozent (12) war der Gesichtsfeldbefund über den Beobachtungszeitraum stabil; die Feststellung, dass die Mehrheit der Fälle eine Verschlechterung der MD aufwies, war ohne Signifikanz ($p = 0,273$). Es fand durchschnittlich eine leichte, nicht signifikante Steigerung des MD-Wertes um 0,58 dB ($\pm 2,68$; $p = 0,236$) statt, bei einem Maximum von 10,22 dB und einer maximalen Senkung des Wertes von 4,80 dB. Allerdings traten postoperativ bei einzelnen Patientenaugen zwischenzeitlich Verbesserungen auf, so dass sich bei der jährlichen Veränderung der MD postoperativ eine Senkung des Wertes um 0,05 dB ($\pm 1,03$) ergab, bei einer maximalen jährlichen Verbesserung von 2,40 dB und einer maximalen Verschlechterung von 2,53 dB pro Jahr. Präoperativ verbesserte sich die MD um durchschnittlich 0,39 dB ($\pm 2,14$; maximale Verbesserung pro Jahr: 6,90; maximale Verschlechterung pro Jahr: 3,15). Die jährlichen Verbesserungen waren somit präoperativ ausgeprägter als nach dem Eingriff. Die Anzahl der absoluten Skotome blieb bei 73 Prozent (22) der TET's im prä-/postoperativen Vergleich stabil, beziehungsweise wurde besser. Bei 27 Prozent (8) der 30 Eingriffe, die diesbezüglich analysiert wurden, nahm die Anzahl der absoluten Skotome zu. Die postoperative Abnahme der Anzahl der absoluten Skotome fand demnach bei signifikant mehr Fällen statt ($p = 0,011$). Insgesamt sank die Anzahl der absoluten Skotome im Durchschnitt um 1,41 Skotome ohne Signifikanz ($\pm 4,34$; $p = 0,087$; maximale Verschlechterung um 15,8; maximaler Rückgang um 10,12). Präoperativ verringerte sich der Wert jährlich um 0,64 absolute Skotome ($\pm 2,07$, maximale Verbesserung pro Jahr: 6,50, maximale Verschlechterung pro Jahr: 3,00). Postoperativ steigerte sich die jährliche Verbesserung auf durchschnittlich 1,37 absolute Skotome ($\pm 5,53$; maximale Verbesserung pro Jahr: 13,50, maximale Verschlechterung pro Jahr: 24,00). In 15 Fällen konnte der prä- und postoperative P-score analysiert werden: Bei zehn Augen zeigte sich ein Anstieg des Wertes (67 Prozent), wohingegen fünf Augen (33 Prozent) eine Stabilität oder Verbesserung des P-scores aufwiesen. Das Ergebnis, dass bei der Mehrheit ein Anstieg des P-scores zu verzeichnen war, stellte sich als nicht signifikant heraus ($p = 0,197$). Insgesamt fand eine ebenfalls nicht signifikante Verschlechterung des P-scores um 7,92

(+/-19,89; $p=0,145$) statt. Der maximale Anstieg des P-scores betrug 36,60; die maximale Senkung 40,00. Präoperativ fand eine jährliche Verschlechterung des P-scores um 3,07 statt (+/-8,22; maximale Verbesserung pro Jahr: 8,00, maximale Verschlechterung pro Jahr: 21,00). Postoperativ war, trotz des insgesamt durchschnittlichen Anstieges des P-scores, eine jährliche Verbesserung des Wertes festzustellen, die im Durchschnitt 0,09 betrug (+/-8,00; maximale Verbesserung pro Jahr: 20, maximale Verschlechterung pro Jahr: 26). In Bezug auf die ermittelten jährlichen Veränderungen der entsprechenden Gesichtsfeldparameter ist anzumerken, dass bei einer großen Anzahl der Eingriffe prä- oder postoperativ keine Werte berechnet werden konnten, wenn vor oder nach dem Eingriff der Zeitraum zu gering war und/oder zu wenige Gesichtsfelder vorhanden waren.

75 Mal konnte eine ALT isoliert erfasst werden. Diese Eingriffe wurden an insgesamt 59 Augen von 39 Patienten durchgeführt. Das bedeutet, dass es auch hier bei einigen Augen möglich war, ALT's mehrmals isoliert zu analysieren: Bei 44 Augen wurde jeweils eine ALT erfasst, bei 28 Augen konnten zwei ALT's und bei einem Auge insgesamt drei ALT's in die Analysen miteinbezogen werden. Vor dem Eingriff wurden durchschnittlich 4,71 Gesichtsfelder angefertigt (+/-4,49; Minimum: ein Gesichtsfeld, Maximum: 24 Gesichtsfelder), nach dem Eingriff 5,85 Gesichtsfelder (+/-4,12; Minimum: ein Gesichtsfeld, Maximum: 16 Gesichtsfelder). Die 75 analysierten ALT's senkten den Augeninnendruck um durchschnittlich 2,15 mmHg (+/-4,05). Bei 14 der 75 Eingriffe gelang keine Druckreduktion, wobei der größte Druckanstieg nach ALT 7,50 mmHg betrug. Die größte Druckreduktion lag bei 16,29 mmHg. Insgesamt war die Drucksenkung signifikant ($p<0,001$). Der Gesichtsfeldbefund konnte laut MD vor und nach ALT bei 35 Prozent (26) der Patientenaugen konstant gehalten werden. In signifikant mehr Fällen, bei 65 Prozent (49), war eine Progression festzustellen ($p=0,008$). Die prä-/ postoperative mittlere Differenz ergab eine Steigerung der MD um 0,61 dB (+/-1,84) bei einem Wert von 5,18 dB an maximaler Verschlechterung und einer maximalen Senkung des Wertes um 4,40 dB. Die Anzahl der absoluten Skotome ging um 1,44 (+/-4,86) zurück. Sie blieb in 77 Prozent (58) der Fälle und somit bei signifikant mehr Augen stabil oder wurde besser ($p<0,001$), wobei die umfangreichste Senkung der absoluten Skotome in einem Fall 27 betrug. In 23 Prozent (17) der Fälle nahmen die absoluten Skotome bei einem maximalen Anstieg von sieben zu. Der

Anstieg des MD-Wertes und die Senkung der absoluten Skotome stellten sich insgesamt als signifikant dar (Anzahl der absoluten Skotome: $p=0,012$; MD-Wert: $p=0,006$). Der an 40 Augen analysierte P-score zeigte bei 60 Prozent (24) eine Progression (maximale Progression: 38,83) an, bei 40 Prozent (16) eine Stabilität oder einen Abfall der Werte (Maximum: 28,33). Das Ergebnis, dass die Mehrheit der Augen postoperativ eine P-score-Verschlechterung aufwies, stellte sich als nicht signifikant heraus ($p=0,206$). Der P-score zeigte in der mittleren Differenz, bezogen auf die durchschnittliche Veränderung insgesamt, eine Verschlechterung von 4,28 ($\pm 14,56$), die sich jedoch als nicht signifikant herausstellte ($p=0,07$).

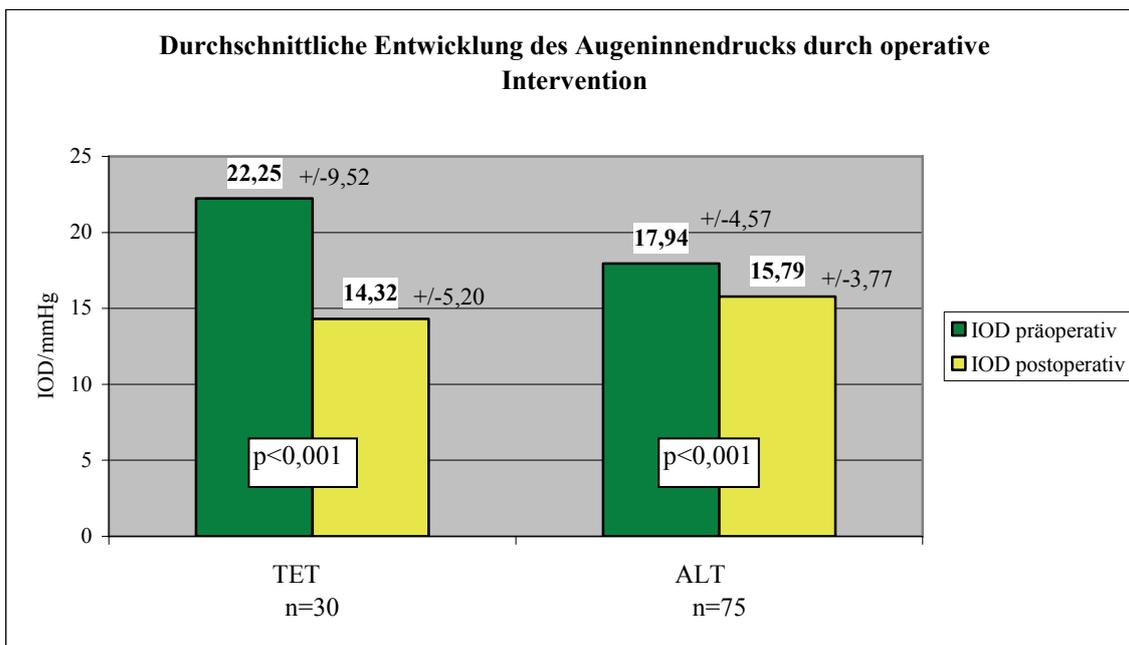


Abbildung 21: durchschnittliche Entwicklung vom Augeninnendruck nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

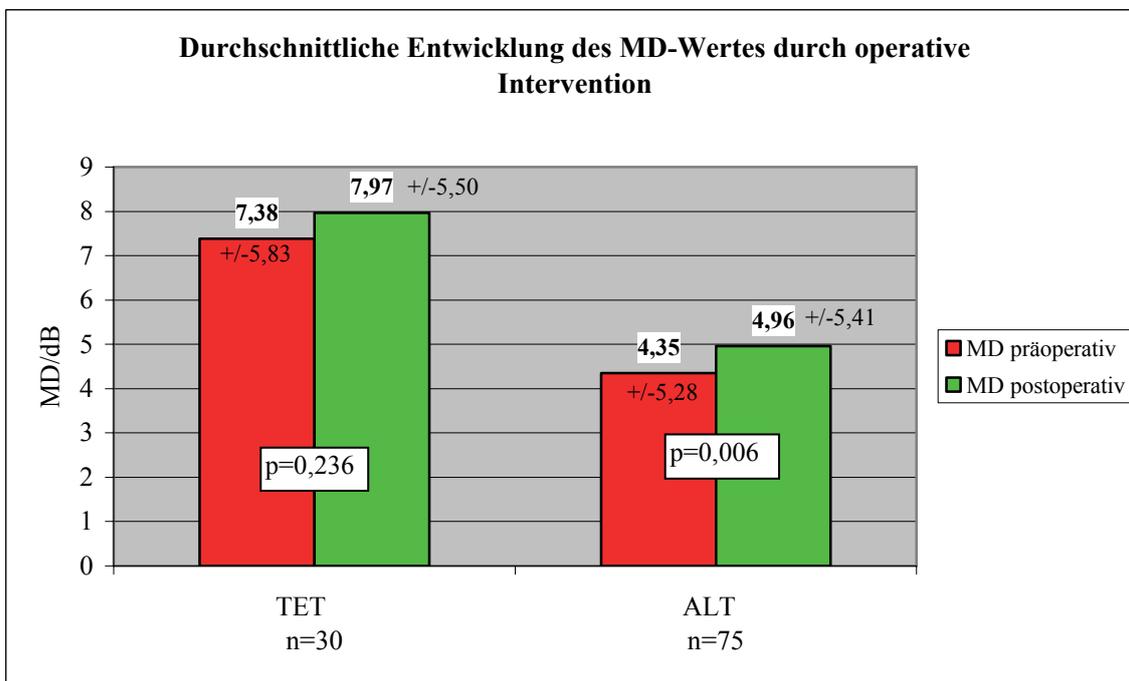


Abbildung 22: durchschnittliche Entwicklung der MD-Werte nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

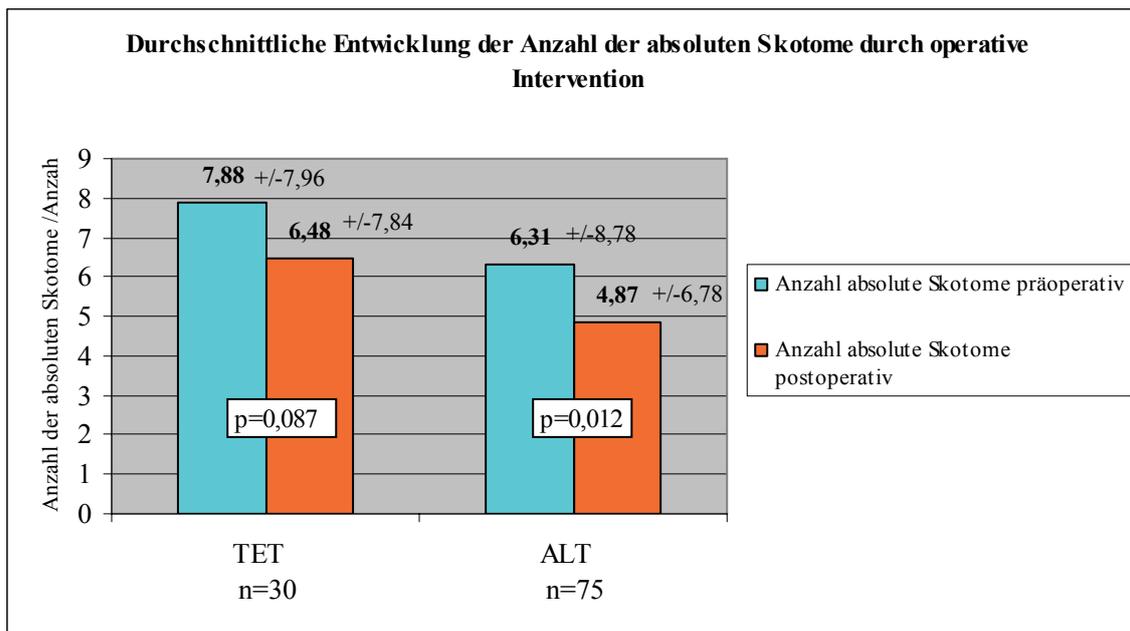


Abbildung 23: durchschnittliche Entwicklung der Anzahl der absoluten Skotome nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

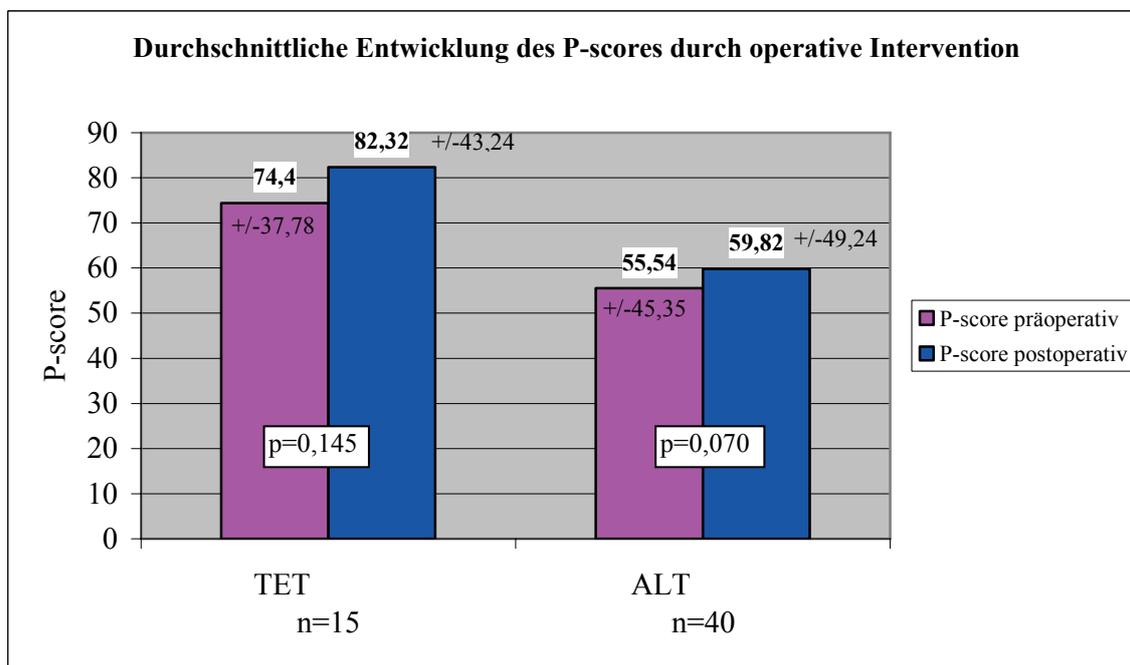


Abbildung 24: durchschnittliche Entwicklung des P-scores nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

Ähnliche Ergebnisse ergaben sich aus den Analysen der letzten präoperativen Gesichtsfelder und den letzten Gesichtsfeldern im Gesamtverlauf, bzw. den letzten Gesichtsfeldern vor der nächsten Operation. Die Nachbeobachtungszeit betrug im Falle der ALT's durchschnittlich 2,98 Jahre (+/-1,97) bei einem maximalen Beobachtungszeitraum von 8,13 Jahren und einem minimalen Zeitraum von 0,19 Jahren. Bei den analysierten TET's erstreckte sich die längste Nachbeobachtungszeit über 7,19 Jahre und die kürzeste über 0,17 Jahre bei einem Durchschnitt von 3,44 Jahren (+/-2,26). Beim Vergleich der letzten präoperativen Augeninnendruckwerte mit denen, die zum Zeitpunkt der letzten Gesichtsfelduntersuchung bzw. der letzten Gesichtsfelduntersuchung vor dem nächsten Eingriff ermittelt wurden, ergaben sich sowohl hinsichtlich der durchgeführten TET's als auch hinsichtlich der ALT's signifikante Reduktionen der Werte (in beiden Fällen $p < 0,001$). Der Vergleich der Augeninnendruckwerte vor ALT und TET mit den Werten, die zum Zeitpunkt des letzten Gesichtsfeldes im Gesamtverlauf oder vor einem nächsten Eingriff erhoben wurden, ergab im Falle der ALT's eine Senkung des Augeninnendruckes um durchschnittliche 3,06 mmHg (+/-5,14). Bei den TET's betrug der Abfall des Augeninnendruckes 7,00 mmHg (+/-7,98).

Im Falle der ALT's zeigte sich bei dieser Auswertung diesmal ebenfalls eine signifikante Verschlechterung der MD-Werte um 0,74 dB (+/-2,5; $p = 0,009$). Eine Verschlechterung zeigte sich ebenfalls in Bezug auf den P-score um 0,34 (+/-22,28), wohingegen sich die Anzahl der absoluten Skotome um durchschnittliche 1,04 (+/-6,36) verringerte. Die Entwicklungen von P-score und der Anzahl der absoluten Skotome stellten sich als nicht signifikant heraus.

Im Vergleich des letzten erfassten präoperativen Gesichtsfeldes vor einer TET mit dem letzten Gesichtsfeld im Gesamtverlauf oder dem letzten Gesichtsfeld vor einem nächsten Eingriff, zeigte sich bei keinem der drei untersuchten Gesichtsfeldparameter eine signifikante Veränderung. Wie auch bei den Auswertungen der ALT's beobachtet werden konnte, kam es zu einem Anstieg von MD-Werten und P-scores und zu einem Rückgang der Anzahl der absoluten Skotome. Die Verschlechterungen der MD-Werte und P-scores betragen im Durchschnitt 0,67 dB (+/-3,29) bzw. 2,4 (+/-29,43). Die absoluten Skotome gingen in ihrer Anzahl um 1,19 (+/-4,88) zurück.

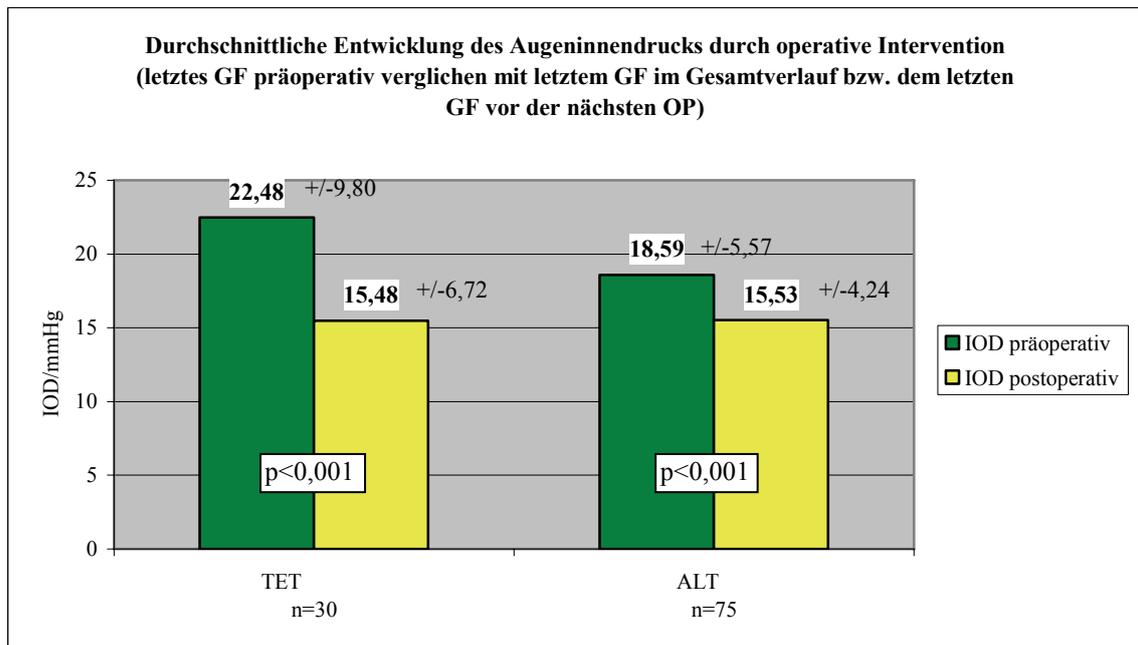


Abbildung 25: durchschnittliche Entwicklung der Augeninnendruckwerte nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

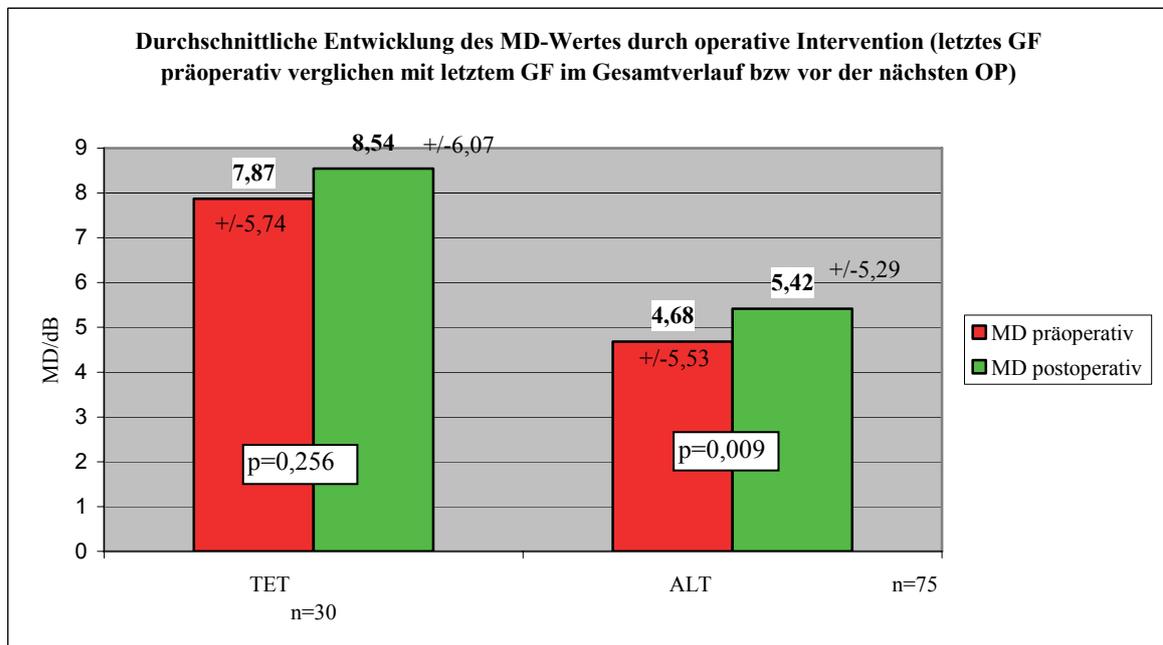


Abbildung 26: durchschnittliche Entwicklung der MD-Werte nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

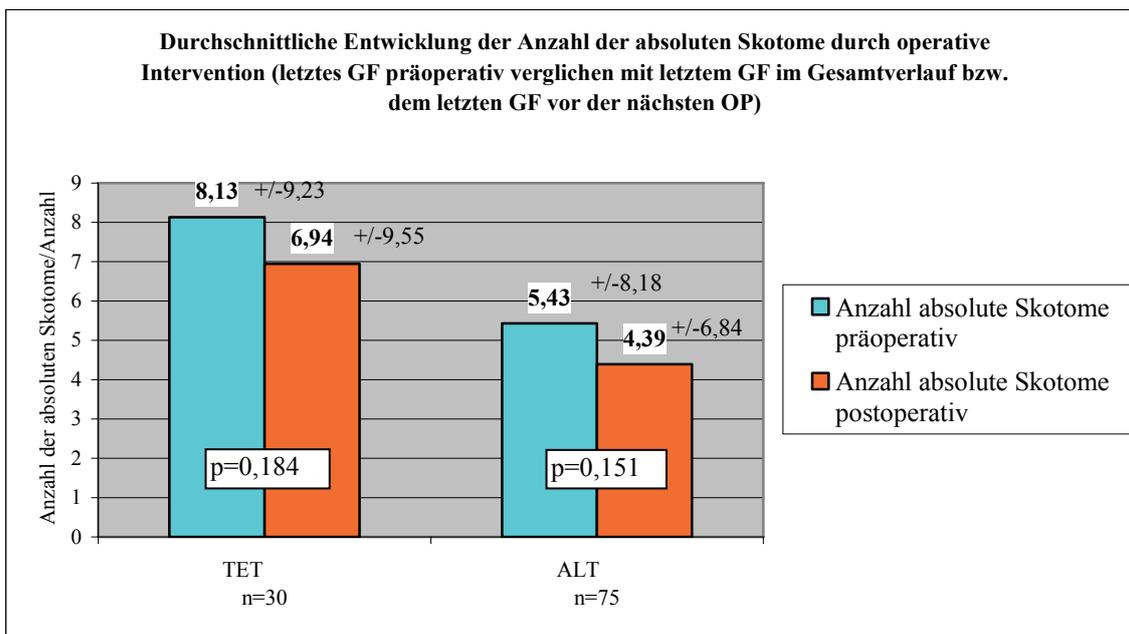


Abbildung 27: durchschnittliche Entwicklung der Anzahl der absoluten Skotome nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

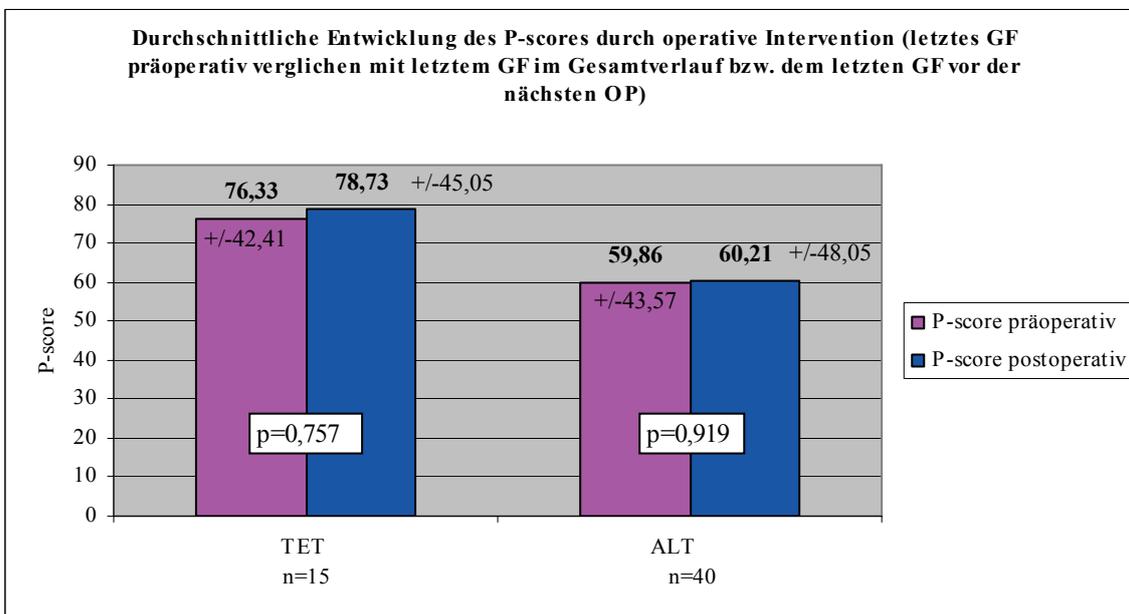


Abbildung 28: durchschnittliche Entwicklung der P-scores nach drucksenkender OP bzw. Lasertherapie

Von den 30 analysierten TET's war nach 17 Eingriffen (57 Prozent) postoperativ eine Kataraktentwicklung festzustellen, von denen wiederum nach zehn mittels einer Kataraktoperation interveniert wurde. Nach zehn TET's (33 Prozent) entwickelte sich postoperativ keine Katarakt. In drei Fällen (10 Prozent) war bereits vor dem Eingriff eine Katarakt vorhanden, so dass ein eventueller Einfluss der TET nicht zu beurteilen ist. Das Ergebnis, dass sich nach den meisten TET's eine Katarakt entwickelte, stellte sich als nicht signifikant heraus ($p=0,178$).

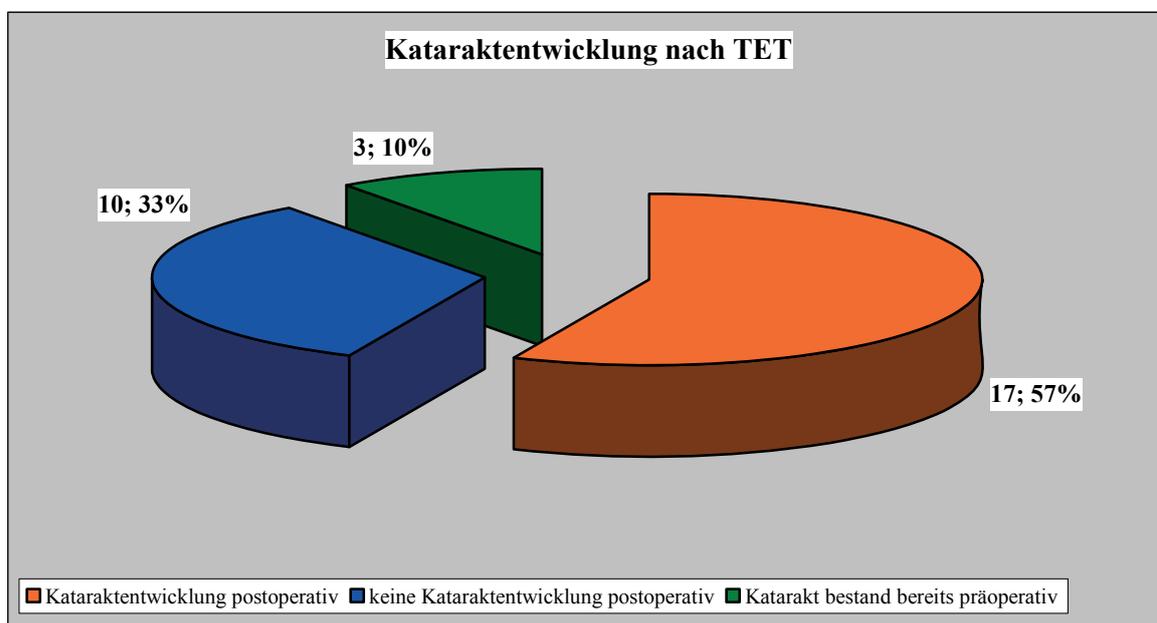


Abbildung 29: Kataraktentwicklung nach TET

Sofern Antimetaboliten verwendet wurden, handelte es sich um Mitomycin C (MMC) und 5-Fluorouracil (5-Fu). Bei insgesamt 15 der 30 analysierten TET's wurde MMC angewendet und ein Mal 5-Fluorouracil.

4.5.1.1 Wirkung der Argonlasertrabekuloplastiken bezüglich der anfänglichen MD-Werte und der Arten von Glaukomerkrankung

Augeninnendruck und Gesichtsfeldbefunde vor und nach Durchführung von ALT's konnten in fast allen analysierten Gruppierungen erfasst werden. Die Gruppe der Glaukome mit einem Anfangs-MD-Wert von 20 dB oder weniger konnte in die Analysen nicht miteinbezogen werden, da hier keine ALT stattfand. Die Drucksenkung war in folgenden Gruppen signifikant: Glaukome mit einem Anfangs-MD-Wert von 5 dB oder weniger ($p < 0,001$) und Primärem Offenwinkelglaukom ($p = 0,002$) und Normaldruckglaukom ($p = 0,004$).

In den Gruppen mit Anfangsdefekten von 10 bis 14 dB und mit Pigmentdispersionsglaukom ergaben die mittleren Differenzen der prä- und postoperativen MD-Werte mit 0,36 dB ($\pm 2,51$) bzw. 0,08 dB ($\pm 2,45$) leichte Verschlechterungen. Die übrigen Gruppen wiesen stärker ausgeprägte Verschlechterungen der MD-Werte auf. Die Anstiege der MD-Werte waren in den Gruppen der Anfangs-MD-Werte von 5 dB oder weniger wie auch der juvenilen Glaukome signifikant ($p = 0,006$ und $p = 0,032$) und wiesen auch bei den Primären Offenwinkelglaukomen eine schwache Signifikanz auf ($p = 0,044$).

In sämtlichen Gruppierungen kam es nach dem Eingriff zu einem Rückgang der absoluten Skotome, der allerdings in keinem der Fälle signifikant war.

In sieben Gruppen fanden Verschlechterungen des P-scores statt. Eine Signifikanz ergab sich bezüglich der Gruppe mit Anfangs-MD-Werten von 10 bis 14 dB ($p = 0,021$). In der Gruppe der Pseudoexfoliationsglaukome fand eine zwar nicht signifikante aber deutliche Verbesserung des P-scores um einen Wert von durchschnittlich 113,95 ($\pm 18,35$) statt. Es muss hier jedoch beachtet werden, dass von den vier Patienten mit Pseudoexfoliationsglaukom, bei denen eine ALT durchgeführt wurde, in nur zwei Fällen ein prä- und postoperativer P-score erfasst werden konnte. Die Gruppen der Pigmentdispersionsglaukome und der Anfangsdefekte von 5 bis 9 dB wiesen ebenfalls Rückgänge des P-scores auf. In die Auswertungen der Pigmentdispersionsglaukome und der Augen mit einem Anfangs-MD-Wert von 15 bis 19 dB ging jeweils nur ein Patientenaugen ein.

Bei Analyse der ALT's hinsichtlich der speziellen Gruppierungen gemäß Glaukomart und Anfangsdefekt konnte die Gruppe bzw. das Patientenaugen mit einem anfänglichen MD-Wert von 20 dB oder mehr nicht miteinbezogen werden, da keine ALT durchgeführt wurde. Auch bei den Augen mit Pseudoexfoliationsglaukomen und juvenilen Glaukomen, die einer ALT unterzogen wurden, muss beachtet werden, dass es sich um eine sehr geringe Anzahl handelt.

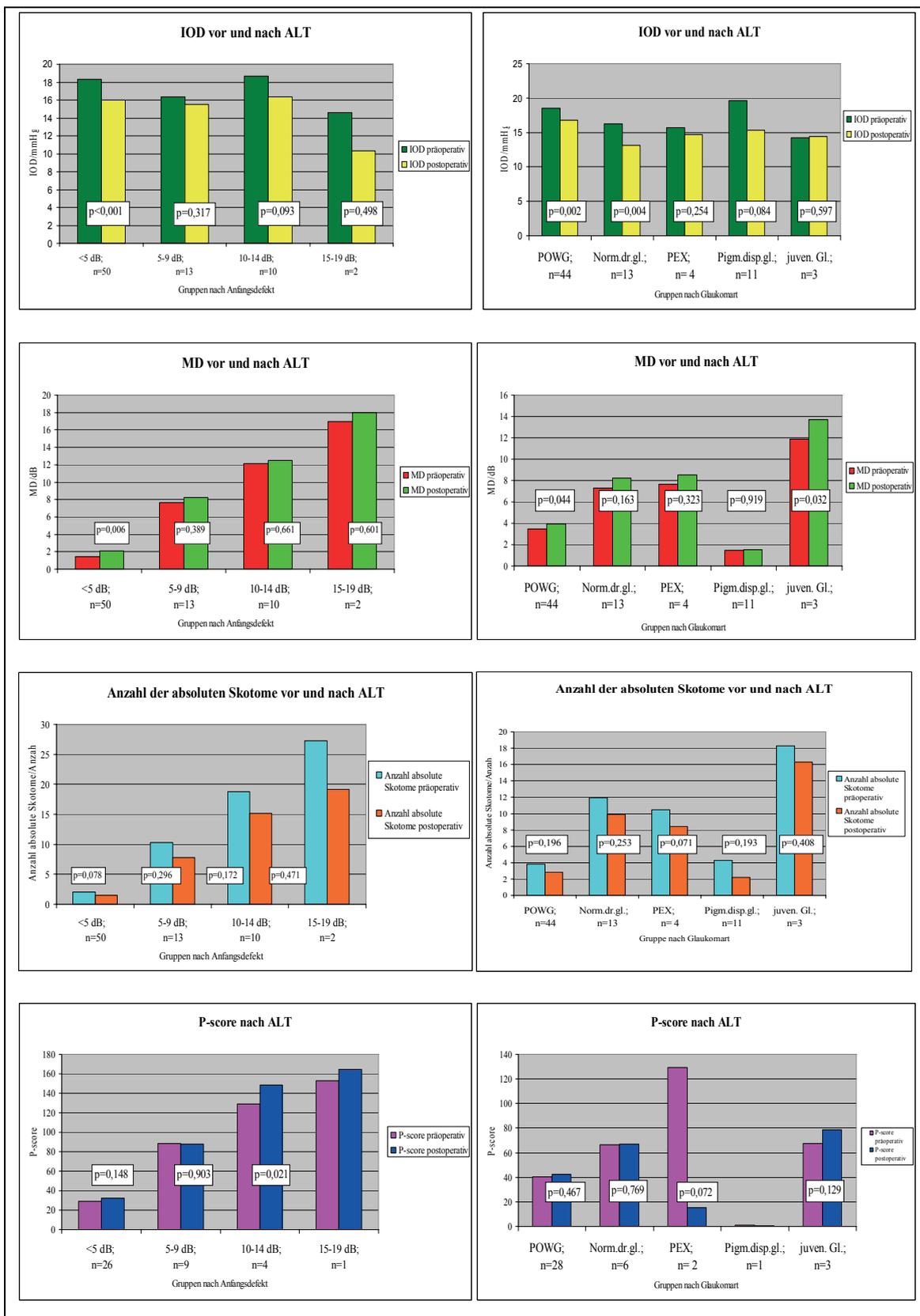


Abbildung 30: prä- und postoperative Werte bei Argonlasertrabekuloplastiken

4.5.1.2 Wirkung der Trabekulektomien bezüglich der anfänglichen MD-Werte und der Arten von Glaukomerkrankung

Durch die Durchführung von TET's konnte eine deutliche Reduzierung des Augeninnendrucks über alle Gruppen hinweg beobachtet werden. Diese stellte sich in den Gruppen mit Anfangs-MD-Werten von 5 dB oder weniger, 5 bis 9 dB, 10 bis 14 dB, Primären Offenwinkelglaukomen sowie Normaldruckglaukomen signifikant dar ($p=0,004$, $p=0,007$, $p=0,051$, $p<0,001$ und $p=0,044$).

Bei den Glaukomen mit einem Anfangsdefekt von 5 dB oder weniger verschlechterte sich dennoch der MD-Wert um 1,28 dB ($\pm 1,5$) signifikant ($p=0,014$). Die Anstiege der MD-Werte in anderen Gruppen waren dagegen nicht signifikant. In den Gruppen der Anfangsdefekte von 10 bis 14 dB, 20 dB oder mehr sowie bei Normaldruckglaukomen sank der MD-Wert ohne Signifikanz. Bei Pseudoexfoliations-, Pigmentdispersionsglaukomen konnte der MD-Wert in beiden Fällen im Rahmen von 0,13 dB ($\pm 1,05$ bei den Pigmentdispersionsglaukomen; $\pm 3,53$ bei den Pseudoexfoliationsglaukomen) annähernd konstant gehalten werden. Selbiges trifft auf die Gruppe der zwei Augen mit Anfangsdefekten von 15 bis 19 dB zu, die eine mittlere MD-Wert-Differenz von 0,24 dB ($\pm 0,47$) aufwiesen.

Die absoluten Skotome nahmen in ihrer Anzahl, außer in den Fällen der Anfangs-MD-Werte von 15 bis 19 dB und 20 dB oder mehr, ab. In der Gruppe mit 10 bis 14 dB sank die Anzahl um 4,38 ($\pm 3,46$) signifikant ($p=0,009$) ab.

Die mittlere Differenz des P-scores zeigte nach TET bei allen Defektgruppen, abgesehen von Pseudoexfoliations- und Pigmentdispersionsglaukomen, Verschlechterungen an. In den Fällen von Primären Offenwinkelglaukomen ergab sich ein starker postoperativer Anstieg des P-scores um 35,81 ($\pm 40,99$), während er sich beim PEX-Glaukom stark verringerte. Alle prä-/ postoperativen Werte der P-scores wiesen keine Signifikanz auf. Bei dem Auge der letzten Defektgruppe sowie bei den juvenilen Glaukomen konnte der P-score nicht erfasst werden.

Die Auswertungen der „Anfangsdefektgruppe“ von 20 dB oder mehr und auch der Gruppe der juvenilen Glaukome beziehen sich jeweils lediglich auf ein Patientenaugenauge.

Eine Verallgemeinerung ist somit schwierig, auch was die geringen Stichprobengrößen bei den P-scores betrifft.

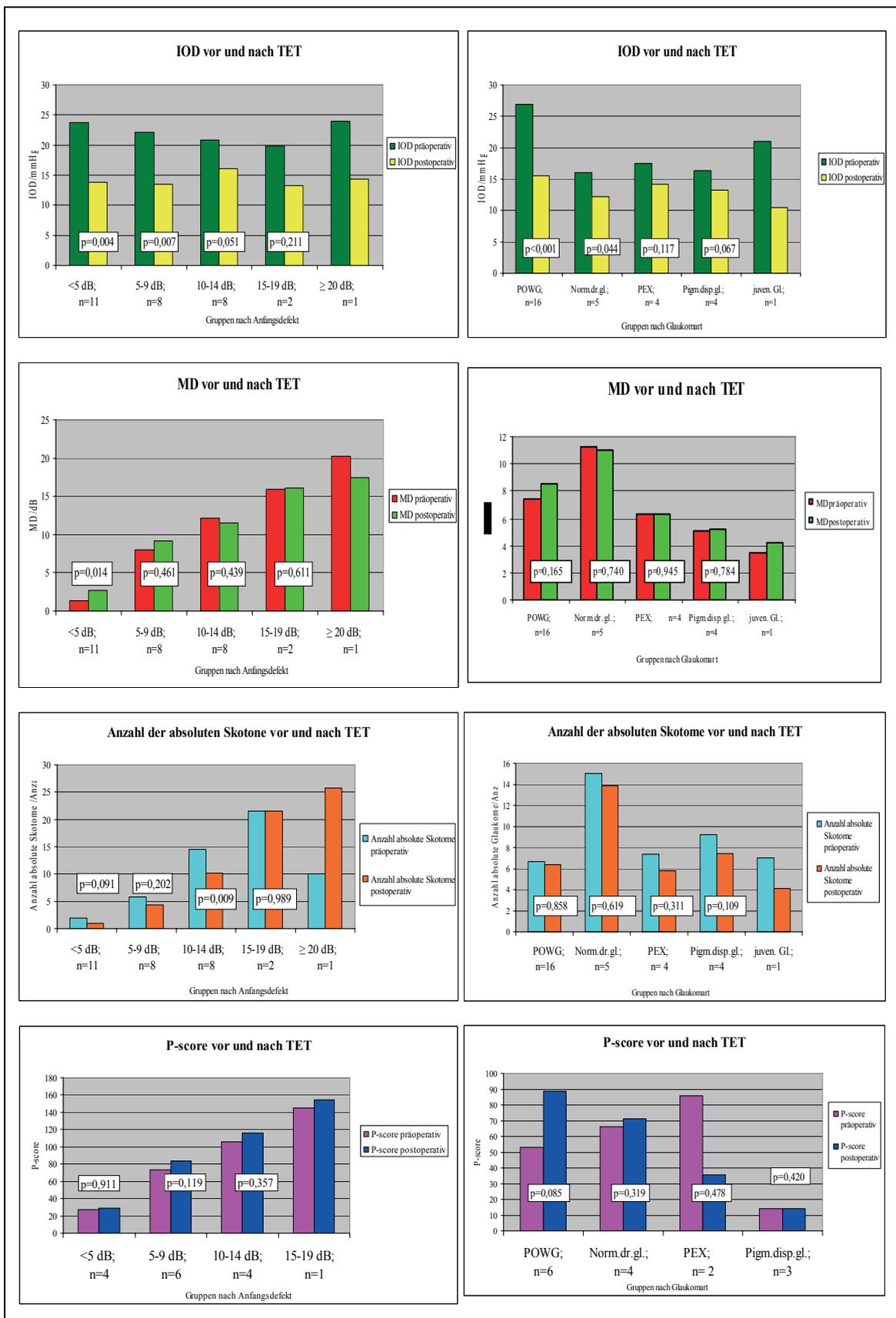


Abbildung 31: prä- und postoperative Werte bei Trabekulektomien

4.5.1.3 Gesichtsfeldbefunde in Abhängigkeit vom Ausmaß der Augeninnendruckreduktion

Es wurden durch die therapeutischen Interventionen unterschiedlich starke Druckreduktionen bzw. Zieldrücke erreicht. Untersucht wurden speziell die Gesichtsfeldbefunde, bei denen Druckreduktionen um 20 bis 29 Prozent (n=23; P-score n=9), 30 bis 39 Prozent (n=13; P-score n=6), 40 bis 49 Prozent (n=6; P-score n=3), 50 bis 59 Prozent (n=5; P-score n=2) und um 60 Prozent oder mehr (n=5; P-score n=2) stattfanden. Zusätzlich wurde eine Analyse der Fälle durchgeführt, bei denen ein Augeninnendruck von 12 mmHg oder weniger erzielt wurde (n=26; P-score n=20). Die 26 Eingriffe, die in die Analysen dieser Gruppe eingingen, wurden an insgesamt 21 Augen von 17 Patienten vorgenommen. Sechs der Augen wiesen ein Normaldruckglaukom auf. In allen Fällen fand eine signifikante Drucksenkung statt.

Der MD-Wert unterlag einem allgemeinen Anstieg, bei zum Teil großen Unterschieden, die innerhalb der einzelnen Gruppen bestanden. Die Gruppe der Augen in denen eine Augeninnendrucksenkung von mindestens 60 Prozent erfolgte, wies mit einer mittleren Differenz von 1,88 dB (+/-1,32) den stärksten Anstieg der MD-Werte auf, der sich auch als signifikant erwies (p=0,034). Ebenfalls als signifikant stellte sich die durchschnittliche Zunahme der MD-Werte bei einer Drucksenkung auf unter 12 mmHg dar (p=0,016). Die mittlere Differenz betrug hier 1,37 dB (+/- 2,71). Außer der Gruppe von Patientenaugen, bei denen der Augeninnendruck um 40 bis 49 Prozent gesenkt wurde, stellten in allen übrigen Gruppen die Augen, bei denen eine Verschlechterung des MD-Wertes zu verzeichnen war, die Mehrheit dar. Dies war allerdings in keiner der Gruppen signifikant.

Bei Betrachtung der mittleren Differenzen der Anzahl der absoluten Skotome und den dazugehörigen Standardabweichungen, Minima und Maxima, sind teilweise erhebliche Schwankungen festzustellen. Dennoch ergab sich in der Gruppe der Augen mit Drucksenkungen um 20 bis 29 Prozent ein signifikanter Anstieg (p=0,031) um durchschnittlich 2,19 (+/-4,55). Abgesehen von der Gruppe, in der eine Augeninnendrucksenkung um 40 bis 49 Prozent erfolgte, waren in allen Gruppen die Augen, die eine Stabilität oder eine Verbesserung in der Anzahl der absoluten Skotome aufwiesen, in der Mehrheit. In den Gruppen mit Augeninnendrucksenkungen auf

12 mmHg oder weniger und um 20 bis 29 Prozent, stellte sich dieser Sachverhalt sogar signifikant dar ($p=0,050$ und $p=0,002$).

Auch die prä-/ postoperativen Werte der P-scores wiesen innerhalb der Gruppen große Unterschiede auf. Als signifikant erwies sich ein durchschnittlicher Anstieg des P-scores um 11,7 ($\pm 3,73$) bei einer Stichprobengröße von drei in der Gruppe der Augen mit einer Drucksenkung von 40 bis 49 Prozent ($p=0,032$). Diese Signifikanz wird allerdings durch die Breite des 95-Prozent-Konfidenzintervalls, welches von einem Anstieg um 2,44 bis 20,95 reicht, relativiert. Die Anzahlen der Patientenaugen, die eine Progression des P-scores aufwiesen und der Augen, deren P-score stabil blieb oder sich verbesserte, waren in den Gruppen mit Augeninnendrucksenkungen um 60 Prozent oder mehr und auf 12 mmHg oder weniger gleich. In den anderen Gruppierungen war eine Verschlechterung des P-scores bei den meisten bzw. allen Augen festzustellen, aber auch hier ohne Signifikanz.

In den folgenden Abbildungen ist dargestellt, inwieweit bei den einzelnen Gruppen eine Progression stattgefunden hat oder eine Stabilität des Gesichtsfeldbefundes festzustellen war.

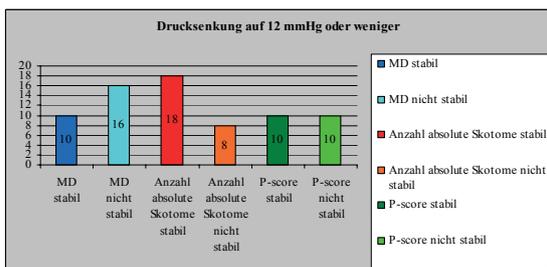


Abbildung 32: Drucksenkung auf ≤ 12 mmHg
n=26 (P-score: n=20)

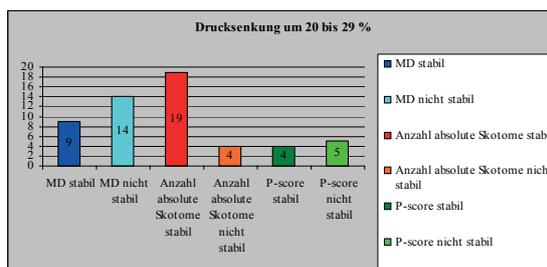


Abbildung 33: Drucksenkung um ≥ 20 und < 30 %
n=23 (P-score: n=9)

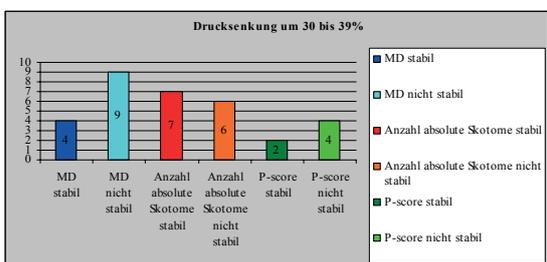


Abbildung 34: Drucksenkung um ≥ 30 und < 40 %:
n=13 (P-score: n=6)

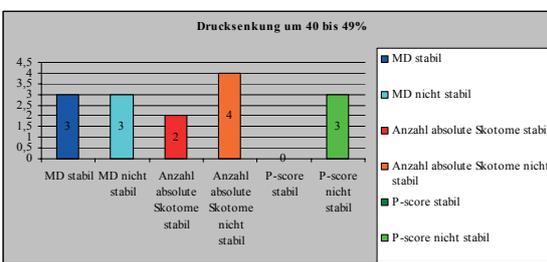


Abbildung 35: Drucksenkung um ≥ 40 und < 50 %
n=6 (P-score: n=3)

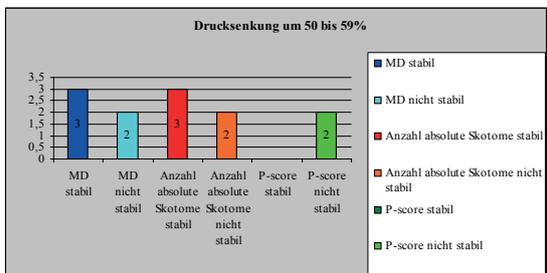


Abbildung 36: Drucksenkung um ≥ 50 und < 60 %
n=5 (P-score: n=2)

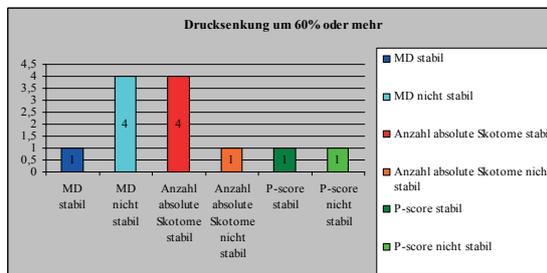


Abbildung 37: Drucksenkung um ≥ 60 %
n=5 (P-score: n=2)

4.5.2 Entwicklung des Augeninnendruckes und der Gesichtsfeldbefunde an konservativ behandelten Patientenaugen

Dreizehn der 98 untersuchten Patientenaugen wurden einer rein medikamentösen Therapie in Form von Verabreichung augeninnendrucksenkender Augentropfen unterzogen.

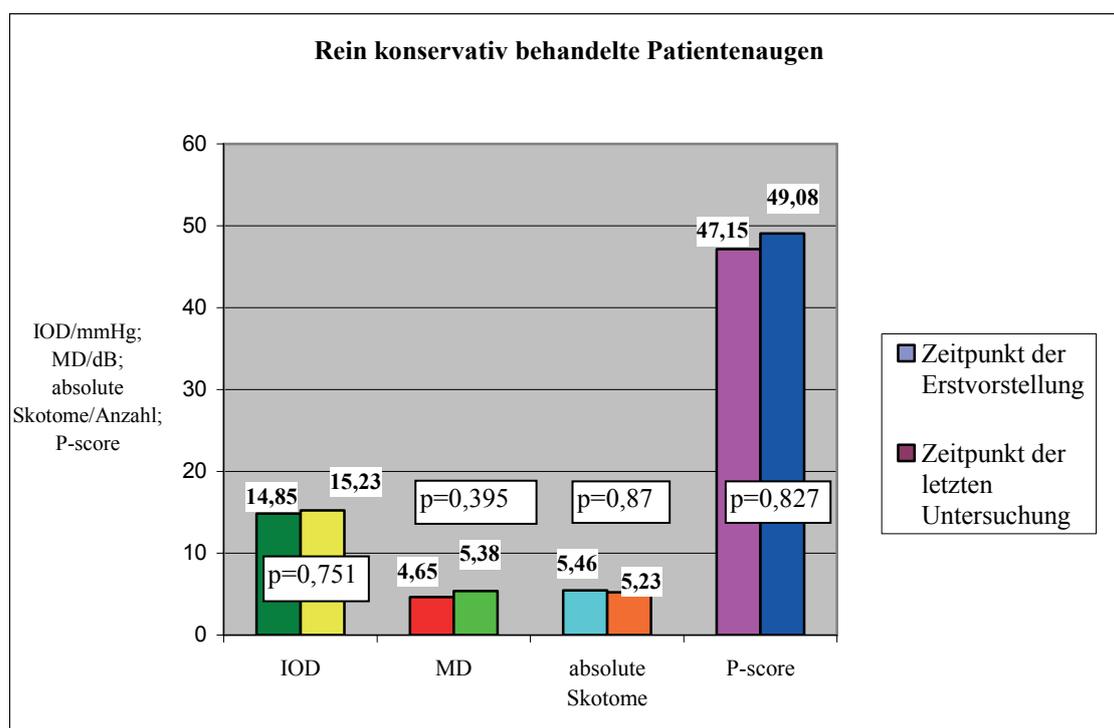


Abbildung 38: Entwicklung von Augeninnendruck und der Gesichtsfeldbefunde in der Gruppe der rein konservativ behandelten Patientenaugen n=13

Die Augeninnendruckwerte erhöhten sich von der Erstvorstellung der Patienten bis hin zur letzten Befundaufnahme, die in die Analysen mit eingingen, um durchschnittlich 0,38 mmHg (+/-1,19) bei einem maximalen Anstieg des Augeninnendruckes um 8,00 mmHg und einer maximalen Drucksenkung um 6,00 mmHg. Auch MD-Werte und P-scores verschlechterten sich um durchschnittlich 0,72 dB (+/-2,95) bzw. um 1,92 (+/-30,95). Der maximale Anstieg des MD-Wertes über den Beobachtungszeitraum hinweg betrug 7,3 dB, der des P-scores ergab 37. Das Ausmaß der maximalen Senkung der beiden Parameter war im Falle des MD-Wertes 3,20 dB und des P-scores 89. Die

Anzahl der absoluten Skotome hingegen sank um 0,23 ($\pm 5,00$), im ausgeprägtesten Fall um neun Skotome. Als maximaler Anstieg der Anzahl der absoluten Skotome war eine Zunahme um 13 zu verzeichnen. Weder die Entwicklung von Augeninnendruck noch einer der drei Gesichtsfeldparameter stellte sich als signifikant heraus.

4.5.3 Kataraktoperationen

In 24 Fällen war es möglich die Auswirkungen von Kataraktoperationen auf den Augeninnendruck zu untersuchen. Zu 42 Prozent (10) trat eine Drucksenkung um durchschnittlich 3,37 mmHg ($\pm 2,83$) auf, während der IOD nach 29 Prozent (7) der Eingriffe im Rahmen von 0,7 mmHg konstant blieb. Nach weiteren 29 Prozent (7) der Kataraktoperationen kam es zu einer Erhöhung des Augeninnendrucks um 6,6 mmHg ($\pm 5,15$). Fand eine Drucksenkung statt, betrug diese maximal 10 mmHg. Die maximale Erhöhung des Augeninnendrucks nach dem Eingriff betrug 15 mmHg.

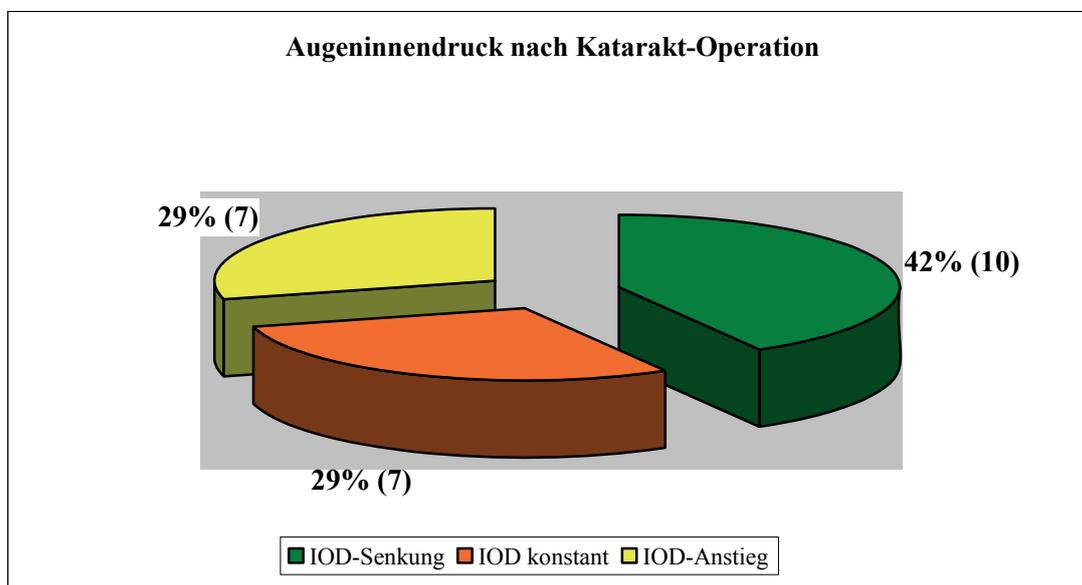


Abbildung 39: Auswirkung von Kataraktoperationen auf den IOD

n=24

25 Mal konnte eine Kataraktoperation isoliert hinsichtlich einer MD-Veränderung analysiert werden. Nach 13 dieser 25 Kataraktoperationen zeigte sich in der mittleren

Differenz eine nicht signifikante Verbesserung der MD um 0,25 dB (+/-2,94). Nach 11 Eingriffen jedoch verschlechterten sich die MD-Werte mit einem Maximum von 6,51 dB. Daher ist eine entscheidende Auswirkung auf die MD nicht ersichtlich. In einem Fall blieb der MD-Wert im Rahmen von 0,4 dB konstant. Die Anzahl der absoluten Skotome und der P-scores verbesserten sich ebenfalls. Die Anzahl der absoluten Skotome ging um durchschnittlich 0,64 Skotome zurück (n=24; +/-3,40; maximaler Rückgang: 9; maximale Zunahme: 5) und der P-score um den Wert von 0,76 (n=20; +/-17,78; maximaler Rückgang: 40,00; maximale Progression: 36,80). Insgesamt stellten sich weder die Augeninnendrucksenkung noch die Veränderung von MD-Wert, den absoluten Skotomen und dem P-score als signifikant dar.

Bezüglich der Gesichtsfeldbefunde traf dasselbe auch auf die Kapsulotomien zu, die beim Auftreten eines Nachstars vorgenommen wurden. In den sechs Eingriffen, die ebenfalls prä- und postoperativ analysiert wurden, kam es, gleichmäßig verteilt, in zwei Fällen zu einer IOD-Senkung, während sich in zwei anderen Fällen der IOD erhöhte und in den beiden übrigen Eingriffen konstant blieb. Die IOD-Senkung betrug bei dem einen Auge 10 mmHg. Bei der IOD-Erhöhung handelte es um 2 und 1 mmHg.

Signifikante Veränderungen im Verlauf der MD-Werte, P-scores und der Anzahl der absoluten Skotome, die eindeutig und exakt auf Kataraktoperationen zurückzuführen wären, waren nicht erkennbar.

5 Diskussion

Den Gesichtsfeldindizes wird generell vorgeworfen, detaillierte Informationen, die die einzelnen Testpunkte betreffen, zu ignorieren und, mangels Sensitivität, auf frühe Gesichtsfeldausfälle nicht zu reagieren (Wild et al. 1990), zumal unterschiedliche Regionen des Gesichtsfeldes sich in unterschiedlichem Maße verschlechtern können (Hoskis et al. 1988; O'Brien et al 1990).

Trotz zum Teil signifikanter Unterschiede im Verlauf der einzelnen Gesichtsfeldparameter in einigen Gruppen, stellten sich weder ein Zählen der absoluten Skotome, noch das Erheben des P-scores in den Langzeitverläufen dem MD-Wert als überlegen heraus. Leichte Tendenzänderungen des P-scores oder der „Absoluten-Skotom-Anzahl“ und Abweichungen vom MD-Verlauf waren über die Dauer nicht in dem Maße über eine Patientengruppe hinweg so kontinuierlich, dass man sie zwingend dem MD-Wert vorziehen sollte.

Im Frühstadium der Glaukomerkrankung erübrigt sich das Zählen der absoluten Skotome in vielen Fällen, zumal absolute Skotome meist nicht vorhanden sind. In späteren Stadien gleichen sie sich häufig dem MD-Verlauf an. Im Allgemeinen sind die absoluten Skotome von starken Schwankungen geprägt. Der Verlauf des P-scores stellte sich in allen Defektgruppen dem MD-Wert sehr ähnlich dar.

Bei Untersuchung der prä-/ postoperativen Werte der Anzahl der absoluten Skotome und des P-scores ergaben sich sowohl bei den Standardabweichungen als auch bei den minimalen und maximalen Werten, sowie den 95-Prozent-Konfidenzintervallen sehr große Varianzen und Schwankungen. Diese sind auf die Eigenschaften der Gesichtsfeldparameter zurückzuführen, da gemäß der Ausschlusskriterien nur zuverlässige Gesichtsfelder in die Analysen miteinbezogen wurden. Die Anzahl der absoluten Skotome und der P-score erscheinen somit zur Beurteilung von Langzeitverlauf und Therapieeffekten als nicht geeignet.

Chauhan et al. zeigten, dass der MD-Wert als Parameter durchaus dafür geeignet ist, um zu beurteilen, ob ein Gesichtsfeldbefund stabil ist oder eine Progression stattgefunden hat. Es wurden an Patienten Gesichtsfelduntersuchungen durchgeführt, sowohl mit

Computerperimetrie als auch mit dem Goldmann- und dem Tübinger Perimeter, welche als Goldstandard dienen sollten, bezüglich der Frage, ob eine „Verbesserung“ oder eine Progression stattgefunden hat, oder ob das Gesichtsfeld stabil ist. Die Regressionsanalysen der Indizes korrelierten zum Teil signifikant mit dem Standard, einige jedoch wichen genauso signifikant ab: Der MD-Wert zeigte demnach eine hohe Spezifität. Die Sensitivität fiel allerdings mit 10 bis 20 Prozent für sämtliche Indizes schwach aus (Chauhan 1990). Kritisch muss man dieser Studie die Frage entgegenstellen, ob die subjektive Beurteilung manueller Perimetrie als Referenz geeignet ist (Werner et al.1988).

Es existiert eine Reihe von Versuchen und Studien mit dem Ziel, eine Methode zu entwickeln, um in Verlaufskontrollen Befundänderungen möglichst früh und exakt zu erfassen und zu objektivieren. So auch beim 1996 vorgestellten Progressor-Programm (Fitzke et al. 1996). Es handelt sich um eine Software, die lineare Regression verwendet, um Gesichtsfeldveränderungen zu entdecken. Es liefert eine kumulative graphische Darstellung, in der jeder Testpunkt als Balkendiagramm dargestellt wird, wobei jeder Balken das Ergebnis eines einzelnen Tests wiedergibt. Die Länge eines jeden Balkens korreliert mit der Tiefe des Defektes, je länger der Balken desto niedriger die Sensitivität. Die unterschiedlichen Farbgebungen der Balken lassen die entsprechenden Signifikanzen der Regressionskurven erkennen. Viswanathan verglich 1997 in einer Studie das Statpac 2- mit dem Progressor-Programm (Viswanathan et al. 1997). Der Übersichtsausdruck des Statpac 2- Programmes für Humphrey-Gesichtsfelder liefert eine Darstellung mehrerer Gesichtsfelder in chronologischer Reihenfolge. Des Weiteren werden die numerischen Auswertungen der Gesichtsfelder analysiert und können entlang einer Zeitachse graphisch erfasst werden. Durch Regressionsanalysen lassen sich die Trends ermitteln. Auf der Basis der Durchschnittsabweichung richtet sich Statpac 2 nach ortsbezogenen Änderungswahrscheinlichkeiten. Dies ermöglicht eine weitere Darstellung, in der die Verbesserung oder Verschlechterung eines einzelnen Testpunktes in Relation zur erwarteten Fluktuation angezeigt werden (Heijl 1991). Von den 19 untersuchten glaukomekrankten Augen stimmten das Statpac 2- und das Progressor-Programm in allen Fällen bezüglich der Progressionsentscheidung miteinander überein. Das Progressor-Programm entdeckte die Progression jedoch bei 18 Augen früher. Die

Zeitdifferenz betrug im Durchschnitt etwas über ein Jahr (Viswanathan et al. 1997). Demgegenüber wird dem Progressor-Programm vorgeworfen, sehr unspezifisch zu sein und eigentlich stabile Glaukome zu „überdiagnostizieren“ (Heijl, Bengtsson 1997). Aufgrund einer weiteren Studie aus dem Jahre 2002 berichtete Viswanathan, dass die Übereinstimmung in der Progressionsentscheidung zwischen Experten weitaus höher sei, wenn die Befunde mit dem Progressor-Programm dargestellt würden, als wenn Statpac-2-Ausdrücke als Grundlage für die Progressionsentscheidung dienen würden (Viswanathan et al. 2003).

Wie bereits unter Punkt 2.2.5 unter den Programmen zur Verlaufskontrolle angeführt, stehen zur Progressionsdiagnostik des Weiteren die Graphische Analyse topographischer und numerischer Trends („GATT“ und „GANT“) zur Verfügung (Weber, Kriegelstein 1990; Weber 1989). Diese sind auf Octopus- sowie auch auf Humphrey-Gesichtsfelder anwendbar und beruhen auch auf Regressionsanalysen. Ebenfalls mit dem Ziel, die statistische Beurteilung der „Veränderung“ und deren Zuordnung zu klinischer Relevanz zu erleichtern, erstellten Grehn und Burkard ein Modell zur Verlaufskontrolle von Glaukom-Gesichtsfeldern. Über den Paarvergleich individueller Messpunkte wird eine Kontingenztafel erstellt. Eine Beurteilung relevanter Gesichtsfeldveränderungen wird nach dem Bowker-Symmetrie-Test durchgeführt. Anzahl, Defekttiefe und Exzentrizität der defekten Prüfpunkte werden hier als Parameter herangezogen (Grehn, Burkard 1988). Ziel ist die Erfassung der Änderung der Empfindlichkeitsschwelle individueller Messpunkte, im Gegensatz zu Summenbildungen oder mittleren Empfindlichkeiten der Gesichtsfeldindizes. Ersichtlich wird somit die Verteilung der Änderungen im Gesichtsfeld (Exzentrizitätskriterium), das Maß des Empfindlichkeitsverlustes durch Vergrößerung (Flächenkriterium) oder durch Vertiefung (Defekttiefenkriterium).

Methoden und Scores, die zur Klassifizierung der Gesichtsfelder in den groß angelegten Studien wie der AGIS, der Collaborative Intervention Treatment Study (CIGTS) und des Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT) entwickelt wurden, beruhen auf Scoring-Systemen, die sich auf Veränderungen einzelner Gesichtsfeldpunkte in den aufeinander folgenden Tests stützen. "Glaucoma Change Probability Maps“ (GCPM) wurden in den Untersuchungen des EMGT als Basis für die Progressionsentscheidung verwendet: Die

definitive Progression war definiert durch die signifikante Verschlechterung von mindestens drei Prüfpunkten in drei aufeinander folgenden Untersuchungen (Heijl et al. 1991, Heijl et al. 2003). In ähnlicher Art und Weise wurden die Scoring-Systeme der CIGTS (Katz et al. 1999) und der AGIS (AGIS 1994) auf der Basis von Dezibel-Abweichungen festgesetzt, um die Progressionsentscheidungen zu treffen. Diverse Studien, die sich mit dem Vergleich verschiedener Scoring-Systeme beschäftigt haben, ergaben eine zum Teil sehr geringe Übereinstimmung in der Progressionsentscheidung. Die lineare Regression stellte sich dahingegen als eine überlegene Methode dar, Gesichtsfeldverluste sicherer und frühzeitiger zu diagnostizieren (Katz et al. 1999; Nouri-Mahdavi et al. 2005; Lee et al. 2002; Vesti et al. 2003). Es stellte sich zudem heraus, dass es nicht nur der Verschlechterung eines Testpunktes bedarf, um von einer Progression zu sprechen. Andernfalls komme es zu vermehrt falsch-positiven Ergebnissen (Nouri-Mahdavi et al. 2005; Heijl 1998).

Auch im Rahmen der Ocular Hypertention Treatment Study (OHTS) wurde zur Progressionsdiagnostik ein Klassifizierungssystem entwickelt und propagiert, welches sich beispielsweise im Gegensatz zum System der AGIS auf die Beurteilungen der Wahrscheinlichkeiten stützt. Gesichtsfeldveränderungen werden hier klar definiert und anhand dieser Definition als progressiv oder nicht progressiv eingestuft mit einer angeblich guten Übereinstimmung, wenn es von unterschiedlichen Experten angewendet wird (Sihota et al. 2007).

Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung der Gesichtsfeldbefunde im Zusammenhang mit dem Augeninnendruck und den durchgeführten Operationen und Lasertherapien. Der mit Abstand am häufigsten durchgeführte Eingriff war hier die Trabekuloplastik mittels Argonlaser, gefolgt von der Trabekulektomie. Diese erbrachte die weitaus effektivste Druckreduktion. Es zeigte sich, dass ein bestimmter Augeninnendruck, der erreicht wurde, nicht immer mit einem stabilen Gesichtsfeld einhergeht. Bei Augeninnendrucksenkungen jeglichen Ausmaßes ergab sich eine durchschnittliche Verschlechterung der MD-Werte. Bei den Augen, in denen die stärksten Druckreduktionen erfolgten, um 60 Prozent oder mehr, und in denen

der Augeninnendruck auf mindestens 12 mmHg gesenkt wurde, stellte sich dieser Sachverhalt sogar signifikant dar.

Die Frage zu beantworten, wie die drucksenkende Therapie die Gesichtsfeldprogression ein frühmanifestes Glaukom beeinflusst und welche sonstigen Faktoren eine klinische Relevanz haben, war Ziel des EMGT. Es wurden 129 therapierte 126 nicht drucksenkend behandelten Patienten gegenübergestellt. Somit hatte man in dieser Studie eine Kontrollgruppe zur Verfügung. Während in der therapierten Gruppe eine Reduktion von circa 25 Prozent erreicht wurde, blieb der Augeninnendruck in der unbehandelten Gruppe nahezu konstant. Die Progression war bezüglich aller Alters- und Glaukomgruppen in der Therapiegruppe mit 45 Prozent deutlich geringer als in der unbehandelten Gruppe (62 Prozent). Durch eine Behandlung wurde eine Progression um 18 Monate verzögert. Pro mmHg Drucksenkung wurde das Progressionsrisiko um 10 Prozent verringert. Progressionen in allen Gruppen wurden durch folgende Faktoren begünstigt: ein hoher Augeninnendruck, ein Pseudoexfoliationsglaukom, das Vorliegen eines beidseitigen Glaukoms, ein schlechter MD-Wert, ein hohes Lebensalter und Papillenrandblutungen. Bemerkenswert ist, dass trotz drucksenkender Therapie bei 45 Prozent der Patienten in der Therapiegruppe eine Progression eintrat. Dieses Ergebnis belegt, dass eine Senkung des Augeninnendrucks um 25 Prozent bei vielen Patienten nicht ausreichend ist, um eine Progression zu verhindern (Heijl et al. 2002; Heijl et al. 2003; Leske et al. 1999; Leske et al. 2003). Somit unterstreicht das Ergebnis dieser Studie die Bedeutung der augeninnendruckunabhängigen Risikofaktoren. Mithilfe der Patientenaugen, die während des EMGT eine Progression des Gesichtsfeldschadens aufwiesen, wurde die definitive Progression von Gesichtsfelddefekten für diese Studie definiert: Sie beträgt eine Verschlechterung des MD-Wertes von durchschnittlich 1,93 dB und eine Zunahme der Anzahl von Prüfpunkten mit $p < 0,5$ in den Wahrscheinlichkeitskarten um 4,85. Diese Veränderungen zeigten weder eine Korrelation zum ersten MD-Wert noch zum Augeninnendruck, Alter oder zum Zeitpunkt der Progression (Heijl et al. 2003).

Die Ergebnisse des EMGT bestätigen die Analysen der vorliegenden Studie sowohl in Bezug auf das Gesamtkollektiv als auch auf die einzelnen Gruppen, eingeteilt nach dem Ausmaß der Augeninnendrucksenkung. Trotz der guten Therapieerfolge, was den

Augeninnendruck anbelangt, ergab sich keine eindeutige Korrelation zwischen der Druckreduktion und dem Ausbleiben einer Gesichtsfeldprogression. In der Gruppe mit einer Drucksenkung von 20 bis 29 Prozent zeigte sich in den hier durchgeführten Analysen bei nur knapp 40 Prozent ein stabiler MD-Wert.

Betrachtet man die Berichte anderer Studien, ergeben sich hierbei Übereinstimmungen: Popovic und Sjöstrand untersuchten an 54 Patienten den Zeitraum von fünf Jahren nach durchgeführter Trabekulektomie. Bei einem Viertel der Patienten zeigte sich eine Progression des Gesichtsfeldschadens. Die Druckreduktion durch die Trabekulektomie betrug im Durchschnitt ungefähr 45 Prozent, wobei der Unterschied der Druckreduktion in den beiden Gruppen mit und ohne postoperative Progression nicht signifikant war (Popovic, Sjöstrand 1991). Sie bestätigten damit vorherige Studien: Werner et al. analysierten bei 24 Augen den Zeitraum von dreieinhalb Jahren nach Durchführung einer TET und konnten den Zustand von knapp 40 Prozent der Augen als nicht stabil beurteilen (Werner et al. 1977). In der retrospektiven Studie von Kidd und O'Connor wurden bei 18 Prozent der 50 untersuchten Augen in den folgenden fünf Jahren nach Trabekulektomie eine Progression der Erkrankung festgestellt und dies postoperativ trotz eines statistisch normalen Augeninnendruckes. Die stabilen Augen wiesen allerdings geringere Druckschwankungen auf (Kidd, O'Connor 1985). In weiteren Studien konnte nach Drucksenkung durch TET keine eindeutige Korrelation zwischen Augeninnendrucksenkung und Gesichtsfeldstabilität festgestellt werden (Holmin, Storr-Paulsen 1984, Watson et al. 1990, Afako et al. 1992). Betrachtet man in diesem Zusammenhang die hier untersuchten Augen, konnte besonders in Fällen von Primären Offenwinkelglaukomen der Augeninnendruck bei einem Maximum von 25,75 mmHg um durchschnittliche 11,2 mmHg durch eine TET gesenkt werden. Der MD-Wert verschlechterte sich postoperativ um 1 dB, allerdings ohne Signifikanz. Auch in der Gruppe der Augen mit anfänglichen MD-Werten von 5 dB oder weniger ergab sich eine umfangreiche Drucksenkung von durchschnittlich 9,91 mmHg, gleichzeitig aber auch ein durchschnittlicher Anstieg der MD-Werte, der signifikant war. In einem Fall verschlechterte sich der MD-Wert um 10,22 dB. In den Fällen von juvenilen Glaukomen und Glaukomen mit einem Anfangs- MD-Wert von mindestens 20 dB, ergaben sich zwar auch Drucksenkungen stärkeren Ausmaßes, die Stichprobengrößen betragen hier jedoch lediglich n=1 und können somit nicht als repräsentativ gewertet

werden. Andererseits fand, laut der mittleren Differenzen der MD-Werte von Normaldruck- und Pigmentdispersionsglaukomen, trotz geringerer Augeninnendrucksenkung im Durchschnitt, keine Gesichtsfeldprogression statt. Insgesamt konnte bezüglich der Einteilung des vorliegenden Patientenkollektivs nach Glaukomart sowie nach der Anfangs-MD die Trabekulektomie über alle Gruppen hinweg als eine Methode der effektiven Drucksenkung identifiziert werden. Einen signifikanten Einfluss der Trabekulektomie auf die Ergebnisse der Gesichtsfeldbefunde, die sowohl mit Computerperimetrie als auch mit Flickerperimetrie erhoben wurden, konnten auch Tavares et al. 2006 in ihrer Studie nicht feststellen (Tavares et al. 2006). Diese Studie bezog sich allerdings auf einen postoperativen Beobachtungszeitraum von nur viereinhalb Monaten. Speziell an Patienten mit progressivem Normaldruckglaukom zeigten Studien auch, dass eine TET den Prozess trotz starker Drucksenkung über sechs Jahre hinweg zwar verlangsamen, jedoch nicht aufhalten kann (Shigeeda et al. 2002, Hitchings et al. 1995). Die Otago Glaucoma Surgery Outcome Study zeigte an insgesamt 285 Patientenaugen, die bis zu 15 Jahre beobachtet wurden, dass die Druckreduktion durch Trabekulektomie bei einer geringen Komplikationsinzidenz zwar effektiv ist, aber oft alleine für das Verhindern von weiterem Gesichtsfeldverlust unter Umständen nicht ausreichend ist (Anthony et al. 1997).

Wie auch bei den bereits oben erläuterten Ergebnissen, die auf das Gesamtkollektiv bezogen sind, liegt bei dieser Studie leider keine Kontrollgruppe mit Patientenaugen vor, die in keiner Weise drucksenkend therapiert wurde. Somit ist hier kein Vergleich zu einem nicht therapierten Kollektiv möglich. Anhand anderer Studien mit nicht therapierten oder Plazebogruppen, wie des EMGT, ist anzunehmen, dass ohne die drucksenkenden Wirkungen von Trabekulektomien und Argonlasertrabekuloplastiken Gesichtsfeldprogressionen im größeren Maße stattgefunden hätten (Heijl et al. 2002).

Im Rahmen dieser Studie war es jedoch möglich anhand der 13 rein konservativ therapierten Patientenaugen einen Vergleich mit den Augen zu ziehen, bei denen operativ oder mittels Laser interveniert wurde. Bezüglich der Entwicklung des Augeninnendruckes zum Zeitpunkt der Erstvorstellung und der letzten Untersuchung, war ein im Durchschnitt leichter, nicht signifikanter Anstieg um 0,38 mmHg (+/-1,19) festzustellen. Weder der leichte Anstieg von MD-Wert und P-score noch der leichte

Rückgang der Anzahl der absoluten Skotome stellten sich als signifikant heraus. Immerhin jedoch erwiesen sich trotz geringerer bzw. nicht erfolgreicher Druckreduktion die Gesichtsfeldparameter stabiler als in den operierten Gruppen. Im Gegensatz zu den hiesigen Analysen ergaben diverse Studien von Steward et al. und Konstas et al. über die Effektivität der Drucksenkung verschiedener augeninnendrucksenkender Augentropfen, dass durch die konservative Therapie der Augeninnendruck signifikant und langfristig gesenkt werden kann (Steward et al. 2007, Konstas et al. 2006, Konstas et al. 2007). Auch im Rahmen der CIGTS konnte durch eine rein medikamentöse Therapie eine signifikante Augeninnendrucksenkung erzielt werden (Feiner, Piltz-Seymour 2003; Janz et al 2001; Lichter 2001; Musch 1999). Inwieweit sich dies hier auf die Gesichtsfeldbefunde ausgewirkt hat, wird im weiteren Verlauf der Diskussion noch behandelt.

Ergänzend zum Themenkreis der drucksenkenden Eingriffe, lassen sich zusätzlich die Ergebnisse der AGIS einbringen. Primäres Ziel der AGIS in den USA war es, die Trabekulektomie und die Lasertrabekuloplastik als primäre Eingriffe miteinander zu vergleichen. Diese in den 1980er Jahren aktuelle Fragestellung wird heute als nicht mehr so bedeutsam erachtet. Die Studie umfasst 789 Augen von 591 Patienten. Im Falle eines Augeninnendruckanstiegs über 18 mmHg trotz medikamentöser Therapie wurde eine von den zwei folgenden Therapiesequenzen durchgeführt: Argonlasertrabekuloplastik-Trabekulektomie-Retrabekulektomie (ATT) oder Trabekulektomie-Argonlasertrabekuloplastik-Retrabekulektomie (TAT). Sekundäre Analysen ergaben, dass die Progression des Gesichtsfeldes umso geringer ausfiel, je niedriger und stabiler der Augeninnendruck war. In der AGIS-Veröffentlichung aus dem Jahr 2001 zeigte sich mit statistischer Signifikanz, dass die Höhe des mittleren Augeninnendrucks für die Gesichtsfeldprogression ausschlaggebend war, und das auch unterhalb des „statistischen Normwertes“ von 18 mmHg. In einer Klassifizierung der Patienten in Untergruppen nach Häufigkeit eines Augeninnendrucks unter 18 mmHg bei den Nachuntersuchungen ergeben sich für die Untergruppen verschiedene mittlere intraokulare Druckwerte. Es zeigte sich eine unterschiedliche Progression der Gesichtsfeldschäden, die aber erst nach einigen Jahren statistisch signifikant wurde. Nur bei Patientenaugen mit einem mittleren Augeninnendruck um 12 mmHg ergab sich über 6 Jahre hinweg ein stabiles Gesichtsfeld. Die Resultate bestätigen die therapeutische

Forderung nach einem relativ niedrigen Zieldruck für Patienten mit fortgeschrittener Papillenexkavation. Bereits frühe AGIS-Ergebnisse stellten einen signifikanten Einfluss des Faktors Rasse fest. Daher differenzierte die AGIS die Resultate in ihren 2004 vorgelegten 10-Jahres-Ergebnissen nach Hautfarben der Patienten. Es lagen Nachbeobachtungsdaten für 451 Augen von 332 farbigen und für 325 Augen von 295 weißen Patienten vor. Im Beobachtungszeitraum von 10 Jahren erlitten dunkelhäutige Patienten aus der TAT-Gruppe insgesamt eine signifikant häufigere Verschlechterung als die der ATT-Gruppe, während dies bei weißen Patienten nur im ersten Jahr statistisch signifikant war. Bei weißen Patienten hingegen konnte der Gesichtsfeldverfall nach 8 bis 10 Jahren in der TAT-Gruppe signifikant effektiver aufgehalten werden. Somit stellte es sich bei weißen Patienten als günstiger heraus, primär eine Trabekulektomie durchzuführen. Beim Vergleich der Misserfolgsraten schnitt die primäre Trabekulektomie eindeutig besser ab. Kritisch für den Erfolg einer Trabekulektomie erwiesen sich junges Patientenalter, hoher präoperativer Augeninnendruck, Diabetes mellitus und postoperative Komplikationen. Durch die Einführung neuer Antiglaukomatosa Mitte der 90er Jahre und die gestiegene Bereitschaft zum Einsatz von Antimetaboliten sind die Ergebnisse der AGIS-Studie allerdings nur bedingt auf die heutige Situation übertragbar (The AGIS Investigators 2000, The AGIS Investigators 2001, The AGIS Investigators 2002a, The AGIS Investigators 2002b, The AGIS Investigators 2004).

Abweichungen ergeben sich hier hinsichtlich des Ergebnisses, dass nur ein Augeninnendruck von um die 12 mmHg ein stabiles Gesichtsfeldfeld gewährleistet. In den diesbezüglich untersuchten Fällen der UAK Würzburg haben bei Betrachtung der einzelnen Gesichtsfeldverläufe eine große Zahl der Patienten mit stabilen MD-Werten Augeninnendruckwerte, die weit höher sind als 12 mmHg. Andererseits wiesen 16 der 26 Patientenaugen mit einem postoperativen Augeninnendruck von 12 mmHg oder weniger eine Gesichtsfeldprogression auf. Bezug nehmend auf den Risikofaktor Rasse, der in den Ergebnissen der AGIS zum Vorschein kam, kann kein Vergleich angestellt werden, da das Patientenkollektiv der UAK Würzburg ausschließlich weißer Hautfarbe war.

Unabhängig von Trabekulektomien, zeigte sich häufig, dass der Augeninnendruck alleine für Gesichtsfelddefekte nicht immer ausschlaggebend ist (Chauhan, Drance 1992, Odberg 1993) und kein Zieldruck mit Sicherheit garantieren kann, dass es nicht zum Fortschreiten der Erkrankung kommt (Odberg 1987). Somit wird das Augenmerk auf andere Risikofaktoren gelenkt. Aus Studien, die zu selbigem Ergebnis kamen, wurde zum Teil geschlossen, dass eventuell größere Schwankungen des Augeninnendruckes mit dem Gesichtsfeldverlust im Zusammenhang stehen (Niesel, Flammer 1980; O'Brien 1991). Veröffentlichungen des EMGT von 2007 zufolge ist und bleibt der mittlere Augeninnendruck signifikant mit dem Progressionsrisiko verknüpft. Es gab hingegen keine Korrelation von Augeninnendruckschwankungen und Krankheitsprogression (Bengtsson et al. 2007). Auf Schwankungen des intraokularen Druckes wurden die Befunde der untersuchten Augen der UAK Würzburg nicht statistisch ausgewertet, so dass ein direkter Vergleich hier nicht durchgeführt werden kann. Die Werte von eventuell durchgeführten 24-Stunden-Druckmessungen wurden ebenfalls nicht in die Analysen miteinbezogen. Wenn nun z.B. in einem Patientenaugen Nachtspitzen auftraten, so wurden diese im Gesichtsfeldverlauf nicht vermerkt. Schulzer zeigte eine Korrelation zwischen maximalem Augeninnendruck und Gesichtsfeldverlust bei Patienten mit einer Tendenz zu Vasospasmen auf (Schulzer et al. 1990).

Generell zeigt sich, dass Progressionen von Gesichtsfeldschäden oder stabile Gesichtsfeldbefunde nicht zwingend mit einem hohen oder tiefen Augeninnendruck einhergehen. Es finden sich somit Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der hiesigen Studie. Andererseits gibt es Erhebungen, denen zufolge eine Druckreduktion in untere Druckbereiche bei sehr weit fortgeschrittenem Gesichtsfeldschaden den Prozess massiv verlangsamen oder aufhalten kann (Abedin et al. 1982; Quigley, Maumenee 1979; Odberg 1987). Im Vergleich mit anderen Studien finden sich weitere Unstimmigkeiten über den Effekt der Drucksenkung bei manifesten Glaukomerkrankungen: Leydhecker und Gramer konnten immerhin bei 67 Prozent ihrer analysierten Patienten nach einer Senkung des Augeninnendruckes auf statistische Normalwerte unter 21 mmHg eine Stabilität des Gesichtsfeldes feststellen (Leydhecker, Gramer 1989). Eine schwache Korrelation zwischen Augeninnendruck und Gesichtsfeld beobachtete Vogel im untersuchten Kollektiv (Vogel et al. 1990). Ein Wert von 17

mmHg wurde in den Untersuchungen von Mao an 55 Patienten als Garant für Stabilität identifiziert, während Augen mit einem Druck von mehr als 21 mmHg alle eine Progression zeigten (Mao et al. 1991).

Um herauszufinden, ob neu diagnostizierte chronische Offenwinkelglaukome durch lokale medizinische Therapie oder durch sofortige Trabekulektomie besser zu therapieren sind, wurde die CIGTS initiiert. In einem Intervall von sechs Monaten wurden 607 Patienten, aufgeteilt in zwei Gruppen, fünf Jahre lang kontrolliert. Wie sich nach fünf Jahren zeigte, konnte der Augeninnendruck in beiden Gruppen signifikant gesenkt werden, wobei die Drucksenkung in der Trabekulektomiegruppe erwartungsgemäß etwas effektiver war. Neben dem Augeninnendruck wurde ebenfalls die Gesichtsfeldprogression anhand des eigens entwickelten Gesichtsfeldscores beurteilt. Hier konnte jedoch zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Hinsichtlich des Verhältnisses von Gesichtsfeldprogression zum Augeninnendruck ergab sich hier eine Übereinstimmung: Wie anhand der AGIS-Studie eigentlich zu vermuten wäre, führte der niedrigere Augeninnendruck in der operierten Gruppe nämlich nicht zu einer günstigeren Entwicklung des Gesichtsfeldes. Dabei muss aber wiederum berücksichtigt werden, dass in der AGIS die Auswirkungen eines sehr niedrigen Augeninnendruckes erst nach sieben Jahren festzustellen waren. Bei genauerer Betrachtung sonstiger Risikofaktoren fanden die Autoren der Studie in ihren Untersuchungen, dass Patienten von schwarzer Hautfarbe, mit Diabeteserkrankung und höherem Lebensalter eine schlechtere Prognose im Hinblick auf eine Stabilität des Gesichtsfeldbefundes haben (Feiner, Piltz-Seymour 2003; Janz et al. 2001a; Janz et al 2001b; Lichter 2001; Musch 1999). Im Gegensatz zur medikamentös behandelten Patientengruppe der CIGTS konnte bei dem entsprechenden Würzburger Patientenkollektiv keine signifikante Augeninnendrucksenkung durch eine rein medikamentöse Therapie erzielt werden. Der Augeninnendruck stieg zum Zeitpunkt der letzten erfassten Untersuchung hin sogar geringfügig an. Sowohl in der TET-Gruppe, wo hingegen eine signifikante Druckreduktion stattfand, als auch in der rein konservativ therapierten Gruppe waren keine signifikanten Entwicklungen hinsichtlich der Gesichtsfeldbefunde zu vermerken.

Ähnliches trifft auf Entwicklungen zu, die sich nach durchgeführter ALT ergaben. Im Gesamtkollektiv, der Gruppe mit Anfangsdefekten von höchstens 5 dB, den Gruppen mit Primärem Offenwinkel- und Normaldruckglaukom fand durch den Eingriff eine signifikante Reduktion des Augeninnendruckes statt. Die Gesichtsfelder zeigten laut mittlerer Differenz eine Tendenz zur Verschlechterung, Signifikanzen ergaben sich allenfalls, wenn eine Verschlechterung eines Gesichtsfeldparameters festzustellen war.

Es ist bezüglich der Ergebnisse der Studie kritisch anzumerken, dass bei Betrachtung von Standardabweichungen, minimalen und maximalen Werten, sowie den 95%-Konfidenzintervallen, auffällt, dass trotz der allgemeinen Tendenzen zu Gesichtsfeldprogressionen oder zu „Verbesserungen“ der Gesichtsfeldbefunde, im Gesamtbild die Einzelfälle doch recht verschieden sein können. Somit zeigt sich, dass trotz mancher Entwicklungen, die sich als signifikant erweisen, sich dennoch der Verlauf für einen Einzelfall völlig anders darstellen kann. Die unterschiedlichen Größen der Stichproben machen einen Vergleich der Ergebnisse, die sich aus den Analysen der unterschiedlichen Gruppen ergaben, schwierig.

Untersucht wurden ebenfalls Kataraktoperationen im Hinblick auf eventuelle Auswirkungen auf Augeninnendruck und Gesichtsfeld. Diese wurden extrakapsulär mit der Phakoemulsifikationstechnik durchgeführt. In 42 Prozent der untersuchten Fälle führte die Kataraktoperation zu einer Druckreduktion von durchschnittlich 3,37 mmHg (+/- 2,83). In 29 Prozent der Fälle blieb der Augeninnendruck im Rahmen von 0,7 mmHg konstant, in weiteren 29 Prozent ging er hingegen um durchschnittlich 6,6 mmHg (+/- 5,15) in die Höhe. Korrelationen von MD-Wert, P-score und den absoluten Skotomen mit dem Eingriff konnten nicht nachgewiesen werden. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis zeigten Lai et al. in einer 2006 veröffentlichten Studie an 21 Patientenaugen mit primären Offenwinkelglaukomen und gleichzeitiger Katarakt, dass durch eine Kataraktoperation an sich bei Anwendung der Phakoemulsifikationstechnik der Augeninnendruck gesenkt wird. Gleichzeitig wird der Bedarf nach augeninnendrucksenkenden Medikamenten reduziert (Lai et al. 2006). Als Ursache für die augeninnendrucksenkende Wirkung der extrakapsulären Kataraktoperationen, insbesondere mit der Phakoemulsifikationstechnik, wurde der Spüleffekt der

Vorderkammer und ein Zurücksinken des Kunstlinsen-Iris-Diaphragmas mit Zug auf das Trabekelwerk angenommen.

Die Resultate der durchgeführten Kapsulotomien bezüglich Augeninnendruck und Gesichtsfeld stellten sich ausgeglichen dar: Bei einem Drittel reduzierte sich der Augeninnendruck, bei einem weiteren Drittel erhöhte er sich und bei einem Drittel war eine Konstanz festzustellen. Es muss allerdings angemerkt werden, dass es sich hier lediglich um sechs Fälle handelt, die analysiert werden konnten. In den beiden Fällen der Druckreduzierung betrugen die Absenkungen des intraokularen Druckes 5 und 10 mmHg. Fand eine Druckerhöhung statt, war diese eher geringfügig. Eine Auswirkung auf den Gesichtsfeldbefund wurde nicht festgestellt.

In Bezug auf das Patientenkollektiv, ist erwartungsgemäß ein gehäuftes Auftreten der Glaukomerkrankung mit steigendem Alter zu bemerken. 90 Prozent der Patienten sind 40 Jahre oder älter, wobei ein deutlicher Anstieg der Erkrankungsinzidenz ab dem 41. Lebensjahr zu bemerken ist. Grund hierfür ist der Risikofaktor Alter, der bereits im Allgemeinen Teil dieser Arbeit unter Punkt 2.1.2.2 erläutert wurde.

Abschließend ist nochmals hervorzuheben, dass das stabile Gesichtsfeld und der Gesichtsfeldverlust jeweils mit einem weiten Spektrum von Augeninnendruckwerten einhergehen. Ein bestimmter Augeninnendruck, liegt er auch noch so weit unterhalb der statistischen Normwerte, gibt nach Ergebnissen dieser und vieler weiterer Studien keine Sicherheit für eine Stabilität des Gesichtsfeldes. Somit stellt sich die Frage, ob es bei einigen Patienten, die trotz extremer Drucksenkung noch eine Progression zeigen, „den Zieldruck“ überhaupt gibt, und ob man durch Drucksenkung in der Lage ist, andere existierende Risikofaktoren „zu überbieten“. Wie auch von Pfeiffer beschrieben wird, begründet sich hier auch die aktuelle Definition des Begriffes „Glaukom“, die trotz vieler Einwände mittlerweile abgeändert wurde: Der Augeninnendruck stellt einen wichtigen pathogenischen Risikofaktor dar, ist jedoch kein unabdingbarer Bestandteil der Glaukomdefinition mehr. Einerseits gibt es viele Gesunde, die bei einer okulären Hypertension einen deutlich über der Norm erhöhten Augeninnendruck haben, ohne jemals ein Glaukom zu entwickeln. Andererseits haben viele Patienten einen Augeninnendruck innerhalb der statistischen Norm, entwickeln aber trotzdem einen typischen Glaukomschaden an Sehnerv und Gesichtsfeld. Konsequenterweise musste

daher die absolute Erhöhung des Augeninnendruckes aus der Definition des Glaukoms weichen. Als Kompromiss scheint zwar akzeptabel, dass beim Glaukom der individuelle Augeninnendruck für eine bleibende normale Funktion des Sehnervkopfes zu hoch ist, allerdings wiederum mit dem Problem, dass der individuell akzeptable Augeninnendruck eines Patienten in keiner Weise vorausgesagt werden kann (Pfeiffer 2002). Letzteres zeigte sich in den Auswertungen der vorliegenden Studie bezüglich der unterschiedlich stark ausgeprägten Augeninnendrucksenkungen und deren Auswirkungen. Die Möglichkeiten, andere Risikofaktoren außer dem Augeninnendruck zu therapieren sind jedoch limitiert. Dennoch lässt sich sagen, wie es auch einige andere Autoren vertreten (Kass et al. 1989; Epstein et al. 1989), dass die drucksenkende Therapie besser ist, als keine Therapie, da sie eine Chance darstellt, den Gesichtsfeldbefund stabil zu halten.

6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Eigenschaften der Glaukomerkrankung, den Gesichtsfeldverlauf und die Auswirkungen von operativen Behandlungsmethoden sowie deren Therapieergebnisse darzustellen.

In der Studie wurden hierzu die Daten der Glaukome erfasst, die im Zeitraum von 1985 bis 2006 in der Klinik und Poliklinik für Augenranke der Universität Würzburg behandelt wurden. Die Beobachtungszeiträume der Patientenaugen umfassen durchschnittlich 7,5 Jahre, bei einem Minimum von 3 und einem Maximum von fast 21 Jahren. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf die neuere Literatur analysiert.

Ein wesentlicher Teil bestand darin, wie sich der erhobene P-score und das Zählen von absoluten Skotomen im Langzeitverlauf, verglichen zum klassischen MD-Wert, verhalten. Aus beiden errechneten Gesichtsfeldparametern ergaben sich keine Vorteile, die von diagnostischer Relevanz sind. Auch hinsichtlich der prä-/ postoperativen Analysen der drei Gesichtsfeldparameter stellten sich die Anzahl der absoluten Skotome und der P-score als Werte heraus, die zum Teil erheblichen Schwankungen sowie großen Variationsbreiten unterliegen.

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Augeninnendruck und Gesichtsfeldentwicklung fügte sich das beobachtete Kollektiv in das Spektrum der Mehrheit der Literaturangaben ein. So stellte eine Druckreduktion keinen Garant für Gesichtsfeldstabilität dar. Von den Augen, bei denen der Augeninnendruck um mindestens 60 Prozent gesenkt werden konnte, zeigten beispielsweise 80 Prozent eine Gesichtsfeldprogression.

Die Trabekulektomie konnte als der Eingriff identifiziert werden, der die effektivste Drucksenkung bewirkte. Hier konnte bei 40 Prozent postoperativ ein stabiler MD-Wert festgestellt werden.

Außerdem erfolgte eine Einteilung aller Patientenaugen nach den MD-Werten, die sie zu Beobachtungsbeginn aufwiesen sowie eine Einteilung gemäß der unterschiedlichen Arten von Glaukomerkrankungen. Diese Gruppen wurden sowohl bezüglich der

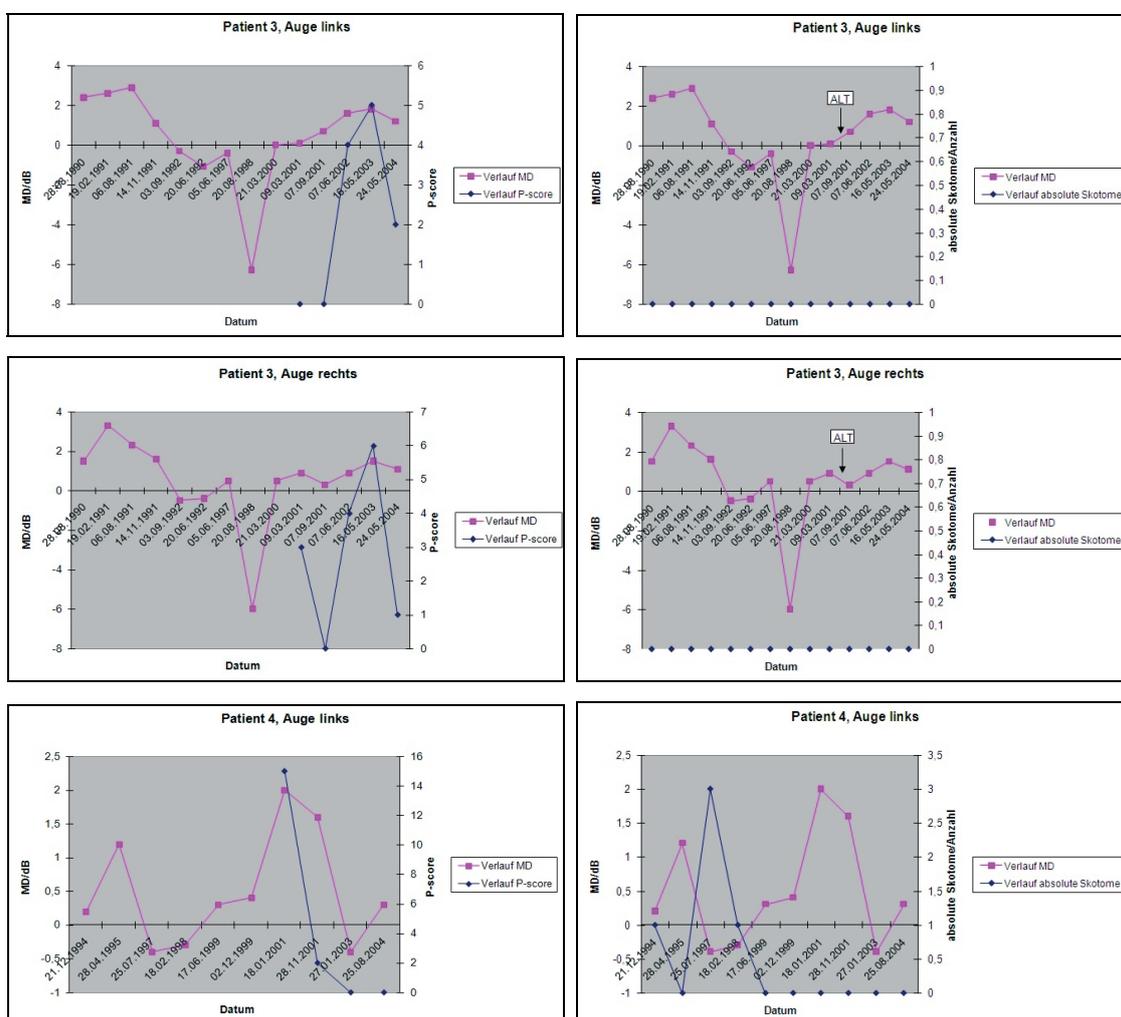
Verläufe der Gesichtsfeldparameter als auch der Werte und Augeninnendruckmessungen im prä-/ postoperativen Vergleich analysiert. Auch hier zeigte sich bezüglich des P-scores und der absoluten Skotome dasselbe Ergebnis wie bei den Analysen am Gesamtkollektiv. In einigen Gruppen gelangen Reduktionen des Augeninnendruckes in signifikantem Ausmaß. Dennoch zeigte sich eine Progression des Gesichtsfeldbefundes. Aufgrund der unterschiedlichen Stichprobengrößen, die sich nach Unterteilung des Gesamtkollektives ergaben, stellt sich ein sicherer Vergleich der einzelnen Gruppierungen allerdings als problematisch dar.

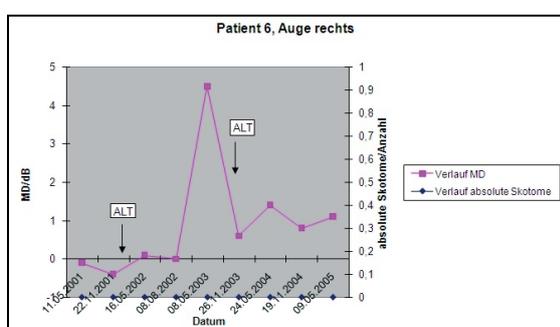
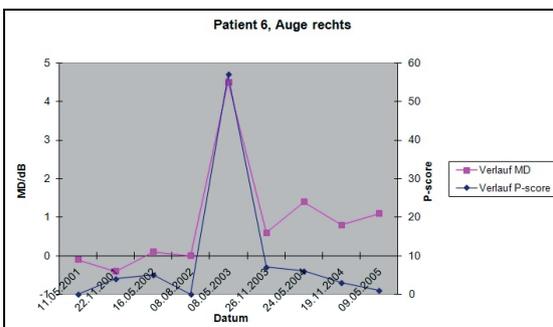
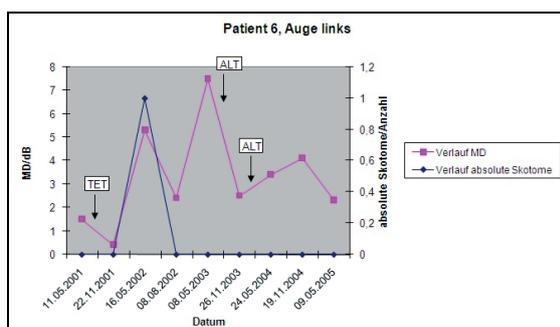
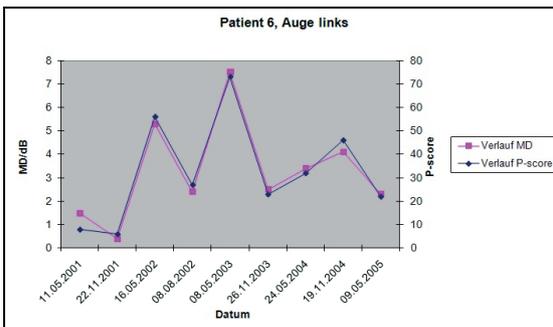
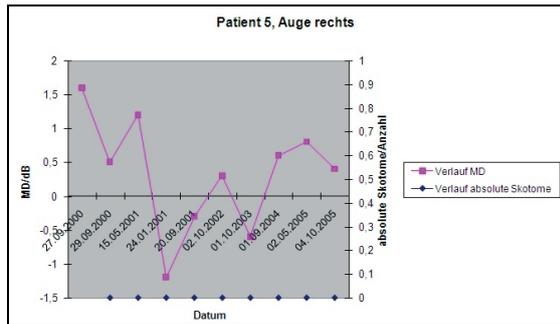
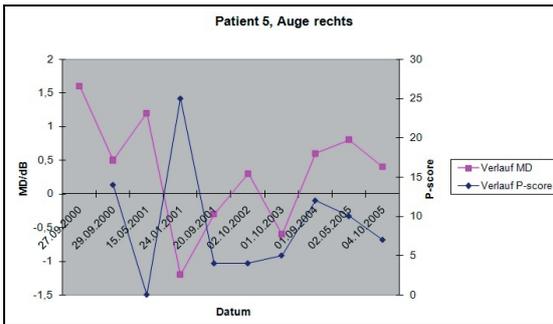
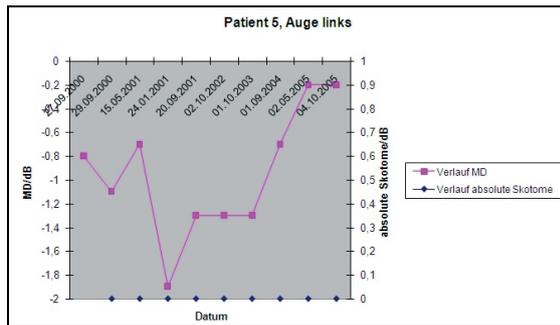
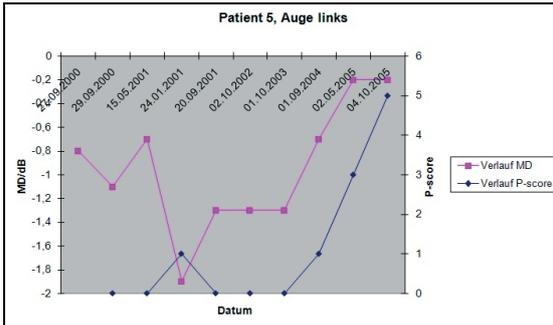
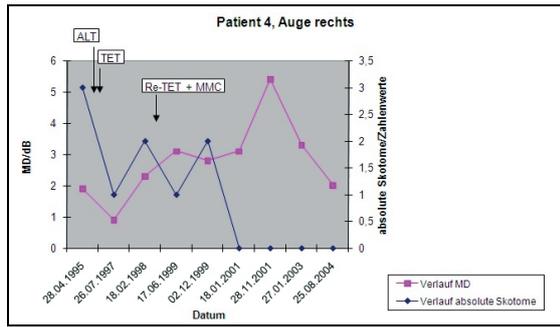
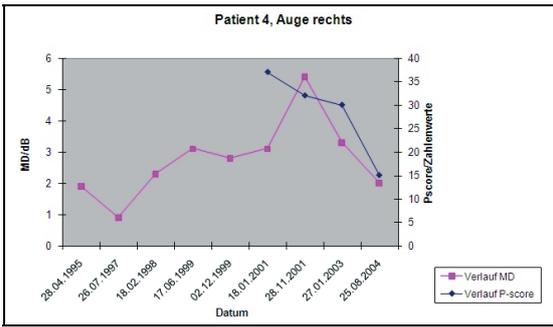
In Übereinstimmung mit anderen Erhebungen lenken die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie daher das Augenmerk auf andere Krankheitsursachen und Risikofaktoren als den Augeninnendruck. Der MD-Wert scheint nach den Ergebnissen dieser Arbeit nach wie vor der günstigste Parameter zur Verlaufsbeobachtung und Progressionsbewertung von Gesichtsfeldern zu sein.

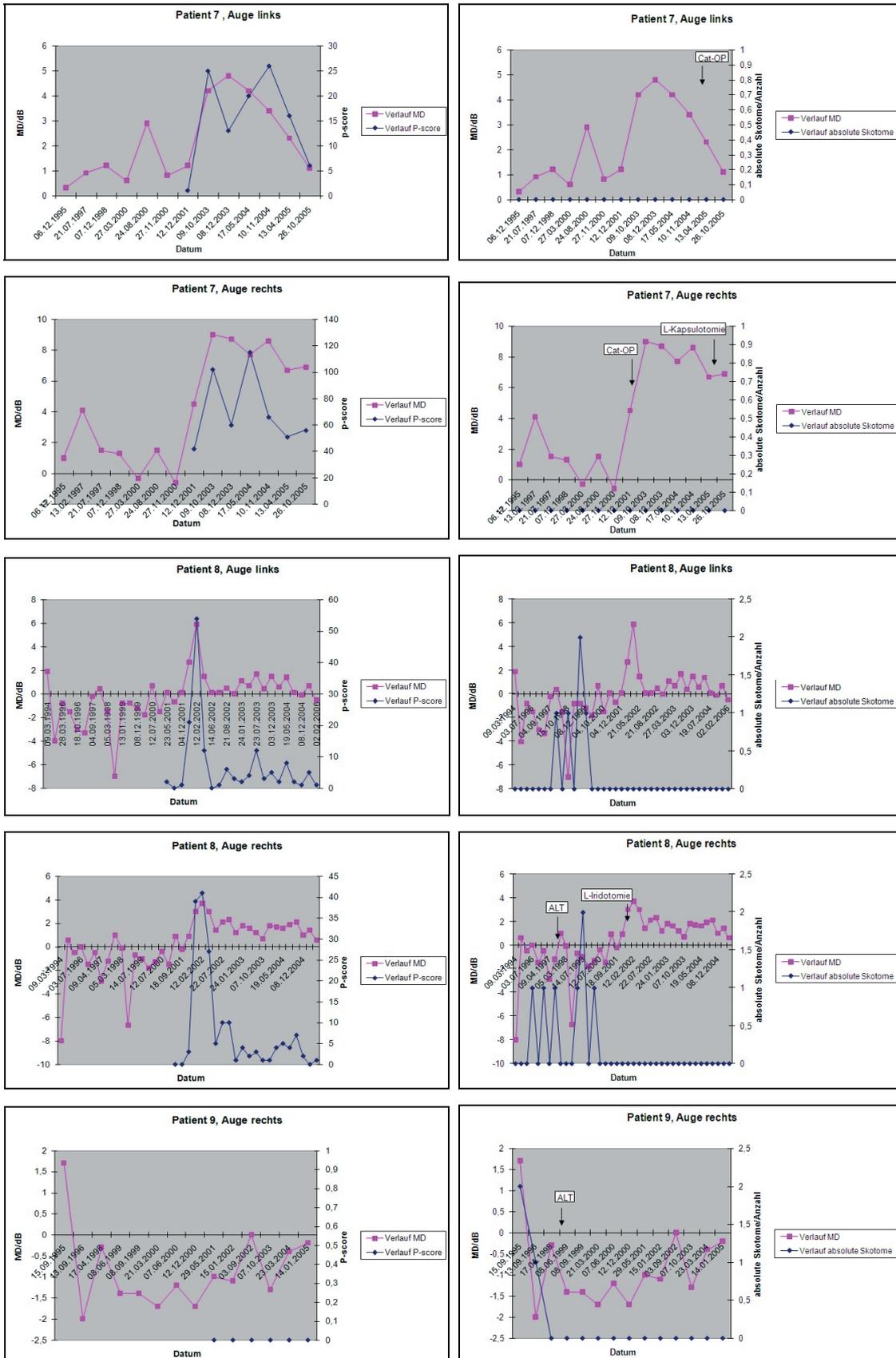
7 Anhang

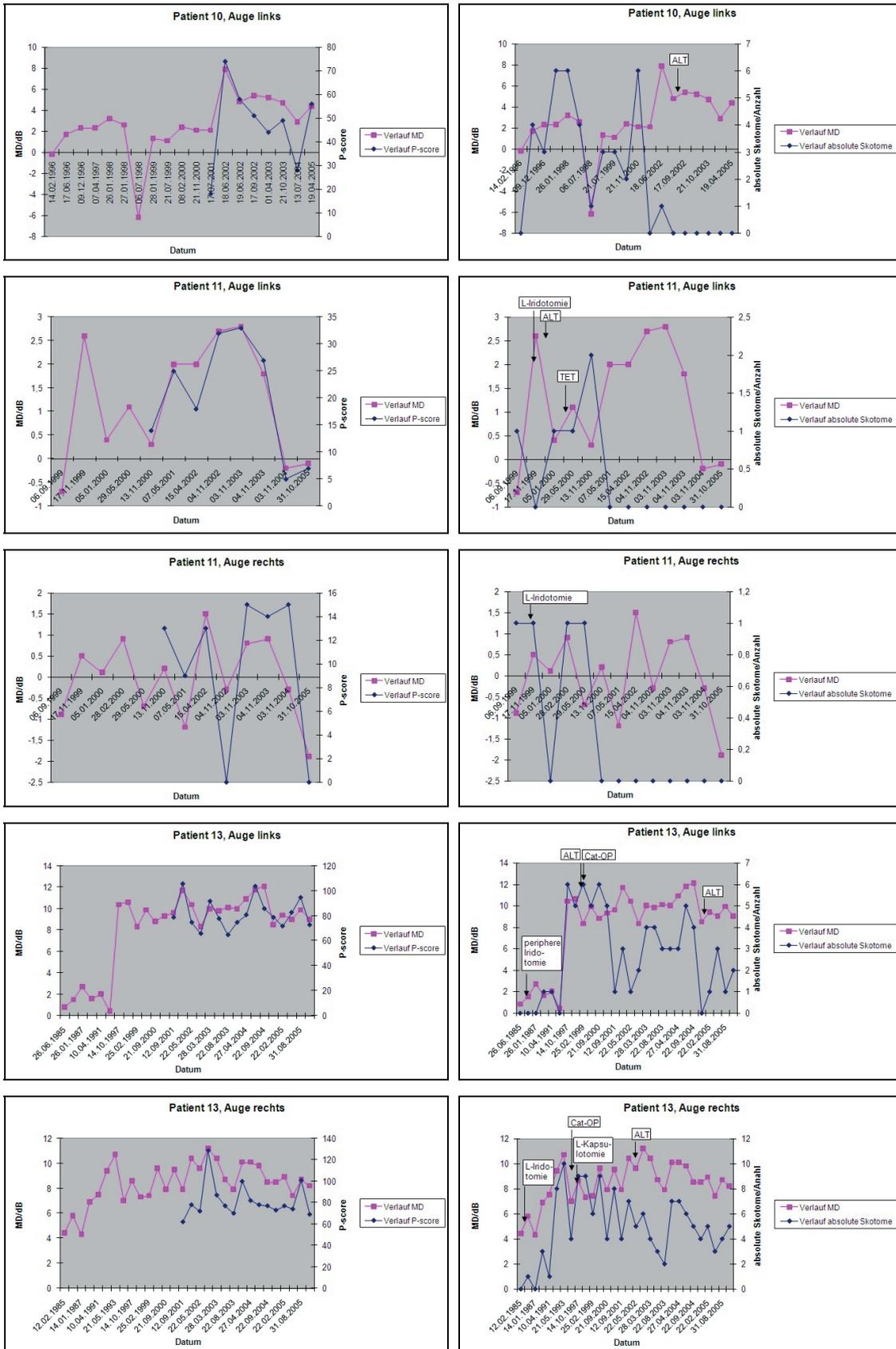
7.1 Langzeitverläufe von MD-Wert, P-score und der Anzahl der absoluten Skotome bei den einzelnen Patientenaugen

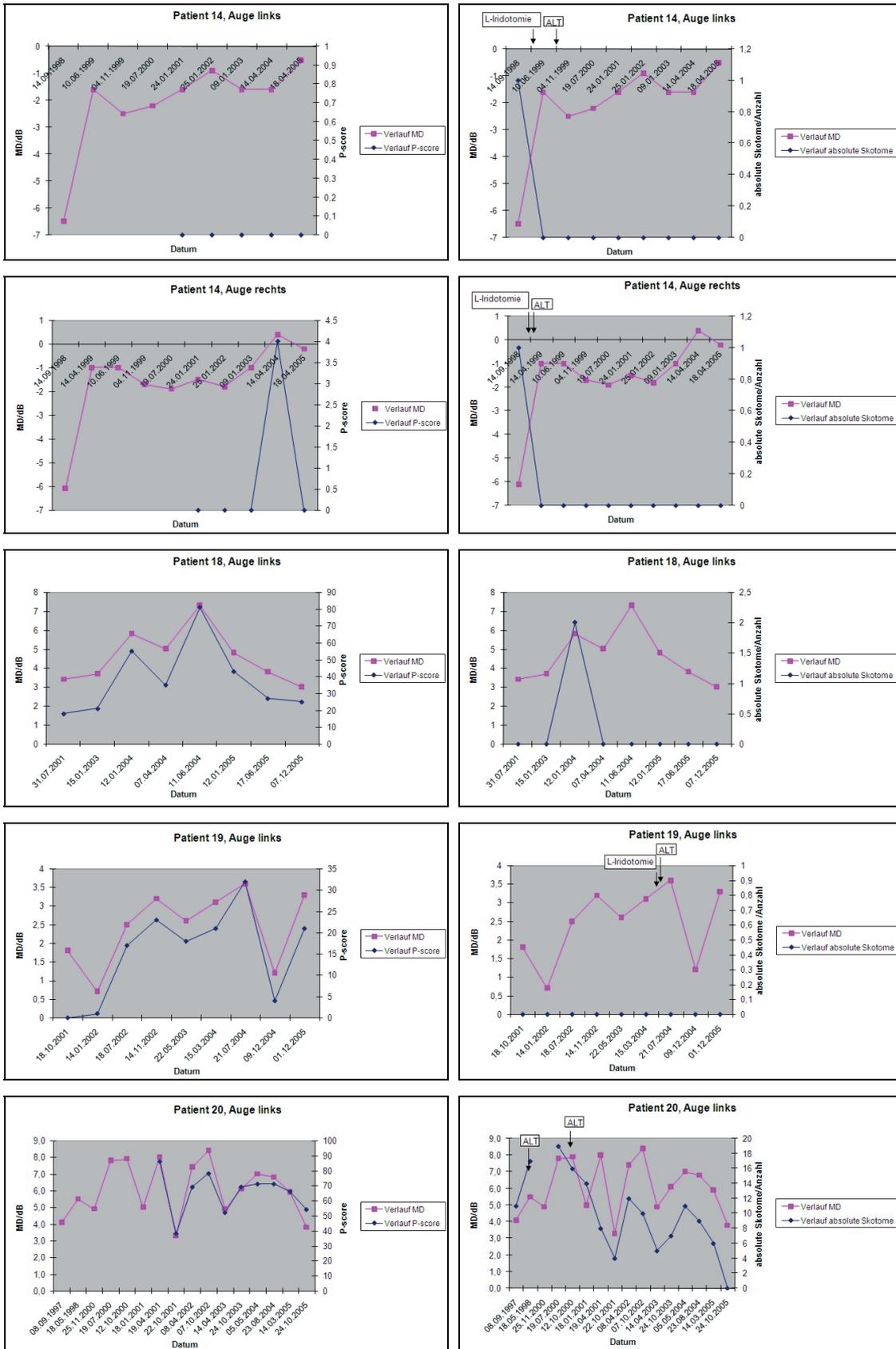
Gesichtsfeldverläufe der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von < 5 dB

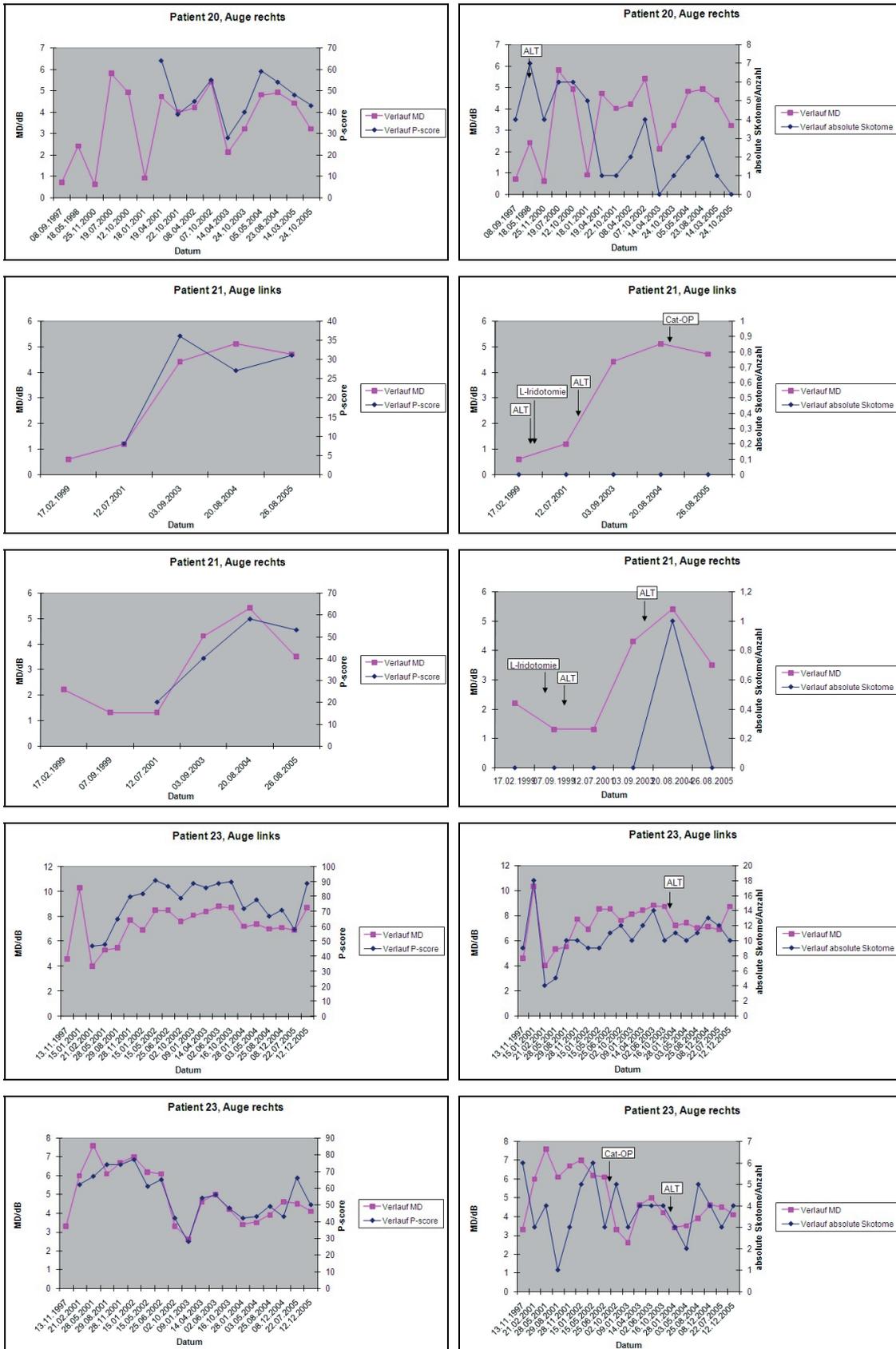


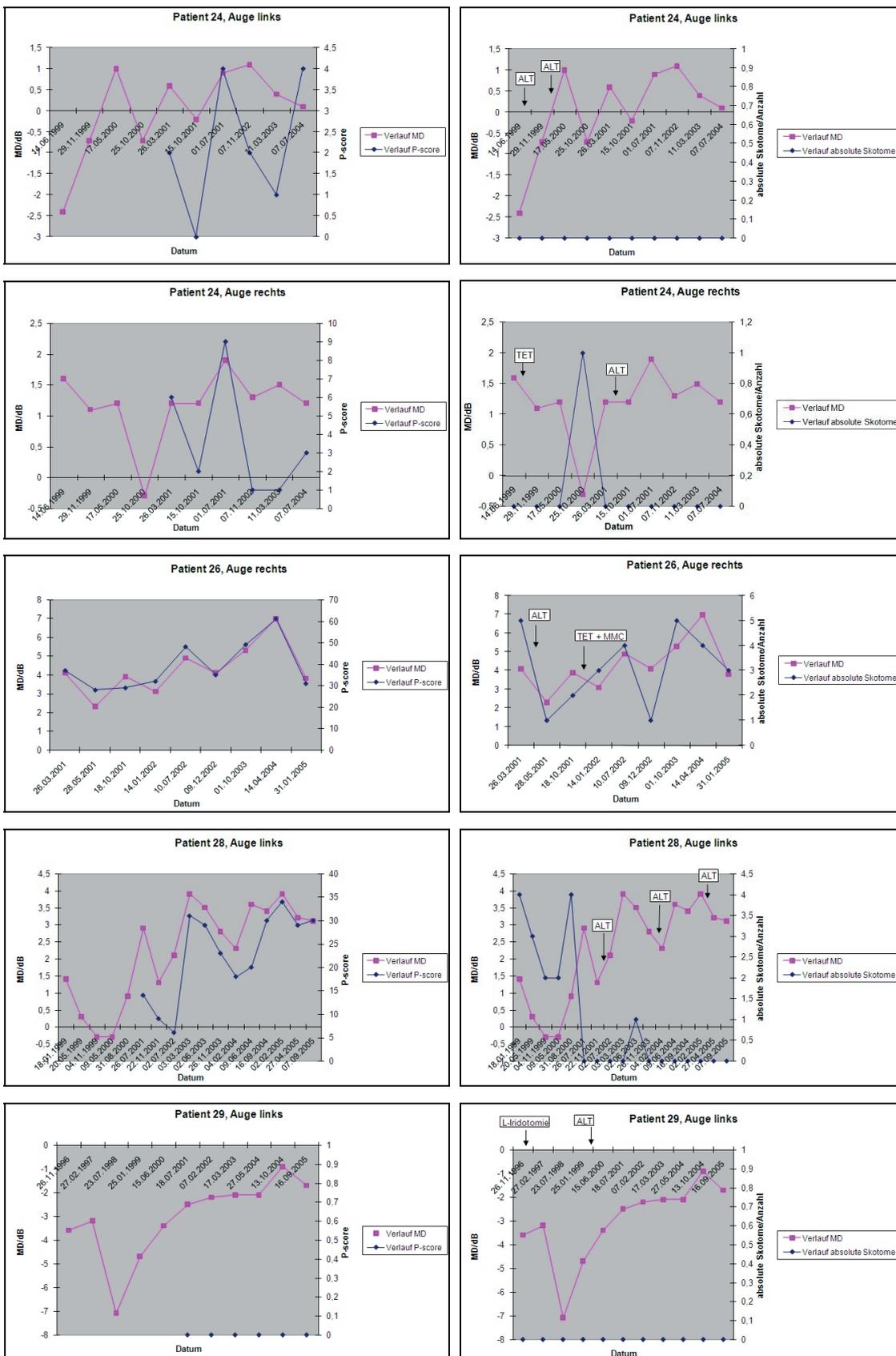


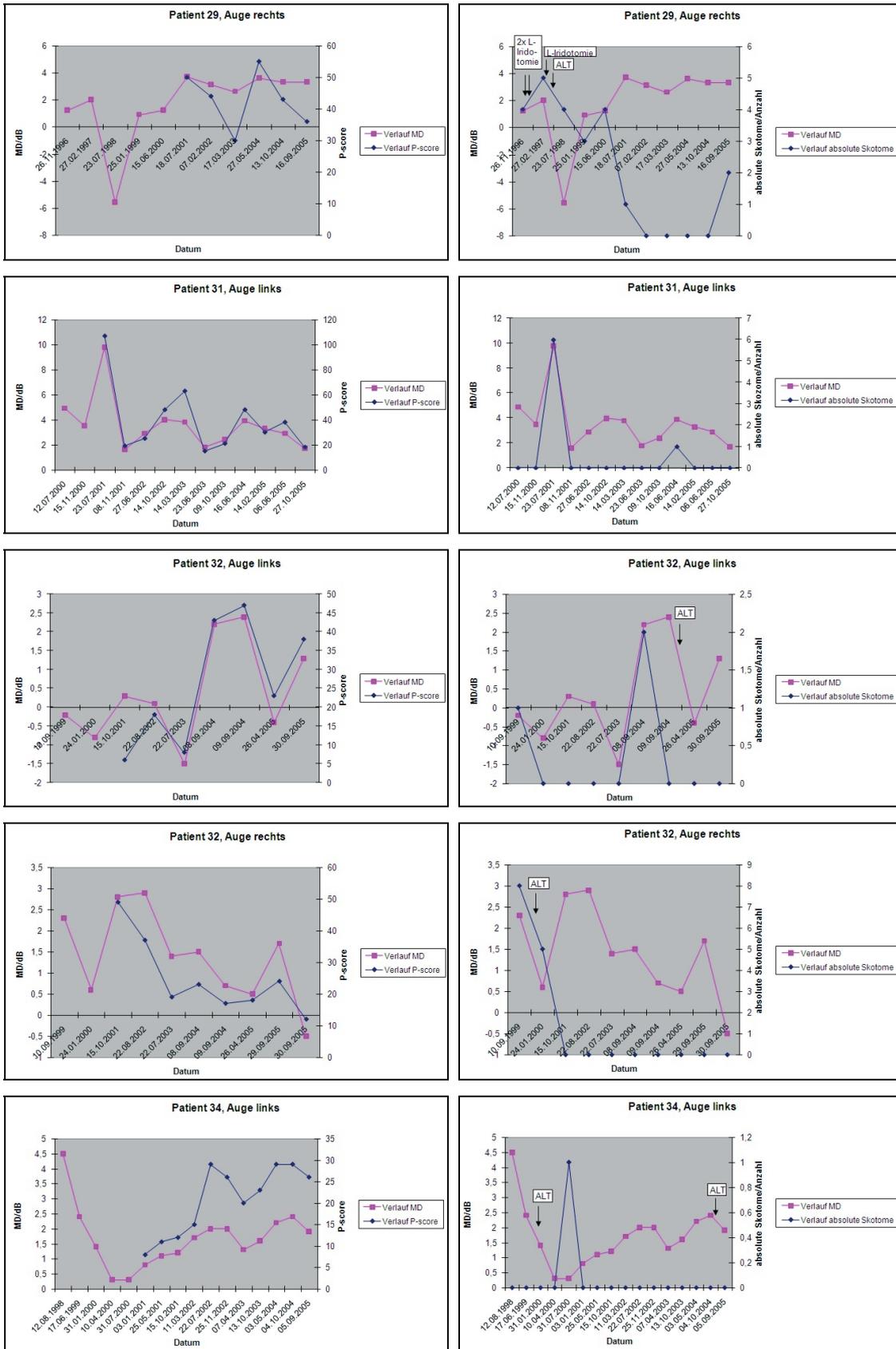


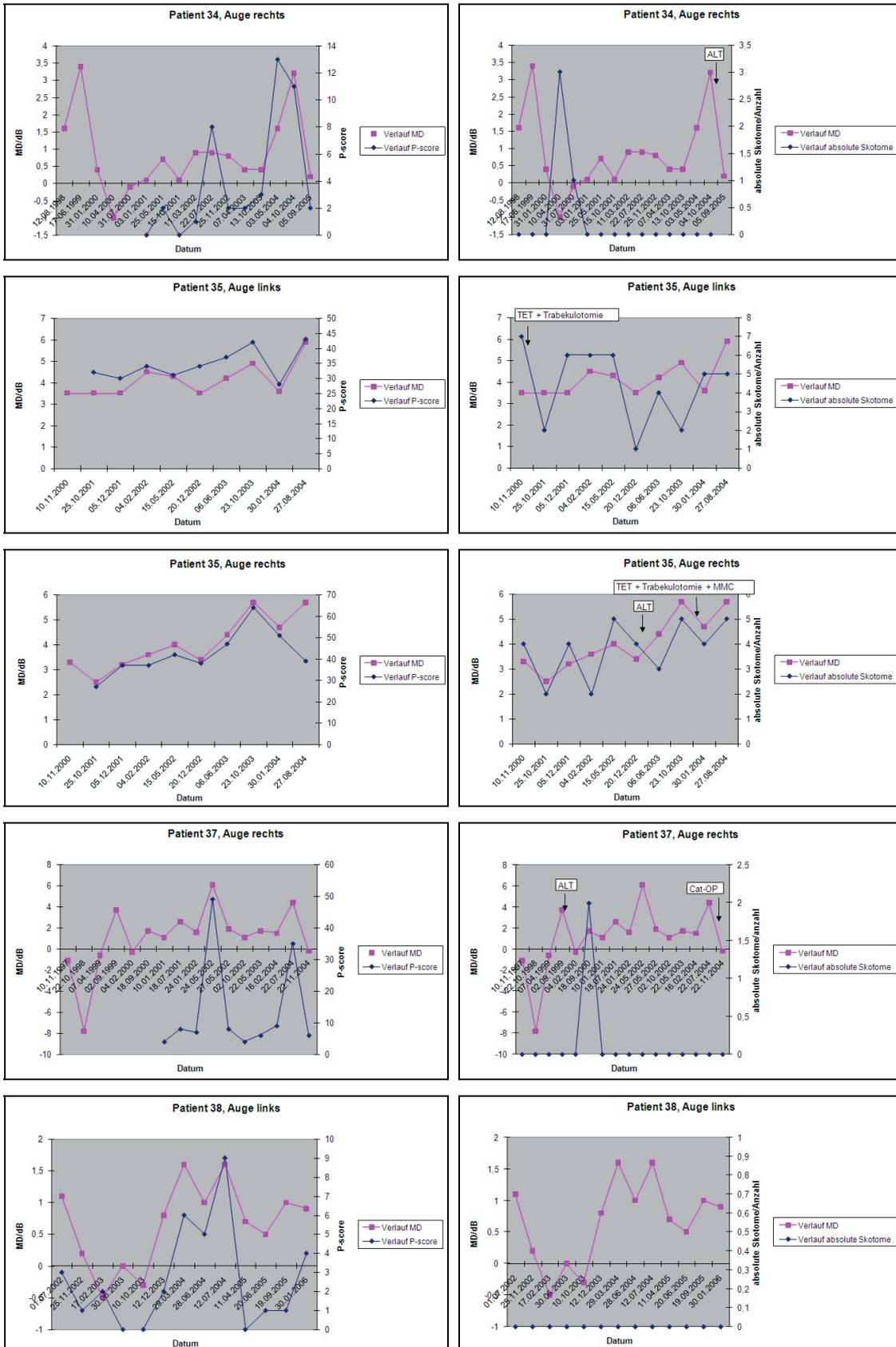


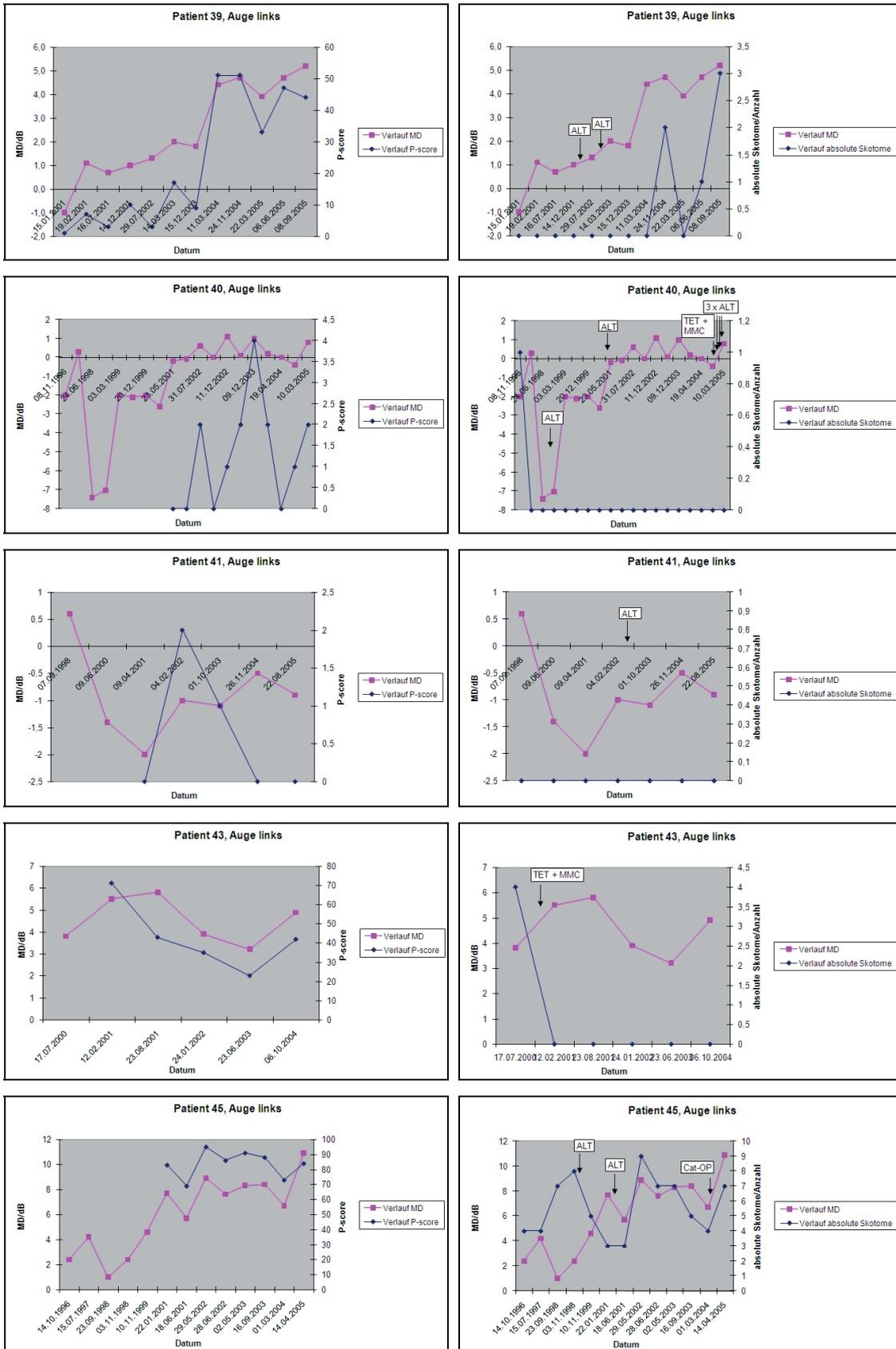


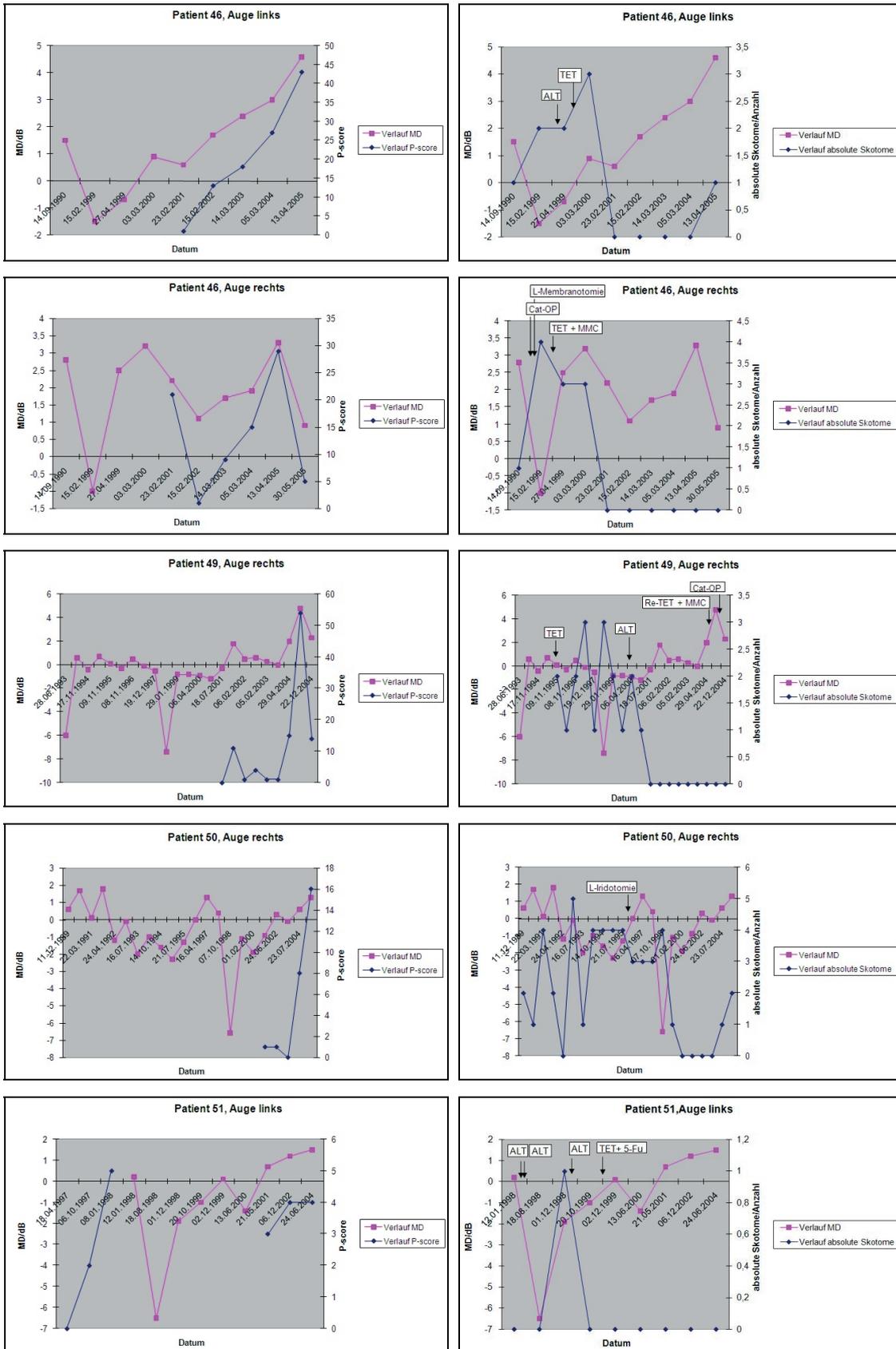


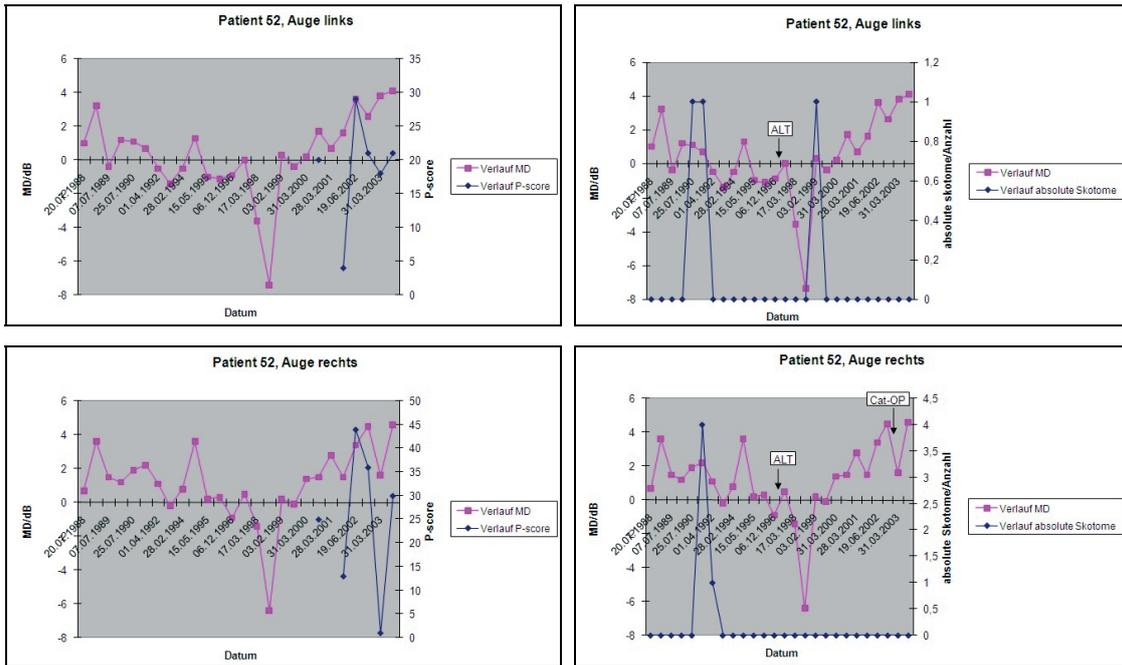




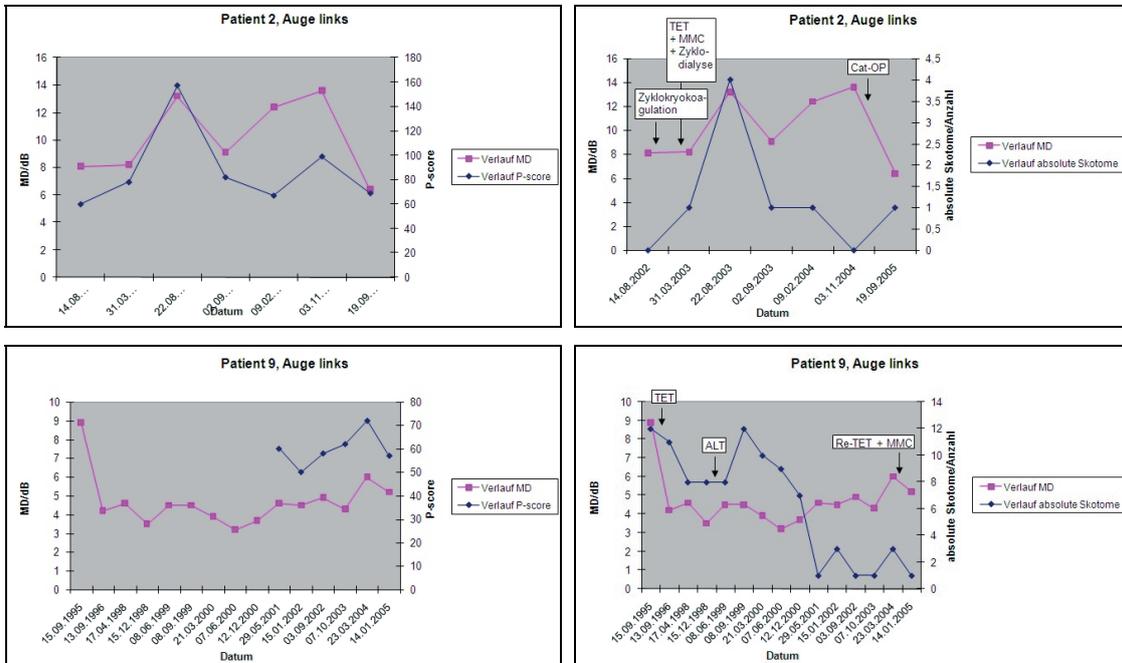


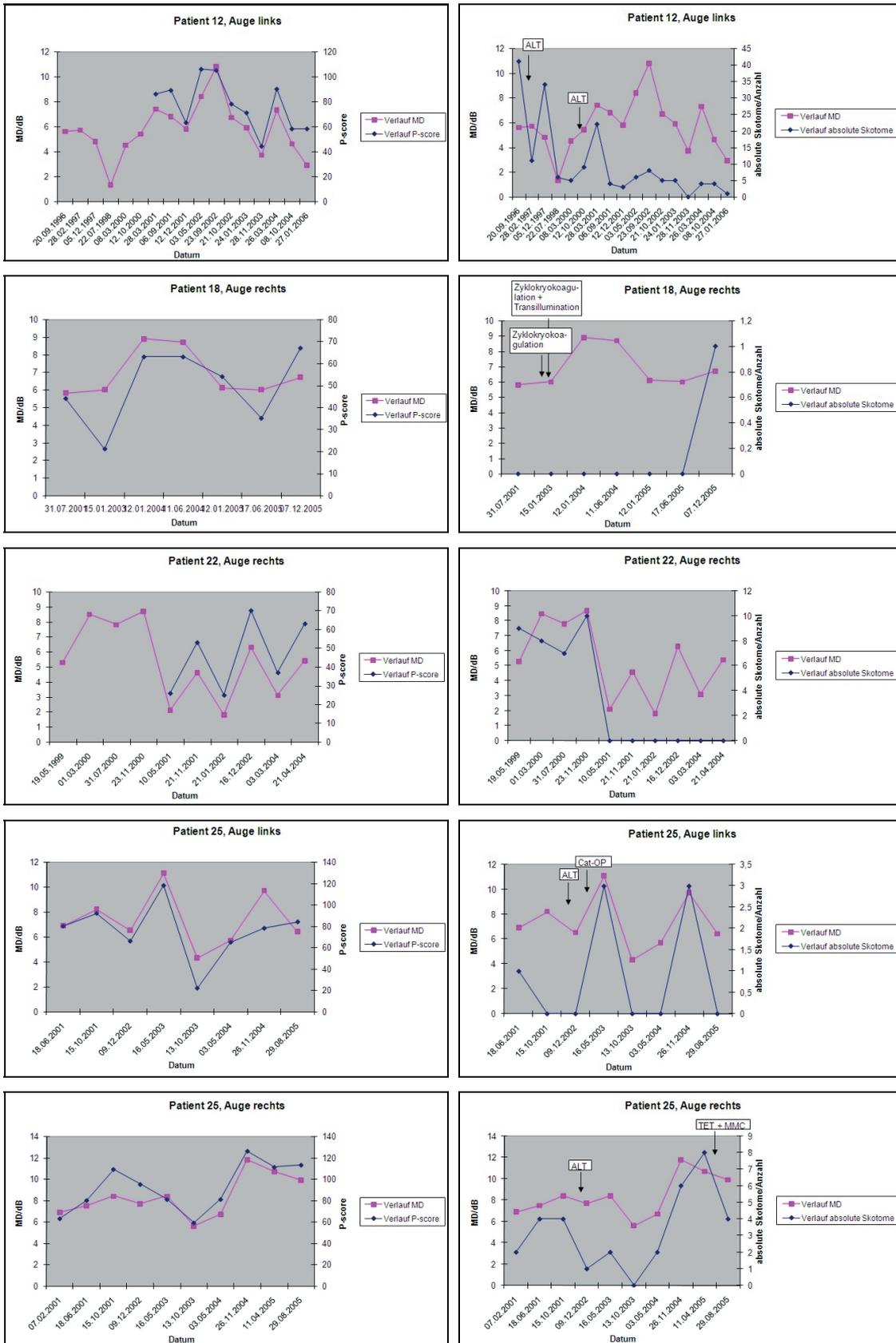


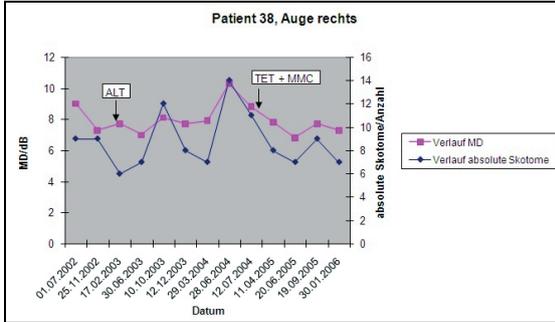
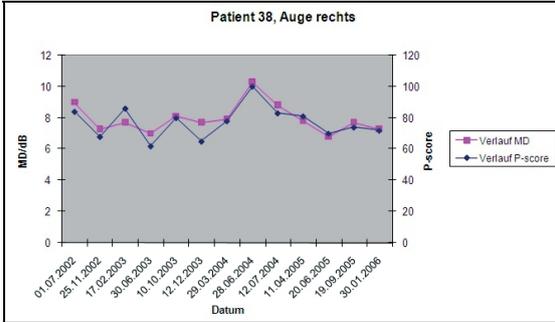
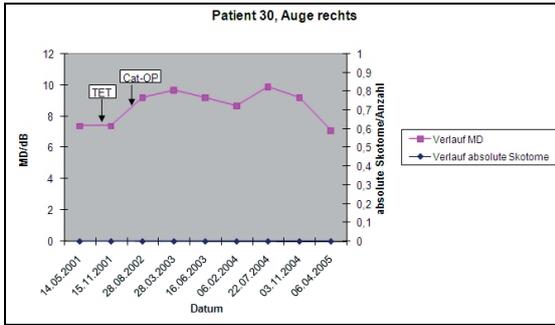
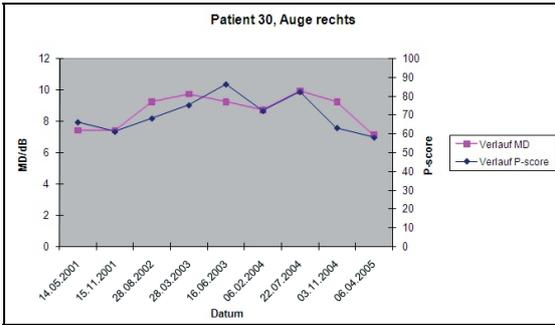
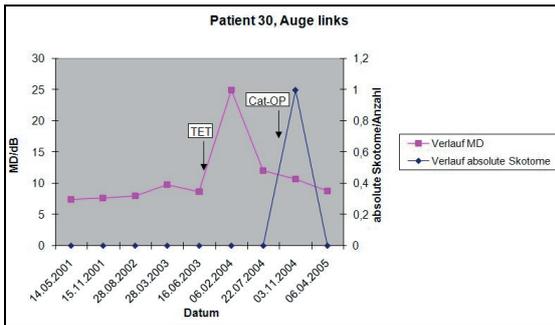
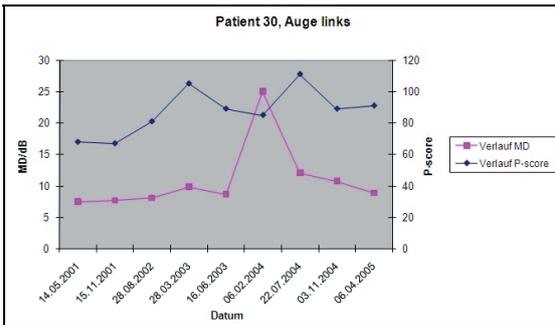
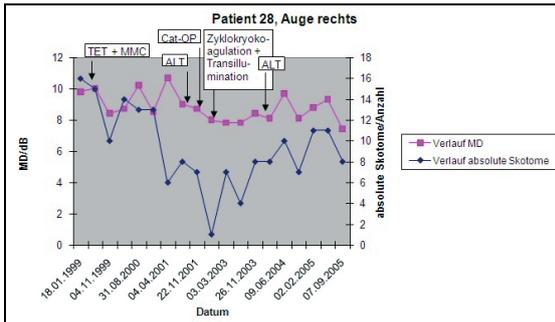
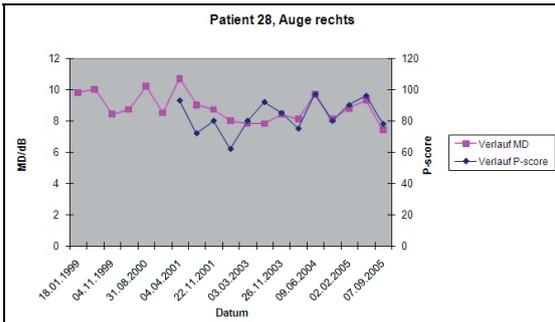
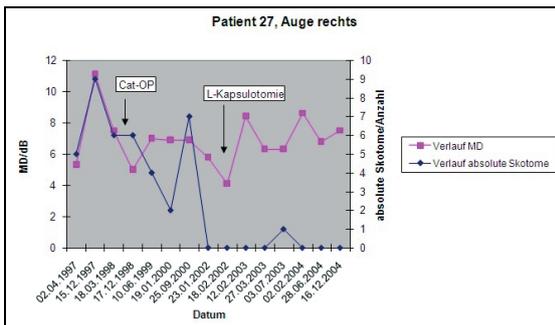
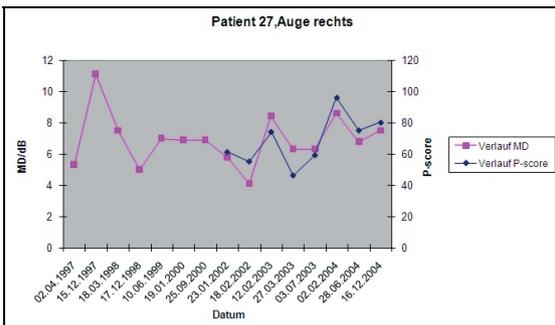


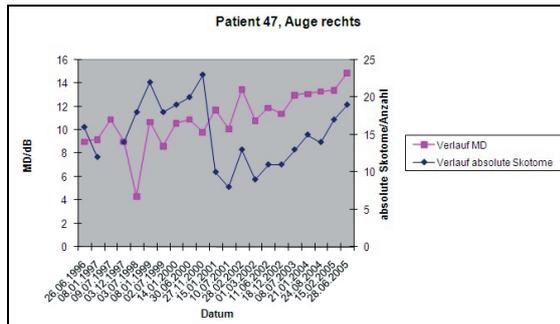
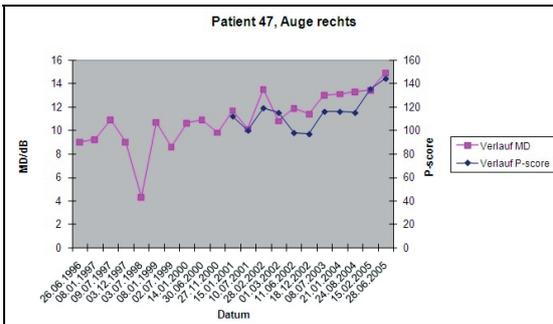
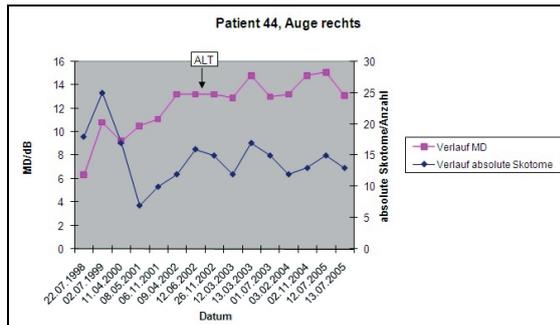
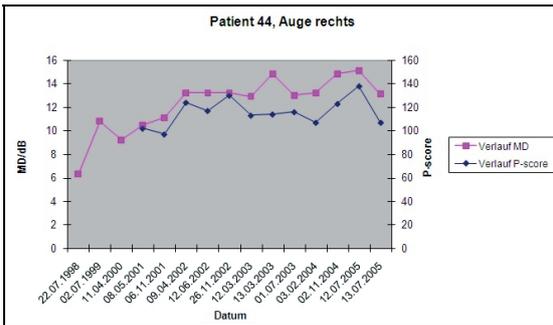
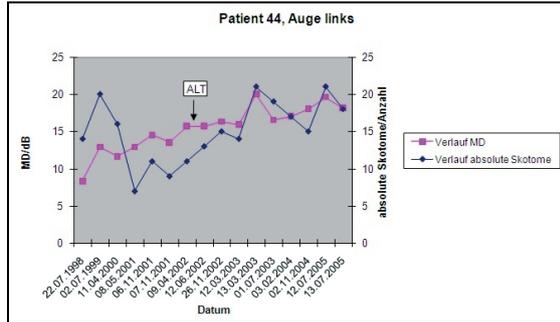
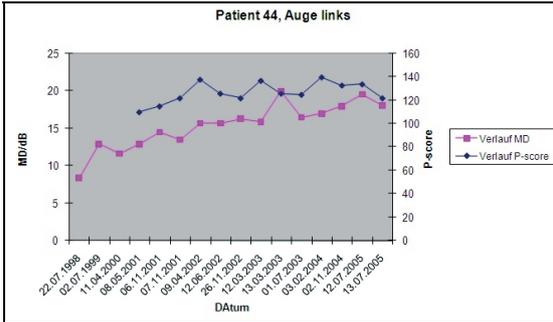
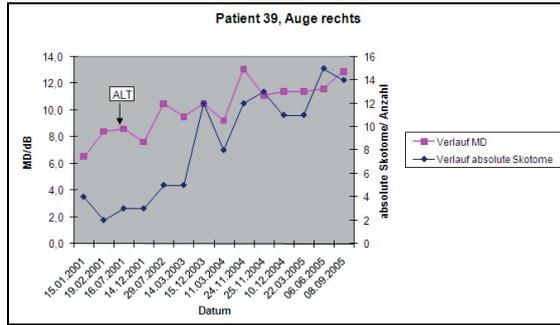
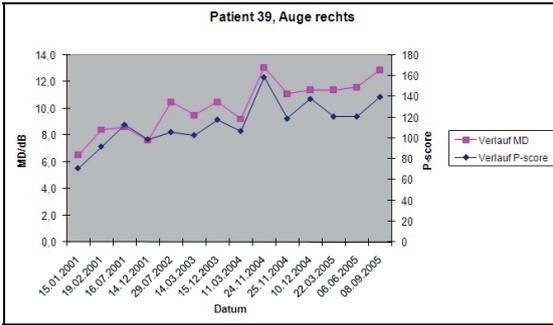


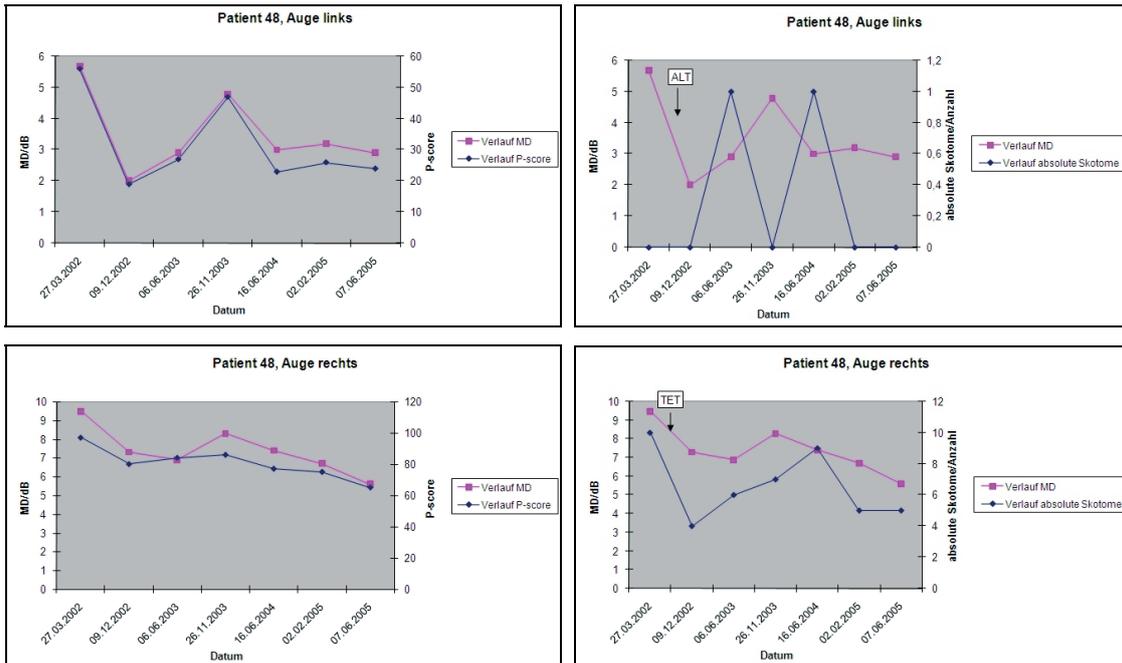
Gesichtsfeldverläufe der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 5 < 10$ dB



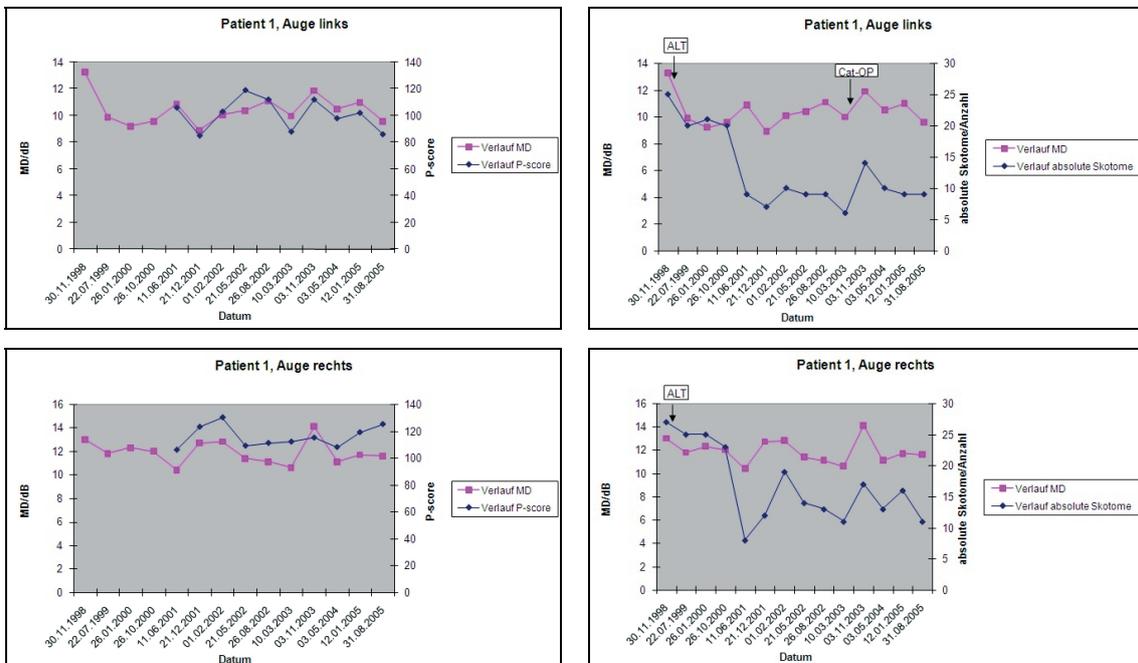


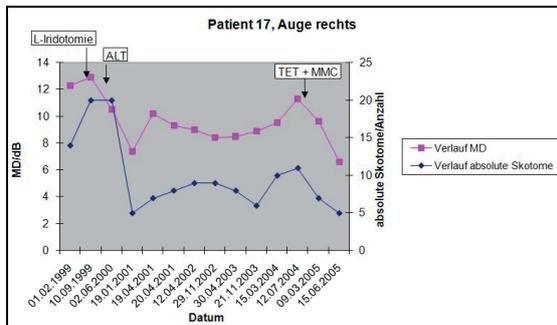
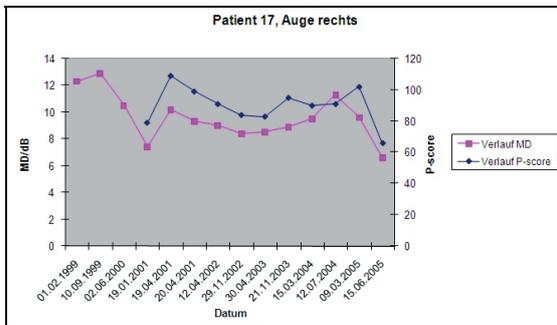
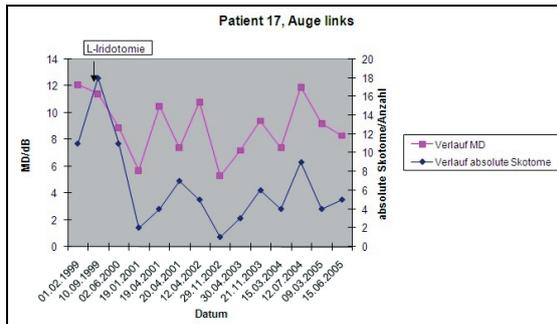
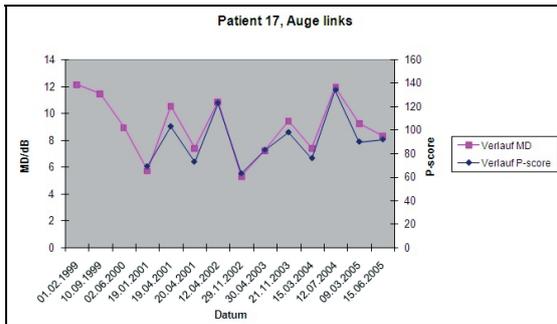
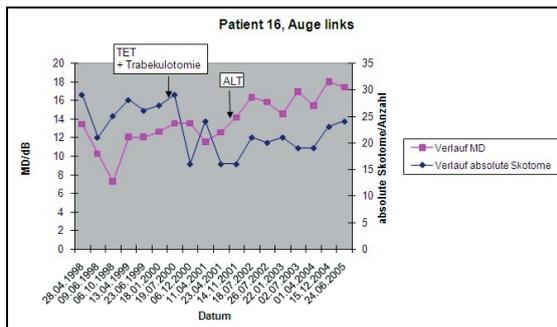
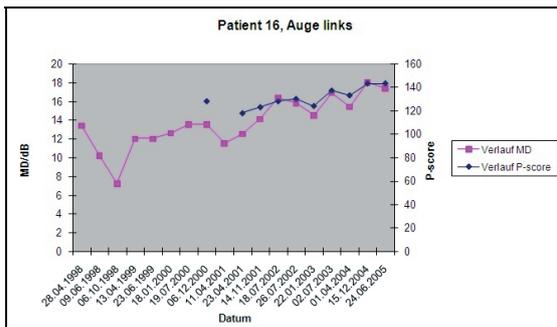
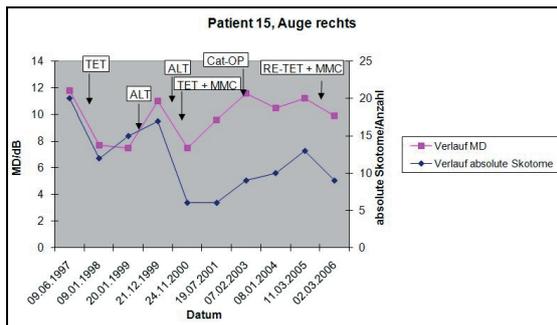
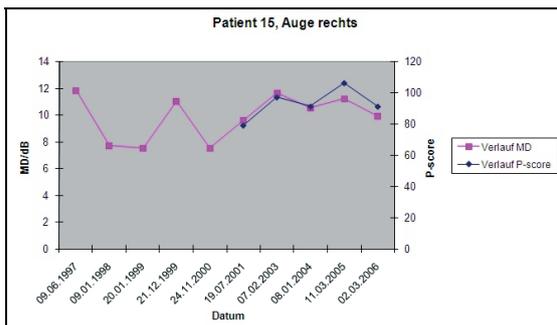
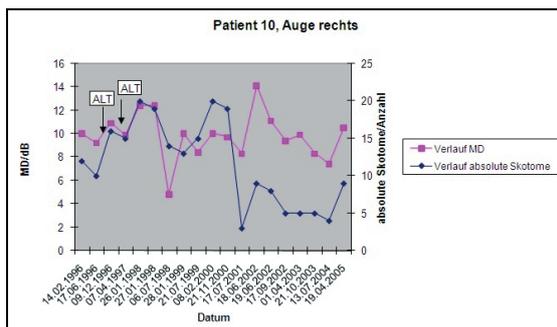
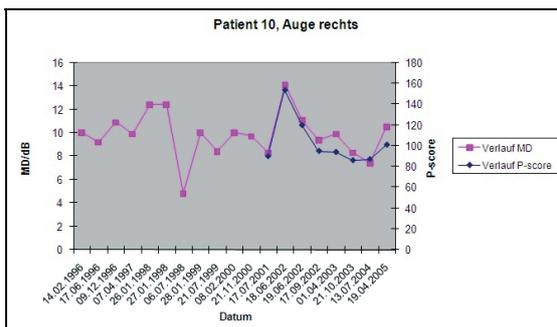


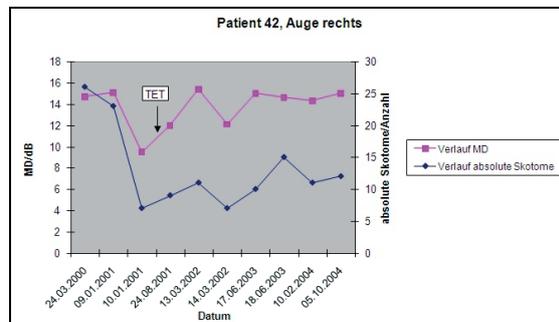
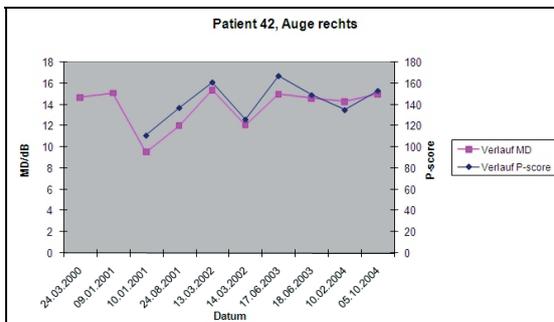
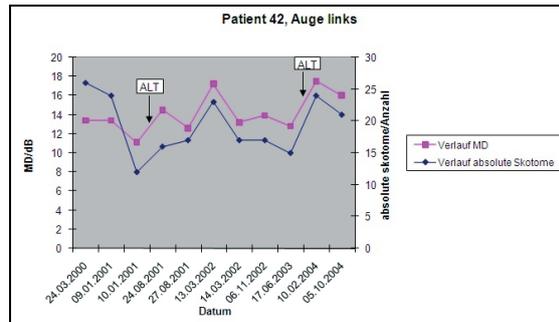
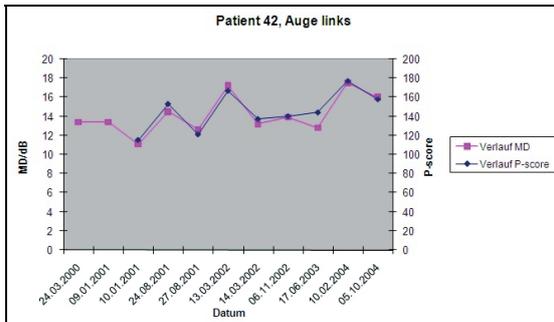
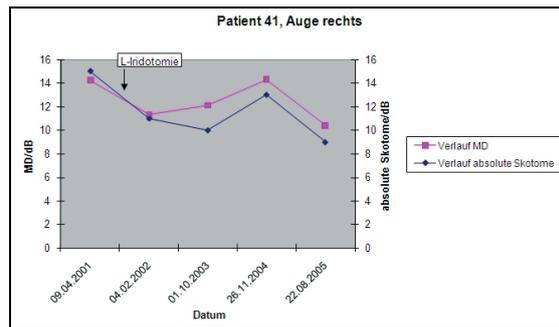
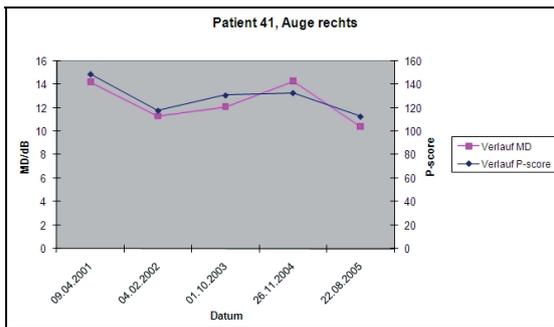
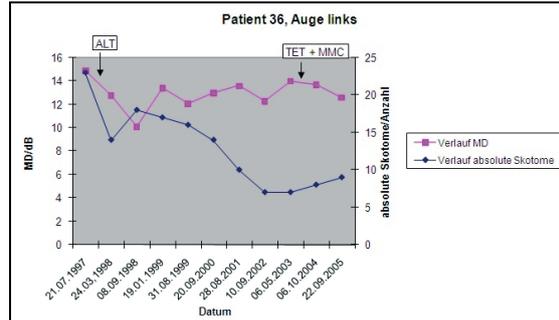
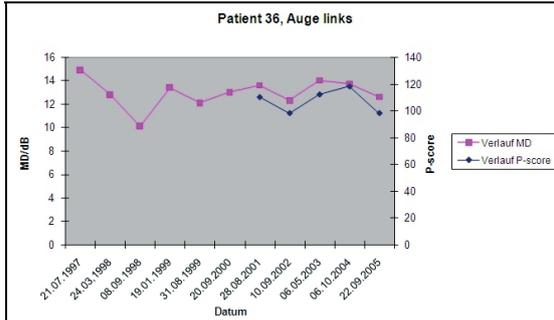
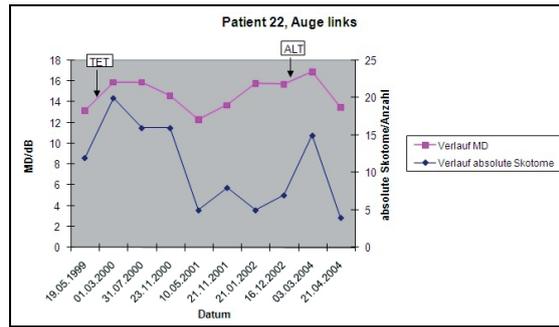
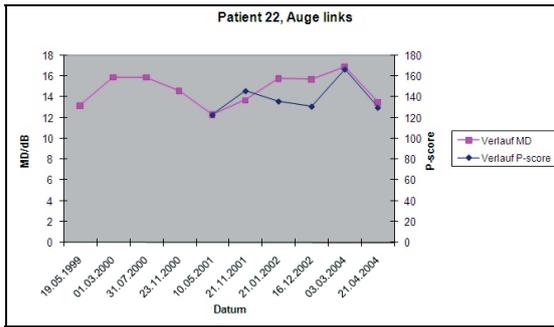




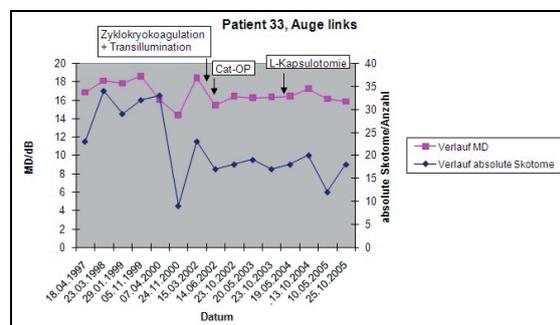
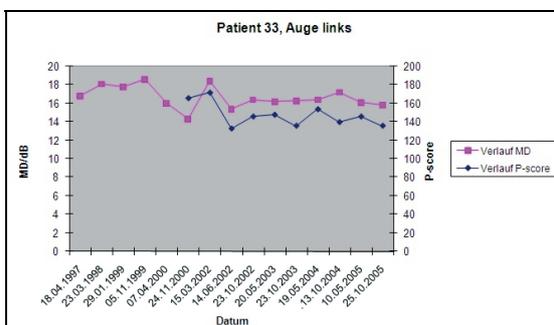
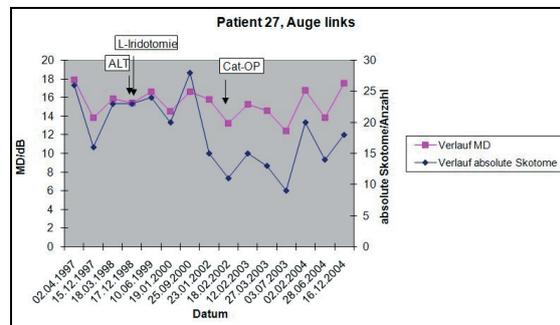
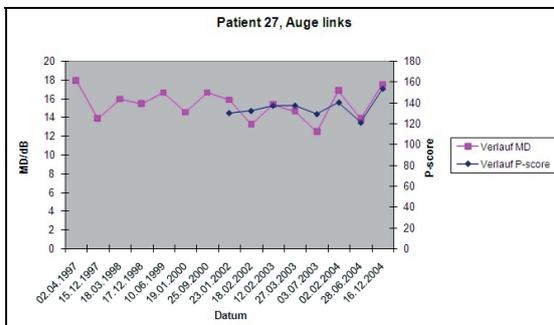
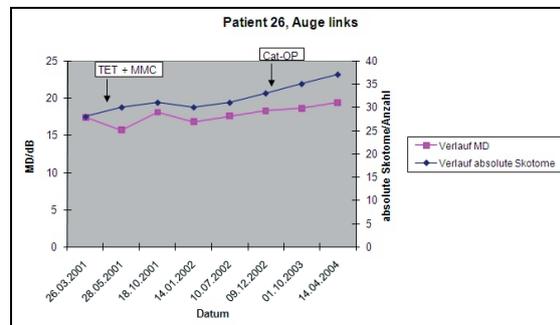
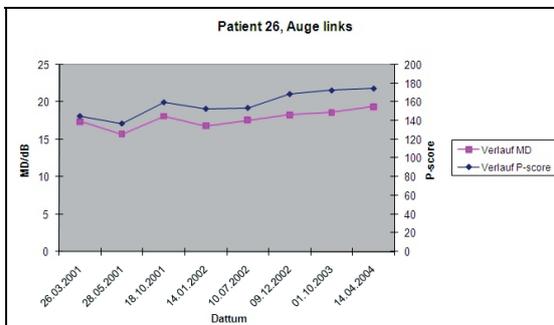
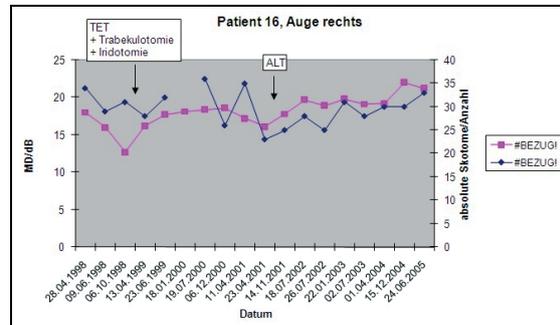
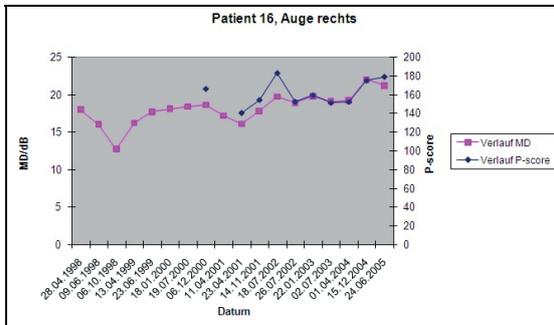
Gesichtsfeldverläufe der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 10 < 15$ dB

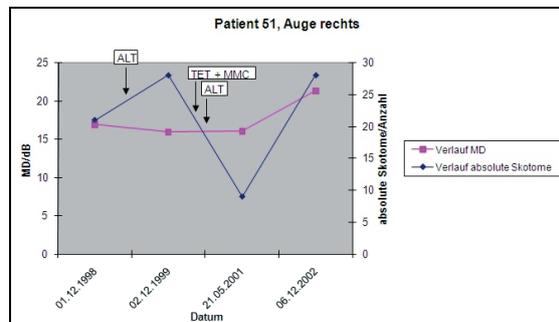
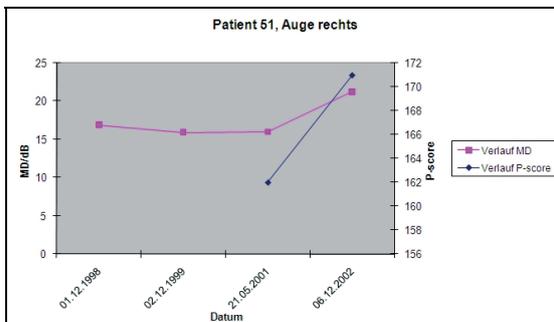
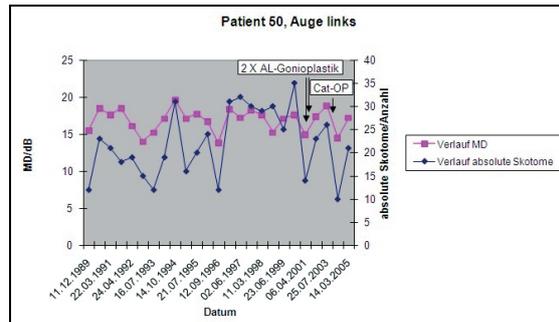
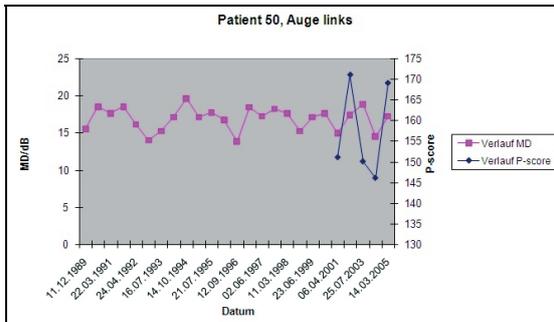
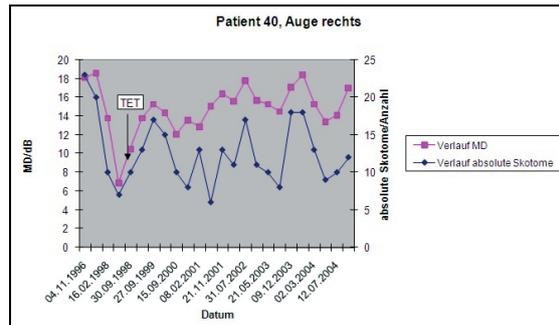
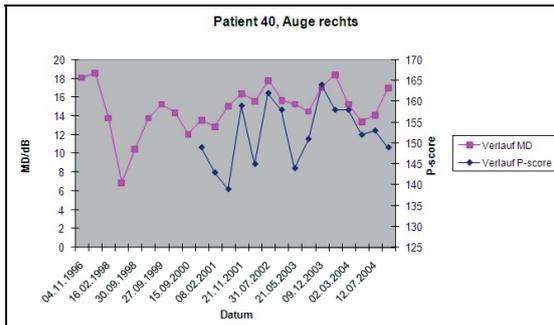
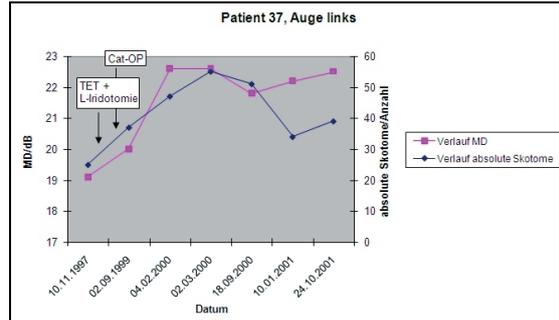
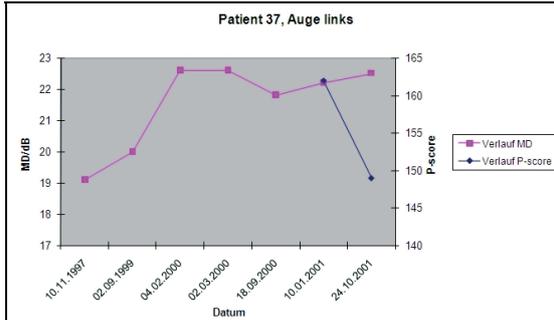
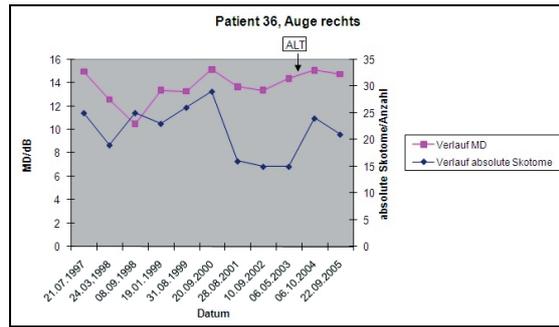
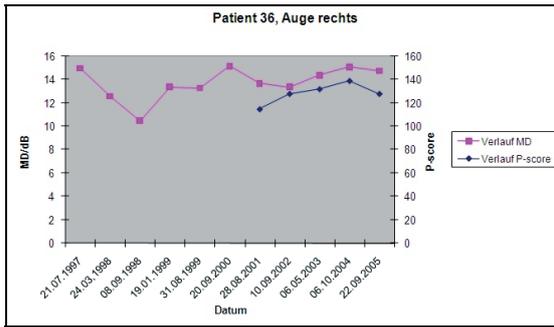




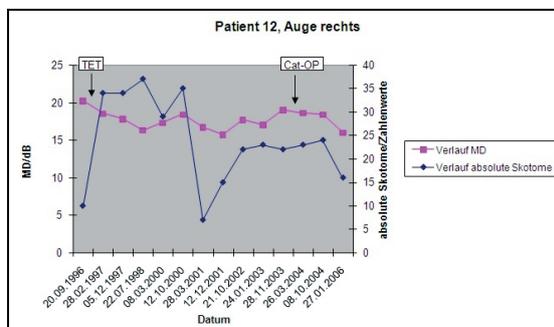
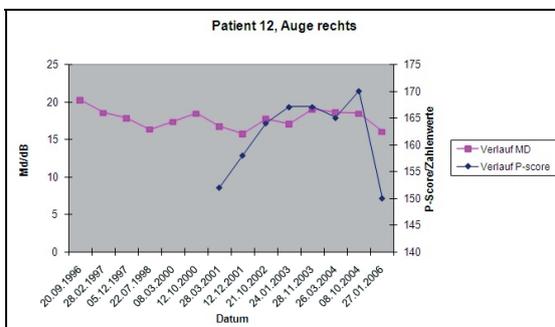


Gesichtsfeldverläufe der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 15 < 20$ dB



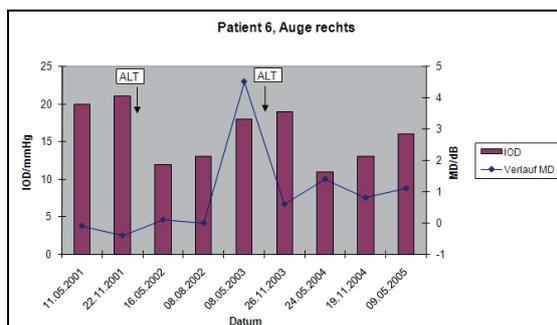
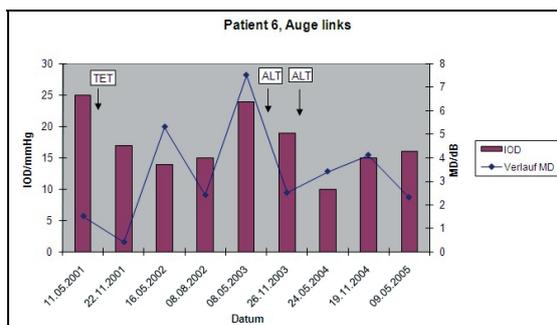
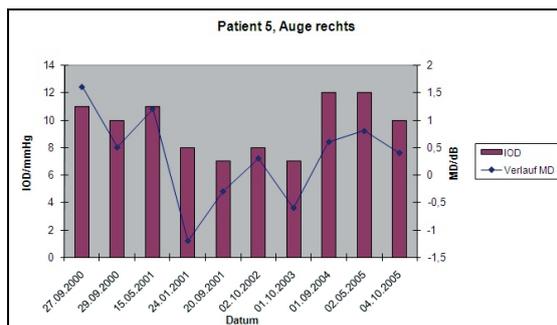
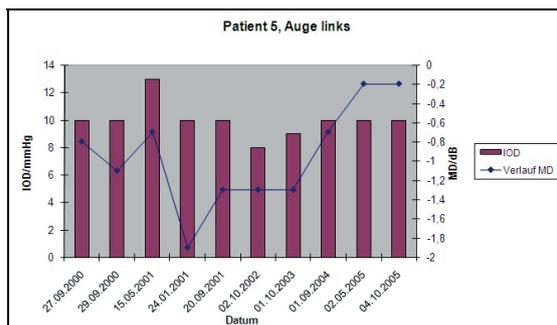
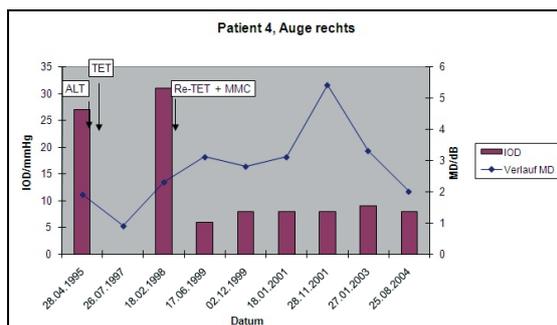
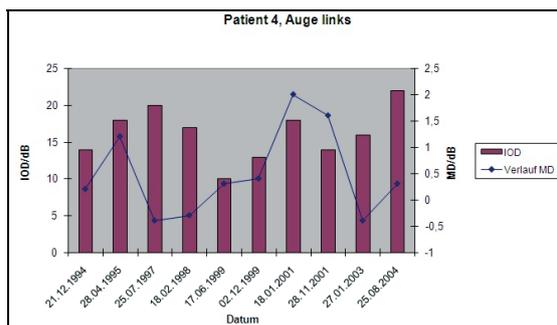
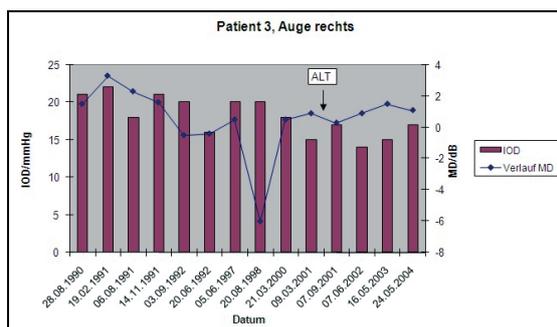
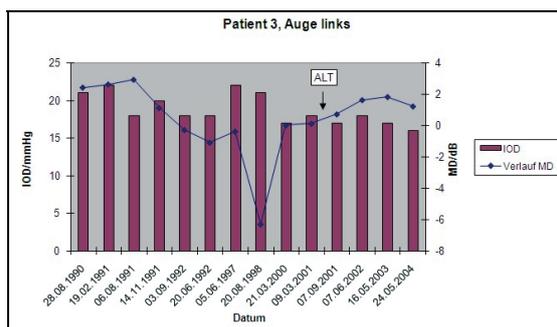


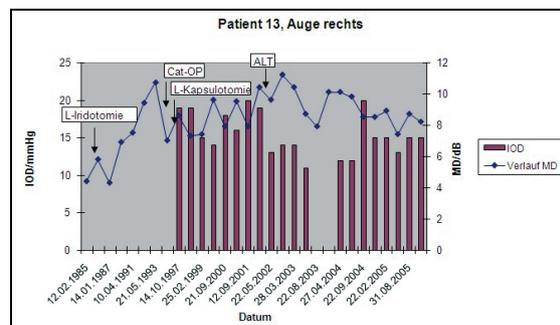
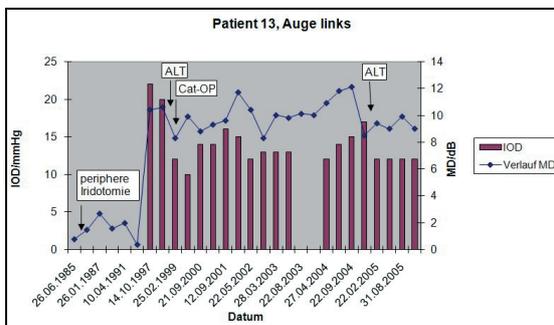
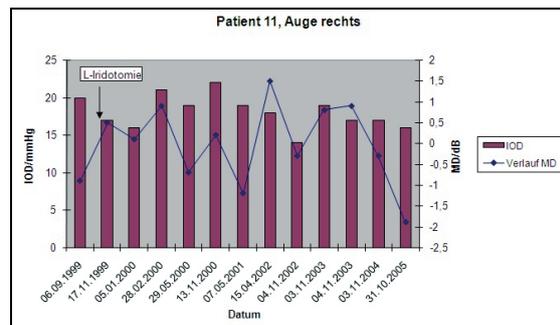
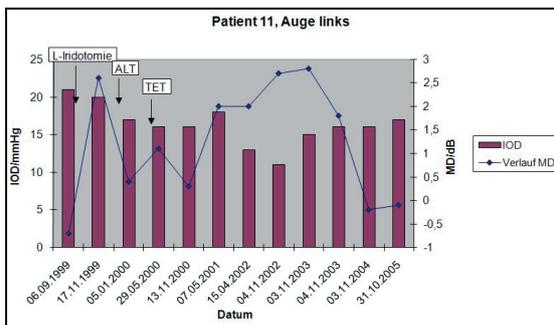
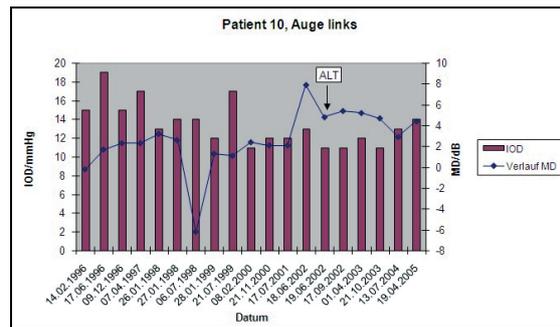
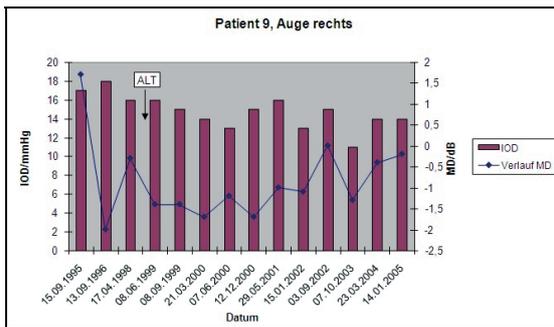
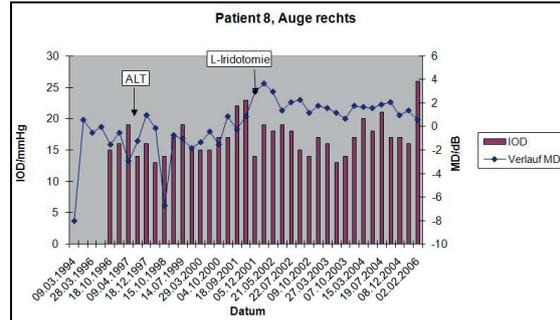
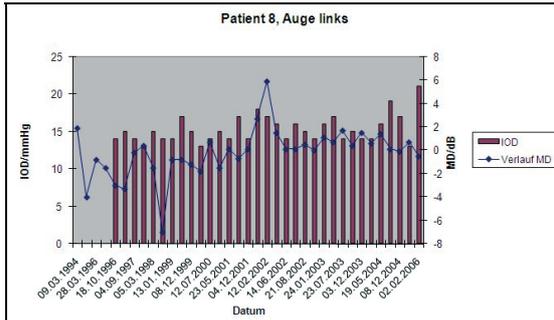
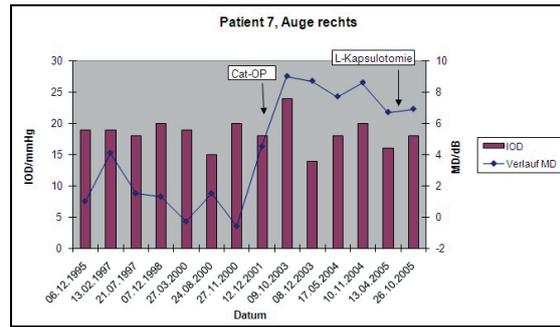
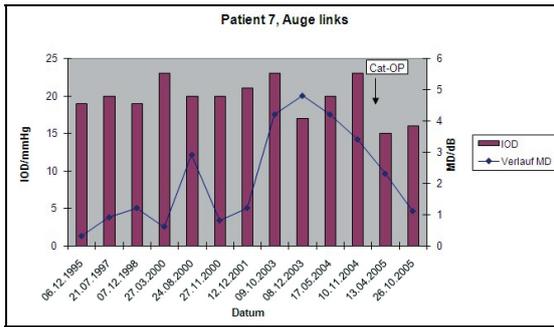
Gesichtsfeldverläufe der Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von ≥ 20 dB

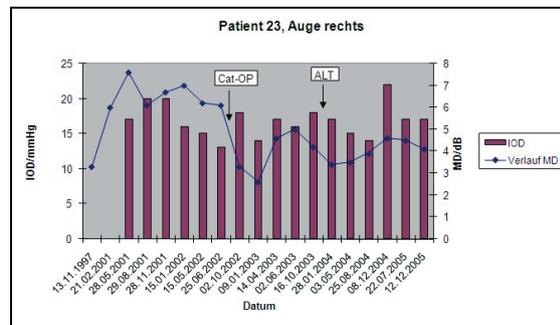
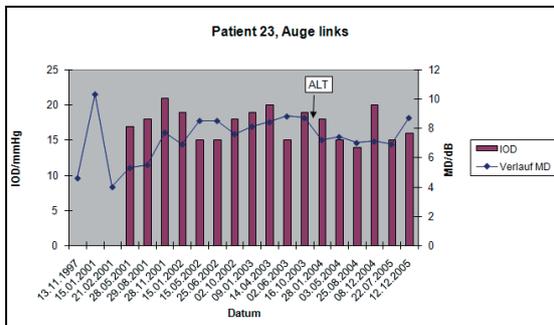
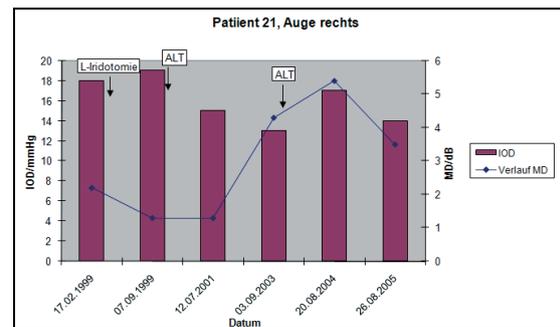
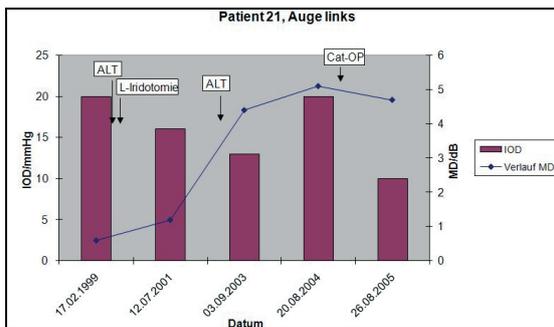
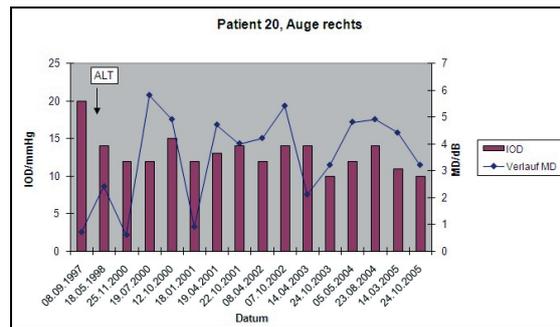
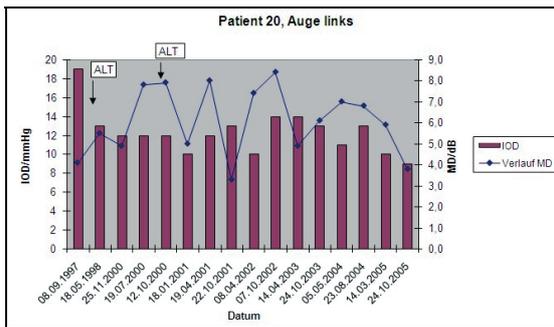
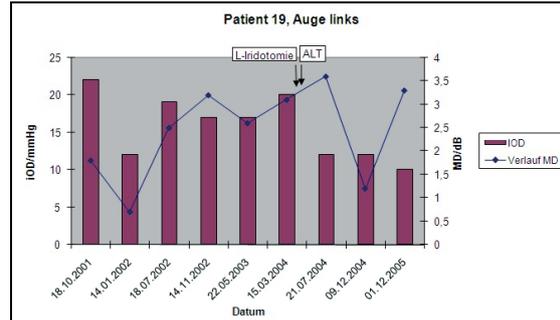
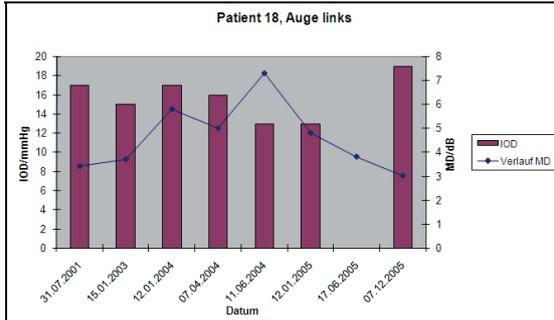
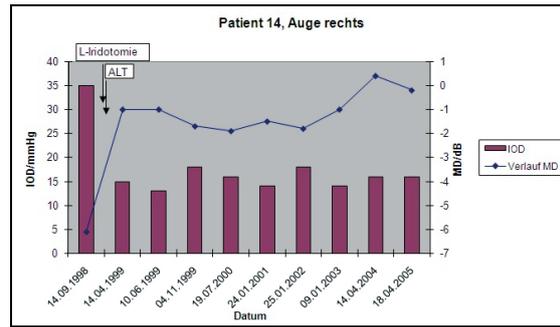
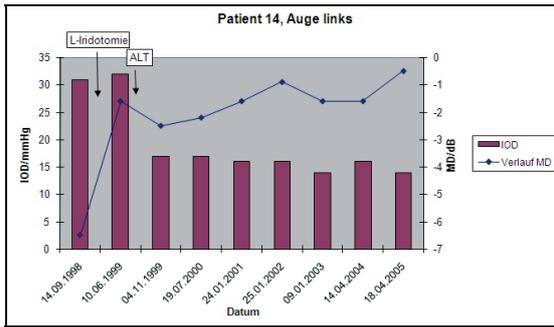


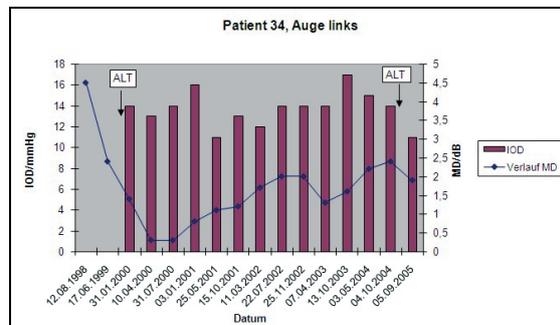
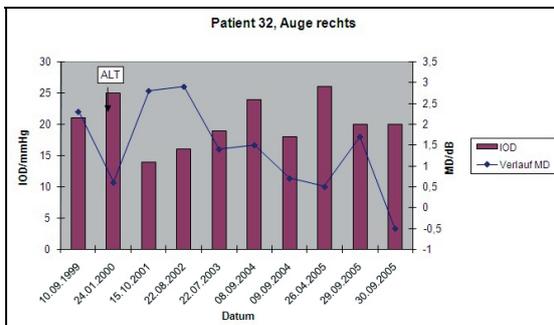
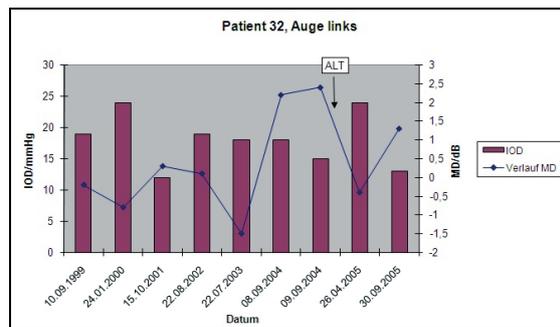
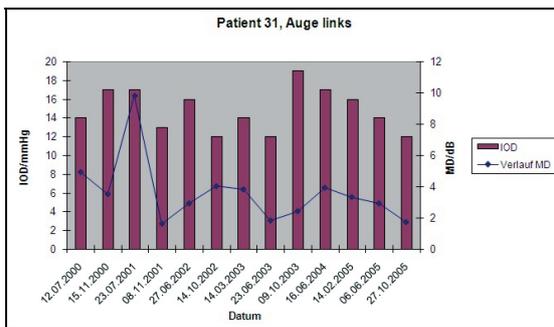
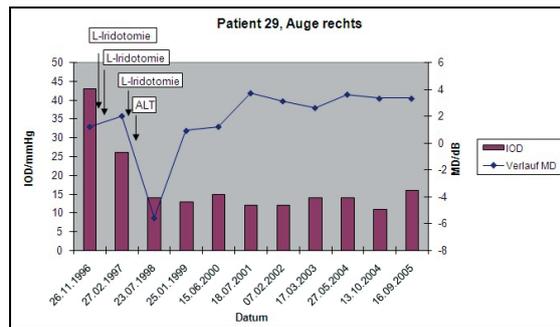
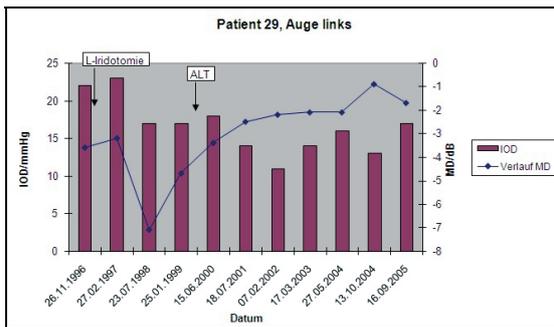
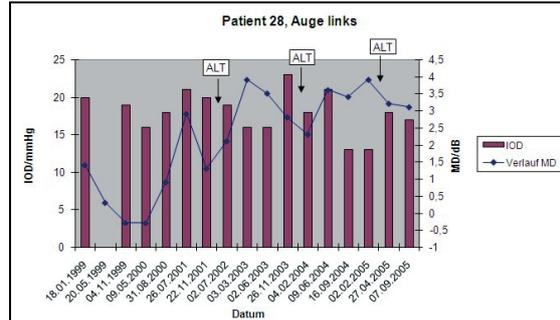
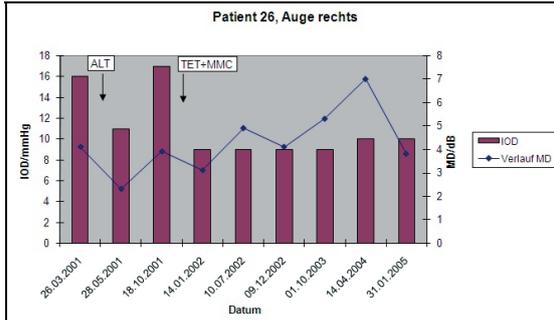
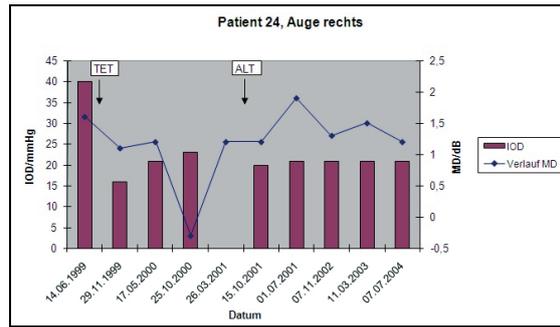
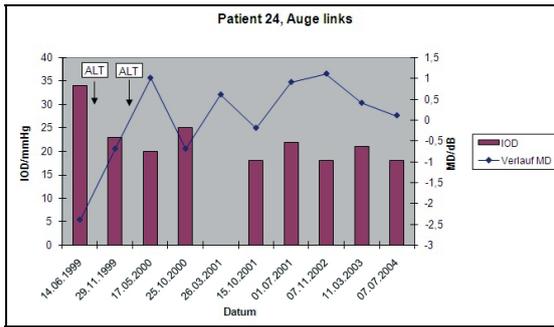
7.2 Langzeitverlauf von MD-Werten und Augeninnendruck bei den einzelnen Patientenaugen

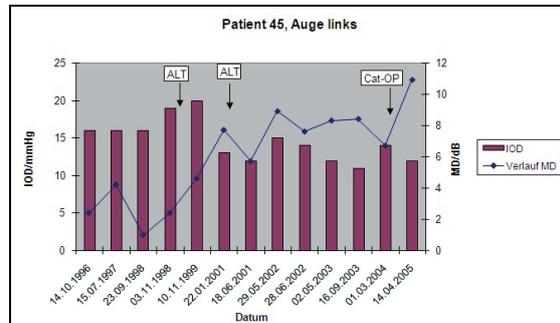
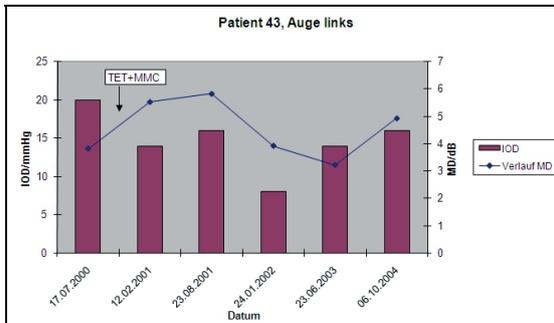
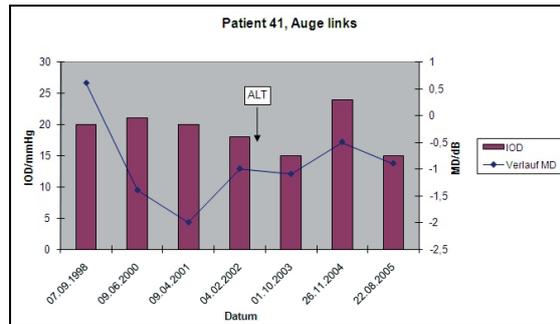
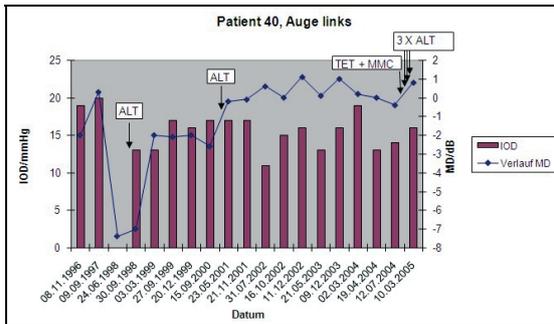
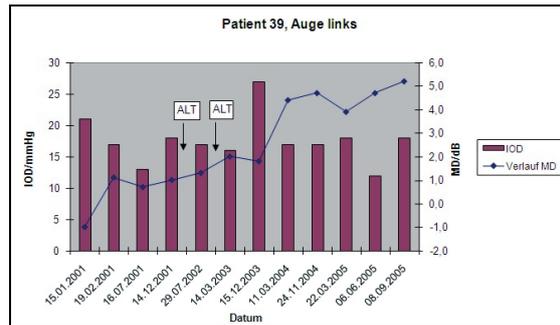
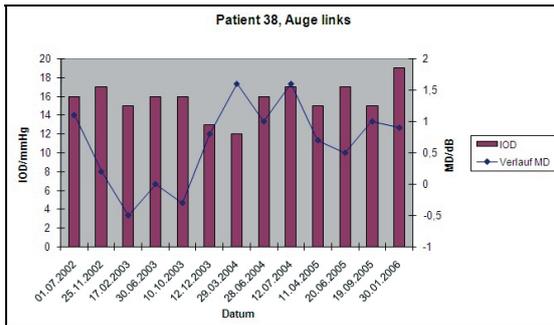
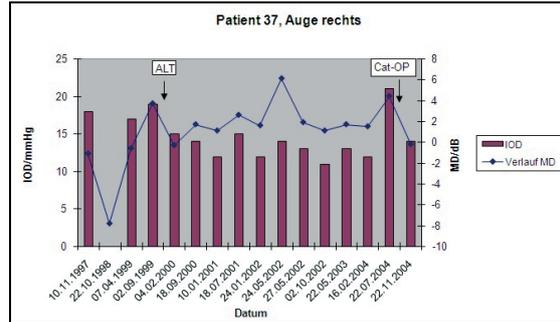
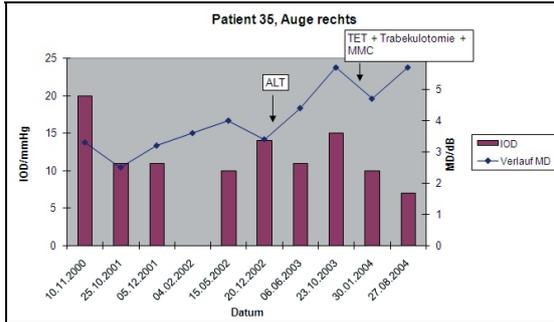
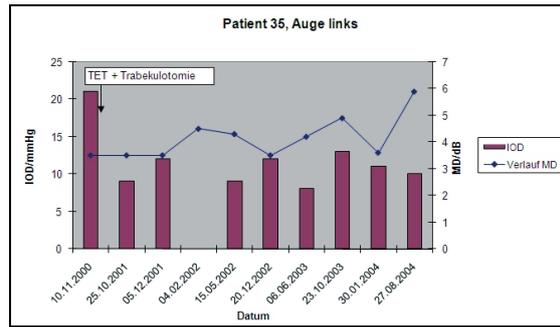
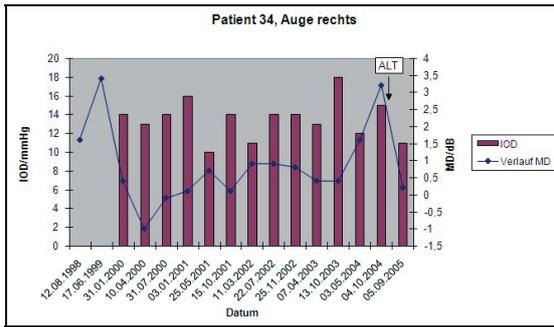
Augeninnendruck und Verlauf des MD-Wertes bei Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von < 5 dB

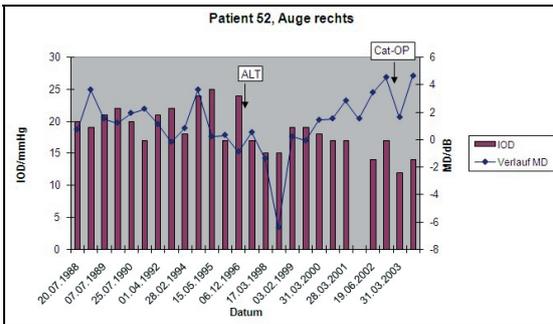
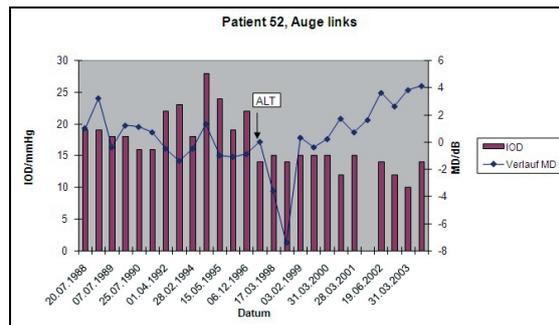
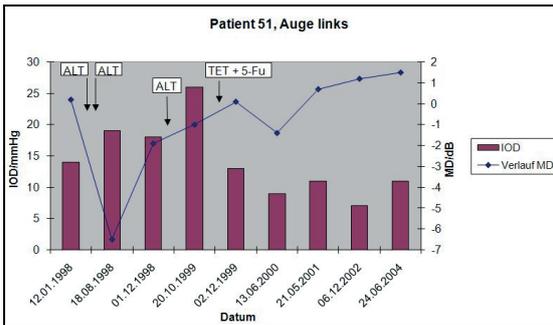
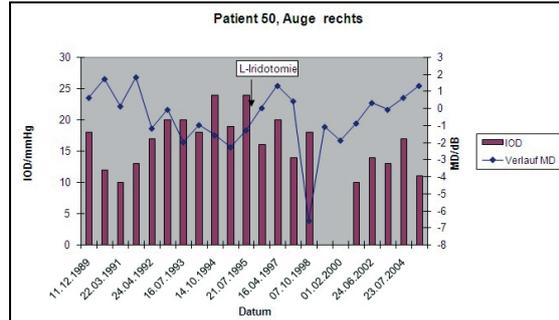
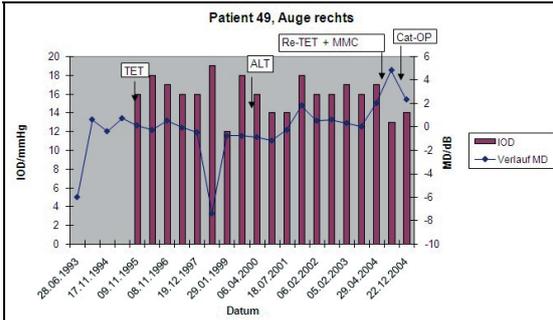
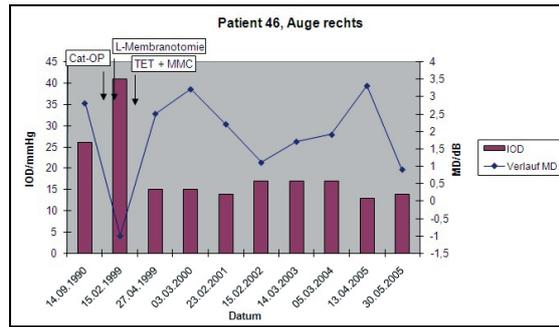
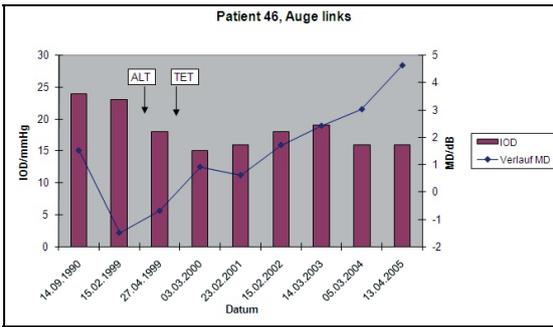




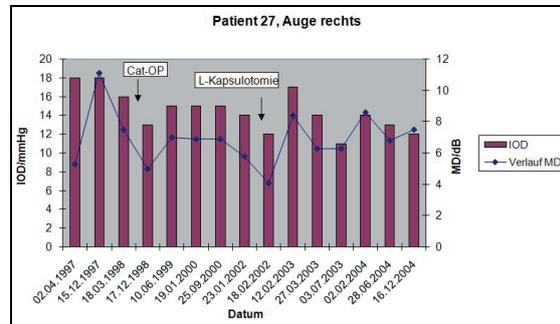
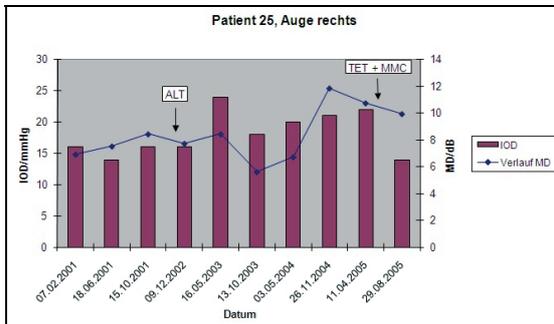
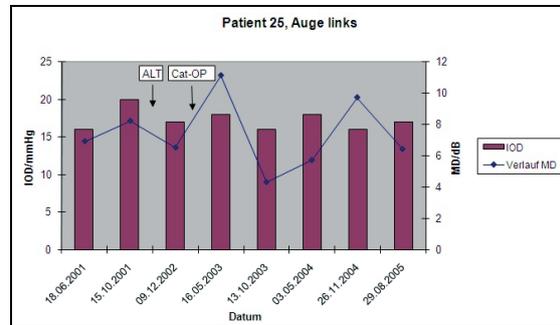
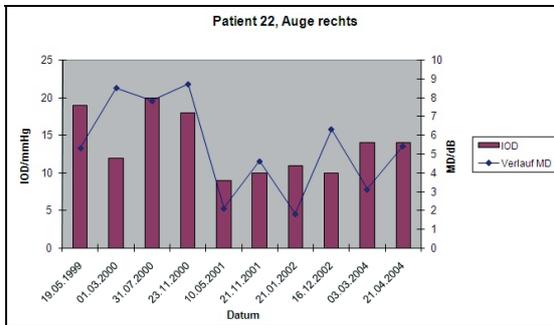
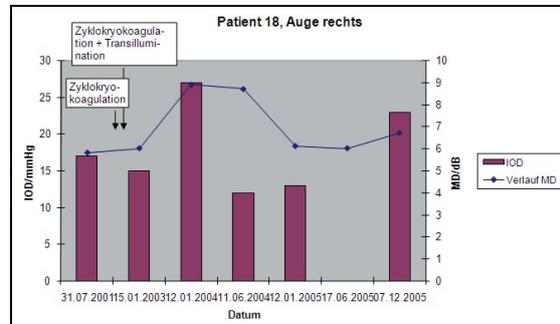
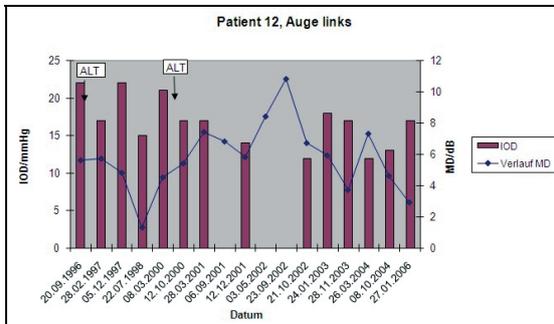
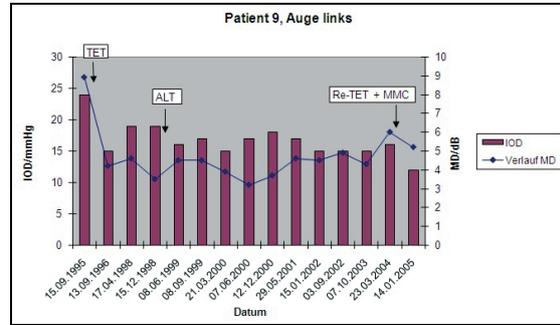
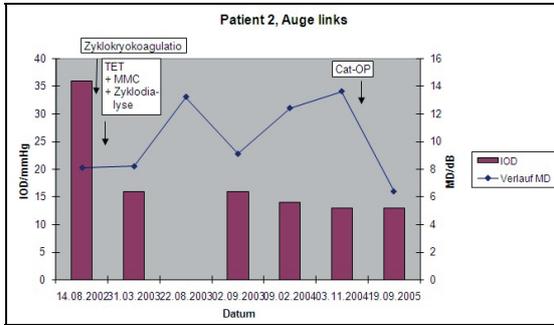


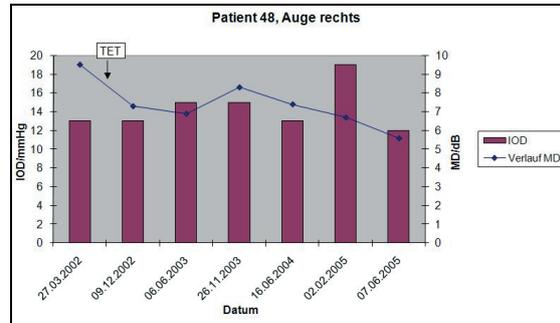
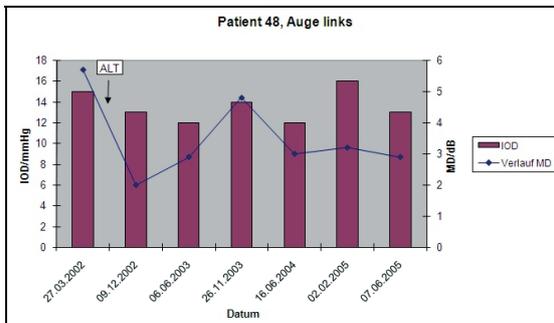
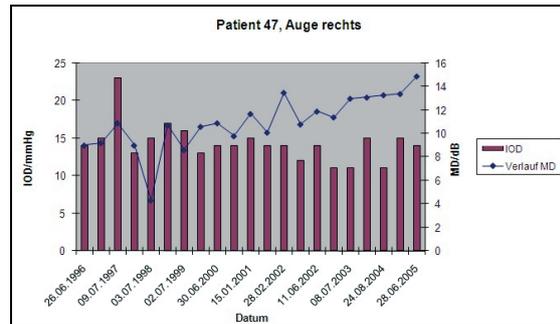
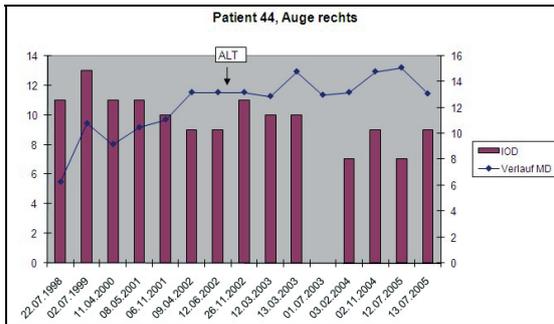
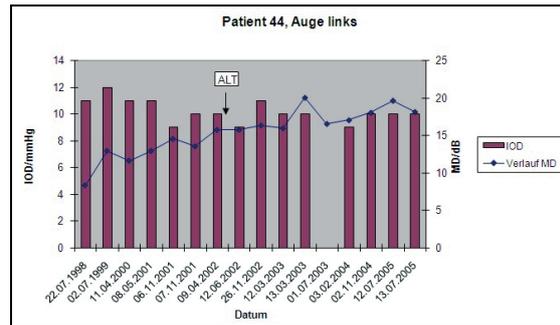
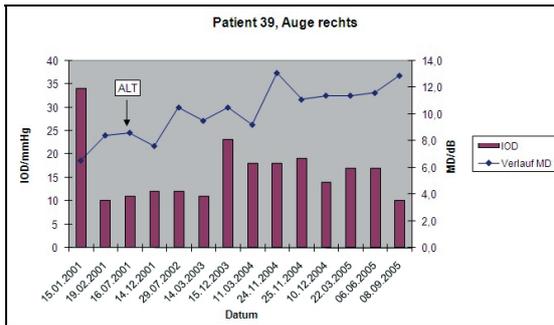
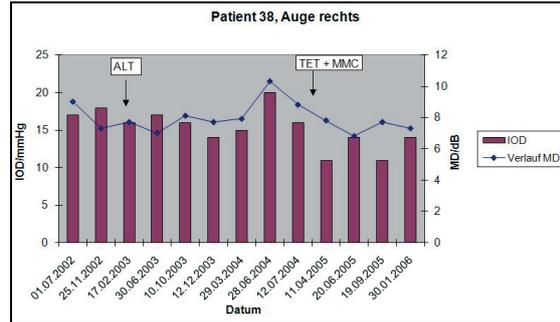
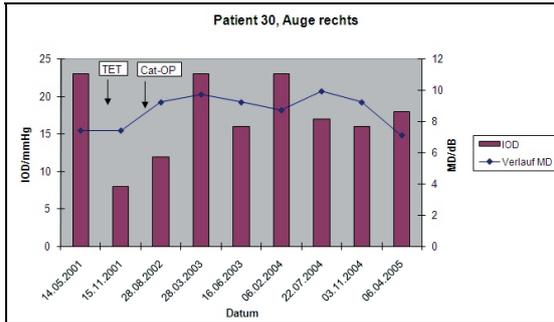
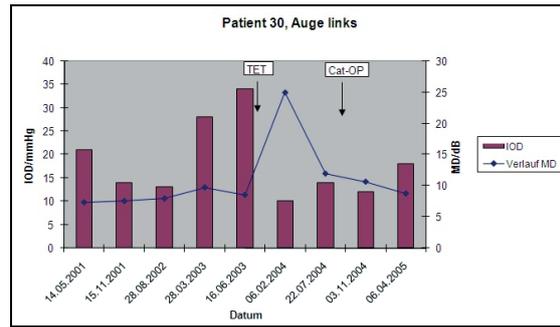
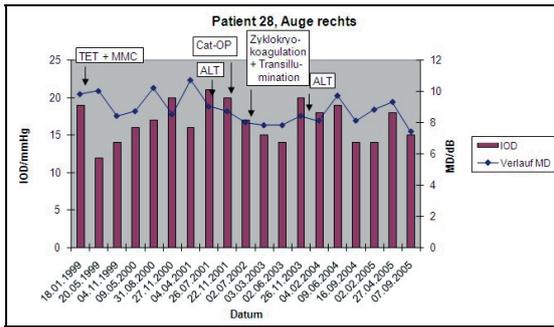




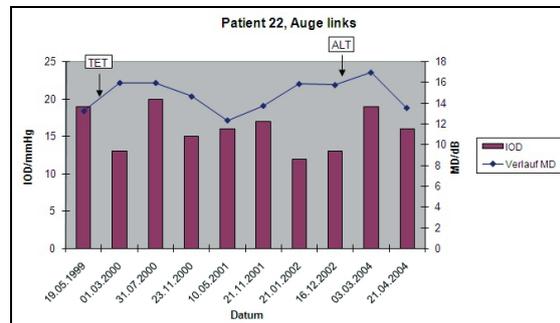
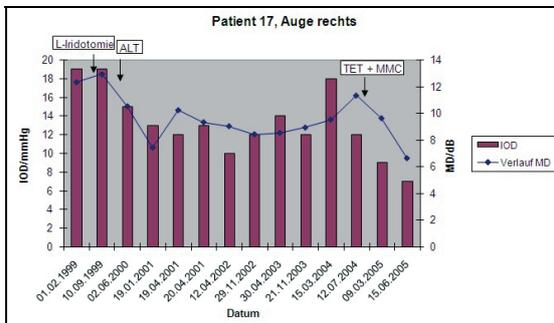
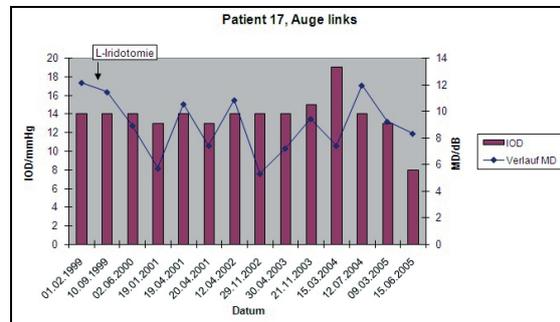
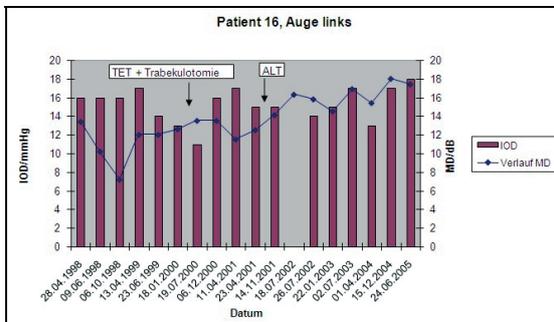
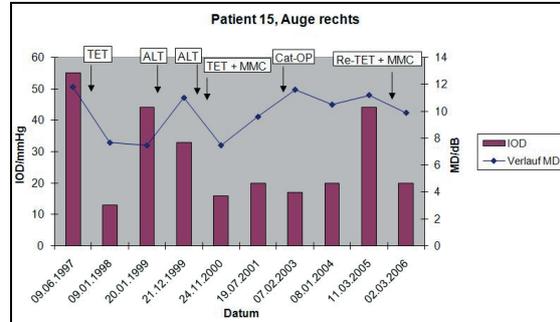
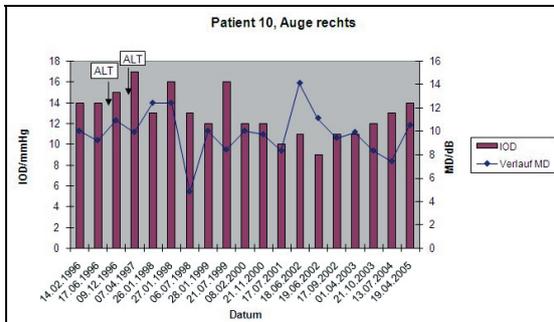
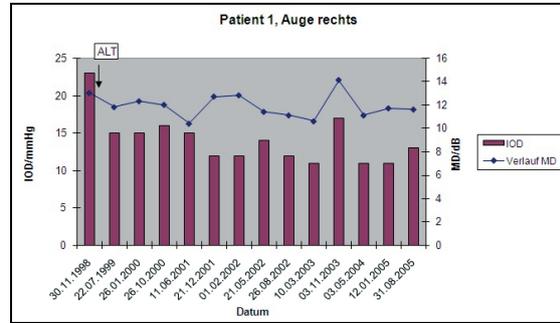
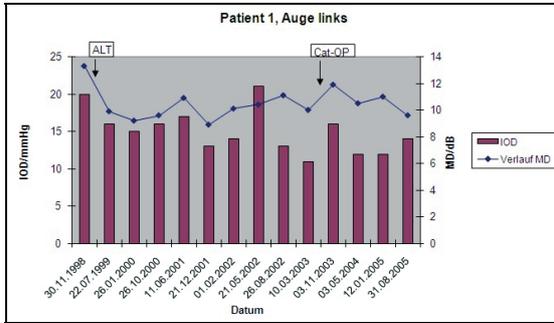


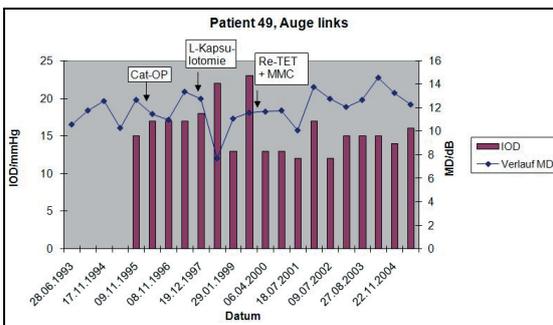
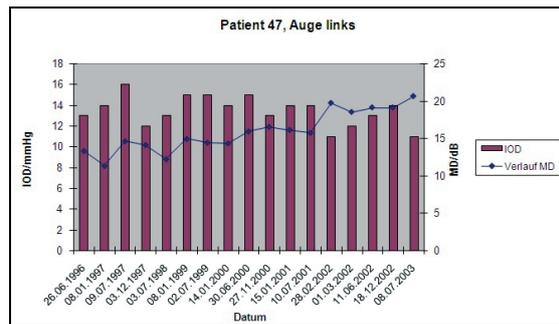
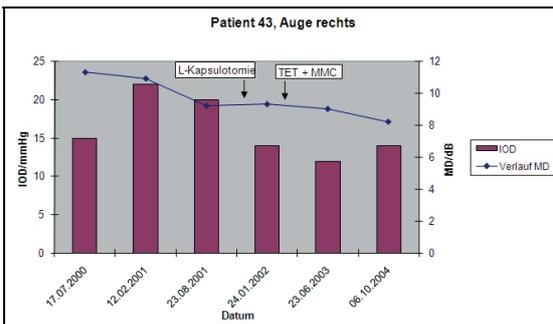
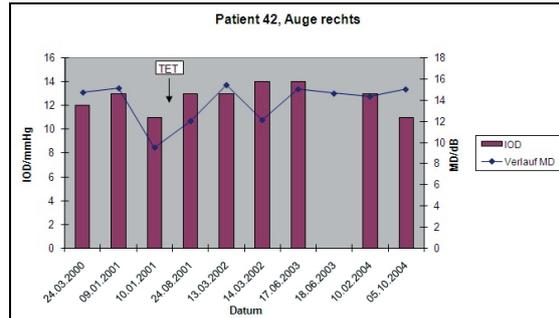
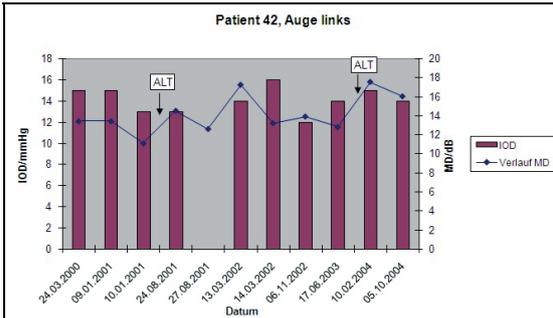
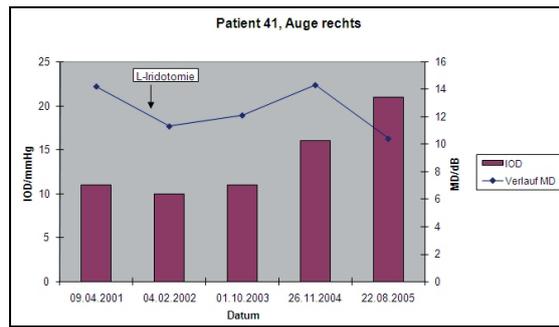
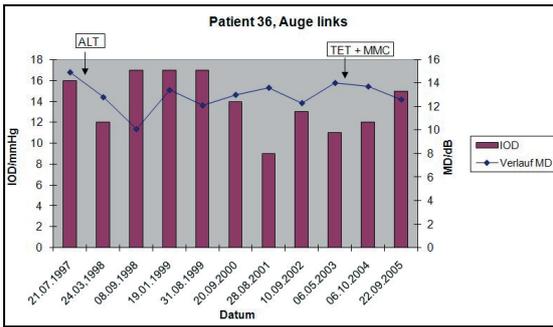
Augeninnendruck und Verlauf des MD-Wertes bei Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 5 < 10$ dB



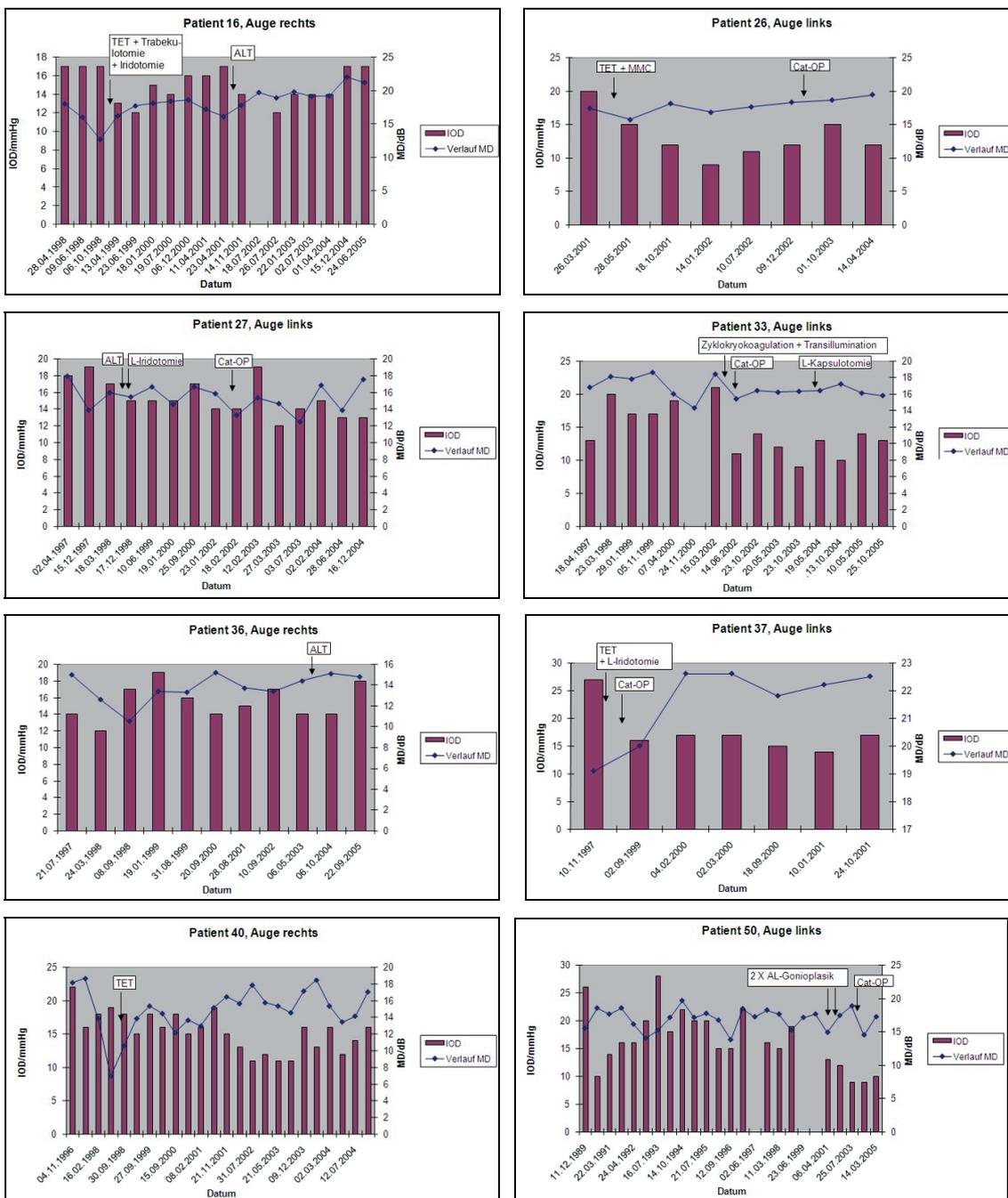


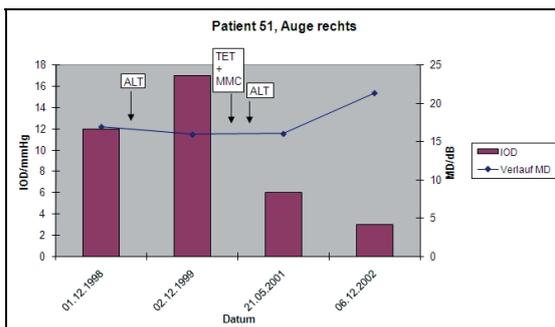
Augeninnendruck und Verlauf des MD-Wertes bei Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 10 < 15$ dB



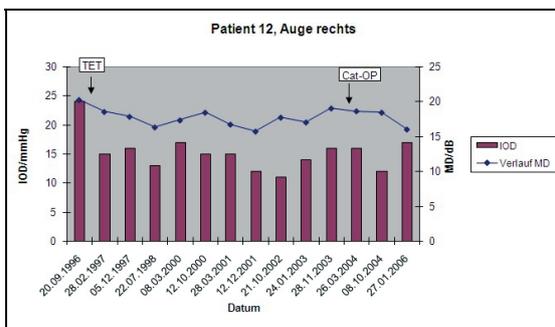


Augeninnendruck und Verlauf des MD-Wertes bei Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von $\geq 15 < 20$ dB





Augeninnendruck und Verlauf des MD-Wertes bei Patientenaugen mit einem Anfangs-MD-Wert von ≥ 20 dB



Literaturverzeichnis

- Abedin S, Simmons RJ, Grant WM (1982) Progressive lowtension glaucoma. Treatment to stop glaucomatous cupping and field loss when these progress despite normal intraocular pressure. *Ophthalmology* 89: 1-6
- Afako SK, Goulsine DB, Rosenthal AR (1992) Long-term post trabeculectomy intraocular pressures. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 70: 312-6
- The AGIS-Investigators (1994) The Advanced Glaucoma Intervention Study, 2: Visual field test scoring and reliability. *Ophthalmology* 101: 1445-55
- The AGIS-Investigators (2000) The Advanced Glaucoma Intervention Study, 7: The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *Am J Ophthalmol* 130:429-440
- The AGIS-Investigators (2001) The Advanced Glaucoma Intervention Study, 8: Risk of cataract formation after trabeculectomy. *Arch Ophthalmol* 119: 1771-1779
- The AGIS-Investigators (2002a) The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS), 11: Risk factors for failure of trabeculectomy or argon laser trabeculoplasty. *Am J Ophthalmol* 134: 481-489
- The AGIS-Investigators (2002b) The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS), 12: Baseline risk factors for substained loss of visual field and visual acuity in patients with advanced glaucoma. *Am J Ophthalmol* 134: 499-512
- The AGIS-Investigators (2004) The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 13. Comparisons of treatment outcomes within race: 10-years results. *Ophthalmology* 111: 651-664
- Airaksinen PJ (1981) Fellow eyes of glaucomatous patients with unocular optic disc haemorrhage. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 59: 231-236
- Anderson DR (1987) *Perimetry: With and without automation*. 2nd ed. A. C. V. Mosby 1987
- Anderson DR (1992) Basis of quantitative perimetry. In: Kist K, ed. *Automated Static Perimetry*. St. Louis: Mosby-Year Book 10-29
- Anderson DR, Patella VM (1999) *Automated Perimetry*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 105, 339
- Anthony CB, Bosma NJ, Kittelson JM (1997) Otago Glaucoma Surgery Outcome Study - Long-term Results of Trabeculectomy – 1976 to 1995. *Ophthalmology* 106: 1742-1750

Artes PH, Nicoleta MT, LeBlanc RP, Chauhan BC (2005) Visual Field Progression in Glaucoma: Total Versus Pattern Deviation Analyses. *Inv Ophthalmol Vis Sci* 46: 4600-4606

Aulhorn E, Karmeyer H (1977) Frequency distribution in early glaucomatous visual field defects. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 14: 75-83

Aulhorn E (1983) *Das Gesichtsfeld. Essener Fortbildung für Augenärzte*

Augustiny L, Flammer J (1985) The influence of artificially induced field defects on the visual field defects on the visual field indices. Heijl A, Greve EL (eds.): *Proceedings of the 6th Visual field symposium. Dr. W. Junk* 1985, 55-67

Bathija R, Gupta N, Zangwill L, Weinreb RN (1998) Changing definition of glaucoma. *J Glaucoma* 7 (3): 165-9

Bebić H, Fankhauser F, Spahr J (1976) Static perimetry: accuracy and fluctuations. *Acta Ophthalmol Scand* 54: 339-348

Bebić H, Fankhauser F (1980) Ein statistisches Programm zur Beurteilung von Gesichtsfeldern. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 177: 417-422

Bebić H, Flammer J, Bebić T (1989) The cumulative defect curve: Separation of local and diffuse components of local field damage. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 27: 9-12

Bengtsson B, Holmin C, Krakau CET (1980) Characteristics of manifest glaucoma in early stages. *Glaucoma* 2: 351-358

Bengtsson B, Lindgren A, Heijl A, Lindgren G, Åsman P, Patella M (1997) Perimetric probability maps to separate change caused by glaucoma from that caused by cataract. *Acta Ophthalmol Scand* 75: 184-188

Bengtsson B. (2004) Reliability of computerized perimetry threshold tests as assessed by reliability indices and threshold reproducibility in patients with suspect and manifest glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand*

Bengtsson B, Heijl A (2000) False-negative responses in glaucoma perimetry: indicators of patient performance or test reliability. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 41: 2201-2204

Bengtsson B, Leske MC, Hyman L, Heijl A, EMGT-Group (2007) Fluctuations of Intraocular Pressure and Glaucoma Progression in the Early Manifest Glaucoma Trial. *Ophthalmology* 114:205-209

- Birt CM, Shin DH, Samudrala V, Hughes BA, Chaesik K, Lee D (1997) Analysis of reliability indices from Humphrey visual field tests in an urban glaucoma population. *Ophthalmology*; 104: 1126-1130
- Bjerrum J (1889) Om em Tilføjelse til den sædvanlige Synsfeltsundersøgelse samt om Synsfelet ved Glaucom. *Nord Ophthalmol Tidskrift* 2: 141
- Blumenthal EZ, Sample PA, Zangwill L, Lee AC, Kono Y, Weinreb RN (2000) Comparison of Long-term Variability for Standard and Short-wavelength Automated Perimetry in Stable Glaucoma Patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 41: 309-313
- Brandt JD, Beiser JA, Kass MA et al. (2001) Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* 108: 1779-1788
- Bron A (1988) Automated perimetry in patients with posterior chamber intraocular lenses. *J Fr Ophthalmol* 11: 155-159
- Brusini P, Filacorda S (2006) Enhanced Glaucoma Staging System (GSS 2) for Classifying Functional damage in Glaucoma. *J Glaucoma* 15: 40-46
- Budde WM, Jonas JB (1999) Family history of glaucoma in the primary and secondary open-angle glaucomas. *Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 237: 554-7
- Budenz DL (1997) *Atlas of Visual Fields*. Philadelphia: Lippincott-Raven 1997: 17
- Caprioli J, Sears M (1987) Patterns of early visual field loss in open angle glaucoma. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 49: 307-315; *Am J Ophthalmol* 103: 512-517
- Chauhan BC, Drance SM, Douglas GR, Johnson Chr R (1989) Visual field Damage in normal-tension and high-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 108: 636-642
- Chauhan BC, Drance SM, Douglas GR (1990) The use of visual field indices in detecting change in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31: 512-520
- Chauhan BC, Drance SM (1992) The relationship between intraocular pressure and visual field progression in glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 230:521-526
- Choplin NT, Sherwood MB, Spaeth GL (1990) The effect of stimulus size on the measured threshold values in automated perimetry. *Ophthalmology* 97: 371-374
- Choplin NT, Russell PE (1995) *Visual Field Testing with the Humphrey Field Analyser*. Thorofare, NJ: Slack; 73
- Chumbley LC, Brubaker RF (1976) Low-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 81. 761-763

Chung HS, Harris A, Evans DW, Kagemann L, Garzosi HJ, Marin B (1999) Vascular aspects in the pathophysiology of glaucomatous optic neuropathy. *Surv Ophthalmol* 43 (Suppl 1): S43-50

Coleman AL (1999) Glaucoma. *Lancet* 354: 1803-10

Collington N, Dewe W, Guillaume S, Collington-Brach J (1998) Ambulatory blood pressure monitoring in glaucoma patients. The nocturnal systolic dip and its relationship with disease progression. *Int. Ophthalmol* 22: 19-25

Cornsweet TN (1962) The staircasemethod in psychophysics, *Am J Psychol* 75: 485-491

Dannheim F (1995) Perimetrie. In: Straub W, Alexandridis E (Hrsg.). *Augenärztliche Untersuchungsmethoden*. 2. Auflage-Stuttgart: Enke; Kap. 14 (S.477-516)

Dengler-Harles M, Wild JM, Cole MD, O'Neill EC, Crews SJ (1990) The influence of forward light scatter on the visual field indices in glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 228: 326-331

Drance SM, Sweeney VP, Morgan RW, Feldmann F (1973) Studies of factors involved in the production of low tensions glaucoma. *Arch ophthalmol* 89: 457-465

Drance SM, Fairclough M, Butler DM, Kottler MS (1977) The importance of disc haemorrhage in the prognosis of chronic open angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 95: 226-228

Drance SM, Anderson D (eds; 1985): *Automated perimetrie in glaucoma: A practical guide*. Grune & Stratton, New York

Epstein D, Krug JH, Hertzmark E, Remis LL, Edelstein DJ (1989) A long-term clinical trial of timolol therapy versus no treatment in the management of glaucomatous suspects. *Ophthalmology* 96: 1460-1467

Fankhauser F, Spahr J, Bebié H (1977) Some aspects of the automation of perimetry. *Srv Ophthalmol* 22: 131-141

Feiner L, Piltz-Seymour JR (2003) Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study: a summary of results to date. *Curr Opin Ophthalmol* 14:106-111

Feuer WJ, Parrish RK, Schiffmann JC et al. (2002) The Ocular Hypertension Treatment Study: Reproducibility of cup disc ratio measurements over time on optic disc reading center. *Am J Ophthalmol* 133: 19-28

Fitzke FW, Hitchings RA, Poinosawmy D, Mcnaught AI, Crabb DP (1996) Analysis of visual field progression in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 80: 40-8

- Flammer J, Drance SM, Schulzer M (1983) The estimation and testing of the components of long-term fluctuation of the differential light threshold. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 35:383-389
- Flammer J, Drance SM, Fankhauser F, Augustiny L (1984) Differential light threshold in automated perimetry. Factors influencing short-term fluctuation. *Arch Ophthalmol (Chicago)* 102: 876
- Flammer J, Drance SM, Schulzer M (1984) Covariates of the long-term fluctuation of the differential light threshold. *Arch Ophthalmol* 102: 880-882
- Flammer J, Drance SM (1984) Differential light threshold, short- and long-term fluctuation in patients with glaucoma, normal controls, and patients with suspected glaucoma. *Arch Ophthalmol* 102: 704-706
- Flammer J, Jenni F, Bebie H (1987) The OCTOPUS Glaucoma G1 Program. *Glaucoma* 9: 67-72
- Flammer J (2000) Okuläre Perfusion: Ist der Glaukomschaden ein Perfusionsschaden? In: Erb C, Krieglstein K, eds. *Glaukom – Fragen zur Praxis*. Köln: Agamede; 102-25
- Flammer J (2001) *Glaukom*, 2. Auflage. Bern
- Funkhauser A, Wetterwald N, Fankhauser F, (1983) The accuracy of screening programs. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 35:345-350
- Funkhauser F, Fankhauser A (1989) A comparison of three methods of abbreviating G1 examinations. *Jpn J Ophthalmol* 33: 288-294
- Georgopoulos G, Andreanos D, Liokis N, Papakonstantinou D, Vergados J, Theodossiadis G (1997) Risk factors in ocular hypertension. *Eur J Ophthalmol* 7: 357-63
- Glaucoma Laser Trial Research Group (1993) The Glaucoma Laser Trial (GLT): 5. Subgroup differences at enrollement. *Ophthalmic Surg*; 24: 232-41
- Gloster J (1981) Incidence of optic disc haemorrhages in chronic simple glaucoma and ocular hypertension. *Br. J Ophthalmol* 65:452-465
- Glowatzki A, Flammer J (1987) Is there a difference between glaucoma patients with rather localized visual field damage and patients with more diffuse visual field damage? *Doc Ophthalmol Proc Series* 49: 317-320
- Gloor B, Schmied U, Fässler A (1980) Glaukomgesichtsfelder - Analyse von Octopus-Verlaufsbeobachtungen mit einem statistischen Programm. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 177: 423-436

Gloor (1990) Verlaufskontrolle beim Glaukom. Fortschr Ophthalmol 87: 163-171

Gloor B (1993) Perimetrie beim Glaukom. In: Gloor B (Hrsg.) Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der automatischen Perimetrie, 2. Auflage, Stuttgart: Enke; Kap. 8 (S.252-301)

Goldstick BJ, Weinreb RN (1987) The effect of refractive error on automated global analyses programm G-1. Am j Ophthalmol. 104: 229-232

Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD et al. (2002) The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. Arch Ophthalmol 120: 714-720

Gordon MO, Kass MA (1999) The Ocular Hypertension Treatment Study: design and baseline description of the participants. Arch Ophthalmol 117: 573-583

Graef M, Halbach E, Kaufmann H. [Causes of blindness in Hestia in 1996]. Klin Monatsblatt Augenheilk. 1999; 215: 50-5

Graham SL, Drance SM (1999) Nocturnal hypotension: role in glaucoma progression. Surv Ophthalmol. (43 Suppl) 1: S10-6

Gramer E (1982) Der Informationsgehalt der computergesteuerten Perimetrie für die Diagnostik und Verlaufskontrolle von Augenkrankheiten. Habilitationsschrift, Würzburg

Gramer (1982) Computerperimetrie beim Glaukom. In: Leydhecker W, Krieglstein GK (Hrsg.): Programmgesteuerte Perimetrie. Kaden 1982, S.99

Gramer E, Gerlach R, Krieglstein GK, Leydhecker W (1982) Zur Topographie früher glaukomatöser Gesichtsfeldausfälle bei der Computerperimetrie. Klin Mbl Augenheilk 180: 203

Grant W, Burke JF Jr. (1982) Why do some people go blind from glaucoma? Ophthalmology 89:991-8

Grehn F, Burkard G (1988) Verfahren zur quantitativen Verlaufskontrolle computerperimetrischer Befunde bei Glaukom. Klin. Mbl. Augenheilk. 193: 493-498

Grehn F (1997) Aktuelle Aspekte der Filtrationschirurgie bei primärem Offenwinkelglaukom. In: Krieglstein GK, ed. Glaukom-eine Standortbestimmung. Heidelberg: Kaden; 56-9

Greve EL, Furuno F, Verduin WM (1979) The clinical significance of reversibility of glaucomatous visual field defects. In: Greve EL (ed) 3rd International Visual Field Symposium Tokyo 1978. Junk, Den Haag

- Guthauser U, Flammer J, Lotmar P, Niesel (1986) Einfluss der Katarakt auf das Gesichtsfeld. *Klin Mbl Augenheilk* 188 409-411
- Guthauser U, Flammer J, Niesel P (1987) Relationship between cataract density and visual field damage. Heijl A, Greve E L (eds.): *Proceedings of the 7th Visual field symposium 1987*. Dr. W. Junk Publishers 39-41
- Guthauser U, Flammer J (1988) Quantifying visual field damage caused by cataract. *Am J Ophthalmol* 106: 480-484
- Haas A, Flammer J (1985) Influence of diazepam on differential light sensitivity. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 42: 527-532
- Haffmanns IHA (1962) Beiträge zur Kenntnis des Glaukoms. *Arch Ophthalmol* 8:124-178
- Hart WM, Becker B (1982) The onset and evaluation of glaucomatous visual field defects. *Ophthalmology* 89: 268
- Hayreh SS, Podhajsky P, Zimmermann MB (1999) Role of nocturnal arterial hypotension in optic nerve head ischemic disorders. *Ophthalmologica* 213:76-96
- Heijl A, Krakau C (1975) An automatic static perimeter for glaucoma visual field screening and control. Construction and clinical cases. *V. Graefes Arch klin exp Ophthalmol* 197: 13
- Heijl A (1976) Automatic perimetry in glaucoma visual field screening: A clinical study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 200: 21-37.
- Heijl A (1977) Time changes of contrast threshold during automatic perimetry. *Acta Ophthalmol Scand* 55: 696-708
- Heijl A (1977) Computer test logics for automatic perimetry. *Acta Ophthalmol* 55: 837
- Heijl A, Drance SM (1981) A clinical comparison of three computerized automatic perimeters in the detection of glaucoma defects. *Arch Ophthalmol*; 99: 832-836
- Heijl A, Drance SM (1983) Changes in differential threshold in patients with glaucoma during prolonged perimetry. *Br J Ophthalmol* 67: 512-516
- Heijl A, Lundqvist L (1984) The frequency distribution of earliest glaucomatous visual field defects, documented by automated perimetry. *Acta ophthalmol (Copenh.)* 62: 658
- Heijl A, Lindgren G, Olsson J (1987) Reliability parameters in computerized perimetry. *Doc Ophthalmol*; 49; 593-600

Heijl A, Lindgren G, Olsson J (1987) Normal variability of static perimetric threshold values across the central visual field. *Arch Ophthalmol* 105: 1544

Heijl A, Lindgren G, Olsson J (1989) The effect of perimetric experience in normal subjects, *Arch Ophthalmol* 107: 81-86

Heijl A, Åsman P (1989) A Clinical Study of Perimetric Probability Maps. *Arch Ophthalmol* 107: 199-203

Heijl A, Lindgren G, Olsson J, Åsman P (1989) Visual Field Interpretation With Empiric Probability Maps. *Arch Ophthalmol* 107: 204-208.

Heijl A, Lindgren G, Lindgren A, Olsson J, Asman P, Myers S, et al. (1991) Extended empirical statistical package for evaluation of single and multiple fields in glaucoma: Statpac 2. In: Mills RP, Heijl A, eds. *Perimetry update 1990/1991*. Amsterdam: Kugler & Ghedini, 1991: 303-15.

Heijl A, Bengtsson B (1997) Visual field progression in glaucoma (Reply) *Br J Ophthalmol* 81: 1097-1098

Heijl A, Bengtsson B, Lindgren G (1998) Visual field progression in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 82: 1097-1098

Heijl A, Leske C, Bengtsson Boe, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M (2002) Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression. *Arch Ophthalmol* 120: 1268-1279

Heijl A, Leske C, Bengtsson Boe, Bengtsson B, Hussein M (2003) Measuring visual field progression in the Early Manifest Glaucoma Trial. *Acta Ophthalmol Scand* 81: 286-293

Heuer D, Anderson D, Gressel M (1985) The influence of refraction accuracy on Octopus perimeter threshold measurements. *Ophthalmology* [Supp 2] 92: 100

Heuer D, Anderson D, Gressel M (1987) The influence of refraction accuracy on automated perimetric threshold measurements. *Ophthalmology* 94: 1550-1553

Hitchings RA, Wu J, Poinosawmy D, McNaught A (1995) Surgery for Normal-tension-glaucoma. *Br J Ophthalmol* 79: 402-6

Hitchings RA (1998) Efficacy of glaucoma treatment: the role of trabeculectomy. In: Jönsson B, Krieglstein G, eds. *Primary Open-Angle Glaucoma - Differences in International Treatment Patterns and Costs*. Oxford: ISIS Medical Media; 154-62

Holmin C, Krakau CET (1979) Variability of glaucomatous visual field defects in computerized perimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 210: 235

- Holmin C, Krakau CET (1981) Automatic perimetry in the control of glaucoma. *Glaucoma* 3: 154-159
- Holmin C, Krakau CET (1982) Regression analysis of the central visual field in chronic glaucoma cases. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 60: 267-274
- Holmin C, Storr-Paulsen A (1984) The visual field after trabeculectomy. A follow-up study using computerized perimetry. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 62: 230-234
- Hoskins HD, Magee SD, Drake MV, Kidd MN (1987) A system for the analyses of automated visual fields using the Humphrey Visual Field Analyser. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 49: 145
- Hoskins HD, Magee SD, Drake MV, Kidd MN (1988) Confidence intervals for change in automated visual fields. *Br J Ophthalmol* 72: 591-597
- Hotchkiss ML, Robin AL, Quigley HA, et al (1985) A comparison of Peritest automated perimetry and Goldmann perimetry. *Arch Ophthalmol*; 103: 397-403.
- Hotchkiss HD, Jensvold N, Zaretsky M, Hetherington J. (1989) Rate of progression of discrete areas of the visual field. In: Heijl-A ed. *Perimetry update 1988/1989*. Amsterdam: Kugler & Ghedini, 1989: 173-6.
- Hudson C, Wild JM, O'Neill EC, (1994) Fatigue effects during a single session of automated static threshold perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 35: 268-280
- Hutchings N, Hosking SL, Wild JM, Flanagan JG (2001) Long-term Fluctuation in Short-Wavelength Automated perimetrie in Glaucoma Suspects and Glaucoma patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*; vol 42, no 10: 2332-2337
- Iwase A, Matsubara K, Kitazawa Y (1990/1991; 1991) Are early visual field changes topographically different between primary open-angle (high tension) glaucoma and normal tension glaucoma? In: RP Mills, A Heijl: *Perimetry Update 1990/1991*; Kugler & Ghedini, 1991 491-494
- Janz NK, Wren PA, Lichter PR, Musch DC, Gillespie BW Guire KE (2001a) Quality of life in newly diagnosed glaucoma patients: The Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study. *Ophthalmology* 108: 887-898
- Janz NK, Wren PA, Lichter PR, Musch DC, Gillespie BW Guire KE (2001b) The Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study: interim quality of life findings after initial medical or surgical treatment of glaucoma. *Ophthalmology* 108: 1954-1965
- Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD (1993) Blue-on-yellow perimetrie can predict the the development of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol* 111: 645-650

- Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD (1993) Progression of early glaucomatous field loss as detected by blue-on-yellow and standard white-on-white automated perimetry. *Arch Ophthalmol* 111: 645-650
- Johnson CA, Keltner JL, Balestrery FG (1979) Suprathreshold static perimetry in glaucoma and other optic nerve disease. *Ophthalmology* 86: 1278-1286.
- Johnson CA, Keltner JL, Cello KE et al. (2002) Baseline visual field characteristics in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Ophthalmology* 109: 432-437
- Kass MA, Gordon MO, Hoff MR, Kolker AE, Parkinson JM, Hart WM Jr, Becker B (1989) Topical timolol administration reduces the incidence of glaucomatous damage in ocular hypertensive individuals. *Arch Ophthalmol* 107: 1590-1598
- Kass MA, Heuer DK, Higginbotham et al. (2002) The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 120: 701-713, discussion 829-830
- Katz J, Sommer A (1986) Asymmetry and variation in the normal hill of vision. *Arch Ophthalmol* 104: 65
- Katz J, Sommer A (1988) Reliability indexes of automated perimetric tests. *Arch Ophthalmol* 106: 1252-1254
- Katz J, Sommer A (1990) Screening for glaucomatous visual field loss: the effect of patient reliability. *Ophthalmology* 97: 1032-1037
- Katz J, Sommer A, Witt K (1991a) Reliability of visual field results over repeated testing. *Ophthalmologie* 70-75
- Katz J, Sommer A, Gaasterland DE, Anderson DR (1991b) Comparison of analytic algorithms for detecting glaucomatous visual field loss. *Arch Ophthalmol* 109: 1684-1689
- Katz JN, Larson MG, Phillips CB, Fossel AH, Liang MH (1992) Comparing measurement sensitivity of short and longer health status instruments. *Medical Care* 30: 917-25
- Katz J, Congdon N, Friedman DS (1999) Methodological variations in estimating apparent progressive visual field loss in clinical trials of glaucoma treatment. *Arch ophthalmol.* 117: 1137-1142
- Keltner JL, Johnson CA, Quigg JM et al. (2000) Confirmation of Visual Field Abnormalities in the Ocular Hypertension Treatment Study. Ocular Hypertension Treatment Study Group. *Arch Ophthalmol* 118: 1187-1194

Keltner JL, Johnson CA, Cello KE, Edwards MA, Bandermann SE, Kass MA, Gordon MO, ; for the Ocular Hypertension Study Group (2003) Classification of Visual Field Abnormalities in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Arch Ophthalmol* 121: 643-650

Kaufmann H, Flammer J (1989) Die Bebié- Kurve (kumulative Defektkurve) zur Differenzierung von lokalem und diffusen Gesichtsfelddefekten. *Fortschr Ophthalmol* 86: 687-691

Kidd MN, O'Connor M (1985) Progression of field loss after trabeculectomy: a five-year follow-up. *Br J Ophthalmol* 69: 827-831

Konareva-Kostianeva M (1998) Family history and some other factors in primary open angle glaucoma. *Folia Med (Plovdiv)* 40: 78-81

Konstas AG, Lake S, Economou AI, Kaltsos K, Jenkins JN, Stewart WC (2006) 24-hour control with a latanoprost-timolol fixed combination versus timolol alone. *Arch Ophthalmol* 124 (11): 1553-7

Konstas AG, Katsimpris IE, Kaltsos K, Georgiadou I, Kordelou A, Nelson LA, Stewart WC (2007) 24-hour efficacy of the brimonidine/timolol fixed combination versus therapy with the unfixed components. *Eye*, Jun 15

Kottler MS, Drance SM (1976) Studies of haemorrhages of the optic disc. *Can J Ophthalmol* 11: 102-105

Krieglstein GK, Schrems W, Gramer E, Leydhecker W (1981) Detectability of early glaucomatous visual field defects. A controlled comparison of Goldmann versus Ostopus perimetry. *Doc Ophthalmol Proc Series* 26, 19

Krieglstein GK (Hrsg) (2002) *Glaukom 2001: Ein Diskussionsforum*. Springer

Krumpaszky HG, Lüdtke R, Mickler A, Klauss V, Selbmann HK. Blindness in Germany. A population-based study from Würtemberg-Hohenzollern. *Ophthalmologica* 1999; 213: 176-82

Kwon YH, Park HJ, Jap A, Ugurlu S, Caprioli J (1998) Test-retest variability of blue-on-yellow perimetry in normal subjects. *Am J Ophthalmol* 126: 29-36

Lachenmayr, BJ, Drance SM, Chauhan BC, House PH, Lalani S (1991) Diffuse and localized glaucomatous field loss in light sense, flicker and resolution perimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 229: 267-273

Lachenmayr BJ, Drance SM (1992) Diffuse field loss and central visual function in glaucoma. *German J Ophthalmol* 1: 67-73

- Lachenmayr B, Vivell PMO (1992) Perimetrie. Thieme Stuttgart-New York; 37
- Lai JS, Tham CC, Chan JC (2006) The clinical outcomes of cataract extraction by phacoemulsification in eyes with primary open angle glaucoma and co-existing cataract: a prospective case series. *J Glaucoma* 2006; 15: 47-52
- Landesberg H (1869) Ausbruch von Glaukom als Folge eines Streifschusses. Eine eigentümliche Gesichtsfeldbeschränkung. *Albrecht v. Graefes Arch Klein Exp Ophthalmol* 15: 204-210
- LeBlanc RP (1992) Diagnosis and long term follow up of glaucomatous visual fields defects with automated perimetry. *Bulletin de la Société Belge d'Ophthalmologie* 244: 105-27
- Lee AC, Sample PA, Blumenthal EZ, Berry C, Zangwill L, Weinreb RN (2002) Infrequent confirmation of visual field progression. *Ophthalmology* 109: 1059-1065
- Leonardi E, Pattavina L, Piesco D, Di Clemente, Garofalo G (1985) Considerazioni sul campo visivo nell'affezione monolaterale corretta con lente intraoculare e con lente a contatto. *Ann Ottomol Clin Ocul* 111, Suppl. 12 1343-1350
- Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B (1999) Early Manifest Glaucoma Trial: design and baseline data. *Ophthalmology* 196: 2144-2153
- Leske MC, Heijl A, Hussein M, Bengtsson B, Hyman L, Komaroff E (2003) Factors for glaucoma progression and the effect of treatment. *Arch Ophthalmol* 121: 48-56
- Lewis RA, Johnson CA, Keltner JL, Labermeier PK (1986) Variability of quantitative automated perimetry in normal observers. *Ophthalmology* 93:878
- Leydhecker W, Krieglstein GK, Uhlrich E (1978) Experimentelle Untersuchung zur Wirkungsweise alkoholischer Getränke auf den Augeninnendruck. *Klein Monatsbl Augenheilkd* 172: 75
- Leydhecker W, Krieglstein GK (1984) Okuläre Hypertension. Kaden, Heidelberg
- Leydhecker W, Akiyama K, NeumannHG (1985) Der intraokulare Druck gesunder menschlicher Augen. *Klin Mbl Augenheilkd* 133: 662
- Leydhecker W, Gramer E (1989) Long-term studies of visual field changes by means of computerized perimetry (Octopus 201) in eyes with glaucomatous field defects after normalization of intraocular pressure. *Int Ophthalmol* 13: 113-117
- Leydhecker W (1991) Die Glaukome in der Praxis – Ein Leitfaden. 5. Auflage Berlin

Li SG, Spaeth GL, Scimeca HA, Schatz NJ (1979) Clinical experiences with the use of an automatic perimeter (Octopus) in the diagnosis and management of patients with glaucoma and neurologic diseases. *Ophthalmol* 86, 1302

Lichter PR, Musch DC, Gillespie BW, Guire KE, Janz NK, Wren PA, Mills RP (2001) Interim clinical outcomes in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study comparing initial treatment randomized to medications or surgery. *Ophthalmology* 106: 653-662

Lindenmuth KA, Skuta GL, Rabbani R, Musch DC (1989) Effects of pupillary constriction on automated perimetry in normal eyes. *Ophthalmology* 96: 1298-1301

Lustgarten JS, Marx MS, Podos StM, Bodis-Wollner I, Campeas D (1990) Contrast sensitivity and computerized perimetry in early detection of glaucomatous change. *Clin Vision Sci* 407-413

Mao IK, Steward WC, Shields MB (1991) Correlation between intraocular pressure control and progressive glaucomatous damage in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 111: 51-55

McMillian TA, Steward WC, Hunt HH (1992) Association of reliability with reproducibility of the glaucomatous visual field. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 70: 665-670

Messmer C, Flammer H (1991) OCTOPUS Program G1X. *Ophthalmologica* 203: 184-188

Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ (1999) The relationship between glaucoma and myopia: The Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 106: 2010-5

Musch DC, Lichter PR, Guire KE, Standardi CL (1999) The Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study: study design, methods, and baseline characteristics of enrolled patients. *Ophthalmology* 106: 653-662

Niesel P, Ramel Ch, Weidmann BOS (1978) Das Verhalten von perimetrischen Untersuchungsbefunden bei Entwicklung einer Katarakt. *Klin Mbl Augenheilk* 1972: 477-480

Niesel P, Flammer J (1980) Correlation between intraocular pressure, visual field and visual acuity, based on 11 years of observations of treated chronic glaucomas. *Int Ophthalmol* 3: 31-35

Niesel P, Wiher CL (1982) Modellexperimente zum Verhalten glaukomatöser Gesichtsfelddefekte bei Kataraktentwicklung. *Klin Mbl Augenheilk* 180: 461-463

- Nouri-Mahdavi K, Caprioli J, Coleman AL, Hoffmann D, Gaasterland D (2005) Pointwise Linear Regression for Evaluation of Visual Field Outcomes and Comparisons With the Advanced Glaucoma Intervention Study Methods. *Arch Ophthalmol* 123: 193-199
- Obstbaum SA (1986) Glaucoma and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surgery* 12,3 257-261
- O'Brien C, Schwarz B (1990) The visual field in chronic open angle glaucoma: the rate of change in different regions of the field. *Eye* 4 (PT 4): 557-62.
- O'Brien C, Schwarz B, Takamoto T, Wu DC. (1991) Intraocular pressure and rate of visual field loss in chronic open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 111: 491-500
- Odberg T (1993) Visual field prognosis in early glaucoma – A long-term clinical follow-up. *Acta Ophthalmol* 71: 721-726
- Odberg T (1987) Visual field prognosis in advanced glaucoma. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 65 Suppl. 182: 27-29
- Palmberg P (2002) Answers from the Ocular Hypertension Treatment Study (editorial). *Arch Ophthalmol* 120: 829-830
- Parrish RK, Schiffmann I, Anderson DR (1984) Static and kinetic visual field testing. Reproducibility in normal volunteers. *Arch Ophthalmol* 102: 1497
- Pfeiffer N (2001) *Glaukom: Grundlagen, Diagnostik, Therapie, Compliance*. Stuttgart: Thieme
- Pfeiffer N (2002) Definition des Glaukoms. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, Sektion Glaukom
- Pfeiffer N (2005) Ergebnisse der „Ocular hypertension treatment study“ (OHTS) *Ophthalmologie* 102: 230-234
- Phelps CD, Hayreh SS, Montague PR (1984) Comparison of visual fields in low-tension glaucomas with those in the high-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 98: 823
- Piltz J, Gross R, Shin DH et al. (2000) Contralateral effect of topical beta-adrenergic antagonists in initial one-eyed trials in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Am J Ophthalmol* 130: 441-453
- Platz T (1999) Test-Retest-Reliabilität und Sensivität gegenüber Veränderungen (Responsiveness). *5* (2): 79-84
- Popovic V, Sjöstrand J (1991) Long-term outcome following trabeculectomy: I. *Acta Ophthalmol* 69:299-304

Popovic V, Sjöstrand J (1991) Long-term outcome following trabeculectomy: II. *Acta Ophthalmol* 69:305-309

Quigley HA, Maumenee AE (1979) Long-term follow-up of treated open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 87: 519-525

Rönne H (1909) Über das Gesichtsfeld beim Glaukom. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 47: 12-33

Saccà SC, Rolando M, Marletta A, Macrì A, Cerqueti P, Ciurlo G (1998) Fluctuations of intraocular pressure during the day in open-angle glaucoma, normal-tension glaucoma and normal subjects. *Ophthalmologica* 212:115-9

Sample PA, Taylor JDN, Martinez GA, Lusky m, Weinreb RN (1993) Short-wavelength color visual-fields in glaucoma suspects and risk. *Am J Ophthalmol* 115: 225-233

Sample PA, Weinreb RN (1990) Color perimetry for assessment of primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31: 1869-1875

Schmied U (1980) Automatic (Octopus) and manual (Goldmann) perimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 213, 125

Schulzer M, Drance SM, Carter CJ, Brooks DE, Douglas GR, Lau W (1990) Biostatistical evidence for two distinct chronic open angle glaucoma populations. *Br J ophthalmol* 74: 196-200

Shigeeda T, Tomidokoro A, Araie MD, Koseki N, Yamamoto S (2002) Long-term Follow-up of Visual Field Progression after Trabeculectomy in Progressive Normal-tension Glaucoma. *Ophthalmology* 109: 766-770

Shihab ZM, Lee PF, Hay P (1982) The significance of disc haemorrhage in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 89: 211-213

Sihota R, Gupta V, Tuli D, Sharma A, Sony P, Srinivasan G (2007) Classifying Patterns of Localized Glaucomatous Visual Field Defects on Automated Perimetry. *J Glaucoma* 16: 146-152

Sommer A, Tielsch JM, Katz J et al. (1991) Relationship between intraocular pressure and primary open angle glaucoma among white and black Americans. The Baltimore Eye Survey. *Arch Ophthalmol* 109: 1090-5

Spahr J, Fankhauser F (1974) On automation of perimetry - problems and solutions. 1st Int. Visual Field Symp., Marseille. *L'année thérapeutique et clinique en ophtalmologie*. Tome XXVV S.337. Librairie Fureri Lamy, Marseille

- Sommer A, Tielsch JM, Katz J, et al. (1991) Racial differences in the cause-specific prevalence of blindness in East Baltimore. *N Engl J Med*; 325: 1412-7
- Stefan C, Cucea R, Popescu A, Serban MM (1998) [Vascular risk factors in glaucoma]. *Ophthalmologica* 45: 37-44
- Susanna R, Drance SM, Douglas GR (1979) Disc haemorrhage in patients with elevated intraocular pressure. *Arch Ophthalmol* 97: 284-285
- Stewart WC, Konstas AG, Nelson LA, Kruff B (2007) Meta-analysis of 24-hour intraocular pressure studies evaluating the efficacy of glaucoma medicines. *Ophthalmology*, Dec 13
- Tavares IM, Melo jr. LAS, Prata jr. JA, Galhardo R, Paranhos jr. A, Mello PAA (2006) No changes in anatomical and functional glaucoma evaluation after trabeculectomy. *Graefes Arch Ophthalmol* 244: 545-550
- Tielsch JM, Sommer A, Katz J, et al. (1991) Racial variations in the prevalence of open-angle glaucoma. The Baltimore Eye Survey. *JAMA*; 266: 369-74
- Tixi G, Sanfelici G, PL Ross, Ciurlo G, Gandolfo E (1985) Studio perimetrico nel paziente pseudofachico. *Boll. Ocul.* 64, suppl. 11-12 287-289
- Vesti E, Johnson CA, Chauhan BC (2003) Comparison of different methods for detecting glaucomatous visual field progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 44: 3873-3879
- Viswanathan AC, Fitzke FW, Hitchings RA (1997) Early detection of visual field progression in glaucoma: a comparison of Progressor and Statpac 2. *Br J Ophthalmol* 81: 1037-1042
- Viswanathan AC, Crabb DP, McNaught AI, Westcott MC, Kamal D, Garway-Heath DF, Fitzke FW, Hitchings RA (2003) Interobserver agreement on visual field progression in glaucoma: a comparison of methods. *Br J Ophthalmol* 87: 726-730
- Vogel R, Crick RP, Newson RB, Shipley M, Blackmore H, Bulpitt CJ (1990) Association between intraocular pressure and loss of visual field in chronic simple glaucoma. *Br J Ophthalmol* 74: 3-6
- Von Graefe A (1869) Beiträge zur Pathologie und Therapie des Glaukoms. Albrecht v Graefes *Arch Klein Exp Ophthalmol* 15: 108-252
- Wall M, Sadun AA (1989) *New methods of sensory visual testing*. Springer, New York 1989
- Watson PG, Jakeman C, Ozturk M, et al. (1990) The complications of trabeculectomy (a 20-year-follow up). *Eye* 4: 425-38

- Weber J, Dobek K (1986) What is the most suitable grid for computer perimetry in glaucoma patients? *Ophthalmologica* 192: 88-96
- Weber J, Kosel J (1986) Glaukomperimetrie- Die Optimierung von Prüfrastern in einem Informationsindex. *Klin Mbl Augenheilk* 189:110-117
- Weber J (1990) Eine neue Strategie für die automatische statische Perimetrie. *Fortschr Ophthalmol* 87: 37
- Weber J, Krieglstein GK (1990) New methods for perimetric follow-up of glaucoma. *Int. Symp. Of the Glaucoma society, Singapore*
- Weber J, Krieglstein GK (1990) Die Anwendung der graphischen Analyse topographischer Trends (GATT) in der Perimetrie. *Fortschr Ophthalmol* 87: 662-666
- Weber J, Ulrich H (1991) A perimetric nerve fibre bundle map. *Int Ophthalmol* 15: 193-200
- Weber J (1992) Perimetrische Äquivalente der Glaukomprogression. *Ophthalmologie* 89: 175-189
- Weber J (1992) Topographie der funktionellen Schädigung beim chronischen Glaukom. Kaden, Heidelberg
- Weber J (1993) Atlas der Computerperimetrie. Berlin (u.a.): Springer
- Weber J, Klimaschka T (1995) Test time and efficiency of the dynamic strategy in glaucoma perimetry. *German Journal Ophthalmol* 4: 25-31
- Webster AR, Luff AJ, Canning CR, Elkington AR (1993) The effect of pilocarpine on the glaucomatous visual field. *Br J Ophthalmol* 77: 721-725
- Weinreb RN, Perlmann JP (1986) The effect of refractive correction on automated perimetry thresholds. *Am J Ophthalmol* 101: 1550-1553
- Weiß Ch (2005) Basiswissen Medizinische Statistik, 3. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg
- Weitzman ML, Caprioli J (1996) In: Walsh TJ, ed. *Visual Fields: Examination and Interpretation*. 2nd ed. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 133
- Werner EB, Drance SM, Schulzer M (1977) Trabeculectomy and the progression of glaucomatous fields. *Arch Ophthalmol* 95: 1374-1377
- Werner EB, Bishop KI, Davis P, Krupin T, Petrig B, Sherman C (1987) Visual field variability in stable glaucoma patients. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 49: 77

- Werner EB, Bishop KI, Koelle J, et al. (1988) A comparison of experienced clinical observers and statistical tests of detection of progressive visual field loss in glaucoma using automated perimetry. *Arch Ophthalmol* 106: 619-23
- Werner EB, Petrig B, Krupin T, Bishop KI (1989) Variability of automated visual fields in clinically stable glaucoma. In: Heijl A (ed) *Perimetry update 1988/89*. Kugler & Ghedini, Amsterdam Mailand New York
- Wild JM, Dengler-Harles M, Searle AE, O'Neill EC, Crews SJ (1989) The influence of the learning effect on automated perimetry in patients with suspected glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 67: 537-545
- Wild JM, Betts TA, Shaw DE (1990) The influence of a social dose of alcohol on the central visual field. *Jpn J Ophthalmol* 34: 291-297
- Wild JM, Hussey MK, Flanagan JG, Trope GE (1993) Pointwise topographical and longitudinal modeling of the visual field in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 34: 1907-16
- Wild JM, Cubbidge RP, Pacey IE, Robinson R (1998) Statistical aspects of normal visual field in short-wavelength automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 39: 54-63
- Wilensky JT, Joondeph BC (1984) Variation in visual field measurements with an automated perimeter. *Am J Ophthalmol* 97: 328
- Wood JM, Wild JM, Crews SJ (1987) Induced intraocular light scatter and the sensitivity gradient of the normal visual field. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 225: 369-373
- Wood JM, Wild JM, Bullimore MA, Gilmartin B (1988) Factors affecting the normal perimetric profile derived by automated static threshold LED perimetry, 1: Pupil size. *Ophthalmologic Physiol Opt* 8: 26-31
- Wood JM, Wild JM, Smerdon DL, Crews SJ (1989) Alterations in the shape of the automatic perimetric profile arising from cataract. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 227: 157-161
- Wordinger RJ, Clark AF (1999) effects of glucocorticoids on the trabecular meshwork: towards a better understanding of glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. Sep; 18 (5): 629-67. Review.
- Zalta AH (1991) Use of a central 10° field and size V stimulus to evaluate and monitor small central islands of vision in end stage glaucoma. *Br J Ophthalmol* 75: 151-154

Danksagung

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Klink sowie Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. (unf. lassy) Franz Grehn möchte ich für die Überlassung des Themas, für die wertvollen Hinweise und die Unterstützung bei der Gestaltung der vorliegenden Arbeit herzlich danken.

Den Mitarbeitern der Poliklinik und des Archivs sowie den Damen des Chefsekretariats der Universitäts-Augenklinik Würzburg bin ich für die Mithilfe bei der Einsichtnahme der Krankenakten sehr dankbar.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Victoria Marie-Luise Cäcilie Bardenheuer
Geburtsdatum: 21.12.1981
Geburtsort: Mülheim an der Ruhr, Deutschland
Eltern: Dr. Ing. Peter Wolfgang Bardenheuer, geb.
03.09.1938
Marie-Luise Bardenheuer, geb. 27.09.1948
Familienstand: ledig
Nationalität: deutsch

Schulbildung

08/1998 – 06/1992 Grundschule Düsseldorf-Niederkassel
08/1992 – 06/2001 Erzbischöfliches St. Ursula Gymnasium Düsseldorf
06/2001 Abitur

Hochschulausbildung

10/2001 – 07/2006 Studium der Zahnmedizin an der
Julius – Maximilians – Universität Würzburg
11/2006 Zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen)
11/2006 Approbation als Zahnärztin

07/2007 – 04/2008 Assistenz Zahnärztin in Forstinning, Lk Ebersberg
Zahnarztpraxis
Dr. med. dent. Hanna Lehnertz
seit 05/2008 Assistenz Zahnärztin in München-Pasing
Gemeinschaftspraxis für Kinderzahnheilkunde
Dr. med dent. Lena Piehlmeier /
Dr. med dent. Niran Hajek-Al-Khatar