

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde

Univ.-Prof. Dr. med. Martin Spitzer

## **Rhegmatogene Ablatio retinae mit Makulabeteiligung -Prädiktive Faktoren und postoperatives Outcome-**

### **Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Nastassija Markau  
aus Hamburg

Hamburg 2019

**Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 11.06.2021**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: PD Dr. Lars Wagenfeld**

**Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: PD Dr. Tim Rolvien**

**Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in:**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Arbeitshypothese und Fragestellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Einleitung.....</b>	<b>2</b>
2.1 Einführung in die Thematik und Kontext .....	2
2.2 Anatomie und Funktion der Netzhaut .....	3
2.3 Anatomie und Funktion der Makula .....	6
2.4 Ablatio retinae.....	7
2.4.1 Rhegmatogene Ablatio retinae.....	8
2.4.2 Traktive Ablatio retinae .....	10
2.4.3 Seröse Ablatio retinae.....	11
2.5 Operationsverfahren.....	12
2.5.1 Pars-plana-Vitrektomie.....	12
2.5.2 Phakovitrektomie.....	15
2.5.3 Buckelchirurgie.....	16
<b>3. Patienten und Methoden.....</b>	<b>19</b>
3.1 Analyse der Daten .....	19
3.1.1 Auswahl des Patientenkollektivs .....	20
3.1.2 Operationsverfahren .....	22
3.2 Statistische Auswertung und graphische Darstellung der Daten .....	23
<b>4. Ergebnisse.....</b>	<b>25</b>
4.1 Studiengruppe 1 .....	25
Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen.....	25
4.1.1 Patientendaten .....	25
4.1.2 Visus .....	25
4.1.3 Korrelation zwischen prä- und postoperativen Visus .....	27
4.1.4 Einfluss des Patientenalters auf den postoperativen Visus .....	27
4.1.5 Einfluss der Symptombdauer .....	27
4.1.6 Einfluss des Operationsverfahrens .....	30
4.2 Studiengruppe 2.....	31
Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen und komplizierter Ätiologie .....	31
4.2.1 Patientendaten .....	31
4.2.2 Visus .....	32
4.2.3 Korrelation zwischen prä- und postoperativen Visus .....	34
4.2.4 Einfluss des Patientenalters auf den postoperativen Visus .....	34
4.2.5 Einfluss der Symptombdauer .....	34
4.2.6 Einfluss des Operationsverfahrens .....	35
4.3 Vergleich prä- und postoperativer Visus bei Patienten mit und ohne ophthalmologische Vorerkrankungen .....	37
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>39</b>
5.1 Einleitung.....	39
5.2 Dauer der Netzhautablösung .....	40
5.3 Präoperativer Visus .....	44
5.4 Patientenalter.....	44
5.5 Myopie .....	45
5.6 Riesenrissablatio.....	46
5.7 Phake und pseudophake Augen .....	47
5.8 Multiple Netzhautrisse .....	49
5.9 Operationstechniken.....	50
5.10 Limitationen .....	54
5.11 Schlussfolgerung .....	57
5.12 Ausblick .....	58
<b>6. Zusammenfassung.....</b>	<b>60</b>
6.1 Deutsche Version.....	60
6.2 Englische Version .....	61
<b>7. Verzeichnisse .....</b>	<b>62</b>
7.1 Abkürzungsverzeichnis .....	62

7.2 Literaturverzeichnis.....	63
7.3 Abbildungsverzeichnis .....	70
7.4 Tabellenverzeichnis.....	71
<b>8. Danksagung .....</b>	<b>72</b>
<b>9. Veröffentlichung .....</b>	<b>73</b>
<b>10. Curriculum Vitae .....</b>	<b>74</b>
<b>11. Eidesstattliche Versicherung.....</b>	<b>75</b>

# 1. Arbeitshypothese und Fragestellung

Zahlreiche Studien weisen darauf hin, dass bei Ablatio retinae mit Makulabeteiligung die Zeit bis zur Wiederanlage der Netzhaut eine Rolle für den postoperativen zentralen Visus spielt. Nicht nur der Zeitpunkt, sondern auch präoperative morphologische Veränderungen und die Operationstechnik haben Einfluss auf den postoperativen Grad des Visus. Wie viele Tage maximal zwischen Makulaabhebung und operativer Versorgung liegen dürfen, um eine bestmögliche visuelle Rehabilitation zu ermöglichen, ist Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten. Welche weiteren präoperativen Faktoren und welche Operationstechniken die Erholung des postoperativen Visus beeinflussen, ist nicht abschließend geklärt. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Einfluss des Zeitfaktors bei Patienten mit einer rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung nach Einsetzen des zentralen Visusverlusts bis zum chirurgischen Eingriff auf das postoperative Ergebnis zu analysieren. Im Weiteren soll dargestellt werden, welche präoperativen Faktoren Auswirkungen auf die visuelle Erholung haben. Ein weiteres Ziel ist es, den Einfluss der verschiedenen Operationsverfahren auf das visuelle Endergebnis zu untersuchen. Hierfür sollen durch eine retrospektive Analyse aller konsekutiv behandelten Ablationes, die im Zeitraum von Februar 2010 bis Februar 2015 in der Augenklinik am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf behandelt wurden, folgende konkrete Fragen beantwortet werden:

- 1) Wie viele Tage nach Einsetzen der Symptome bis zur Operation dürfen vergehen, ohne dass das betroffene Patientenaugenauge einen Nachteil im postoperativen visuellen Endergebnis aufweist?
- 2) Welche präoperativen Faktoren haben einen Effekt auf den postoperativen Visus?
- 3) Unterscheidet sich das visuelle Endergebnis aufgrund unterschiedlicher Operationstechniken?
- 4) Welche ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierte Ätiologien haben Einfluss auf den endgültigen Visus?

## 2. Einleitung

### 2.1 Einführung in die Thematik und Kontext

Die klinische Bedeutung der rhegmatogenen Ablatio retinae (rissbedingte Netzhautablösung) liegt in der hohen Erblindungsgefahr begründet und stellt dabei den häufigsten ophthalmologischen Notfall dar. Ohne eine rasche Therapie führt die primäre Ablatio retinae fast immer zur Erblindung (Grehn 2012, Lang et al. 2014).

In der deutschen Bevölkerung beträgt die Inzidenz etwa 1:10.000 Personen im Jahr. Die Ablatio retinae tritt häufig bei Menschen zwischen 40 und 80 Jahren, aufgrund der peripheren Netzhaut- und Glaskörperdegeneration auf (Lane et al. 2003, Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012).

Die Ablatio retinae ist definiert als eine Ablösung der neurosensorischen Netzhaut vom darunterliegenden retinalen Pigmentepithel. Die häufigste Ursache einer Netzhautablösung sind Netzhautlöcher und Netzhautrisse. Der betroffene Patient leidet an typischen Symptomen wie Gesichtsfeldausfällen, Fotopsien (Lichtblitze), Rußregen und Mouches volantes.

Die rhegmatogene Ablatio retinae stellt die häufigste Form der Netzhautablösung dar. Als Risikofaktoren für eine rhegmatogene Ablatio retinae sind hohe Myopie (Kurzsichtigkeit), familiäre Disposition, Aphakie (Linsenlosigkeit), Pseudophakie (bezeichnet das Vorhandensein einer Kunstlinse an Stelle der natürlichen Linse des Auges) und eine vorherige Netzhautablösung am Partnerauge zu nennen (Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012, Lang et al. 2014).

Zur Behandlung wird die Buckelchirurgie oder die Pars-plana-Vitrektomie angewendet.

Die chirurgische Versorgung sollte zeitnah erfolgen, um eine weitere Netzhautablösung zu verhindern und die anatomische und visuelle Funktion weitestgehend wiederherzustellen.

Die Prognose des Visus hängt unter anderem von der Größe der Netzhautablösung, der Beteiligung der Makula und von der Dauer bis zur Wiederanlegung der Netzhaut ab (Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012, Lang et al. 2014).

## 2.2 Anatomie und Funktion der Netzhaut

Die Netzhaut (engl. retina) ist eine 0,1 bis 0,5 mm dicke, durchsichtige Struktur, die im histologischen Schnitt einen typischen Schichtaufbau zeigt (Sachsenweger et al. 2003).

Die Netzhaut ist die innerste von drei übereinanderliegenden Schichten des Augapfels (Bulbus oculi) und entwickelt sich aus dem Vorderhirn (Prosencephalon). Es kommt zu einer Ausstülpung des Gehirnteils, der sich im Laufe der Embryonalentwicklung zum Augenbecher formt. Aus dem äußeren Neuroektoderm entwickelt sich das Pigmentepithel, das innere Neuroektoderm differenziert sich zur neurosensorischen Netzhaut (Sachsenweger et al. 2003).

Der lichtempfindliche zentrale Teil der Netzhaut wird Pars optica retinae genannt und besteht aus dem Pigmentepithel und dem neunschichtigen Stratum nervosum. Die Pars optica retinae geht an der Ora serrata in die peripher lichtunempfindliche Pars caeca retinae über (Abbildung 1). Die Pars caeca retinae besteht ausschließlich aus Pigmentepithel. Nur zwischen der Ora serrata und im Bereich des Sehnerveneintritts liegen Netzhaut und Pigmentepithel fest aufeinander. Sonst liegt die Netzhaut locker an (Lang et al. 2014). Diese anatomische Spaltbildung ist für die Pathogenese der Netzhautablösung von Bedeutung (Sachsenweger et al. 2003).

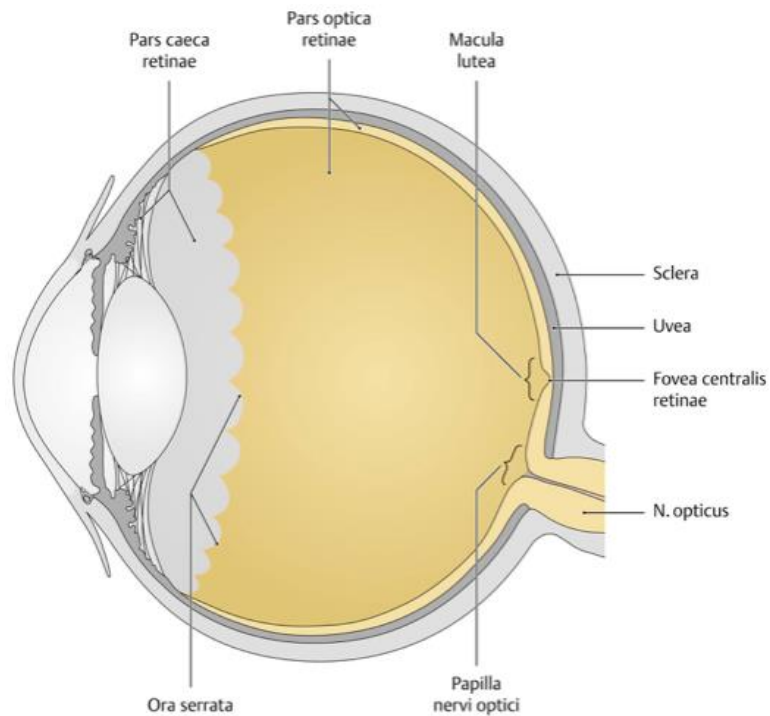


Abbildung 1 **Übersicht über die Retina.** Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernatlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 152

Die neurosensorische Netzhaut enthält Sinneszellen und Neurone, die Lichtreize aufnehmen und weiterverarbeiten. Es gibt vertikal hintereinander geschaltete Neurone: Fotorezeptoren (Zapfen und Stäbchen), Bipolarzellen und Ganglienzellen. Die horizontalen Neurone sind für die Informationsverarbeitung zuständig und bestehen aus Interneuronen, Horizontalzellen und amakrinen Zellen (Grehn 2012).



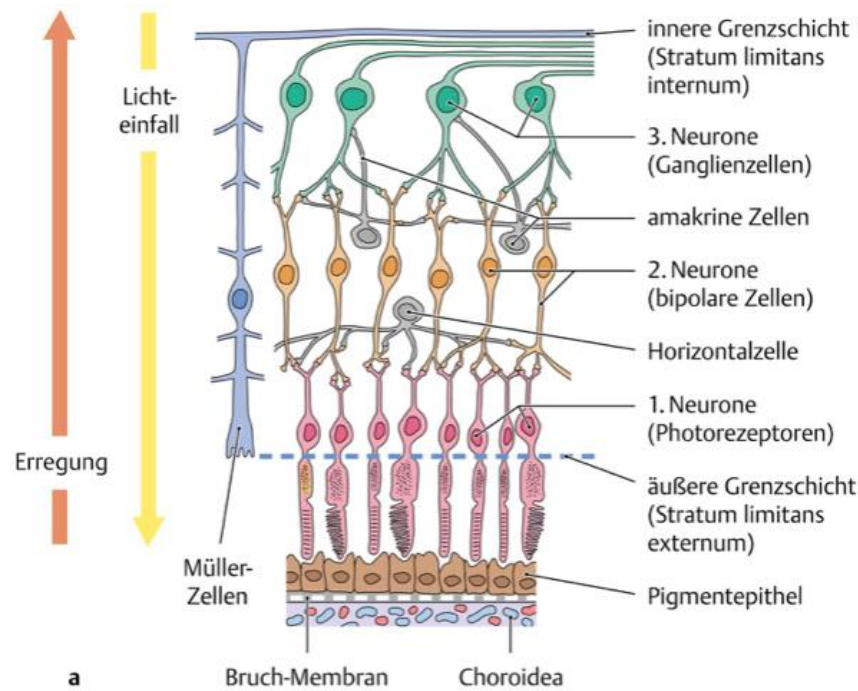


Abbildung 2 **Aufbau der Retina**. Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernetlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 153

Das einfallende Licht durchdringt die gesamten Netzhautschichten, bis es auf das der Aderhaut (Choroidea) zugewandte Sinnesepithel gelangt. Die Fotorezeptorenschicht entspricht dem 1. Neuron der Sehbahn und besteht aus Stäbchen und Zapfen. Insgesamt besitzt das menschliche Auge circa (ca.) sieben Millionen Zapfen und 120 Millionen Stäbchen. Das 2. Neuron wird aus den bipolaren Zellen gebildet, von denen die Weiterleitung des Reizes an das 3. Neuron der Sehbahn, den Ganglienzellen, erfolgt (Abbildung 2). Die Axone aller 1,1 Millionen Ganglienzellen durchdringen die Lamina cribrosa der Lederhaut (Sklera) an der Papilla nervi optici und bilden von dort an den Sehnerv (Nervus opticus) (Grehn 2012).

## 2.3 Anatomie und Funktion der Makula

Eine von dem beschriebenen histologischen Aufbau abweichende Anatomie zeigt sich im Zentrum der Netzhaut, der Makula lutea (Gelber Fleck). Im rotfreien Licht erscheint die Makula gelblich. Das ist der Grund für die Namensgebung. Die Makula lutea befindet sich ungefähr 3 bis 4 mm temporal (= 15 Grad) und etwa 3,5 mm von der Papille entfernt. Ihr Durchmesser entspricht ca. 1,5 bis 1,9 mm.

Dieser querovale Bezirk besitzt im Zentrum eine gefäßlose zentrale Einbuchtung, die als Fovea centralis retinae bezeichnet wird. Die Fovea centralis retinae weist eine grubenförmige Einsenkung auf, die Foveola (Abbildung 3). Die Grube enthält nur Zapfen, die einzeln innerviert werden. In diesem Bereich sind die inneren Netzhautschichten stark verdünnt, beziehungsweise (bzw.) das 2. und 3. Neuron seitwärts verlagert, so dass hier das Licht fast ungehindert auf die Fotorezeptoren treffen kann. Dies führt in diesem Bereich normalerweise zu einer vollen Sehschärfe von einer Winkelminute. Demzufolge wird die Fovea centralis retinae als „Ort des schärfsten Sehens“ bezeichnet. Für das Auflösungsvermögen ist die Intaktheit der Fovea centralis retinae ausschlaggebend. Bereits kleinste pathologische Veränderungen in der Fovea centralis oder in der Makula lutea führen zu erheblichen Beeinträchtigungen des Visus (Reim 1996, Grehn 2012, Lang et al. 2014).

Das Auflösungsvermögen nimmt wenige Winkelgrade neben der Fovea centralis ab (Reim 1996, Sachsenweger et al. 2003, Grehn 2012, Lang et al. 2014).

Mit zunehmender Entfernung von der Fovea centralis verringert sich die Dichte der Zapfen und die Anzahl der Stäbchen nimmt zu (Grehn 2012).

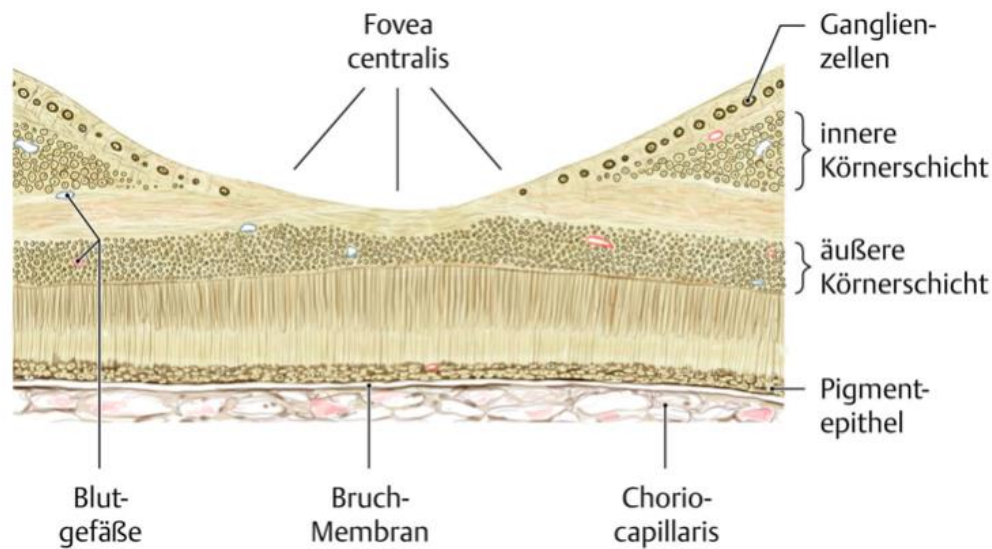


Abbildung 3 **Schnitt durch die Makula lutea und Fovea centralis.** Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernatlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 153

Die Blutgefäßversorgung der Netzhaut erfolgt durch zwei getrennte Blutgefäßsysteme. Die inneren Netzhautschichten einschließlich innerer Grenzmembran bis innerer Körnerschicht werden von der Zentralarterie (Arteria centralis retinae) mit Blut versorgt. Die Arteria centralis retinae entspringt aus der Arteria ophthalmica und tritt mit dem Sehnerv gemeinsam ins Auge ein. Die äußeren Schichten der Netzhaut werden durch Diffusion aus der Lamina choriocapillaris der Aderhaut versorgt (Grehn 2012, Lang et al. 2014).

Die neurosensorische Netzhaut besitzt keine Schmerzfasern, demzufolge laufen alle Netzhauterkrankungen schmerzlos ab (Lang et al. 2014).

## 2.4 Ablatio retinae

Als Netzhautablösung (synonym Ablatio retinae oder Amotio retinae) wird die Trennung zwischen sensorischer Netzhaut von dem darunter befindlichen Pigmentepithel bezeichnet (Cook et al. 1995). Es kommt zu einer Wiederherstellung des Raumes zwischen den beiden neuroektodermalen Schichten des embryonalen Augenbeckens (Spalton 1996 et al., Grehn 2012).

Dies kann durch verschiedene Ursachen auftreten. Unabhängig von dem Mechanismus haben alle Arten der Netzhautablösung ein Merkmal gemeinsam: die

Ansammlung von subretinaler Flüssigkeit, die zur Abhebung zwischen den neuroektodermalen Schichten führt (Ghazi und Green 2002).

Wenn die Netzhaut nicht zeitnah wieder angelegt wird, verliert sie im abgehobenen Bereich ihre Funktion und es folgt die Erblindung des Auges (Reim 1996).

Man unterteilt Netzhautablösungen in rhegmatogene, traktive und exsudative Formen (Grehn 2012).

Im Folgenden werden die drei verschiedenen Formen ausführlicher beschrieben:

#### 2.4.1 Rhegmatogene Ablatio retinae

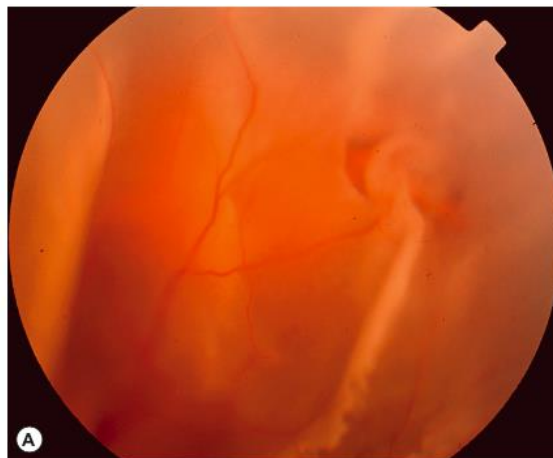


Abbildung 4 **Ablatio retinae mit Hufeisenriss**. Jack J. Kanski, Brad Bowling, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 722

Die primäre, idiopathische rhegmatogene (griechisch rhegma: Riss) Ablatio retinae stellt die häufigste der drei Formen dar. Die Inzidenz beträgt etwa 1 von 10.000 Personen im Jahr mit einem Altersgipfel zwischen dem fünften und siebten Lebensjahrzehnt (Kanski und Bowling 2012, Lang et al. 2014). Die rissbedingte Ablatio retinae entsteht infolge eines Netzhautloches (Foramen retinae) (Abbildung 4). Zu Netzhautlöchern kommt es durch das Zusammenspiel von Zugkräften des Glaskörpers (Corpus vitreum) und einer degenerativen Schwäche der peripheren Netzhaut. Durch das Netzhautloch kann degenerativ verflüssigter Glaskörper unter die sensorische Netzhaut dringen und diese vom Pigmentepithel ablösen

(Abbildung 5). Es kommt zur Ablösung der Netzhaut, häufig durch eine hintere Glaskörperabhebung.

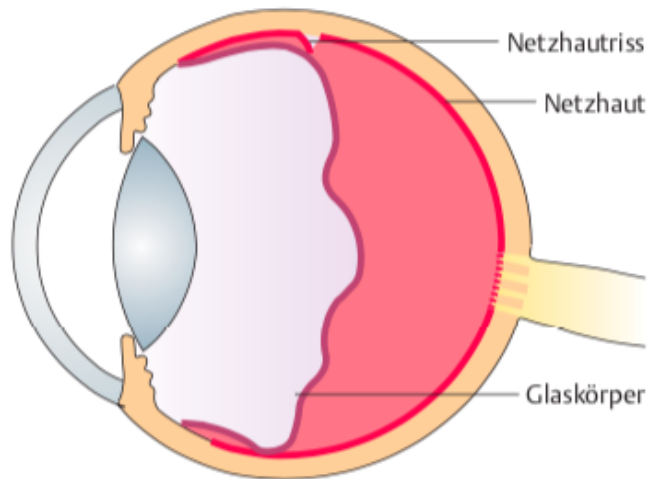


Abbildung 5 **Schematische Darstellung der rhegmatogenen Ablatio retinae.** Matthias Sachsenweger mit Beiträgen von: Volker Klauß, Joachim Nasemann, Ian Ugi, Augenheilkunde, 2003, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 293

Das charakteristische Warnsymptom Fotopsie (Lichtblitze) entsteht durch den Glaskörperzug an der Netzhaut. Fotopsie wird in der Peripherie des Gesichtsfeldes wahrgenommen. Bewegliche Glaskörperblutungen entstehen durch retinale Gefäßverletzungen. Die Glaskörperblutungen werden subjektiv als „Schwebeteilchen“, „Schwarm von Mücken“ oder „Rußregen“ beschrieben (Müller und Brandt 1985). Die klassischen Zeichen werden von ungefähr 60 Prozent der Patienten angegeben (Kanski und Bowling 2012). Das subjektive Wahrnehmen eines niedersinkenden „Vorhangs“ oder einer aufsteigenden „schwarzen Mauer“ ist die Folge einer oberen oder unteren Netzhautablösung. Bei Netzhautablösungen ist der superotemporale Quadrant am häufigsten betroffen (Grehn 2012, Shunmugam et al. 2014). Kommt es zu einem Verlust des zentralen Visus, ist das ein Zeichen für die Makula-Beteiligung (Müller und Brandt 1985).

Zu den prädisponierenden Risikofaktoren zählen neben einer Myopie, eine familiäre Disposition, ein Bulbustraua, Aphakie, Pseudophakie und die bereits durchgemachte Netzhautablösung am Partnerauge (Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012).

## 2.4.2 Traktive Ablatio retinae

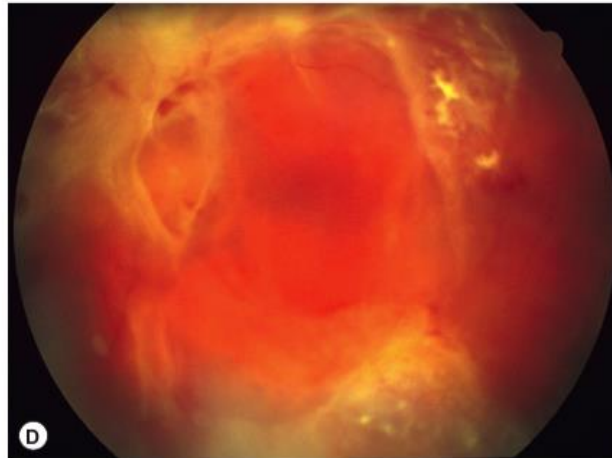


Abbildung 6 **Traktive Amotio retinae**. Jack J. Kanski, Brad Bowling, *Klinische Ophthalmologie*, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 740

Die traktive Ablatio retinae (Traktionsablatio) ist eine sekundäre Form der Ablatio retinae (Abbildung 6). Diese Form entwickelt sich durch fibrovaskuläre Proliferationsmembranen, die progressive Zugkräfte auf die Netzhaut verursachen (Kanski und Bowling 2012). Die Symptome Fotopsie und das Wahrnehmen von Schwebeteilchen treten selten auf, da es zu keiner akuten Glaskörperabhebung kommt. Durch den Zug am hinteren Glaskörper treten Gesichtsfelddefekte auf, die meistens langsam voranschreiten und über Monate und Jahre sistieren können (Kanski und Bowling 2012). Hauptursachen einer Traktionsablatio sind diabetische Retinopathien, proliferative Vitreoretinopathie (PVR), Verletzungen des hinteren Augenabschnitts und die Spätfolge einer Frühgeborenenretinopathie (Sachsenweger et al. 2003, Kanski und Bowling 2012). Als weitere Ursachen sind Netzhautischämien zum Beispiel durch einen Netzhautvenenverschluss, Entzündungen und erfolglose Netzhautoperationen anzubringen (Grehn 2012).

### 2.4.3 Seröse Ablatio retinae



Abbildung 7 **Seröse Ablatio retinae durch ein Aderhautmelanom.** Jack J. Kanski, Brad Bowling, zur Verfügung gestellt von B. Damato, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 738

Die seröse Ablatio retinae (exsudative Ablatio) kann nach einer Schädigung des Pigmentepithels entstehen, die zu einem Flüssigkeitsaustritt aus den Aderhautgefäßen unter die Netzhaut führt (Sachsenweger et al. 2003). Eine exsudative Ablatio entsteht ohne Netzhautlöcher. Charakterisiert ist diese Form durch Flüssigkeitsansammlung im Spalt zwischen sensorischer Netzhaut und Pigmentepithel, ohne Netzhautrisse und Traktionen (Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012). Der Patient bemerkt wie bei der traktiven Ablatio retinae keine Fotopsien, sondern Gesichtsfelddefekte, die plötzlich auftreten können (Sachsenweger et al. 2003). Die Gesichtsfelddefekte schreiten im Gegensatz zu dem langsamen Verlauf bei der Traktionsablatio rasch voran. Typische Ursachen sind vaskuläre, entzündliche (zum Beispiel das Vogt-Koyanagi-Harada-Syndrom) oder neoplastische Prozesse der Aderhaut (zum Beispiel Melanome, Hämangiome und Metastasen) (Abbildung 7) (Kanski und Bowling 2012).

Da die seröse Ablatio retinae und die traktive Ablatio retinae sowohl pathophysiologisch als auch in ihren Behandlungsansätzen unterschiedlich sind, wird sich die folgende Arbeit auf die Therapie von rhegmatogenen Formen der Ablatio retinae beschränken, weil sie in dieser Studie untersucht wurden.

## **2.5 Operationsverfahren**

Grundsätzlich stehen zwei verschiedene Operationsverfahren zu Verfügung, um Netzhautablösungen zu beheben. Zum einen die eindellenden, extraokularen Verfahren (Plombe oder Cerclage), zum anderen die intraokulare Glaskörperoperation (Pars-plana-Vitrektomie).

Die chirurgischen Verfahren verfolgen alle die gleichen Ziele: Der Zug auf den Glaskörper soll entlastet, am Ort des Netzhautrisses eine chorioretinale Narbe erzeugt und die abgetrennte sensorische Netzhaut mechanisch an das darunterliegende Pigmentepithel der Netzhaut angelegt werden, um eine Re-Ablatio (erneute Netzhautablösung) zu vermeiden (Grehn 2012).

### **2.5.1 Pars-plana-Vitrektomie**

Während zahlreiche unkomplizierte (rhegmatogene) Ablationes retinae mit eindellenden Operationsverfahren behandelt werden, wird die Vitrektomie häufig bei komplexen Netzhautsituationen eingesetzt (Ah-Fat et al. 1999, Campo et al. 1999, Speicher et al. 2000).

Eine Indikation für eine vitreoretinale Chirurgie ist zum Beispiel die proliferative Vitreoretinopathie, Traktionsablatio, Riesenrissablatio oder Ablatio retinae mit Makulabeteiligung (Kanski und Bowling 2012).

Die Vitrektomie beinhaltet die operative Entfernung des Glaskörpers, der anschließend mit physiologischer Salzlösung, Öl oder Gas aufgefüllt wird. Das dient als innere Tamponade, um den Augeninnendruck zu gewährleisten (Sachsenweger et al. 2003). Dieses Verfahren wurde 1970 von Machemer und seinen Mitarbeitern eingeführt (Kreissig 2005).

Im Vergleich zu eindellenden Verfahren findet diese Operation am geschlossenen Bulbus statt. Die entsprechenden Instrumente werden über sehr kleine Zugänge, 0,9 mm (20-Gauge), 0,6 mm (23-Gauge) oder 0,5 mm (25-Gauge), ins Augeninnere geführt (Augustin und Offermann 2007). Für die Operation werden drei Instrumente im Durchmesser von je ca. 1 mm im Bereich der Pars plana in den Glaskörper eingebracht (Abbildung 8) (Lang et al. 2014).



Die Pars plana des Ziliarkörpers (Corpus ciliare) (ca. 3,5-4 mm hinter dem Limbus) wird als Zugangsort gewählt (Grehn 2012). An dieser Stelle ist die Netzhaut fest mit ihrer Unterlage verwachsen und somit die Wahrscheinlichkeit einer operationsbedingten Netzhautablösung gering. Der Name der Operationstechnik leitet sich vom Zugangsort, der Pars plana, ab (Sachsenweger et al. 2003).

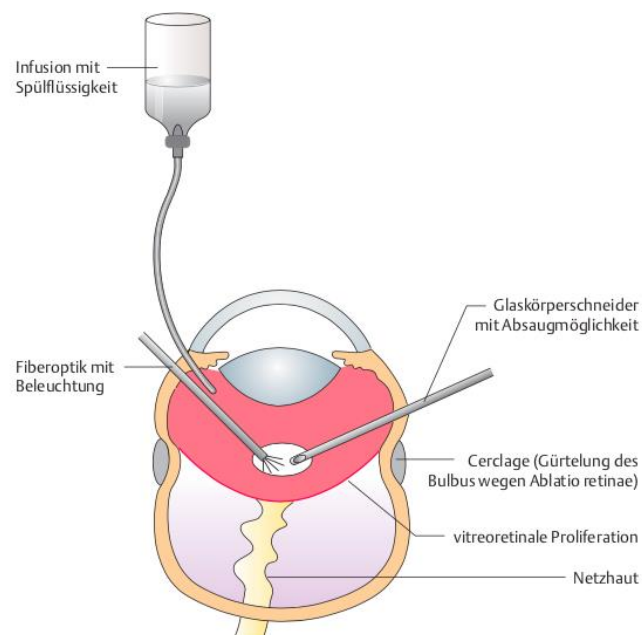


Abbildung 8 **Drei-Port-Zugang für Pars-plana-Vitrektomie**. Matthias Sachsenweger mit Beiträgen von: Volker Klauß, Joachim Nasemann, Ian Ugi, Augenheilkunde, 2003, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 247

Das erste Vitrektomie-Instrument, die Infusionskanüle, wird inferotemporal in die Sklera eingebracht. Durch die stetige Zufuhr von Kochsalzlösung während der Operation lässt sich der intraokulare Druck konstant halten. Das Vitrektom (kombiniertes Saugschneidegerät) schneidet stückchenweise den Glaskörper aus. Die Fiberoptik (Lichtleiter-Sonde) dient der intraokularen Ausleuchtung. Beide werden durch zwei weitere Sklerotomien in den Glaskörper eingebracht (Abbildung 8). Mit einem Operationsmikroskop und spezieller Linse erhält der Operateur Einblick durch die Pupille in den Glaskörper. Im nächsten Schritt erfolgt das Abpräparieren und Absaugen von eventuell vorhandenen epiretinalen Membranen, Fremdkörpern, subretinaler Flüssigkeit und des Glaskörpers (Grehn 2012). Während der Operation können Netzhautlöcher mittels Endolaserkoagulation oder einer Kryosonde (Kapitel 2.5.3 Buckelchirurgie) behandelt werden. Seit der

Einführung der Laserkoagulation von Gerhard Rudolph Edmund Meyer-Schwickerath in den 60er-Jahren ist das Prinzip in der Augenheilkunde fest etabliert. Außer bei der Behandlung von Netzhautlöchern wird die Lasertherapie (Fotokoagulation) auch in der Therapie der diabetischen Retinopathie angewendet. Für die Lasertherapie werden Argonlaser, Infrarotlaser und Neodym-dotierte Yttrium-Aluminium-Granat-Lasergeräte (Nd:YAG-Lasergeräte) eingesetzt. Mit dem Laser werden zwei bis drei Reihen Narben zirkulär um das Foramen gebildet (Abbildung 9). Die Koagulation ermöglicht, dass das Pigmentepithel wieder an die Netzhaut und Bruch-Membran angeheftet wird. Durch die Hitzeeinwirkung entstehen Narben, die als weiß-graue Laserherde erscheinen und eine spätere Netzhautablösung vermeiden sollen (Abbildung 9) (Sachsenweger et al. 2003).

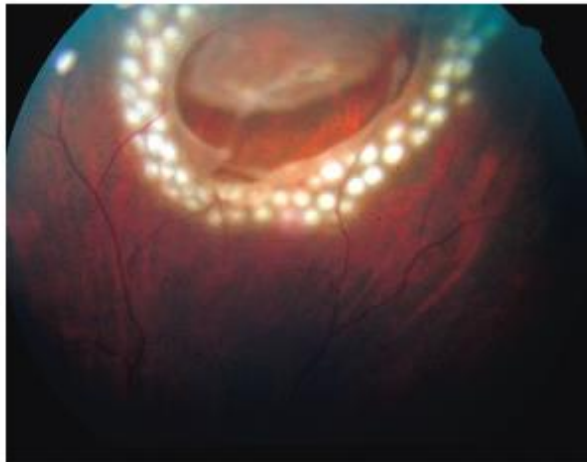


Abbildung 9 **Laser-Retinopexie umgibt ein Hufeisenforamen.** Ingrid Kreissig, Primary Retinal Detachment Options for Repair, 2005, 1. Auflage, Berlin, Heidelberg, Springer, S. 195

Wurden alle Netzhautlöcher mittels Laser oder Kryokoagulation angeheftet, wird der Glaskörper durch eine intraokulare Netzhauttamponade aufgefüllt. Der Wirkungsmechanismus von Endotamponaden ist der Verschluss des Netzhautrisses, die Wiederanheftung der Netzhaut und die Drainage subretinaler Flüssigkeit.

Die zur Verfügung stehenden Mittel umfassen Luft, Öl und langanhaltende Gase wie zum Beispiel Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Perfluoropropan (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>). Der Hauptunterschied zwischen diesen Materialien ist ihre Wirkdauer (Lane et al. 2003).

Netzhautrisse mit Luft zu verschließen, wurde von Rosengren 1938 erfolgreich eingeführt.

Norton beklagte, dass Luft nicht lange genug im Auge verbleibt und führte daher SF<sub>6</sub> ein. Erweitert wurden diese durch Vygantas (mit C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>) und Lincoff (mit C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>) (Kreissig 2005). Cibis et al. verwendete 1962 als erster Silikonöl zur Behandlung von Netzhautablösungen. Die Komplikationsrate war zu diesem Zeitpunkt noch hoch. Diese konnte reduziert werden, sodass 1978 von Haut und seinen Mitarbeitern Silikonöl bei der Vitrektomie erfolgreich verwendet wurde (Kreissig 2005).

Bei der Behandlung von komplizierten Netzhautablösungen, bei denen eine langanhaltende Wirkung erwünscht ist, zeigt das durchsichtige Silikonöl Vorteile gegenüber der intraokularen Gastamponade: Es füllt durch seine hohe Oberflächenspannung den gesamten Glaskörper aus. Dadurch wird ein ständiger Druck auf die Netzhaut ausgeübt. Der Nachteil in der Anwendung von Silikonöl ist, dass es nicht resorbiert wird. Somit kommt es in den meisten Fällen nach ca. sechs bis zwölf Monaten zu einer zweiten Operation, um das Silikonöl zu entfernen (Grehn 2012, Lang et al. 2014).

Die häufigste postoperative Komplikation ist die Cataracta (Linsentrübung, grauer Star) complicata. Nach einer Vitrektomie mit Gastamponade ist die Katarakt meistens nach der Resorption des Gases (Gaskatarakt) rückläufig. Wohingegen sich bei vitreoretinaler Chirurgie mit Silikonöl eine bleibende sekundäre Katarakt entwickeln kann. Die Trübung der Linse erfordert zwangsläufig eine Kataraktoperation mit Implantation einer Kunstlinse (Lang et al. 2014).

### **2.5.2 Phakovitrektomie**

Da es sich vorwiegend um ältere Patienten handelt, besteht bei vielen Kranken mit Netzhautveränderungen auch gleichzeitig eine Trübung der Linse. Bei diesem Befund bietet sich eine kombinierte Pars-plana-Vitrektomie und Phakoemulsifikation (= Zertrümmerung und Absaugen des Linsenkerns mit Hochfrequenzultraschall) an.

Neben der extrakapsulären Kataraktextraktion wird der trübe Linseninhalt aus dem Kapselsack entfernt. Dabei bleibt der hintere Anteil der Kapsel bestehen.

Die Vorderkammer wird am korneoskleralen Übergang durch einen 3-Millimeter-Schnitt eröffnet. Der Schnitt verschließt sich ohne Naht von alleine nach der Operation. Nachkommend wird das vordere Kapselblättchen der Pupille mit einer Mikropinzette oder Kanüle kreisrund eröffnet (Kapsulorhexis). Folgend findet die Hydrodissektion statt, wobei Spülflüssigkeit in die Linse gegeben wird, um Kern und Rinde der Linse voneinander zu trennen. Im nächsten Schritt wird durch die Inzisionsöffnung ein Spatel und eine Phakonadel (Phako-Tip) eingeführt. Durch die Spitze der Phakonadel wird die Linsenrinde mit speziellen hochfrequenten Ultraschallwellen zerkleinert. Zudem saugt die Phakonadel gleichzeitig die entstandenen Linsenrindenbruchstücke ab. Schließlich folgt in der gleichen Arbeitsweise die ultraschallgetriebene Linsenkernverflüssigung (Phakoemulsifikation). Übrig gebliebene Linsenreste werden durch ein spezielles Saug-Spül-Verfahren entfernt. Im Auge verbleibt die gereinigte transparente ca. fünf bis zehn Mikrometer dicke hintere Kapsel. In diese kann die zum Teil faltbare Intraokularlinse (IOL) durch Minimalinzision in den Kapselsack eingeführt werden (Gerste 2015, Sachsenweger et al. 2003, Grehn 2012).

Die Phakovitrektomie ermöglicht intraoperativ einen besseren Einblick und Zugang zu Glaskörper und Netzhaut. Zudem verhilft die Phakovitrektomie zu einer schnelleren visuellen Rehabilitation des Auges (Jahn et al. 2003). Durch den kombinierten Eingriff ist das Risiko einer postoperativen Kataraktentstehung eliminiert (Kieselbach et al. 2005).

### **2.5.3 Buckelchirurgie**

Die operative Skleraeindellung ist eine Möglichkeit zur Behandlung von meist unkomplizierten rhegmatogenen Netzhautablösungen (Brazitikos et al. 2005).

Die erste eindellende Operationstechnik erfolgte von Jess im Jahre 1937 (Reim 1996). Bei der Buckelversion wird eine Plombe oder Cerclage außen auf die Sklera genäht, sodass es über dem Lochareal zu einer Eindellung kommt. Auf diese Weise nähern sich das retinale Pigmentepithel und die abgehobene neurosensorische Netzhaut wieder an (Lang et al. 2014). Bei diesem chirurgischen Verfahren kommt es im Vergleich zur Pars-plana-Vitrektomie nicht zur Eröffnung des Auges (Kanski und Bowling 2012).

Das Buckelmaterial besteht in der Regel aus weichem oder hartem Silikon. Die Auswahl des Materials hängt von der Art, der Lokalisation und der Anzahl der Netzhautlöcher ab. Unterschieden wird zwischen radiären Plomben und limbus-parallelen Plomben. Eine Sonderform stellt das Cerclage-Bändchen dar, da es den gesamten Bulbus umschlingt und dadurch den Glaskörperzug entlastet.

Die Art und Form der Plombe variieren je nach Lage, Art und Anzahl der Netzhautrisse.

Die radiäre Plombe (das heißt senkrecht zum Limbus gerichtet) wird eingesetzt, um Hufeisenrisse oder posteriore Risse zu beheben. Für multiple, wie auch anteriore Risse werden limbus-parallele Plomben verwendet. Bei weit verstreuten Löchern, Aphakie oder unklarer Netzhautsituation wird eine Cerclage erforderlich, um eine 360-Grad-Umschnürung zu erreichen (Abbildung 10). Das Cerclage-Bändchen wird heute zugunsten der Pars-plana-Vitrektomie nur noch selten eingesetzt (Grehn 2012, Kanski und Bowling 2012).

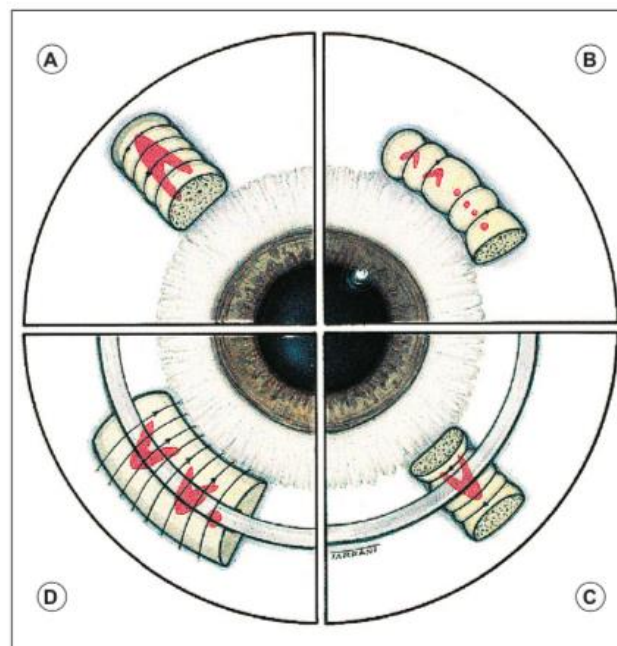


Abbildung 10 **Plomben und Cerclage**. (A: radiäre Plombe, B: limbus-parallele Plombe, C: Cerclage verstärkt die radiäre Plombe, D: Cerclage verstärkt eine Silikonplombe) Jack J. Kanski, Brad Bowling, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Aufl., München, Urban & Fischer, S. 731

Um die Wiederanlegung zwischen neurosensorischer Netzhaut und Pigmentepithel zu stabilisieren, wird eine künstliche Narbe mittels Kälteanwendung (Kryoapplikation) erzeugt. Bevor die Plombe aufgenäht wird, werden mit einer Kältesonde Entzündungsherde um das Loch herum erschaffen. Dabei wird die Netzhaut mit flüssigem Stickstoff auf –70 Grad bis –80 Grad Celsius angefroren. Innerhalb von zehn bis 14 Tagen kommt es zu einer Kryovernarbung (Reim 1996, Grehn 2012).

Die Drainage subretinaler Flüssigkeit ist in Kombination mit Buckelchirurgie und Kryoapplikation indiziert, wenn unter der Netzhaut größere Mengen Flüssigkeit existieren. Dabei wird mit einer Nadel im Bereich der Netzhautablösung durch Sklera, Aderhaut und Pigmentepithel punktiert, um Flüssigkeit nach außen zu drainieren (Grehn 2012). Die Wiederanlegung buckelchirurgischer Eingriffe gelingt in 90 Prozent der Fälle (Sachsenweger et al. 2003).

## 3. Patienten und Methoden

### 3.1 Analyse der Daten

Die elektronischen Krankenakten aller Patienten, die im Zeitraum von Februar 2010 bis Februar 2015 am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf in der Augenklinik wegen einer primären Netzhautablösung operiert wurden, haben wir retrospektiv ausgewertet.

Folgende Parameter wurden dabei erfasst:

- Alter
- Geschlecht
- betroffene Augenseite
- Symptombdauer
- Pathologie-Mechanismus der Ablatio retinae
- präoperativ korrigierter Visus cum correctione (cc) und sine correctione (sc)
- Sphäre, Zylinder und Achsenkrümmung präoperativ
- Linsenstatus prä- und postoperativ
- OP-Typ
- Operateur
- intraoperative und postoperative Komplikationen
- postoperativ korrigierter Visus cc und sc
- Zeitdauer bis die Netzhaut vollständig wiederanliegt
- Sphäre, Zylinder und Achsenkrümmung postoperativ
- Folgende Augenvorerkrankungen bzw. -operationen wurden gesondert dokumentiert:
  - o jede Art von altersbedingter Makuladegeneration
  - o diabetische Retinopathie (einschließlich Hintergrund-Retinopathie)
  - o glaukomatöse Optikusatrophie
  - o jede Form von Uveitis
  - o eine frühere intraokulare chirurgische Intervention, vor allem Phakoemulsifikation mit IOL-Implantation
  - o Gefäßverschlüsse
  - o epiretinale Gliose
  - o diabetische Fundusveränderungen

- multiple Netzhautrisse
- Riesenrissablatio
- hohe Myopie  $\geq 6,00$  Dioptrien

Anhand der übermittelten Patientendaten wurden die elektronischen Patientenakten der ifa systems AG (Informationssysteme für Augenärzte) daraufhin durchgesehen, ob eine Netzhautablösung mit Makulabeteiligung vorlag. Untersuchte Patienten mit einer Netzhautablösung ohne Makulabeteiligung wurden in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

Ambulante und stationäre Aufzeichnungen einschließlich operativer Notizen wurden pseudonymisiert und zusammen mit anderen klinischen und demographischen Daten in einer strukturierten Datenbank für die spätere Analyse gespeichert. Informationen über Operateur, Operationsverfahren und intraoperative Komplikationen wurden dem Programm OpDis entnommen.

Die erforderlichen Daten und Ergebnisse wurden in einer Übersichtstabelle in dem Computerprogramm Microsoft® Excel (Version 16.21.1) gesammelt.

Alle Patienteninformationen wurden vor der Analyse pseudonymisiert und die Grundsätze der Deklaration von Helsinki eingehalten.

### **3.1.1 Auswahl des Patientenkollektivs**

Das Patientenkollektiv wurde durch unterschiedliche Ein- und Ausschlusskriterien in zwei Studiengruppen eingeteilt.

Die erste Studiengruppe beinhaltete Patienten, die an einer rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung erkrankt waren. Die Individuen dieser Studiengruppe wiesen keine weiteren ophthalmologischen Komorbiditäten auf. In Studiengruppe 2 befanden sich Fälle *mit* einer rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung *und* ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie.



Jegliche Form der intra- oder postoperativen Komplikation führten zum Ausschluss der Patienten aus der Studie.

Die erfassten Ausschlusskriterien werden in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1 Ausschlusskriterien der Studiengruppen

<b>Studiengruppe 1</b>	<b>Studiengruppe 2</b>
- Nachkontrollen unter sechs Monaten	- Nachkontrollen unter drei Monaten
- traumatische Ätiologie	- traumatische Ätiologie
- proliferative Vitreoretinopathie der Klasse B oder höher	- proliferative Vitreoretinopathie der Klasse B oder höher
- Ablatio am anderen Auge	- Ablatio am anderen Auge
- Augen mit Revisionsbehandlung(en)	- Augen mit Revisionsbehandlung(en)
- Augen mit intraoperativen oder postoperativen Komplikationen	- Augen mit intraoperativen oder postoperativen Komplikationen
- Augenvorerkrankungen (zum Beispiel Makuladegeneration, diabetische Retinopathie, Netzhautvenenverschluss, glaukomatöse Optikusatrophie oder erbliche Netzhautdystrophien)	- mehr als eine Augenvorerkrankung
- Riesenrissablatio	
- Augenoperation in der Vergangenheit	

Es wurden nur Untersuchte in die Studie einbezogen, bei denen eine genaue Dokumentation über den Beginn der zentralen Visusminderung (= Makulaabhebung) auf einen spezifischen Zeitraum von 24 Stunden begrenzt werden konnte. Ferner wurden nur Patienten eingeschlossen, bei denen eine Wiederanlage der Netzhaut anatomisch erfolgreich war.

### **3.1.2 Operationsverfahren**

Abhängig vom Ausmaß der rhegmatogenen Ablatio retinae und dem Linsenstatus wurden die Augen mit Pars-plana-Vitrektomie, Phakovitrektomie oder Buckelchirurgie behandelt.

Je nach medizinischer Indikation wurden bei der Pars-plana-Vitrektomie die Patienten mit einem 20-Gauge-, 23-Gauge- oder 25-Gauge-3-Port versorgt. Im zeitlichen Verlauf dieser Studie wurden die 20-Gauge-Pars-plana-Vitrektomie größtenteils durch die Verwendung von atraumatischen Trokaren mit kleinerem Durchmesser (23-Gauge oder 25-Gauge) abgelöst.

Die komplette Vitrektomie mit Abpräparieren der Glaskörperbasis wurde bei allen Operationen durchgeführt. Die Verwendung von Laser-Retinopexie oder Kryopexie fand bei allen Netzhautrissen statt. Je nach medizinischem Befund wurden in einigen Fällen intraoperativ Perfluorcarbon, eine Retinotomie mit hinterer Drainage oder ein 360°-Endolaser eingesetzt. Bei der postoperativen Tamponade wurde je nach Befund Luft, SF<sub>6</sub>, Hexafluorethan oder Silikonöl (Viskosität von 5.000 Centistokes) gewählt.

Bei der Phakovitrektomie wurde kombiniert behandelt und in allen Fällen eine Clear-Cornea-Inzision mit einem 2,4-mm-Schnitt durchgeführt. Es folgte eine intrakapsuläre Implantation einer faltbaren Acryl-Intraokularlinse (verschiedene Modelle). Die Pars-plana-Vitrektomie folgte der Phakoemulsifikation der Linse mit Implantation einer Hinterkammerlinse.

Bei der operativen Therapie mittels Buckelchirurgie wurde die Retinopexie mittels Kryotherapie erreicht und danach entweder eine radiäre oder limbus-parallele Plombe mit 4-0 Mersilene Nahtmaterial gesichert. Eine externe Drainage zum Ablassen der subretinalen Flüssigkeit wurde nicht routinemäßig eingesetzt. Entstand aufgrund der Spannung durch Plomben eine Erhöhung des Augeninnendrucks, so wurde eine Parazentese intraoperativ ausgeführt.

Bei allen Fällen wurde die Makulabeteiligung durch prä- und intraoperative Diagnostik (Funduskopie, gegebenenfalls optische Kohärenztomografie oder gegebenenfalls Echographie) diagnostiziert.

Alle Operationen wurden entweder unter Peribulbär- oder Vollnarkose durchgeführt.

### **3.2 Statistische Auswertung und graphische Darstellung der Daten**

Die erhobenen Daten wurden tabellarisch in einer Datenbank im Programm Microsoft® Excel (Version 16.21.1) gespeichert. Mittels IBM SPSS Statistics V.20 (Armonk, New York, USA) erfolgte die anschließende statistische Analyse. Es wurden verschiedene statistische Tests – je nach Verteilung der Daten – eingesetzt.

Zuerst erfolgte eine deskriptive Datenanalyse für unterschiedliche Variablen (zum Beispiel Alter und Geschlecht). Für nominal skalierte Variablen wurden prozentuale Häufigkeiten, Mittelwert, Standardabweichungen, Median und Spannweite berechnet. Der präoperative und endgültige Visus (Dezimalvisus) wurde für die statistische Analyse in den dekadischen Logarithmus des Minimum separabile (logMAR) umgewandelt. Für den Visus des Fingerzählens (CF), der Handbewegung (HM) und Lichtwahrnehmung wurden diese Messungen in logMAR, wie von Schulze-Bonsel et al. beschrieben, umgeformt. CF kann einer Dezimalschärfe von 0,014 (~ 20/1500 Snellen) und logMar 1,85 gleichgesetzt werden. Die HM entspricht einer Dezimalschärfe von 0,005 (~ 20/4000 Snellen) und LogMar 2,30 (Schulze-Bonsel et al. 2006).

Der jeweilige prä- und postoperative Visus zwischen kumulativen Studiengruppen wurde mit einem unabhängigen t-Test verglichen. Kumulative Gruppen mit identisch beginnendem zentralen Visusverlust wurden definiert (Tabelle 3, Tabelle 9).

Die Unterschiede im Visus zwischen den Altersgruppen oder den Behandlungstechniken wurden entweder mit einem unabhängigen t-Test oder mit einem nicht-parametrischen Mann-Whitney-Test getestet, abhängig davon, ob die Normalität in jeder Studiengruppe angenommen wurde.

Die p-Werte aus mehreren Vergleichen wurden mit der Bonferroni-Korrektur angepasst.

Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests wurden die Ergebnisse auf statistische Signifikanz überprüft (Signifikanzniveau  $p < 0,05$ ).

Die graphische Darstellung einzelner Ergebnisse erfolgte mit der Statistik-Software Stata.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Studiengruppe 1

#### Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen

##### 4.1.1 Patientendaten

Im Zeitraum von Februar 2010 bis Februar 2015 wurden 1727 Patienten in der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf wegen einer primären rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung behandelt. Die operativen Behandlungen erfolgten durch sechs verschiedene Chirurgen.

Insgesamt erfüllten von 1727 Patienten 89 Patienten (5,2 %) die Ein- und Ausschlusskriterien für die erste Studiengruppe. Von der Auswertung wurden 1638 Patienten ausgeschlossen.

Die demographischen Daten der Patienten aus Studiengruppe 1 werden in Tabelle 2 dargestellt:

Tabelle 2 Demographische Daten der Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen

<b>Demographie</b>	
Patientenanzahl, n (%)	89 (100)
Männer, n (%)	64 (71,9)
Frauen, n (%)	25 (28,1)
Durchschnittsalter in Jahren (Standardabweichung SD)	61 ( $\pm$ 14)
Mittelwert Symptombdauer in Tagen (SD)	11 ( $\pm$ 7)
Mittelwert Nachkontrollen in Tagen (SD) (1 Monat)	36 ( $\pm$ 11)
Mittelwert Nachkontrollen in Tagen (SD) (3 Monate)	89 ( $\pm$ 19)
Mittelwert Nachkontrollen in Tagen (SD) (6 Monate)	185 ( $\pm$ 28)

##### 4.1.2 Visus

###### *Präoperativer Visus*

Der präoperative Visus wurde bei Vorstellung in der Augenklinik von allen Patienten erfasst. Es handelt sich dabei um den korrigierten Fernvisus. Der mittlere Visus für Studiengruppe 1 betrug 1,6 logMAR (Spannweite 0,40–2,00).

### *Postoperativer Visus*

Der präoperative Visus 1,6 logMAR (Spannweite 0,40–2,00) verbesserte sich bis zu 0,29 logMAR (Spannweite 0,01–1,00) ( $p < 0,001$ ). 58 Patienten (65,2 %) erreichten postoperativ einen korrigierten Visus von 0,7 logMAR (= 0,2 dezimal) oder besser nach sechs Monaten am behandelten Auge.

Tabelle 3 Einfluss des zentralen Visusverlusts auf den postoperativen Visus nach sechs Monaten bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung

<b>Studiengruppe (Visusverlust in Tagen)</b>	<b>Durchschnittliche Dauer (Visusverlust in Tagen)</b>	<b>N</b>	<b>Postoperativer Visus (logMAR)</b>	<b>p</b>
≤ 3	2,52	33	0,25±0,21	<0,001
4–30+	15,43	56	0,31±0,25	
≤ 4	2,9	39	0,27±0,22	< 0,001
5–30+	16,68	50	0,31±0,24	
≤ 5	3,19	43	0,27±0,21	< 0,001
6–30+	17,61	46	0,31±0,25	
≤ 6	4,02	55	0,28±0,24	< 0,001
7–30+	21,35	34	0,31±0,23	
≤ 7	4,16	57	0,27±0,24	< 0,001
8–30+	22,19	32	0,32±0,23	
≤ 8	4,24	58	0,27±0,24	< 0,001
9–30+	22,61	31	0,32±0,23	
≤ 9	4,43	60	0,28±0,24	< 0,001
10–30+	23,48	29	0,31±0,23	
≤ 10	4,54	61	0,29±0,24	< 0,001
11–30+	23,93	28	0,31±0,23	
≤ 11	4,54	61	0,29±0,24	< 0,001
12–30+	23,93	28	0,31±0,23	
≤ 12	4,54	61	0,29±0,24	< 0,001
13–30+	23,93	28	0,32±0,23	
≤ 13	4,98	64	0,29±0,23	< 0,001
14–30+	25,12	25	0,32±0,24	

Nachbeobachtungszeitraum (SD) 185 (±28) Tage (6 Monate)  
 unabhängiger t-Test, Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur  
 logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

#### **4.1.3 Korrelation zwischen prä- und postoperativen Visus**

Die Auswertung zeigte, dass der Ausgangsvisus keinen Einfluss auf den Endvisus hat, auch wenn die Augen mit schlechteren Werten im Ausgangsvisus höhere Standardabweichungen im Endvisus zeigten ( $p = 0,17$ ).

#### **4.1.4 Einfluss des Patientenalters auf den postoperativen Visus**

Die größte Altersgruppe der Patienten war mit 66 Prozent (59 von 89 Patienten) die Gruppe der > 55-Jährigen.

Die statistische Auswertung zeigte, dass das Alter (getestet mit Mann-Whitney-Test) keinen Einfluss auf den korrigierten postoperativen Fernvisus nach sechs Monaten ( $p = 0,431$ ) hatte.

#### **4.1.5 Einfluss der Symptombdauer**

Der mittlere korrigierte postoperative Visus der unmittelbar versorgten Patienten ( $\leq 3$  Tagen) war besser als bei den Patienten, die nach zehn Tagen Visusverlust behandelt wurden ( $p < 0,001$ ). Dies war auch der Fall, wenn die Ergebnisse des Visus nach einem Monat ( $p < 0,001$ ), nach drei Monaten ( $p < 0,001$ ) und nach sechs Monaten ( $p < 0,001$ ) postoperativ verglichen wurden (Tabelle 4).

Der postoperative Visus nahm kontinuierlich von Tag vier bis Tag zehn nach zentralem Visusverlust bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung ab (Tabelle 3). Bei statistischer Signifikanz konnte nach zehn Tagen Visusverlust kein klinisch relevanter Unterschied im postoperativen Visus bemerkt werden.

Das Ergebnis war unabhängig von weiteren Verzögerungen und vergleichbar mit Ergebnissen von bis zu 30 Tagen Visusverlust. Dahingegen zeigten Patienten mit drei oder weniger Tagen Visusverlust klinisch einen besseren postoperativen Visus ( $p < 0,001$ ) (Tabelle 3).

Tabelle 4 Der postoperative Visus an drei Nachkontrollen in Abhängigkeit von der Dauer des zentralen Visusverlusts bei rheumatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung

Studiengruppe (Visusverlust in Tagen)	Durchschnittliche Dauer (Visusverlust in Tagen)	N	CDVA (LogMAR) Nachkontrolle I	P	N	CDVA (LogMAR) Nachkontrolle II	P	N	CDVA (LogMAR) Nachkontrolle III	P
≤ 3	2,52	33	0,77 ±0,50		22	0,40 ±0,30		21	0,25 ±0,21	
4-30+	15,43	56	0,72 ±0,38	<0,001	45	0,30 ±0,20	<0,001	41	0,31 ±0,25	<0,001
≤ 4	2,9	39	0,76 ±0,48		27	0,41 ±0,28		24	0,27 ±0,22	
5-30+	16,68	50	0,72 ±0,38	<0,001	40	0,29 ±0,19	<0,001	38	0,31 ±0,24	<0,001
≤ 5	3,19	43	0,79 ±0,47		30	0,39 ±0,28		28	0,27 ±0,21	
6-30+	17,61	46	0,70 ±0,37	<0,001	37	0,29 ±0,19	<0,001	34	0,31 ±0,25	<0,001
≤ 6	4,02	55	0,73 ±0,45		40	0,38 ±0,25		37	0,28 ±0,24	
7-30+	21,35	34	0,76 ±0,38	<0,001	27	0,27 ±0,20	<0,001	25	0,31 ±0,23	<0,001
≤ 7	4,16	57	0,74 ±0,45		42	0,37 ±0,25		39	0,27 ±0,24	
8-30+	22,19	32	0,75 ±0,37	<0,001	25	0,28 ±0,21	<0,001	23	0,32 ±0,23	<0,001
≤ 8	4,24	58	0,74 ±0,45		42	0,37 ±0,25		39	0,27 ±0,24	
9-30+	22,61	31	0,74 ±0,37	<0,001	25	0,28 ±0,21	<0,001	23	0,32 ±0,23	<0,001
≤ 9	4,43	60	0,73 ±0,45		43	0,37 ±0,25		40	0,28 ±0,24	
10-30+	23,48	29	0,77 ±0,36	<0,001	24	0,27 ±0,21	<0,001	22	0,31 ±0,23	<0,001
≤ 10	4,54	61	0,73 ±0,45		44	0,37 ±0,25		41	0,29 ±0,24	
11-30+	23,93	28	0,76 ±0,37	<0,001	23	0,27 ±0,21	<0,001	21	0,30 ±0,23	<0,001
≤ 11	4,54	61	0,73 ±0,45		44	0,37 ±0,25		41	0,29 ±0,24	
12-30+	23,93	28	0,76 ±0,37	<0,001	23	0,27 ±0,21	<0,001	21	0,30 ±0,23	<0,001
≤ 12	4,54	61	0,73 ±0,45		44	0,37 ±0,25		41	0,29 ±0,24	
13-30+	23,93	28	0,76 ±0,37	<0,001	23	0,27 ±0,21	<0,001	21	0,30 ±0,23	<0,001
≤ 13	4,98	64	0,74 ±0,44		46	0,37 ±0,24		43	0,29 ±0,23	
14-30+	25,12	25	0,73 ±0,37	<0,001	21	0,27 ±0,22	<0,001	19	0,29 ±0,24	<0,001

CDVA: korrigierter Fernvisus

Mittelwert Nachkontrolle I (SD), 36 (±11) Tage (1 Monat)

Mittelwert Nachkontrolle II (SD), 89 (±19) Tage (3 Monate)

Mittelwert Nachkontrolle III (SD), 185 (±28) Tage (6 Monate)



Tabelle 5 Der postoperative Visus nach sechs Monaten bei einem zentralen Visusverlust von  $\leq 3$  Tagen nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung

	Visusverlust 1 Tag (n = 10)			Visusverlust 2 Tage (n = 15)			Visusverlust 3 Tage (n = 8)			p <sup>‡</sup>		
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Median (Q25/Q75)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Median (Q25/Q75)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Median (Q25/Q75)	1 vs. 3	2 vs. 3	1 vs. 2
Visus LogMAR präop	1,30/ 2,00	1,63 (±0,30)	1,61 (1,41/ 1,85)	0,60/ 2,00	1,60 (±0,53)	2,00 (1,10/ 2,00)	0,49/ 2,00	1,55 (±0,61)	1,80 (1,22/ 2,00)	1,00	1,00	1,00
Visus LogMar postop	0,52/ 0,66	0,60 (±0,06)	0,60 (0,56/ 0,63)	0,05/ 2,00	0,84 (±0,58)	0,70 (0,52/ 1,00)	0,40/ 1,00	0,77 (±0,29)	0,85 (0,5/ 1,00)	1,00	1,00	1,00

‡ unabhängiger t-Test, Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur  
logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

Unabhängig vom Behandlungszeitpunkt binnen der ersten 72 Stunden wies der postoperative Visus während der 6-Monats-Nachkontrolle keinen statistisch signifikanten Unterschied auf ( $p = 1,00$ , Tabelle 5).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Patienten mit einer kürzeren Symptombdauer und einer früheren chirurgischen Intervention einen besseren Visus nach sechs Monaten erreicht hatten.

#### 4.1.6 Einfluss des Operationsverfahrens

Tabelle 6 Der postoperative Visus nach sechs Monaten bei unterschiedlichen Operationsverfahren nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung

		Dauer des Visus- verlusts (Tage)	Visus (logMAR) präop	postop
<b>Buckelchi- rurgie (SB) (n = 37)</b>	R	1/30	0,49/2,00	0,10/1,00
	<b>Mittelwert (±SD)</b>	11 (±10)	1,42 (±0,59)	0,41 (±0,27)
	<b>Median (Q25/Q75)</b>	7 (3/17)	1,60 (0,80/2,00)	0,35 (0,20/0,50)
<b>Vitrektomie (PPV) (n = 28)</b>	R	1/30	0,40/2,00	0,04/0,60
	<b>Mittelwert (±SD)</b>	10 (±10)	1,64 (±0,46)	0,20 (±0,15)
	<b>Median (Q25/Q75)</b>	7 (3/15)	1,85 (1,30/2,00)	0,13 (0,10/0,30)
<b>Phakovitrek- tomie (PHV) (n = 24)</b>	R	1/30	1,10/2,00	0,01/0,63
	<b>Mittelwert (±SD)</b>	11 (±11)	1,87 (±0,26)	0,21 (±0,17)
	<b>Median (Q25/Q75)</b>	7 (2/21)	2,00 (1,85/2,00)	0,20 (0,05/0,30)
<b>p im paarweisen Vergleich der Studien- gruppen</b>	<b>SB vs. PHV</b>	1,000†	0,007†	0,012‡
	<b>PPV vs. PHV</b>	1,000†	0,131†	1,000‡
	<b>SB vs. PPV</b>	1,000†	0,519†	0,007‡

‡ unabhängiger t-Test, † Mann-Whitney-Test

Nachbeobachtungszeitraum (SD), 185 (±28) Tage (6 Monate)

logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile; R = Spannweite (engl. range)

Von den 89 ausgewählten Augen hatten 37 (41,5 %) eine Buckelchirurgie, 28 (31,4 %) eine Vitrektomie und 24 (26,9 %) eine Phakovitrektomie mit SF6 zur operativen Versorgung der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.

Die Dauer vom Beginn des zentralen Visusverlusts bis zur chirurgischen Intervention betrug im Durchschnitt ähnlich lang ( $p = 1,000$ ) bei den drei verschiedenen Operationsarten (Tabelle 6).

Patienten, die mit Vitrektomie oder Phakovitrektomie operiert wurden, zeigten einen ähnlichen postoperativen Visus nach sechs Monaten (0,20 logMAR und 0,21 logMAR). Dagegen hatten Augen, die mit der Buckelchirurgie behandelt wurden, einen statistisch signifikant schlechteren postoperativen Visus (0,41 logMAR), obwohl der präoperative Visus in dieser Studiengruppe besser war ( $p = 0,012$  und  $0,007$ ).

## **4.2 Studiengruppe 2**

### **Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen und komplizierter Ätiologie**

#### *Ophthalmologische Vorerkrankungen*

Um die Auswirkung durch ophthalmologische Vorerkrankungen auf den Endvisus zu analysieren, wurde die Studiengruppe nach dem Vorhandensein von Augenpathologien unterschieden. In der untersuchten Studiengruppe 2 lag von 112 Patienten bei 61 Untersuchten (54,4 %) präoperativ eine Pseudophakie vor und bei 25 Patienten (22,3 %) multiple Netzhautrisse. Neun Patienten (8 %) litten unter einer Riesenrissablatio und 17 Fälle (15 %) unter einer hohen Myopie.

#### **4.2.1 Patientendaten**

Um der Fragestellung nachzugehen, welchen Einfluss ophthalmologische Vorerkrankungen und unterschiedliche Operationsverfahren auf den Visus haben,

blieben nach allen Ein- und Ausschlusskriterien von 1727 Patienten 112 Patienten (6,5 %) übrig.

Die demographischen Daten der Patienten aus Studiengruppe 2 werden in Tabelle 7 dargestellt:

Tabelle 7 Demographische Daten der Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen

<b>Demographie</b>	
Patientenanzahl, n (%)	112 (100)
Männer, n (%)	79 (70,53)
Frauen, n (%)	33 (29,47)
Durchschnittsalter in Jahren (SD)	66±16
Symptombdauer in Tagen (SD)	6±4,7
Nachkontrolle in Tagen (3 Monate) (SD)	88±17

#### **4.2.2 Visus**

Der prä- und postoperative Visus

##### *Präoperativer Visus*

Der mittlere Visus für diese Studiengruppe betrug, unter Berücksichtigung aller Fälle, 1,7 logMAR (Spannweite 0,40–2,30).

##### *Postoperativer Visus*

Der präoperative Visus von 1,7 logMAR verbesserte sich zu 0,82 logMAR (Spannweite 0,10–3,00) ( $p < 0,001$ ), mit 5,4 Prozent ( $n = 6$ ) postoperativ. Alle Patienten in Studiengruppe 2 erzielten 0,2 logMAR (= 0,63 dezimal) oder einen besseren Endvisus nach drei Monaten am behandelten Auge (Tabelle 8).

Tabelle 8 Der postoperative Visus nach drei Monaten bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung nach ophthalmologischen Vorerkrankungen unterteilt

Variable	Pseudophakie vor der Operation (G1, n = 61)		Multiple Netzhautrisse (G2, n = 25)			
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)		
Dauer des Visusverlusts (Tage)	3/10	7,97 (±2,94)	3/10	8,50 (±2,74)		
Visus (logMAR) präoperativ	0,40/2,30	1,59 (±0,69)	0,60/2,30	1,32 (±0,72)		
Visus (logMAR) postoperativ	0,10/3,00	0,84 (±0,64)	0,49/3,00	1,37 (±1,11)		
Variable	Riesentrissablatio (G3, n = 9)		Hohe Myopie (G4, n = 17)			
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)		
Dauer des Visusverlusts (Tage)	3/9	6,00 (±4,24)	9/10	9,40 (±0,55)		
Visus (logMAR) präoperativ	1,30/2,30	1,80 (±0,71)	1,70/2,30	2,06 (±0,33)		
Visus (logMAR) postoperativ	0,52/0,60	0,56 (±0,06)	0,22/1,30	0,65 (±0,45)		
<b>p*</b>						
Paarweiser Vergleich der Studiengruppen	G1 vs. G4	G2 vs. G4	G3 vs. G4	G1 vs. G3	G2 vs. G3	G1 vs. G2
Dauer des Visusverlusts (Tage)	1,000†	1,000†	0,783†	1,000†	1,000†	1,000†
Visus (logMAR) präoperativ	0,901†	0,447†	1,000†	1,000†	1,000†	1,000†
Visus (logMAR) postoperativ	1,000†	1,000†	1,000†	1,000†	1,000†	1,000†

Nachbeobachtungszeitraum (SD), 88 (±17) Tage (3 Monate)

† Mann-Whitney-Test, \*Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur

logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

#### **4.2.3 Korrelation zwischen prä- und postoperativen Visus**

Die Auswertung zeigte, dass der Aufnahmevisus keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Endvisus nach drei Monaten hatte.

#### **4.2.4 Einfluss des Patientenalters auf den postoperativen Visus**

Die statistische Auswertung zeigte, dass das Alter (getestet mit Mann-Whitney-Test) keinen Einfluss auf den postoperativen Visus nach drei Monaten hatte ( $p = 0,431$ ).

#### **4.2.5 Einfluss der Symptombdauer**

Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p \geq 1,00$ ) im postoperativen Visus festgestellt werden im Vergleich von Patienten, die innerhalb der ersten 72 Stunden ( $n = 31$ ) operiert wurden.

Der mittlere postoperative Visus aller früh operierten Patienten ( $\leq 3$  Tage nach zentralem Visusverlust) war besser ( $0,79 \pm 0,55$  logMAR) als bei den später versorgten Patienten ( $\geq 10$  Tagen) ( $0,83 \pm 0,37$  logMAR) (Tabelle 9).

Bei allen Augen zeigt sich im Durchschnitt, dass der postoperative Visus (logMAR) eine Verschlechterung aufweist, wenn die rhegmatogene Ablatio retinae mit Makulabeteiligung erst nach 72 Stunden operativ behandelt wurde (Tabelle 9).

Diese Tendenz wurde durch den Vergleich mit den Patienten aus Studiengruppe 1 (ohne ophthalmologische Vorerkrankungen) bestätigt.

Tabelle 9 Die Dauer des zentralen Visusverlusts unterteilt nach verschiedenen ophthalmologischen Vorerkrankungen

<b>Visusverlust (Tage)</b>	<b>N</b>	<b>postoperativer Visus (logMAR)</b>	<b>p *</b>
<b>Pseudophakie</b>	61		
≤ 3	14	0,63±0,22	1,000
4–9	24	0,85±0,83	1,000
≥ 10	23	0,85±0,40	1,000
<b>Multiple Netzhautrisse</b>	25		
≤ 3	7	0,75±0,36	1,000
4–9	8	0,97±0,84	1,000
≥ 10	10	0,87±0,23	1,000
<b>Hohe Myopie (≥ 6,00 Dioptrie)</b>	17		
≤ 3	6	0,80±0,66	1,000
4–9	6	1,14±1,12	1,000
≥ 10	5	0,46±0,34	1,000
<b>Riesentrissablatio</b>	9		
≤ 3	4	0,60±0,03	1,000
4–9	5	0,56±0,06	1,000
<b>Alle Augen</b>	112		
≤ 3	31	0,79±0,55	1,000
4–9	43	0,83±0,80	1,000
≥ 10	38	0,83±0,37	1,000

Nachbeobachtungszeitraum (SD), 88 (±17) Tage (3 Monate)  
 unabhängiger t-Test, \*Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur  
 logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

#### 4.2.6 Einfluss des Operationsverfahrens

Von den 112 untersuchten Augen hatten 51 (45,5 %) eine Buckelchirurgie, 29 (25,8 %) eine Vitrektomie mit Silikonöl und 32 (28,5 %) eine Phakovitrektomie. Bei der operativen Versorgung durch eine Phakovitrektomie variierte das Tamponademittel: SF6 in 16 Fällen (50 %) und Silikonöl in 16 Fällen (50 %).

Der Unterschied im postoperativen Visus war bei den Augen nach Versorgung durch die Buckelchirurgie und Phakovitrektomie mit Silikonöl statistisch signifikant ( $p = 0,033$ ) (Tabelle 10).

Tabelle 10 Prä- und postoperativer Visus bei unterschiedlichen Operationstechniken

Variable	Buckelchirurgie (G1, n = 51)		Vitrektomie mit Silikonöl (G2, n = 29)			
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)		
Dauer des Visusverlusts (Tage)	1/28	8 (±5)	3/10	8,39 (±2,60)		
Visus (logMAR) präoperativ	0,40/2,30	1,53 (±0,68)	0,49/2,30	1,75 (±0,66)		
Visus (logMAR) postoperativ	0,10/1,30	0,54 (±0,32)	0,20/3,00	0,86 (±0,61)		
Variable	Phakovitrektomie mit Silikonöl (G3, n = 16)		Phakovitrektomie mit SF6 (G4, n = 16)			
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)		
Dauer des Visusverlusts (Tage)	1/10	8,20 (±3,26)	2/10	6,80 (±3,14)		
Visus (logMAR) präoperativ	0,70/2,30	1,85 (±0,61)	0,52/2,30	1,70 (±0,65)		
Visus (logMAR) postoperativ	0,52/3,00	1,15 (±0,67)	0,40/2,30	1,04 (±0,75)		
p*						
Paarweiser Vergleich der Studiengruppen	G1 vs. G4	G2 vs. G4	G3 vs. G4	G1 vs. G3	G2 vs. G3	G1 vs. G2
Dauer des Visusverlusts (Tage)	1,000†	0,095†	0,287†	1,000†	1,000†	1,000†
Visus (logMAR) präoperativ	1,000†	1,000†	1,000†	0,591†	1,000†	0,580†
Visus (logMAR) postoperativ	0,478‡	1,000‡	1,000‡	0,033‡	0,883‡	0,355‡

Nachbeobachtungszeitraum (SD), 88 (±17) Tage (3 Monate)

‡ unabhängiger t-Test oder † Mann-Whitney-Test, \* Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur

logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile



### **4.3 Vergleich prä- und postoperativer Visus bei Patienten mit und ohne ophthalmologische Vorerkrankungen**

Die Zeit zwischen dem Beginn des Verlusts des zentralen Sehvermögens und dem chirurgischen Eingriff war in den unterschiedlichen Studiengruppen der verschiedenen Operationstechniken mit und ohne ophthalmologische Vorerkrankungen ähnlich (Tabelle 11).

Die durchschnittliche Zeit bis zur Operation ab der Symptomwahrnehmung betrug 8 ( $\pm 5$ ) Tage in der Studiengruppe Buckelchirurgie mit ophthalmologischen Vorerkrankungen und in der Studiengruppe Versorgung durch Buckelchirurgie ohne ophthalmologische Vorerkrankungen 11 ( $\pm 10$ ) Tage. Ähnlich waren auch die Ergebnisse in der Studiengruppe der Patienten, die durch Phakovitrektomie mit SF6 behandelt wurden. Bei Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen betrug die durchschnittliche Zeit 6,8 ( $\pm 3,14$ ) Tage und bei Augen ohne ophthalmologische Vorerkrankungen 11 ( $\pm 11$ ) Tage (Tabelle 11).

Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder einer komplizierten Ätiologie zeigten schlechtere prä- und postoperative Werte als zuvor gesunde Patienten. Patienten aus dieser Studiengruppe waren in der Erholung des postoperativen Visus im Vergleich zu Patienten, die vorher gesund waren, klinisch limitiert. Dieser Unterschied war nach Phakovitrektomie mit SF6 statistisch signifikant ( $p = 0,023$ ) und deutet darauf hin, dass das Vorhandensein einer komplizierten Ätiologie oder einer Augenkomorbidität das postoperative Ergebnis verschlechtert (Tabelle 11).

Tabelle 11 Visus prä- und postoperativ, eingeteilt nach Operationstechnik (Buckelchirurgie und Phakovitrektomie mit SF6) bei Patienten mit und ohne ophthalmologische Vorerkrankungen

Variable	Buckelchirurgie in Augen mit ophthalmologischen Vorerkrankungen (G1, n = 51)		Buckelchirurgie in Augen ohne ophthalmologische Vorerkrankungen (G2, n = 37)		p*
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	
Dauer des Visusverlusts (Tage)	1/28	8 (±5)	1/30	11 (±10)	0,490‡
Visus (logMAR) präoperativ	0,40/2,30	1,53 (±0,68)	0,49/2,00	1,42 (±0,59)	1,000†
Visus (logMAR) postoperativ	0,10/1,30	0,54 (±0,32)	0,10/1,00	0,41 (±0,27)	0,180†
	Phakovitrektomie mit SF6 in Augen mit ophthalmologischen Vorerkrankungen (G3, n = 16)		Phakovitrektomie mit SF6 in Augen ohne ophthalmologische Vorerkrankungen (G4, n = 24)		
	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	Min./Max.	Mittelwert (±SD)	
Dauer des Visusverlusts (Tage)	2/10	6,80 (±3,14)	1/30	11 (±11)	0,090‡
Visus (logMAR) präoperativ	0,52/2,30	1,70 (±0,65)	1,10/2,00	1,87 (±0,26)	1,000†
Visus (logMAR) postoperativ	0,40/2,30	1,04 (±0,75)	0,01/0,63	0,21 (±0,17)	0,023†

Nachbeobachtungszeitraum (SD), 88 (±17) Tage (3 Monate) bei Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen  
 Nachbeobachtungszeitraum (SD), 185 (±28) Tage (6 Monate) bei Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen  
 ‡ unabhängiger t-Test oder † Mann-Whitney-Test, \* Anpassung des p-Werts mittels Bonferroni-Korrektur  
 logMAR = dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

## 5. Diskussion

### 5.1 Einleitung

Durch die modernen mikrochirurgischen Techniken zur Behandlung von rhegmatogener Ablatio retinae ist eine anatomische Erfolgsquote von über 90 Prozent zu erwarten (Burton 1977, Sharma et al. 1994, Grizzard et al. 1994, Oshima et al. 2000). Trotz der hohen anatomischen Erfolgsraten bleiben die visuellen Erfolge meist aufgrund dauerhafter Funktionsschäden aus (Burton 1982). Die visuelle Verbesserung ist oft limitiert, wenn die Makula an der rhegmatogenen Ablatio retinae beteiligt ist (Burton 1982, Oshima et al. 2000, Arroyo et al. 2005, Liu et al. 2006, Doyle et al. 2007). Die Mitbeteiligung der Makula an der Netzhautablösung wurde durchweg als negativ prognostischer Indikator für den postoperativen Visus identifiziert.

Die Fotorezeptoren haben besondere metabolische Ansprüche, die nur durch ihre Nähe zum retinalen Pigmentepithel und dem choroidalen Kreislauf erfüllt werden (Linsenmeier und Padnick-Silver 2000). Während der Ablatio retinae wird die äußere neurosensorische Retina von dem darunter liegenden Pigmentepithel und der Choroidea getrennt. Das induziert erhebliche zelluläre Reaktionen mit Degeneration der Fotorezeptoren und einer Vielzahl von Veränderungen in verschiedenen Zelltypen in der gesamten Retina (Mervin et al. 1999). In experimentellen Modellen der Ablatio retinae führen diese metabolischen Störungen zu einer Apoptose der Fotorezeptoren, die insbesondere während der ersten Tage – mit einem Höhepunkt am zweiten Tag – nachzuweisen sind (Mervin et al. 1999). Hagimura et al. beobachteten im Jahre 2000 mittels optischer Kohärenztomografie die intraretinale Trennung drei Tage nach dem Einsetzen der subjektiven Symptome (Hagimura et al. 2000). Nach drei Tagen Netzhautablösung sind signifikante Veränderungen anhand des Laser-Scanning-Mikroskops sowohl in den Nervenzellen als auch in den Gliazellen der Netzhaut nachzuweisen (Lewis et al. 2003). Hisatomi et al. zeigten im Jahre 2002 in ihrer Studie auf, dass die Fragmentierung der apoptotischen DNA (Desoxyribonukleinsäure) zwölf Stunden nach der Ablatio retinae auftrat und am dritten Tag am stärksten ausgeprägt war (Hisatomi et al. 2002). In Tiermodellen trat die Apoptose von Fotorezeptoren

hauptsächlich innerhalb der ersten drei Tage nach der rhegmatogenen Ablatio retinae auf (Cook et al. 1995, Hisatomi et al. 2002).

Klinisch erleiden viele Fälle der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung nach dem erneuten Wiederanbringen eine postoperative Atrophie der äußeren Makulaschicht. Selbst wenn die Operation erfolgreich zur Wiederanlage der Netzhaut führt, gewinnen Fälle mit Makulabeteiligung selten den normalen Visus (Liem et al. 1994, Mervin et al. 1999). Eine weitere Verzögerung der Operation um mehr als fünf Tage kann bei Patienten mit einer rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung zu einem noch schlechteren visuellen Ergebnis führen (Burton 1982).

## **5.2 Dauer der Netzhautablösung**

Mehrere Studien haben ergeben, dass das Ergebnis der chirurgischen Behandlung der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung zeitabhängig ist (Dunnington & Macnie 1935, Davies 1972, Gundry und Davies 1974, Grupposo 1975, Davidorf et al. 1975, Kreissig 1977, Tani et al. 1981, Burton 1982, McPherson et al. 1982, Cook et al. 1995, Oshima et al. 2000, Hassan et al. 2002, Hisatomi et al. 2002, Ross 2002, Mowatt et al. 2005, Diederer et al. 2007, Henrich et al. 2009, Wakabayashi et al. 2009, Kim et al. 2013, Kikushima et al. 2014, van Bussel et al. 2014). Die Dauer der Netzhautablösung ist somit ein weiterer wichtiger prädiktiver präoperativer Faktor für die Erholung der Netzhaut. Die genaue Anzahl der Tage, nach derer die visuelle Prognose beeinträchtigt sein kann, wird in zahlreichen wissenschaftlichen Forschungsarbeiten diskutiert.

Der Grenzwert für die Dauer der Netzhautablösung, nachdem die visuelle Erholung nach rhegmatogener Ablatio retinae als schlechter eingeschätzt wird, ist im letzten Jahrhundert dramatisch gesunken. In den frühen 1930er Jahren ging man davon aus, dass es innerhalb der ersten drei Monate nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung zu keinem Unterschied des Visus kommen würde (Dunnington & Macnie 1935).

Davidorf et al. und Tani et al. verzeichneten bessere Ergebnisse, wenn die rhegmatogene Ablatio retinae weniger als einen Monat andauerte (Davidorf et al. 1975, Tani et al. 1981). Andere Hypothesen beinhalteten die Annahme, dass es

nach sieben Tagen der Ablatio retinae einen ersten Grenzwert für die visuelle Erholung gab und nach sechs Monaten einen zweiten (Gundry und Davies 1974). Davies hatte zuvor die kritische Dauer auf eine Woche geschätzt, während Gruposso nach zwei Wochen den Grenzwert zog (Davies 1972, Gruposso 1975).

Hassan et al. zeigten, dass bei Patienten, die innerhalb von zehn Tagen nach dem Ablösen mit Buckelchirurgie behandelt wurden, ein besserer postoperativer Visus erzielt wurde (Hassan et al. 2002). Mowatt et al. gaben in ihrem Artikel an, dass das mittlere postoperative Sehvermögen (LogMAR 0,35) bei Patienten mit einer Ablösung von unter einer Woche beobachtet wurde (Mowatt et al. 2005). Andere Studien zeigen, dass ab sechs Tagen nach der Netzhautablösung das Sehergebnis schlechter werden kann und bevorzugen eine Netzhautanlegung innerhalb von sieben Tagen (Kreissig 1977, McPherson et al. 1982, Oshima et al. 2000, Diederer et al. 2007).

Basierend auf einer ausführlichen Studie zu diesem Thema, die mehrere hundert Patienten umfasste, stellte Burton fest, dass kein Patient einen Visus von 1,0 erlangte, wenn die Symptome der Makulaablösung fünf Tage überschritten (Burton 1982). Sofern die rhegmatogene Ablatio retinae doch länger als fünf Tage bestand, sank der Visus (Visus am 13. Tag 0,33, Visus am 27. Tag 0,25) für jede weitere Woche vor der Operation bis zum 27. Tag. Wenn die rhegmatogene Ablatio retinae vier Wochen lang bestand, wurde der Visus alle zehn bis elf Tage bis Tag 70 schlechter (Visus am 37. Tag 0,20, Visus am 69. Tag 0,10). Im Gegensatz dazu definierten Kim et al. eine Verzögerung von sieben Tagen als Grenzwert, wonach das visuelle Ergebnis nicht durch eine weitere Verzögerung der Behandlung beeinträchtigt werde (Kim et al. 2013). Andere Studien stellten keinen Unterschied in Bezug auf das anatomische oder visuelle Ergebnis der Augen fest, die innerhalb von sieben bis zehn Tagen nach der Makulaablösung behandelt wurden (Cook et al. 1995, Hisatomi et al. 2002, Wakabayashi et al. 2009).

Dies steht teilweise im Einklang mit den Ergebnissen von Ross, der darlegte, dass die Dauer der Makulaablösung innerhalb der ersten Woche die visuelle Erholung nach der Operation nicht beeinflusst (Ross 2002).

Ross befasste sich im Jahre 2002 in einer unkontrollierten prospektiven Studie mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung in 104 Fällen mit der Frage, ob eine chirurgische Verzögerung innerhalb der ersten Woche den postoperativen

Visus beeinflussen würde. Die Patienten wurden untersucht und sorgfältig befragt, um den Beginn der Makulaablösung auf einen Zeitraum von 24 Stunden festlegen zu können. Ausgeschlossen wurden Patienten, die vorherige Netzhautoperationen hatten oder an Augenerkrankungen litten, die eine Erholung des zentralen Sehvermögens beeinträchtigen könnten. Die durchschnittliche Nachbetreuungszeit in der Studie von Ross betrug sechs Monate. Die Autoren verglichen drei Gruppen von Patienten, die zwischen ein bis zwei Tagen, drei bis vier Tagen sowie fünf bis sieben Tagen nach der Netzhautablösung operiert wurden. Ross fand zwischen den drei Gruppen keinen statistisch signifikanten ( $p = 0,533$ ) Unterschied in der postoperativen visuellen Erholung. Der Autor schlussfolgerte, dass eine Verzögerung der chirurgischen Reparatur innerhalb der ersten Woche eine gute visuelle Erholung nicht ausschließt (Ross 2002).

Die vorgelegte Studie zeigt, dass eine Operation bis zu drei Tage nach dem Verlust des zentralen Visus den besten postoperativen Visus ergibt (mittlerer finaler Visus von  $0,25 \pm 0,21$  logMAR im Vergleich zu  $0,29 \pm 0,24$  logMAR bei Patienten, die innerhalb von zehn Tagen operiert wurden  $p < 0,001$ ) (Tabelle 4). Die eigenen Ergebnisse werden durch die Meta-Analyse-Daten von van Bussel et al. bekräftigt, der aufzeigte, dass sich der postoperative Visus bereits nach einer maximalen (max.) Verzögerungszeit von drei Tagen bei 205 Patienten signifikant verschlechtert ( $p = 0,46$ ) und die Verschlechterung mit voranschreitender Dauer zunimmt (van Bussel et al. 2014). Ein paarweiser Vergleich von Patienten in unserer Studie, die am Tag eins, zwei oder drei operiert wurden, legt keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p = 1,00$ ) in dem postoperativen Visus dar (Tabelle 5). Hingegen wurde festgestellt, dass der postoperative Visus von Tag vier bis Tag zehn stetig abnimmt. Nach zehn Tagen Verlust des zentralen Sehvermögens war das Endergebnis klinisch vergleichbar und unabhängig von einer weiteren Verzögerung der Operation bis zu 30 Tagen.

Unsere Beobachtungen sind vergleichbar mit den veröffentlichten Ergebnissen von Henrich et al. In dieser Arbeit wurden die Patienten in drei Gruppen eingeteilt, die ein bis drei, vier bis sechs, oder sieben bis neun Tage nach Symptombeginn der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung operiert wurden. Im Vergleich zu der am Tag Null operierten Gruppe waren die Visusergebnisse der später operierten Patienten ab dem vierten Tag statistisch signifikant schlechter. Die ersten

drei Tage nach Ablösung der Makula scheinen ein relativ sicheres Intervall darzustellen, währenddessen eine operative Behandlung der Netzhautablösung mit Makulabeteiligung ohne eine signifikante Beeinträchtigung der Visusprognose aufgeschoben werden kann (Henrich et al. 2009).

Kikushima et al. ging noch weiter und empfahl, dass eine Wiederanlage der Netzhaut innerhalb der ersten zwei oder weniger Tagen erfolgen muss, um einen guten postoperativen Visus (0,5) zu erzielen. Ungefähr 90 Prozent der Patienten erreichten einen korrigierten Visus von 0,5, wenn die chirurgische Behandlung in weniger als zwei Tagen erfolgte. Zwischen dem 2. und 10. Tag nahm der Visus ab (~ 0,46). In der retrospektiven Studie von Kikushima et al. mit 126 Augen mit bullöser Ablatio retinae und Makulabeteiligung wurde der postoperative Visus nach Vitrektomie/Phakovitrektomie über zehn Tage bis sechs Wochen (Visus ~ 0,25) nach Netzhautablösung signifikant schlechter ( $p = 0,009$ ) (Kikushima et al. 2014).

Zusammenfassend zeigt sich im Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Zahlen in Bezug auf die Dauer der Netzhautablösung eine große Übereinkunft. Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung, die innerhalb der ersten drei Tage nach Einsetzen des Verlusts des zentralen Sehens chirurgisch behandelt wurden, haben einen besseren endgültigen Visus als Augen mit längerer Verzögerungszeit. Innerhalb der ersten drei Tage konnten wir jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p = 1,00$ ) feststellen (Tabelle 5). Obwohl das Ergebnis statistisch nicht signifikant ist ( $p = 1,00$ ), wird eine frühere chirurgische Therapie mit einem besseren klinischen postoperativen Visus bei Augen mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung auch bei okulären Begleiterkrankungen in Verbindung gebracht (Tabelle 3 und Tabelle 9). Bei Patienten mit weiterer Augenkomorbidität oder komplizierter Ätiologie zeigte sich der postoperative Visus in der Erholung klinisch begrenzt, im Vergleich zu Patienten ohne weitere ophthalmologische Begleiterkrankungen. Eine Operation der Ablatio retinae mit Beteiligung der Makula kann wahrscheinlich innerhalb der ersten zehn Tage nicht verschoben werden, ohne die visuelle Prognose des Patienten zu beeinträchtigen.

### **5.3 Präoperativer Visus**

Die Auswertung dieser Analyse zeigt, dass der präoperative Visus keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den postoperativ korrigierten Visus nach sechs Monaten (Studiengruppe 1) bzw. drei Monaten (Studiengruppe 2) hat (Tabelle 3 und Tabelle 8). Diese Aussage bezieht sich sowohl auf die Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung ohne komplizierte Ätiologie wie auch auf Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und zusätzlich komplizierter Ätiologie.

Die eigenen Daten stimmen mit den Ergebnissen von Ross et al. überein (Ross et al. 2005). Das Resultat unserer Studie passt außerdem zu den gewonnenen Daten von Kim et al., bei denen weder das Ausmaß der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung noch der präoperative Visus den endgültigen postoperativ korrigierten Endvisus beeinflusst (Kim et al. 2013).

Im Gegensatz dazu veröffentlichten Lecleire-Collet et al., dass der präoperative Visus die einzige klinische Variable in deren prospektiver Studie mit 20 Teilnehmern ist, die statistisch signifikant ( $p = 0,01$ ) mit dem postoperativen Visus korreliert (Lecleire-Collet et al. 2005). Diese Schlussfolgerung deckt sich auch mit den Ergebnissen weiterer Autoren, welche eine Korrelation zwischen dem präoperativen Visus und dem postoperativen korrigierten Visus und der anatomischen Erfolgsrate aufzeigten (Tani et al. 1981, Henrich et al. 2009).

### **5.4 Patientenalter**

Das Durchschnittsalter der Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen betrug 61 Jahre (Spannweite 26–93 Jahre). Bei Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen lag das Durchschnittsalter fünf Jahre höher, also bei 66 Jahren (Spannweite 17–100 Jahre).

Das Durchschnittsalter ist nicht verwunderlich, da es sich bei der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung vorwiegend um eine Erkrankung des älteren Menschen handelt (Grehn 2012).

Die statistische Auswertung zeigt, dass das Alter keinen Einfluss auf den postoperativen Visus hat. Die Bedeutung des Patientenalters für die Erholung des postoperativen Visus ist in der Literatur widersprüchlich beschrieben. Während



einige Studien zu dem Schluss gekommen sind, dass der endgültige postoperative Visus vom Alter des Patienten abhängen kann (Tani et al. 1981, McPherson et al. 1982, Rowe et al. 1999, Mowatt et al. 2005, Kim et al. 2013), haben andere diesbezüglich keine Hinweise gezeigt (Gundry und Davies 1974, Kreissig 1977, Ross und Stockl 2000, Leclaire-Collet et al. 2005, Ross et al. 2005, Henrich et al. 2009, Kikushima et al. 2014).

Die schlechteren Ergebnisse bei Augen älterer Patienten könnten durch altersbedingte Prozesse wie zum Beispiel Katarakterkrankungen und Makuladegeneration bedingt sein. Daher weisen hingegen jüngere Patienten möglicherweise ein besseres visuelles Ergebnis vor (Burton 1977, Kreissig 1977, Tani et al. 1981).

Aus unseren Daten lässt sich schließen, dass das Patientenalter kein präoperativer Faktor ist, der auf den postoperativen Visus nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung Einfluss hat.

## **5.5 Myopie**

In dieser Studie haben von 112 Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie 17 Patienten (15 %) eine Myopie. Eine hohe Myopie wurde definiert, wenn  $\geq 6$  Dioptrien vorlagen.

Kusaka et al. belegten Myopie (gleich oder mehr als vier Dioptrien) als limitierenden Faktor für die kurzfristige und langfristige visuelle Erholung nach Ablatio retinae (Kusaka et al. 1998).

Die eigenen Ergebnisse zeigen, dass das Risiko für postoperative Sehstörungen statistisch nicht signifikant ( $p = 1,00$ ) erhöht ist, wenn das von rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung betroffene Auge vor der Operation myop ist. Im Vergleich zu ansonsten ophthalmologisch gesunden Patienten waren die prä- und postoperativen korrigierten Visus-Werte der Patienten mit Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und Myopie schlechter (Tabelle 8).

Die eigenen Daten stimmen mit denen von Ahmadieh et al. überein, welche keinen statistisch signifikanten Unterschied des anatomischen Erfolgs bei myopen Patienten sechs Monate nach Buckelchirurgie und Vitrektomie feststellten (Ahmadieh et al. 2005).

Unsere Beobachtung steht zum Teil im Gegensatz zu den in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen (Kusaka et al. 1998). Mögliche Gründe dafür könnten die niedrige Patientenzahl (17 Patienten mit Myopie) sein, die nicht repräsentativ genug war. Zudem wurde die Studiengruppe mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und Myopie mit Patienten verglichen, die andere ophthalmologische Vorerkrankungen oder eine komplizierte Ätiologie hatten – und nicht mit Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung ohne weitere ophthalmologische Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie, wie das häufig in anderen Studien der Fall war (Gundry und Davies 1974).

## **5.6 Riesenrissablatio**

Eine Sonderform der rhegmatogenen Ablatio retinae ist die Riesenrissablatio. Bei dieser Form setzt der Glaskörperzug am zentralen Rissrand an. Dadurch kommt es zu Rissen, die sich über 90 Grad erstrecken oder sogar mehr als die Hälfte der Zirkumferenz betreffen (Grehn 2012, Randolph et al. 2016). Riesenrissablationes präsentieren sich klinisch häufig durch Glaskörperblutungen (Shunmugam et al. 2014).

Die chirurgische Behandlung ist immer anspruchsvoll, mehrere Behandlungsmöglichkeiten wurden beschrieben (Pitcher et al. 2015, Randolph et al. 2016, Kumar et al. 2018). Randolph et al. befürworten Operationstechniken mit Hilfe von zusätzlichem Perfluorocetan, andere Autoren wie Falkner et al. berichten über die reine Silikonöltamponade als Standard bei der Behandlung komplizierter Ablationes (Randolph et al. 2016, Falkner et al. 2001).

In dieser Studie war die Wahrscheinlichkeit eines schlechteren postoperativen Endvisus nicht statistisch signifikant höher ( $p = 1,00$ ), wenn die Patienten eine Riesenrissablatio aufwiesen (Tabelle 8). Es wurden sechs von neun Patienten mit

Riesentrissablatio mit einer Silikonöltamponade behandelt. Teke et al. berichteten von einer Verbesserung des postoperativen Visus bei Patienten mit angelegter Netzhaut nach Entfernung des Silikonöls (Teke et al. 2014). In unserer Studie wurde der postoperative Visus vor der Entfernung des Silikonöls gemessen. Dies ist eine Einschränkung für diese Studiengruppe, da nach der Ölentfernung eine Verbesserung des postoperativen Visus zu erwarten ist. Zu berücksichtigen ist die kleine Anzahl von Patienten, die eine rhegmatogene Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und Riesentrissablatio aufwiesen (n = 9).

## **5.7 Phake und pseudophake Augen**

Nach einer Kataraktoperation entwickeln < 1 Prozent der Patienten eine „Pseudophakie-Ablatio“, besonders häufig betroffen sind Patienten nach einer komplizierten Kataraktchirurgie oder mit Myopie (Grehn 2012). Durch die hohe Anzahl der Katarakteingriffe, besonders bei älteren Menschen in der westlichen Welt, stellt die „Pseudophakie-Ablatio“ ca. 40 Prozent aller Ablationes dar (Ah-Fat et al. 1999, Grehn 2012, Setlur et al. 2015). Nach Clark et al. war das zwischen 1980 und 2001 in Westaustralien die häufigste Komplikation (0,70 %) nach einer Kataraktoperation (Clark et al. 2011). In einer anderen Studie untersuchten die Autoren den Zeitraum nach erfolgter Kataraktchirurgie, in dem die Patienten ein erhöhtes Risiko haben, an einer rhegmatogenen Ablatio retinae zu erkranken. Bjerrum et al. stellten fest, dass nach elf Jahren Patientenbeobachtung drei von vier pseudophaken Ablationes retinae auf eine Kataraktoperation zurückgeführt werden konnten (Bjerrum et al. 2013). In sechs Jahren Patientenbeobachtung nach Kataraktoperation war die Inzidenz von rhegmatogener Ablatio retinae bei pseudophaken Patienten immer noch um das 7,5-Fache (95%-Konfidenzintervall 1,6–22,0) höher als in der Referenzgruppe (Norregaard et al. 1996). Rowe et al. führten auf, dass zehn Jahre nach Phakoemulsifikation und extrakapsulärer Kataraktextraktion die geschätzte kumulative Wahrscheinlichkeit, an einer rhegmatogenen Ablatio retinae zu erkranken, 5,5-mal (3,4–7,6) höher war als in der Kontrollgruppe ohne Kataraktoperation (Rowe et al. 1999).

In dieser Studie wiesen von 112 Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie 61 Patienten (54,4 %) eine Pseudophakie auf. Davon besaßen 90 Prozent der Patienten mit pseudophaken Augen während der letzten fünf Jahre eine Phakoemulsifikation mit intraokularer Linsenimplantation. Die Auswertungen zeigen, dass das Risiko für postoperative Sehstörungen statistisch nicht signifikant von anderen okulären Komorbiditäten abweicht, wenn das Auge vor der Operation bereits pseudophak ist (Tabelle 8).

Unsere Ergebnisse unterstützen die Studie von Thelen et al., bei denen die Erfolgsraten der Behandlung von rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung unabhängig vom Linsenstatus des Patienten waren (Thelen et al. 2012). In einer prospektiven Fall-Kontroll-Studie von 52 Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung konnte Ross et al. keinen signifikanten Einfluss des Linsenstatus auf den postoperativen Visus feststellen (Ross et al. 2005). Das Ergebnis unterstreicht die Befunde der hier vorliegenden Arbeit.

In dieser Studie wurden pseudophake Augen mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung mit Patienten verglichen, die eine andere ophthalmologische Vorerkrankung oder komplizierte Ätiologie hatten (Myopie, Riesenrissablatio und multiple Netzhautlöcher) (Tabelle 8). Diese Herangehensweise unterscheidet sich von den meisten, die in der Literatur beschrieben worden sind, bei denen pseudophake Augen mit phaken Augen nach rhegmatogener Ablatio retinae verglichen wurden. Ein weiterer Unterschied zu den meisten beschriebenen Fällen in der Literatur ist, dass in dieser Studie nicht alle pseudophaken Augen mit der gleichen operativen Methode behandelt wurden.

Diese unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen führen dazu, dass unsere Ergebnisse nur eingeschränkt mit den aus der Literatur angeführten Resultaten verglichen werden können.

## 5.8 Multiple Netzhautrisse

Bei der Identifizierung des primären Netzhautrisses werden häufig multiple Netzhautrisse festgestellt. Ungefähr 50 Prozent der Patienten mit einer Ablatio retinae weisen mehr als einen Riss auf (Mitry et al. 2011, Kanski und Bowling 2012, Orlin et al. 2014, Shunmugam et al. 2014). Shunmugam et al. präsentierten in ihren Ergebnissen, dass für Patienten mit Netzhautrissen im unteren Quadranten das Risiko von Mehrfachrissen am höchsten war (Shunmugam et al. 2014). Diese Daten sind mit den Ergebnissen von Mimouni et al. gut vereinbar, welche darlegten, dass in der Gruppe der multiplen Netzhautrisse ein signifikant höherer Anteil der Netzhautrisse im unteren Quadranten vorzufinden war (63 % versus 26 %;  $p < 0,001$ ) (Mimouni et al. 2016). Feltgen et al. beschrieben in phaken, pseudophaken und aphaken Augen mit rhegmatogener Ablatio retinae, die durch Buckelchirurgie oder Pars-plana-Vitrektomie behandelt wurden, multiple Netzhautrisse als einen signifikanten ( $p = 0,0004$ ) Risikofaktor für eine schlechtere anatomische Erfolgsrate (Feltgen et al. 2013).

In dieser Studie hatten von 112 Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie 25 Patienten (22,3 %) multiple Netzhautrisse. Nach unserer Analyse ist das Risiko für postoperative Sehstörungen bei Patienten mit multiplen Netzhautrissen statistisch nicht signifikant höher ( $p = 1,00$ ) als bei anderen okulären Begleiterkrankungen (Pseudophakie, hohe Myopie, Riesenrissablatio) (Tabelle 8). Die eigenen Daten bekräftigen die Ergebnisse von Mimouni et al.: Die primäre anatomische Erfolgsrate und das visuelle Ergebnis der rhegmatogenen Ablatio retinae mit multiplen Netzhautrissen in mehreren Quadranten sind dem der Netzhautrisse in einem einzelnen Quadranten bei der Behandlung von 25-Gauge Pars-plana-Vitrektomie ähnlich (Mimouni et al. 2016). Ferner berichten Tani et al. und Kikushima et al., dass die Anzahl der Netzhautrisse keine statistisch signifikante Relevanz auf die anatomischen und funktionalen Ergebnisse hat (Tani et al. 1981, Kikushima et al. 2014). Desgleichen konnten Henrich et al. keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der Netzhautrisse und dem korrigierten Endvisus feststellen (Henrich et al. 2009).

## 5.9 Operationstechniken

Untersucht wurden zwei Studiengruppen mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung, die sich hinsichtlich des Vorliegens ophthalmologischer Vorerkrankungen sowie der verwendeten Therapiemethode unterschieden. In der vorliegenden Studie zeigten Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung ohne ophthalmologische Vorerkrankungen, die mit Pars-plana-Vitrektomie oder Phakovitrektomie chirurgisch behandelt wurden, einen ähnlichen postoperativen Visus (0,20 logMAR und 0,21 logMAR) (Tabelle 6). Dagegen führte die operative Therapie mittels Buckelchirurgie zu einem statistisch signifikant schlechteren postoperativen Visus (0,41 logMAR) (Tabelle 6), obwohl der präoperative Visus bedeutend besser in dieser Studiengruppe war ( $p = 0,012$  und  $p = 0,007$ ). Die Zeit zwischen dem Einsetzen des zentralen Visusverlusts und dem chirurgischen Eingriff war in beiden Gruppen ähnlich.

Hingegen war bei Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie der postoperative Visus statistisch signifikant unterschiedlich ( $p = 0,033$ ) bei den Patienten, die durch Buckelchirurgie oder Phakovitrektomie mit Silikonöl behandelt wurden (Tabelle 10). Diese Studiengruppe wies schlechtere prä- und postoperative Werte als zuvor gesunde Augen auf. Patienten aus dieser Studiengruppe waren in der Erholung des postoperativen Visus klinisch limitiert – im Vergleich zu denen, die keine weiteren ophthalmologischen Vorerkrankungen aufwiesen. Dieser Unterschied war nach Phakovitrektomie mit SF6 statistisch signifikant ( $p = 0,023$ ) und deutet darauf hin, dass das Vorhandensein einer komplizierten Ätiologie oder einer Augenvorerkrankung das postoperative Ergebnis verschlechtert (Tabelle 11).

In dieser Studie fand die Kombinationstherapie aus Pars-plana-Vitrektomie und Buckelchirurgie als weitere Behandlungsmethode bei rhegmatogener Ablatio retinae keine Anwendung (Setlur et al. 2015, Moradian et al. 2016). Bei der verknüpften Behandlungsmethode von nichtkomplexer rhegmatogener Ablatio retinae wurde von Orlin et al. kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,76$ ) hinsichtlich des anatomischen Erfolgs beim Vergleich von 23-Gauge/25-Gauge Pars-plana-Vitrektomie alleine oder in Kombination mit Buckelchirurgie festgestellt (Orlin et al. 2014). Setlur et al. verglichen die Kombination beider

Behandlungsmöglichkeiten, 23-Gauge Pars-plana-Vitrektomie und Buckelchirurgie gegen die alleinige Therapie mit 23-Gauge Pars-plana-Vitrektomie. Beide Methoden stellen effektive Therapieoptionen bei Ablatio retinae in pseudophaken Augen dar. Auch hier konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 1,000$ ) zwischen den beiden Operationsmethoden festgestellt werden. Das Ergebnis bezieht sich sowohl auf Augen *mit* Ablatio retinae mit Makulabeteiligung wie auch bei Ablatio retinae *ohne* Makulabeteiligung (Setlur et al. 2015).

In der Literatur finden sich zur operativen Versorgung der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung mit und ohne weitere ophthalmologische Vorerkrankungen keine klaren Empfehlungen. Hinsichtlich der Operationstechnik stehen heute bei rhegmatogener Ablatio retinae die Buckelchirurgie, die Pars-plana-Vitrektomie und Phakovitrektomie zur Verfügung. Zwischen 2005 und 2008 durchgeführte Studien zeigen auf, dass die primäre Pars-plana-Vitrektomie bei rhegmatogener Ablatio retinae im Vergleich zur Methode der Buckelchirurgie zu unterschiedlichen anatomischen wie auch visuellen Ergebnissen führen kann (Ahmadiet al. 2005, Brazitikos et al. 2005, Halberstadt et al. 2005, Heimann et al. 2007, Pastor et al. 2008). Wolfensberger bestätigte, dass die Wiederanlagerung der Fovea nach der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung schneller nach der Pars-plana-Vitrektomie erfolgte als nach der Buckelchirurgie (Wolfensberger 2004). Pitcher et al. geben in ihrer retrospektiven Studie 2015 mit 58 Patienten an, dass der finale postoperative Visus nach Buckelchirurgie einer Riesenrissablatio retinae beinahe statistisch signifikant ( $p = 0,7$ ) schlechter war als nach einer Pars-plana-Vitrektomie (Pitcher et al. 2015).

Ebenso in pseudophaken Augen mit Ablatio retinae zeigten mehrere Studien, dass die primäre Pars-plana-Vitrektomie der Buckelchirurgie in anatomischen und visuellen Ergebnissen überlegen war (Campo et al. 1999, Speicher et al. 2000, Kim et al. 2013).

Die Vorteile einer primären Pars-plana-Vitrektomie bei der Behandlung von einer Ablatio retinae in pseudophaken Augen scheinen eine wirksamere Identifizierung und Lokalisierung der verursachenden Netzhautrisse zu sein. Weitere Vorteile mit dieser Operation scheinen eine höhere Netzhautwiederanlage, das fehlende Risiko eines vitrektomie-induzierten Katarakts und die kürzere Operationszeit zu sein (Kim et al. 2013). Trotz des Unterschieds in der Anzahl nötiger Eingriffe zur Behandlung

pseudophaker Augen mit Ablatio retinae mit deutlich erhöhter Anzahl auf Seiten der Methode der Buckelchirurgie, ergaben sich ein Jahr nach Behandlung anatomisch und visuell sehr ähnliche Ergebnisse nach Buckelchirurgie und Pars-plana-Vitrektomie (Brazitikos et al. 2005).

Allerdings scheinen phake Augen hinsichtlich der Visusverbesserung von einer Buckelchirurgie zu profitieren (Ahmadiéh et al. 2005, Brazitikos et al. 2005, Halberstadt et al. 2005, Heimann et al. 2007, Pastor et al. 2008). Heimann et al. bekräftigte in seiner randomisierten prospektiven multizentrischen Studie die Verbesserung des postoperativen Visus in phaken Augen nach Buckelchirurgie vor der Kataraktoperation. In pseudophaken Augen nach rhegmatogener Ablatio retinae wurde kein Unterschied des postoperativen Visus nach Vitrektomie oder Buckelchirurgie identifiziert (Heimann et al. 2007).

Die anatomische Erfolgsrate hängt zudem auch von der präoperativen Pathologie ab. Anatomische Erfolgsraten nach einer Buckelchirurgie oder einer Pars-plana-Vitrektomie können bis zu 96 Prozent betragen (La Heij et al. 2000).

In der klinischen Erfahrung bietet die Buckelchirurgie eine gute und sichere chirurgische Option und wird vorzugsweise in Fällen von rhegmatogener Ablatio retinae in 1 bis 2 Quadranten (3 bis 6 Uhr) verwendet, an denen die Makula nicht beteiligt ist (Frings et al. 2016). Passend dazu berichten Tani et al. von einem statistisch signifikant besseren ( $p < 0,001$ ) anatomischem und visuellem Ergebnis nach Buckelchirurgie bei rhegmatogener Ablatio retinae ohne Makulabeteiligung (Tani et al. 1980).

In unserer Studie führte die Behandlung durch die Buckelchirurgie zu einem statistisch signifikant schlechteren postoperativen Visus ( $p = 0,012$  und  $0,007$ ) (Tabelle 6). Der negative Trend in dieser Studie könnte durch das Fehlen präoperativer optischer Kohärenztomographiedaten erklärt werden. Es scheint, als habe der Grad der Makulaablösung einen wesentlichen Einfluss auf das funktionelle Ergebnis der Buckelchirurgie bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung zum Zeitpunkt der Wiederanlage der Netzhaut. Ross zeigte, dass ein geringer Grad der Makulaablösung mit einer besseren visuellen Erholung korreliert (Ross 2002). Weitere klinische Untersuchungen, Tierversuche und aktuelle Studien zur optischen Kohärenztomographie stützen diese Hypothese



(Machemer 1968, Tani et al. 1981, McPherson et al. 1982, Hagimura et al. 2000, Lecleire-Collet et al. 2005, Mowatt et al. 2010, Khanzada et al. 2014). Einschränkungen in der objektiven Beurteilbarkeit ergeben sich aus dem Ausbildungsstand und Erfahrungsstand des jeweiligen Operateurs, sowie der Struktur des Ausbildungscurriculums zum Ophthalmologen. Die Technik der Buckelchirurgie wird zu einem früheren Zeitpunkt erlernt als die der Pars-plana-Vitrektomie, sodass die schlechteren Ergebnisse der Buckelchirurgie dadurch erklärt werden könnten.

Zwar lässt sich eine Selektion bei der Patientenauswahl nicht vollständig ausschließen, dennoch halten wir es für unwahrscheinlich, dass sogenannte „weniger komplizierte Fälle“ der Pars-plana-Vitrektomie und „schwerwiegendere Fälle“ der Buckelchirurgie zugeführt wurden. Als mögliche Erklärungen für das Ergebnis wären nicht registrierte ophthalmologische Vorerkrankungen denkbar, primäre oder sekundäre Katarakt, ebenso die Bildung einer epiretinalen Gliose, ein negativer Einfluss des höheren Patientenalters oder eine schnellere Anlage der Makula nach Pars-plana-Vitrektomie.

Der postoperative Visus unterschied sich in dieser Studie zudem statistisch signifikant zwischen den Augen, die mit Buckelchirurgie oder der Phakovitrektomie mit Silikonöl ( $p = 0,033$ ) behandelt wurden (Tabelle 10). Allerdings ist die Aussagekraft als eingeschränkt zu sehen, da die Operationstechniken sowohl bei Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung *ohne* weitere ophthalmologische Vorerkrankungen wie auch bei Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung *und* ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie eingesetzt wurden. Diese beiden Studiengruppen sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Eine wahrscheinlich zutreffende Erklärung für das Ergebnis ist, dass ein größerer Teil der pseudophaken Augen einer Pars-plana-Vitrektomie unterzogen wurde, aufgrund der Befürchtung, dass kleinere periphere Brüche vorliegen würden und während der präoperativen Untersuchung nicht ausreichend einzusehen wären.

Viele Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae werden aufgrund der Datenlage mit Pars-plana-Vitrektomie behandelt, obwohl nicht klar ist, ob frühere Studien, in denen vordergründig mit Buckelchirurgie behandelt wurde, mit neueren Studien

verglichen werden können. Direkte Vergleiche zwischen diesen Studien sind möglicherweise aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns, -methodik und teilweise unterschiedlichen ophthalmologischen Voraussetzungen nicht möglich (Minihan et al. 2001).

Basierend auf unseren Ergebnissen kommen wir zu dem Schluss, dass derzeit nicht eine alleinige Operationstechnik für alle Fälle von rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung als Methode der Wahl angesehen werden kann – weder mit noch ohne ophthalmologische Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie.

## **5.10 Limitationen**

Es gibt mehrere mögliche Störfaktoren, die unsere Ergebnisse beeinflusst haben könnten.

Als Schwachpunkt muss das retrospektive, nicht randomisierte und unkontrollierte Studiendesign genannt werden.

Die Studiengruppen variieren in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Gruppenzusammensetzung (zum Beispiel Anzahl der ophthalmologischen Vorerkrankungen, komplizierte Ätiologie oder Operationstechniken). Dieser Umstand lässt sich auf das retrospektive Studiendesign zurückführen. Aufgrund der nicht standardisierten Bedingungen bei der Bestimmung des prä- und postoperativen Visus, unterliegen die Ergebnisse einer gewissen Variabilität.

Aufgrund des retrospektiven Designs der Studie gab es eine große Bandbreite in der Nachbeobachtungsdauer. In dieser Studie gab es eine Nachbetreuungszeit von mindestens drei bzw. sechs Monaten. Obwohl sich der Visus bis zu fünf Jahre nach der Ablatio-retinae-Operation verbessern kann, wurde berichtet, dass die meisten Patienten drei bis sechs Monate nach der Operation bereits einen stabilen Visus besitzen (Liem et al. 1994, Ross und Kozy 1998).

Dieses Ergebnis passt zu dem von Kreissig et al., welche bei all ihren Patienten eine Visusverbesserung feststellen konnten, mit einer maximalen Verbesserung in den ersten drei Monaten nach der operativen Wiederanbringung der Netzhaut und

Makula (Kreissig et al. 1981). Diederer et al. gaben in ihrem Artikel 2007 an, einen raschen Anstieg des Visus in den ersten sechs Monaten nach der operativen Wiederanbringung der Makula beobachten zu können. Danach wurde die visuelle Verbesserung langsam und nur minimal verbessert, mit dem besten Ergebnis sechs Monate nach der Operation (Diederer et al. 2007). Der beste postoperative Visus wurde von Sabates et al. und Kreissig ein Jahr nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung gemessen (Sabates et al. 1989, Kreissig 1977). Chang und Kim stellten einen besseren Visus fünf Jahre nach der Operation im Vergleich zu sechs Monaten postoperativ fest. Bei diesen Patienten verbesserten sich der Visus bis zu zehn Jahre nach der Operation (Chang und Kim 2000). Zu einem sehr ähnlichen Ergebnis kamen auch Kusaka et al.: Von den 32 langfristig untersuchten Patienten-Augen hatten 17 Augen (53 %) fünf Jahre nach der Operation einen besseren Visus als drei Monate postoperativ. Bei diesen 17 Augen verbesserten sich der Visus bis zu zehn Jahre nach der Operation weiter (Kusaka et al. 1998). Mit den in der Literatur angegebenen Ergebnissen verglichen, wäre eine längere Nachbeobachtungszeit vorzuziehen gewesen, um möglicherweise eine weitere Verbesserung des Visus nach erfolgreicher Operation beobachten zu können.

Häufig werden Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie in Studien ausgeschlossen. Daher ist es ein Qualitätsmerkmal der vorliegenden Studie, dass alle ausgewählten Patienten eine rhegmatogene Ablatio retinae mit Makulabeteiligung aufweisen. Darüber hinaus haben wir nur Patienten eingeschlossen, bei denen eine Wiederanlage der Netzhaut anatomisch erfolgreich war. Aufgrund dieser Vorauswahl minimierte sich die Anzahl der untersuchten Patienten bereits vorab. Fehlende Daten zum exakten Zeitpunkt des Verlustes der zentralen Sehschärfe führten zu einer weiteren Reduktion der Studiengruppe. Die Anzahl der Patienten in dieser Studie wurden zusätzlich aufgrund strenger Ein- und Ausschlusskriterien stark verringert. Angesichts der dezimierten Fallzahlen konnten keine statistischen Unterschiede im postoperativen Visus zwischen Tag eins (n = 10), Tag zwei (n = 15) und Tag drei (n = 8) gezeigt werden.

Aufgrund der strengen Ein- und Ausschlusskriterien befinden sich keine Patienten in der untersuchten Studiengruppe mit altersbedingter Makuladegeneration, diabetischer Retinopathie (einschließlich Hintergrundretinopathie), primärem

Offenwinkelglaukom, jeglicher Form von Uveitis oder irgendeiner vorherigen intraokularen Operation außer einer Kataraktoperation. Diese Tatsache spiegelt wegen der strengen Ein- und Ausschlusskriterien möglicherweise nicht die Verteilung in der deutschen Bevölkerung wider.

Ein weiterer Faktor, der die Ergebnisse beeinflusst haben könnte, ist die Schätzung der Dauer der Netzhautablösung durch den Patienten. Es wurden nur Patienten in die Studie einbezogen, bei denen eine genaue Dokumentation über den Beginn des zentralen Visusverlusts auf einen spezifischen Zeitraum von 24 Stunden begrenzt werden konnte, ähnlich wie in der Studie von Hassan et al. und Kim et al. (Hassan et al. 2002, Kim et al. 2013). Die Bestimmung ist somit abhängig von der Zuverlässigkeit und Genauigkeit des Patienten und kann als Folge zu möglichen Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Symptombdauer geführt haben.

Es wurde gezeigt, dass eine geringere Höhe der Makulaablösung mit einer besseren postoperativen visuellen Erholung korreliert (Tani et al. 1981, McPherson et al. 1982, Hagimura et al. 2000, Leclaire-Collet et al. 2005, Thelen et al. 2012). Dieser wichtige präklinische Befund konnte nicht in unsere Analyse miteinbezogen werden, da präoperative optische Kohärenztomographiedaten nicht bei allen Patienten vorhanden waren. Dies ist eine Einschränkung dieser Studie, da die Ablösungshöhe unabhängig von der Ablösedauer mit den endgültigen Visusergebnissen in Verbindung gebracht wird (Hagimura et al. 2000, Ross et al. 2005). Darüber hinaus könnten Befunde aus der Perimetrieuntersuchung oder der fokalen Elektroretinographie bei der Diskussion der Netzhautintegrität nach der Ablösung von Vorteil sein. Diese Daten lagen ebenfalls nicht vollständig vor.

Die Behandlungen der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung wurden von sechs verschiedenen Ophthalmologen durchgeführt. Eine gewisse Präferenz des behandelnden Ophthalmologen bei schwierigen Ausgangslagen für eine Pars-plana-Vitrektomie oder eine kombinierte Pars-plana-Vitrektomie mit Phakoemulsifikation, wie auch die Präferenz eines Chirurgen zu komplexeren Fällen, ist nicht auszuschließen. Zudem hängt das Ergebnis jeder Operation auch von der Erfahrung des jeweiligen Chirurgen ab.

## 5.11 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass Patienten, die bis zu 72 Stunden nach Beginn des Verlusts der Sehschärfe bei rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung behandelt wurden, ein besseres visuelles Ergebnis erreichen als jene Patienten mit längeren Verzögerungszeiten (Tabelle 3 und Tabelle 8). Innerhalb der ersten 72 Stunden wurde jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 1,00$ ) im Ergebnis festgestellt (Tabelle 5). Nach zehn Tagen zentralen Visusverlusts ist das endgültige visuelle Ergebnis vergleichbar mit Behandlungen bis zu 30 Tagen nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und unabhängig von weiterem Verzug.

Wir konnten keinen Einfluss einer der untersuchten ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie auf das endgültige visuelle Ergebnis nachweisen (Tabelle 8). Dieses Ergebnis ist, aufgrund einer geringen Anzahl von Patienten ( $n = 112$ ) mit ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie, unter Vorbehalt zu betrachten. Außerdem gab es keinen signifikanten Einfluss des Alters oder des präoperativen Visus auf das endgültige visuelle Ergebnis. Die Augen nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und ophthalmologischen Vorerkrankungen zeigten jedoch einen schlechteren prä- und postoperativen Visus im Vergleich zu ansonsten ophthalmologisch gesunden Augen.

Die genannten chirurgischen Therapievarianten führten alle zu einem Behandlungserfolg, das heißt der anatomischen Wiederanlage der Netzhaut. Augen, die mit einer rhegmatogenen Ablatio retinae und mit Makulabeteiligung ohne weitere ophthalmologische Vorerkrankungen durch eine Vitrektomie versorgt wurden, zeigten bessere visuelle Ergebnisse als die Augen, bei denen eine Buckelchirurgie durchgeführt wurde (Tabelle 6). Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie wiesen einen statistisch signifikanten Unterschied ( $p = 0,033$ ) im postoperativen Visus zwischen den Augen nach Buckelchirurgie und Phakovitrektomie mit Silikonöl auf (Tabelle 10).

Wir schlussfolgern, dass die operative Behandlung der rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung schnellstmöglich erfolgen sollte, wenn das Ereignis nicht mehr als zehn Tage zurück liegt.

## **5.12 Ausblick**

Wir konnten zur Beantwortung der Frage beitragen, wie viele Tage nach dem Einsetzen der Symptome bis zur Operation vergehen dürfen, ohne dass der Patient einen Nachteil des postoperativen visuellen Endergebnisses aufweist. Innerhalb der ersten 72 Stunden konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 1,00$ ) des Ergebnisses festgestellt werden (Tabelle 5). Dies könnte an der durch die strengen Ein- und Ausschlusskriterien stark dezimierten Patientengröße liegen (Tag 1  $n = 10$ , Tag 2  $n = 15$ , Tag 3  $n = 8$ ). Zur abschließenden Beantwortung dieser wichtigen Frage bedarf es einer größeren Fallzahl in der nächsten Untersuchung. Das wäre durch Hinzuziehen weiterer Institutionen mit großen Datenbanken in Form einer Multicenterstudie realisierbar.

Ein weiterer Aspekt, um die Dauer bis zur Netzhautanlegung so gering wie möglich zu halten, wäre eine ausführliche Aufklärung der typischen Symptome einer rhegmatogenen Ablatio retinae mit Makulabeteiligung bei Patienten mit Risikofaktoren für eine rhegmatogene Ablatio retinae. Um damit die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass sich erkrankte Patienten sofort nach Symptombeginn bei einem Ophthalmologen vorstellen.

Der Aspekt, ob sich das visuelle Endergebnis aufgrund unterschiedlicher Operationstechniken bei Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie unterscheidet, bedarf einer weiteren Klärung. Um Patienten mit Ablatio retinae mit Makulabeteiligung und ophthalmologischen Vorerkrankungen oder komplizierter Ätiologie die individuell optimale Therapie anbieten zu können, sind zusätzliche Erhebungen notwendig. Sowohl die anatomische Wiederanbringungsrate wie auch die funktionelle Besserung sind von besonderer Bedeutung. Zusätzlich wäre es notwendig, in einer folgenden Studie weitere typische ophthalmologische Vorerkrankungen, die in unserer Studiengruppe nicht vorhanden waren, einzubeziehen.

Um den Evidenzgrad der Datenerhebung zu erhöhen wäre eine prospektive, kontrollierte, randomisierte klinische Studie unabdingbar. Jene Untersuchungen sind allerdings aufwendig und ohne weitere personelle, logistische und finanzielle Unterstützungen schwer durchführbar.

Zur Untersuchung des Effekts einer bestimmten Variable – in unserem Fall der Dauer des Visusverlusts – sind homogene Studiengruppen, präzise Ein- und Ausschlusskriterien, gleiche Zeitpunkte der Visuskontrollen und längere Nachbetreuungszeiträume notwendig, da nur so zuverlässig der Einfluss anderer Faktoren minimiert werden kann.

## 6. Zusammenfassung

### 6.1 Deutsche Version

Die vorgelegte Studie nahm sich zum Ziel, das visuelle Endergebnis von Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung in Abhängigkeit von der Symptombdauer der Makulaablösung zu analysieren. Das sekundäre Untersuchungsziel war, herauszufinden, welchen Einfluss die unterschiedlichen Operationstechniken, ophthalmologischen Vorerkrankungen, komplizierten Ätiologien und verschiedenen präoperativen Faktoren auf den endgültigen Visus haben. Retrospektiv wurden 1727 Patienten mit einer primären rhegmatogenen Ablatio retinae untersucht, die zwischen Februar 2010 und Februar 2015 in der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg behandelt wurden. Die Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten 89 Patienten (5,2 %). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Patienten, die bis zu 72 Stunden nach Verlust des zentralen Sehens operiert wurden, den besten postoperativen Visus ( $p < 0,001$ ) aufweisen. Innerhalb der ersten 72 Stunden konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 1,00$ ) des Ergebnisses festgestellt werden. Nach zehn Tagen Symptombdauer konnte kein relevanter Unterschied im Ergebnis des postoperativen Visus nachgewiesen werden. Das visuelle Ergebnis ist vergleichbar mit einer weiteren Verzögerung von 30 Tagen. Die Patienten mit rhegmatogener Ablatio retinae und Makulabeteiligung, die durch die Buckelchirurgie behandelt wurden, weisen einen statistisch signifikant schlechteren postoperativen Visus (0,41 logMAR) auf als Patienten, die mit einer Vitrektomie (0,20 logMAR) operiert wurden. Hingegen war bei Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen der postoperative Visus statistisch signifikant unterschiedlich ( $p = 0,033$ ) bei den Augen, die durch Buckelchirurgie oder Phakovitrektomie mit Silikonöl behandelt wurden. Es gab keine statistisch signifikante Auswirkung von einer der untersuchten Augen-Komorbiditäten (hohe Myopie, Pseudophakie, Riesenrissablatio, multiple Netzhautrisse), des Alters oder des präoperativen Visus auf den endgültigen Visus. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die operative Behandlung vorzugsweise innerhalb der ersten 72 Stunden nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung durchgeführt werden sollte. Eine Operation bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung kann daher sehr wahrscheinlich innerhalb der ersten zehn Tage nicht verschoben werden, ohne die visuelle Prognose des Patienten zu beeinträchtigen.



## 6.2 Englische Version

The aim of this study was to examine how the duration of the macular off-detachment correlated with the final visual outcome of patients suffering from rhegmatogenous ablatio retinae with macular participation. A secondary aim was to ascertain the influence of different surgical techniques, pre-existing eye conditions, complex etiologies and various preoperative factors on the final visual outcome.

The retrospective research conducted at the University Hospital of Hamburg (Universitätsklinikum Eppendorf) investigated 1727 patients suffering from primary rhegmatogenous ablatio retinae between February 2010 and February 2015. Among the selected cases of macula-off retinal detachment, 89 eyes (5.2 %) met the inclusive and exclusive criteria.

The results of this study indicate that patients who underwent surgery up to 72 hours after losing their central vision showed the best postoperative final visual acuity ( $p < 0.001$ ). No statistically significant ( $p = 1.00$ ) difference could be determined within the first 72 hours. After a symptom duration of ten days, there was no relevant difference of the postoperative visual outcome detectable as the visual acuity was comparable to that after a further delay of 30 days.

Patients suffering from macula-off retinal detachment who were treated by using a scleral buckling show a postoperative visual acuity that is significantly worse (0.41 logMAR) than that of patients who underwent a vitrectomy (0.20 logMAR). For those patients suffering from macula-off retinal detachment in combination with a pre-existing eye disease or a complex etiology, the study showed a final visual outcome with a statistically significant ( $p = 0.033$ ) difference if they were treated by using scleral buckling, or if a phacovitrectomy with silicone oil was performed.

According to the findings, neither high myopia, pseudophakia, multiple retinal tears, giant retinal tear, nor age or the preoperative visual acuity had any influence on the patients' final visual acuity.

The findings suggest that surgical intervention should preferably be conducted within the first 72 hours of diagnosing rhegmatogenous ablatio retinae with macular participation. Consequently, surgery in order to treat macula-off retinal detachment can most likely not be postponed within the first ten days without deteriorating the patients' visual expectation.

## 7. Verzeichnisse

### 7.1 Abkürzungsverzeichnis

bzw. – beziehungsweise

C3F8 – Perfluoropropan

ca. – circa

cc – Latein: cum correctione, dt.: „mit Korrektur“

CDVA – engl.: corrected distance visual acuity, dt.: korrigierter Fernvisus

CF – engl.: counting fingers, dt.: Fingerzählen

engl. – Englisch

HM – engl.: hand motion, dt.: Handbewegung

IOL – Intraokularlinse

logMAR – dekadischer Logarithmus des Minimum separabile

Max. – Maximal

Min. – Minimum

P – engl.: p-value, dt.: Signifikanzwert

postop – postoperativ, bedeutet „nach einem chirurgischen Eingriff“

präop – präoperativ, bedeutet „vor einem chirurgischen Eingriff“

PVR – Proliferative Vitreoretinopathie

sc – Latein: sine correctione, dt.: „ohne Korrektur“

SD – engl.: standard deviation, dt.: Standardabweichung

SF6 – Schwefelhexafluorid

vs. – lat.: versus, dt.: gegen(über)

## 7.2 Literaturverzeichnis

- Ah-Fat, F. G., Sharma, M. C., Majid, M. A., McGalliard, J. N. & Wong, D. 1999. Trends in vitreoretinal surgery at a tertiary referral centre: 1987 to 1996. *Br J Ophthalmol*, 83, 396-8.
- Ahmadiéh, H., Moradian, S., Faghihi, H., Parvaresh, M. M., Ghanbari, H., Mehryar, M., Heidari, E., Behboudi, H., Banaee, T. & Golestan, B. 2005. Anatomic and visual outcomes of scleral buckling versus primary vitrectomy in pseudophakic and aphakic retinal detachment: six-month follow-up results of a single operation--report no. 1. *Ophthalmology*, 112, 1421-9.
- Arroyo, J. G., Yang, L., Bula, D. & Chen, D. F. 2005. Photoreceptor apoptosis in human retinal detachment. *Am J Ophthalmol*, 139, 605-10.
- Augustin A. J., O. I. 2007. Möglichkeiten und Grenzen der innovativen Vitrektomiesysteme, *Georg Thieme Verlag KG Stuttgart New York*.
- Bjerrum, S. S., Mikkelsen, K. L. & La Cour, M. 2013. Risk of pseudophakic retinal detachment in 202,226 patients using the fellow nonoperated eye as reference. *Ophthalmology*, 120, 2573-2579.
- Brazitikos, P. D., Androudi, S., Christen, W. G. & Stangos, N. T. 2005. Primary pars plana vitrectomy versus scleral buckle surgery for the treatment of pseudophakic retinal detachment: a randomized clinical trial. *Retina*, 25, 957-64.
- Burton, T. C. 1977. Preoperative factors influencing anatomic success rates following retinal detachment surgery. *Trans Sect Ophthalmol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*, 83, 499-505.
- Burton, T. C. 1982. Recovery of visual acuity after retinal detachment involving the macula. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 80, 475-97.
- Campo, R. V., Sipperley, J. O., Sneed, S. R., Park, D. W., Dugel, P. U., Jacobsen, J. & Flindall, R. J. 1999. Pars plana vitrectomy without scleral buckle for pseudophakic retinal detachments. *Ophthalmology*, 106, 1811-5; discussion 1816.
- Chang, S. D. & Kim, I. T. 2000. Long-term visual recovery after scleral buckling procedure of rhegmatogenous retinal detachment involving the macula. *Korean J Ophthalmol*, 14, 20-6.
- Clark, A., Morlet, N., Ng, J. Q., Preen, D. B. & Semmens, J. B. 2011. Whole population trends in complications of cataract surgery over 22 years in Western Australia. *Ophthalmology*, 118, 1055-61.
- Cook, B., Lewis, G. P., Fisher, S. K. & Adler, R. 1995. Apoptotic photoreceptor degeneration in experimental retinal detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 36, 990-6.

- D**avidorf, F. H., Havener, W. H. & Lang, J. R. 1975. Macular vision following retinal detachment surgery. *Ophthalmic Surg*, 6, 74-81.
- Davies, E. W. G. 1972. Factors affecting recovery of visual acuity following detachment of the retina. *Trans Ophthalmol Soc U K.*, 92, 335-344.
- Diederer, R. M., La Heij, E. C., Kessels, A. G., Goezinne, F., Liem, A. T. & Hendrikse, F. 2007. Scleral buckling surgery after macula-off retinal detachment: worse visual outcome after more than 6 days. *Ophthalmology*, 114, 705-9.
- Doyle, E., Herbert, E. N., Bunce, C., Williamson, T. H. & Laidlaw, D. A. 2007. How effective is macula-off retinal detachment surgery. Might good outcome be predicted? *Eye (Lond)*, 21, 534-40.
- F**alkner, C. I., Binder, S. & Kruger, A. 2001. Outcome after silicone oil removal. *Br J Ophthalmol*, 85, 1324-7.
- Feltgen, N., Heimann, H., Hoerauf, H., Walter, P., Hilgers, R. D. & Heussen, N. 2013. Scleral buckling versus primary vitrectomy in rhegmatogenous retinal detachment study (SPR study): Risk assessment of anatomical outcome. SPR study report no. 7. *Acta Ophthalmol*, 91, 282-7.
- Frings, A., Markau, N., Katz, T., Stemplewitz, B., Skevas, C., Druchkiv, V. & Wagenfeld, L. 2016. Visual recovery after retinal detachment with macula-off: is surgery within the first 72 h better than after? *Br J Ophthalmol*, 100, 1466-1469.
- G**erste, R. D., 2015, *Der Graue Star*, 1. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, 69-73, 81-85.
- Ghazi, N. G., Green, W. R., 2002. Pathology and pathogenesis of retinal detachment. *Eye*, 16, 411-421.
- Grehn, F., 2012, *Augenheilkunde*, 31. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, 215-227.
- Grizzard, W. S., Hilton, G. F., Hammer, M. E. & Taren, D. 1994. A multivariate analysis of anatomic success of retinal detachments treated with scleral buckling. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 232, 1-7.
- Grupposo Salvi S., 1975. Visual Acuity Following Surgery for Retinal Detachment. *Arch Ophthalmol*, 93, 327-330.
- Gundry, M. F. & Davies, E. W. 1974. Recovery of visual acuity after retinal detachment surgery. *Am J Ophthalmol*, 77, 310-4.
- H**agimura, N., Suto, K., Iida, T. & Kishi, S. 2000. Optical coherence tomography of the neurosensory retina in rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol*, 129, 186-90.
- Halberstadt, M., Chatterjee-Sanz, N., Brandenburg, L., Koerner-Stiefbold, U., Koerner, F. & Garweg, J. G. 2005. Primary retinal reattachment surgery: anatomical and functional outcome in phakic and pseudophakic eyes. *Eye (Lond)*, 19, 891-8.

- Hassan, T. S., Sarrafizadeh, R., Ruby, A. J., Garretson, B. R., Kuczynski, B. & Williams, G. A. 2002. The effect of duration of macular detachment on results after the scleral buckle repair of primary, macula-off retinal detachments. *Ophthalmology*, 109, 146-52.
- Heimann, H., Bartz-Schmidt, K. U., Bornfeld, N., Weiss, C., Hilgers, R. D. & Foerster, M. H. 2007. Scleral buckling versus primary vitrectomy in rhegmatogenous retinal detachment: a prospective randomized multicenter clinical study. *Ophthalmology*, 114, 2142-54.
- Henrich, P. B., Priglinger, S., Klaessen, D., Kono-Kono, J. O., Maier, M., Schotzau, A., Meyer, P., Josifova, T., Schneider, U., Flammer, J. & Haritoglou, C. 2009. Macula-off retinal detachment--a matter of time? *Klin Monbl Augenheilkd*, 226, 289-93.
- Hisatomi, T., Sakamoto, T., Goto, Y., Yamanaka, I., Oshima, Y., Hata, Y., Ishibashi, T., Inomata, H., Susin, S. A. & Kroemer, G. 2002. Critical role of photoreceptor apoptosis in functional damage after retinal detachment. *Curr Eye Res*, 24, 161-72.
- Jahn C., B. S., Krebs I., Stolba U., Mihalics C., Abri A. 2003. Aktuelle Indikationen für die kombinierte Kataraktoperation mit Linsenimplantation und Vitreuschirurgie. *Spektrum der Augenheilkunde*, 17, 127–129.
- Kanski, J. J., Bowling, B., 2012, *Klinische Ophthalmologie*, 7. Aufl., Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, München, 701-742.
- Khazada, M. A., Wahab, S. & Hargun, L. D. 2014. Impact of Duration of Macula off Rhegmatogenous Retinal Detachment on Visual Outcome. *Pak J Med Sci*, 30, 525-9.
- Kieselbach, G., Dillinger, T., Kralinger, M., Troger, J., und Gottinger, W., Universitätsklinik für Augenheilkunde und Optometrie, Medizinische Universität Innsbruck, Österreich 2005. Kombinierte Kataraktextraktion und Vitrektomie. *Spektrum Augenheilkd*, 19/3, 160-163.
- Kikushima, W., Imai, A., Miyahara, T., Kurokawa, T. & Murata, T. 2014. Urgent Vitrectomy/Phacovitrectomy for Bullous Macula-Off Retinal Detachment: Implications for Optimal Timing of Surgery. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 3, 36-40.
- Kim, J. D., Pham, H. H., Lai, M. M., Josephson, J. W., Minarcik, J. R. & Von Fricken, M. 2013. Effect of symptom duration on outcomes following vitrectomy repair of primary macula-off retinal detachments. *Retina*, 33, 1931-7.
- Kreissig, I. 2005. Primary Retinal Detachment, *Springer*, Berlin, Heidelberg, 81-140.
- Kreissig, I. 1977. Prognosis of return of macular function after retinal reattachment. *Mod Probl Ophthalmol*, 18, 415-29.

- Kreissig, I., Lincoff, H., Witassek, B. & Kolling, G. 1981. Color vision and other parameters of macular function after retinal reattachment. *Dev Ophthalmol*, 2, 77-85.
- Kumar, V., Kumawat, D., Bhari, A. & Chandra, P. 2018. Twenty-five-gauge pars plana vitrectomy in complex retinal detachments associated with giant retinal tear. *Retina*, 38, 670-677.
- Kusaka, S., Toshino, A., Ohashi, Y. & Sakaue, E. 1998. Long-term visual recovery after scleral buckling for macula-off retinal detachments. *Jpn J Ophthalmol*, 42, 218-22.
- La Heij, E. C., Derhaag, P. F. & Hendrikse, F. 2000. Results of scleral buckling operations in primary rhegmatogenous retinal detachment. *Doc Ophthalmol*, 100, 17-25.
- Lane, J. I., Watson, R. E., Jr., Witte, R. J. & McCannel, C. A. 2003. Retinal detachment: imaging of surgical treatments and complications. *Radiographics*, 23, 983-94.
- Lang, G. K., Esser, J., Gareis, O., Lang, G. E., Lang, S. J., Spraul, C. W., Wagner, P., 2014. Augenheilkunde. 5. Aufl., *Thieme*, Stuttgart, New York, 218-221, 224-227, 246-249.
- Lecleire-Collet, A., Muraine, M., Menard, J. F. & Brasseur, G. 2005. Predictive visual outcome after macula-off retinal detachment surgery using optical coherence tomography. *Retina*, 25, 44-53.
- Lewis, G. P., Sethi, C. S., Linberg, K. A., Charteris, D. G. & Fisher, S. K. 2003. Experimental retinal reattachment: a new perspective. *Mol Neurobiol*, 28, 159-75.
- Liem, A. T., Keunen, J. E., Van Meel, G. J. & Van Norren, D. 1994. Serial foveal densitometry and visual function after retinal detachment surgery with macular involvement. *Ophthalmology*, 101, 1945-52.
- Linsenmeier, R. A. & Padnick-Silver, L. 2000. Metabolic dependence of photoreceptors on the choroid in the normal and detached retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 41, 3117-23.
- Liu, F., Meyer, C. H., Mennel, S., Hoerle, S. & Kroll, P. 2006. Visual recovery after scleral buckling surgery in macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmologica*, 220, 174-80.
- Machemer, R. 1968. Experimental retinal detachment in the owl monkey. II. Histology of retina and pigment epithelium. *Am J Ophthalmol*, 66, 396-410.
- McPherson, A. R., O'malley, R. E., Butner, R. W. & Beltangady, S. S. 1982. Visual acuity after surgery for retinal detachment with macular involvement. *Ann Ophthalmol*, 14, 639-45.

- Mervin, K., Valter, K., Maslim, J., Lewis, G., Fisher, S. & Stone, J. 1999. Limiting photoreceptor death and deconstruction during experimental retinal detachment: the value of oxygen supplementation. *Am J Ophthalmol*, 128, 155-64.
- Mimouni, M., Flores, V., Blumenthal, E. Z. & Barak, Y. 2016. Small-Gauge Pars Plana Vitrectomy With SF6 Gas for the Repair of Primary Rhegmatogenous Retinal Detachment With Multiple Breaks. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 47, 820-7.
- Minihan, M., Tanner, V. & Williamson, T. H. 2001. Primary rhegmatogenous retinal detachment: 20 years of change. *Br J Ophthalmol*, 85, 546-8.
- Mitry, D., Singh, J., Yorston, D., Siddiqui, M. A., Wright, A., Fleck, B. W., Campbell, H. & Charteris, D. G. 2011. The predisposing pathology and clinical characteristics in the Scottish retinal detachment study. *Ophthalmology*, 118, 1429-34.
- Moradian, S., Ahmadi, H., Faghihi, H., Ramezani, A., Entezari, M., Banaee, T., Heidari, E., Behboudi, H. & Yasserli, M. 2016. Comparison of four surgical techniques for management of pseudophakic and aphakic retinal detachment: a multicenter clinical trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 254, 1743-51.
- Mowatt, L., Shun-Shin, G. A., Arora, S. & Price, N. 2005. Macula off retinal detachments. How long can they wait before it is too late? *Eur J Ophthalmol*, 15, 109-117.
- Mowatt, L., Tarin, S., Nair, R. G., Menon, J. & Price, N. J. 2010. Correlation of visual recovery with macular height in macula-off retinal detachments. *Eye (Lond)*, 24, 323-7.
- Müller, W., Brandt, H. P., 1985, Netzhautablösung. Einführung in die Pathogenese, Diagnostik und Therapie, 1. Aufl., *Enke*, Stuttgart, 55-57.
- Norregaard, J. C., Thoning, H., Andersen, T. F., Bernth-Petersen, P., Javitt, J. C. & Anderson, G. F. 1996. Risk of retinal detachment following cataract extraction: results from the International Cataract Surgery Outcomes Study. *Br J Ophthalmol*, 80, 689-93.
- Orlin, A., Hewing, N. J., Nissen, M., Lee, S., Kiss, S., D'amico, D. J. & Chan, R. V. 2014. Pars plana vitrectomy compared with pars plana vitrectomy combined with scleral buckle in the primary management of noncomplex rhegmatogenous retinal detachment. *Retina*, 34, 1069-75.
- Oshima, Y., Yamanishi, S., Sawa, M., Motokura, M., Harino, S. & Emi, K. 2000. Two-year follow-up study comparing primary vitrectomy with scleral buckling for macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Jpn J Ophthalmol*, 44, 538-49.
- Pastor, J. C., Fernandez, I., Rodriguez De La Rúa, E., Coco, R., Sanabria-Ruiz Colmenares, M. R., Sanchez-Chicharro, D., Martinho, R., Ruiz Moreno, J. M., Garcia Arumi, J., Suarez De Figueroa, M., Giraldo, A. & Manzananas, L. 2008. Surgical outcomes for primary rhegmatogenous retinal detachments in phakic and pseudophakic patients: the Retina 1 Project--report 2. *Br J Ophthalmol*, 92, 378-82.

- Pitcher, J. D., 3rd, Khan, M. A., Storey, P. P., Hsiao-Fang-Yen, N., Dollin, M. L., Hsu, J., Ho, A. C., Regillo, C. D. & Garg, S. J. 2015. Contemporary Management of Rhegmatogenous Retinal Detachment Due to Giant Retinal Tears: A Consecutive Case Series. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 46, 566-70.
- R**andolph, J. C., Diaz, R. I., Sigler, E. J., Calzada, J. I. & Charles, S. 2016. 25-gauge pars plana vitrectomy with medium-term postoperative perfluoro-n-octane for the repair of giant retinal tears. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 254, 253-7.
- Reim, M., 1996. Augenheilkunde, 5. Aufl., *Enke*, Stuttgart, 17-19, 49-50, 261-270.
- Ross, W., Lavina, A., Russell, M. & Maberley, D. 2005. The correlation between height of macular detachment and visual outcome in macula-off retinal detachments of < or = 7 days' duration. *Ophthalmology*, 112, 1213-7.
- Ross, W. H. 2002. Visual recovery after macula-off retinal detachment. *Eye (Lond)*, 16, 440-6.
- Ross, W. H. & Kozy, D. W. 1998. Visual recovery in macula-off rhegmatogenous retinal detachments. *Ophthalmology*, 105, 2149-53.
- Ross, W. H. & Stockl, F. A. 2000. Visual recovery after retinal detachment. *Curr Opin Ophthalmol*, 11, 191-4.
- Rowe, J. A., Erie, J. C., Baratz, K. H., Hodge, D. O., Gray, D. T., Butterfield, L. & Robertson, D. M. 1999. Retinal detachment in Olmsted County, Minnesota, 1976 through 1995. *Ophthalmology*, 106, 154-9.
- S**abates, N. R., Sabates, F. N., Sabates, R., Lee, K. Y. & Ziemianski, M. C. 1989. Macular changes after retinal detachment surgery. *Am J Ophthalmol*, 108, 22-9.
- Sachsenweger, M., Klauß, V., Nasemann, J., Ugi, I., 2003, Augenheilkunde, 2. Aufl., *Thieme* Stuttgart, New York, 299-301, 246-251, 292-296.
- Schulze-Bonsel, K., Feltgen, N., Burau, H., Hansen, L. & Bach, M. 2006. Visual acuities "hand motion" and "counting fingers" can be quantified with the Freiburg visual acuity test. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 47, 1236-40.
- Setlur, V. J., Rayess, N., Garg, S. J., Hsu, J., Luo, C. K., Regillo, C. D., Fineman, M. S. & Sivalingam, A. 2015. Combined 23-Gauge PPV and Scleral Buckle Versus 23-Gauge PPV Alone for Primary Repair of Pseudophakic Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 46, 702-7.
- Sharma, T., Challa, J. K., Ravishankar, K. V. & Murugesan, R. 1994. Scleral buckling for retinal detachment. Predictors for anatomic failure. *Retina*, 14, 338-43.
- Shunmugam, M., Shah, A. N., Hysi, P. G. & Williamson, T. H. 2014. The pattern and distribution of retinal breaks in eyes with rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol*, 157, 221-226.e1.



- Spalton, D. J., Hitchings R. A., Hunter P. A., 1996, Atlas der Augenkrankheiten, 2. Aufl., Thieme, Stuttgart, New York, 311-319.
- Speicher, M. A., Fu, A. D., Martin, J. P. & Von Fricken, M. A. 2000. Primary vitrectomy alone for repair of retinal detachments following cataract surgery. *Retina*, 20, 459-64.
- T**ani, P., Robertson, D. M. & Langworthy, A. 1980. Rhegmatogenous retinal detachment without macular involvement treated with scleral buckling. *Am J Ophthalmol*, 90, 503-8.
- Tani, P., Robertson, D. M. & Langworthy, A. 1981. Prognosis for central vision and anatomic reattachment in rhegmatogenous retinal detachment with macula detached. *Am J Ophthalmol*, 92, 611-20.
- Teke, M. Y., Balikoglu-Yilmaz, M., Yuksekkaya, P., Citirik, M., Elgin, U., Kose, T. & Ozturk, F. 2014. Surgical outcomes and incidence of retinal redetachment in cases with complicated retinal detachment after silicone oil removal: univariate and multiple risk factors analysis. *Retina*, 34, 1926-38.
- Thelen, U., Amler, S., Osada, N. & Gerding, H. 2012. Outcome of surgery after macula-off retinal detachment - results from MUSTARD, one of the largest databases on buckling surgery in Europe. *Acta Ophthalmol*, 90, 481-6.
- V**an Bussel, E. M., Van Der Valk, R., Bijlsma, W. R. & La Heij, E. C. 2014. Impact of duration of macula-off retinal detachment on visual outcome: a systematic review and meta-analysis of literature. *Retina*, 34, 1917-25.
- W**akabayashi, T., Oshima, Y., Fujimoto, H., Murakami, Y., Sakaguchi, H., Kusaka, S. & Tano, Y. 2009. Foveal microstructure and visual acuity after retinal detachment repair: imaging analysis by Fourier-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology*, 116, 519-28.
- Wolfensberger, T. J. 2004. Foveal reattachment after macula-off retinal detachment occurs faster after vitrectomy than after buckle surgery. *Ophthalmology*, 111, 1340-3.

## 7.3 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 **Übersicht über die Retina.** Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernatlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 152 .4
- Abbildung 2 **Aufbau der Retina.** Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernatlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 153 .....5
- Abbildung 3 **Schnitt durch die Makula lutea und Fovea centralis.** Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher, Markus Voll, Karl Wesker, Prometheus Lernatlas der Anatomie, Kopf Hals und Neuroanatomie, 2009, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 153 .....7
- Abbildung 4 **Ablatio retinae mit Hufeisenriss.** Jack J. Kanski, Brad Bowling, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 722 .....8
- Abbildung 5 **Schematische Darstellung der rhegmatogenen Ablatio retinae.** Matthias Sachsenweger mit Beiträgen von: Volker Klauß, Joachim Nasemann, Ian Ugi, Augenheilkunde, 2003, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 293 .....9
- Abbildung 6 **Traktive Amotio retinae.** Jack J. Kanski, Brad Bowling, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 740 .....10
- Abbildung 7 **Seröse Ablatio retinae durch ein Aderhautmelanom.** Jack J. Kanski, Brad Bowling, zur Verfügung gestellt von B. Damato, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Auflage, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, S. 738 .....11
- Abbildung 8 **Drei-Port-Zugang für Pars-plana-Vitrektomie.** Matthias Sachsenweger mit Beiträgen von: Volker Klauß, Joachim Nasemann, Ian Ugi, Augenheilkunde, 2003, 2. Auflage, Stuttgart, New York, Thieme, S. 247 .....13
- Abbildung 9 **Laser-Retinopexie umgibt ein Hufeisenforamen.** Ingrid Kreissig, Primary Retinal Detachment Options for Repair, 2005, 1. Auflage, Berlin, Heidelberg, Springer, S. 195 .....14
- Abbildung 10 **Plomben und Cerclage.** (A: radiäre Plombe, B: limbus-parallele Plombe, C: Cerclage verstärkt die radiäre Plombe, D: Cerclage verstärkt eine Silikonplombe) Jack J. Kanski, Brad Bowling, Klinische Ophthalmologie, 2012, 7. Aufl., München, Urban & Fischer, S. 731 .....17

## 7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ausschlusskriterien der Studiengruppen.....	21
Tabelle 2 Demographische Daten der Patienten ohne ophthalmologische Vorerkrankungen.....	25
Tabelle 3 Einfluss des zentralen Visusverlusts auf den postoperativen Visus nach sechs Monaten bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.....	26
Tabelle 4 Der postoperative Visus an drei Nachkontrollen in Abhängigkeit von der Dauer des zentralen Visusverlusts bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.....	28
Tabelle 5 Der postoperative Visus nach sechs Monaten bei einem zentralen Visusverlust von $\leq 3$ Tagen nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung.....	29
Tabelle 6 Der postoperative Visus nach sechs Monaten bei unterschiedlichen Operationsverfahren nach rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung 30	
Tabelle 7 Demographische Daten der Patienten mit ophthalmologischen Vorerkrankungen.....	32
Tabelle 8 Der postoperative Visus nach drei Monaten bei rhegmatogener Ablatio retinae mit Makulabeteiligung nach ophthalmologischen Vorerkrankungen unterteilt .....	33
Tabelle 9 Die Dauer des zentralen Visusverlusts unterteilt nach verschiedenen ophthalmologischen Vorerkrankungen .....	35
Tabelle 10 Prä- und postoperativer Visus bei unterschiedlichen Operationstechniken.....	36
Tabelle 11 Visus prä- und postoperativ, eingeteilt nach Operationstechnik (Buckelchirurgie und Phakovitrektomie mit SF6) bei Patienten mit und ohne ophthalmologische Vorerkrankungen .....	38

## 8. Danksagung

Großer Dank gebührt meinem Doktorvater, Herrn Privatdozent Dr. L. Wagenfeld, für die ausgezeichnete fachliche und stets hilfsbereite und motivierende Unterstützung.

Herrn Dr. A. Frings danke ich für die jederzeit freundliche und optimistische Betreuung und die guten Anregungen während der Erstellung der Promotionsarbeit.

Dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf, Herrn Prof. M. Spitzer, danke ich für die Überlassung des Themas.

Bei Herrn Vasył Druchkiv möchte ich mich vielmals für die Hilfe bei der Statistik bedanken.

Mein Dank gilt ebenfalls meinen Freunden, die für mich da waren und mich während der Promotionsphase liebevoll unterstützten.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Mutter für ihre unermüdliche Unterstützung bei der Verwirklichung meiner Träume bedanken.

## 9. Veröffentlichung

Frings, A., Markau, N., Katz, T., Stemplewitz, B., Skevas, C., Druchkiv, V. & Wagenfeld, L. 2016. Visual recovery after retinal detachment with macula-off: is surgery within the first 72 h better than after? *Br J Ophthalmol*, 100, 1466-1469.

## **10. Curriculum Vitae**

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt

## 11. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: .....