

**Untersuchung der mikrobiellen Kontamination
von mehrfach verwendbaren, autoklavierbaren
Schlauchsystemen für die intraokulare
Chirurgie**

vorgelegt von
Katharina Andrea Kriegmaier

Aus der Augenklinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Univ. Prof. Dr. med. A. Kampik

**Untersuchung der mikrobiellen Kontamination von mehrfach
verwendbaren, autoklavierbaren Schlauchsystemen für die
intraokulare Chirurgie**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Katharina Andrea Kriegmaier
aus Markdorf
2005

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. V. Klaufß

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Ch. K. Lackner

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. rer. nat. H. Mino de Kaspar

Dekan : Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 01.12.2005

Für meine Mutter

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
2. HINTERGRUND DES GRAUEN STARS UND DER VITREKTOMIE.....	3
3. ÄTIOLOGIE DES GRAUEN STARS UND DER ERKRANKUNGEN DES GLASKÖRPERS.....	5
4. KOMPLIKATIONEN BEI KATARAKT-OPERATIONEN	6
5. URSACHEN DER ENDOPHTHALMITIS.....	7
6. DIAGNOSTIK DER ENDOPHTHALMITIS	8
7. THERAPIE DER ENDOPHTHALMITIS	9
8. EINSATZ UND BESCHREIBUNG DES MEGATRONGERÄTES.....	10
9. FORSCHUNGSFRAGE.....	12
10. STERILISATION VON OPERATIONSMITTELN	13
11. BESCHAFFENHEIT DER SILIKONSCHLÄUCHE	15
12. MATERIAL UND METHODE	16
12.1. EINGESETZTE OPERATIONSGERÄTE BEI DER AUGENKLINIK MÜNCHEN.....	16
12.2. EXPERIMENTELLER TEIL	17
13. EINGESETZTE MEDIEN	18
13.1. KULTIVIERUNG	18
13.2. RASTERELEKTRONENMIKROSKOP (REM)	19
14. KLINISCHES PROTOKOLL BEZÜGLICH DER KATARAKT- UND VITREKTOMIE- OPERATIONEN.....	26
15. RESULTATE DER MIKROBIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG	35
16. RESULTATE DER RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNG	36
17. DISKUSSION.....	45
18. ZUSAMMENFASSUNG	47

Literaturangaben

1. Einleitung

Die Daten für diese Doktorarbeit wurden in der Augenklinik der LMU München erhoben. Der experimentelle Teil dieser Arbeit wurde im mikrobiologischen Labor durchgeführt. Dort werden Endophthalmitis-Fälle mit dem Ziel der Prävention postoperativer Infektionen am Auge untersucht. Hierbei handelt es sich um eine der gefährlichsten Komplikationen bei intraokularen Eingriffen, die schwere und irreversible Schäden hinterlassen kann. Näheres zur Endophthalmitis findet sich in den Kapiteln 5 und 6.

Mino de Kaspar et al beschrieben 1998, dass sich das Proprii-Bakterium *acnes*, welches als ein Auslöser für Endophthalmitis angesehen wird, mit der Anwendung von einprozentigem Polyvidon-Jod präoperativ reduzieren lässt¹. Die ausreichende Reduktion von konjunktivalen Bakterien wird durch alleinige präoperative Antibiotika-Gabe nicht gewährleistet, da resistente Stämme auftreten können. Auch die Manipulation an der Konjunktiva von Seiten des Patienten, zum Beispiel durch Reiben am Auge, bewirken eine immer wiederkehrende Kontamination mit resistenten Keimen. Mit der Gabe von einprozentigem Polyvidon-Jod lassen sich konjunktivale Bakterien und Pilze reduzieren, deren Keime zu 80 bis 90 % als Ursache postoperativer Endophthalmitis gelten¹.

Des Weiteren wurden, wie auch in der vorliegenden Arbeit, die Schlauchsysteme der chirurgischen Ausstattung auf Kontaminationen untersucht. Bereits im Jahr 1986 zeigten Clayman et al, dass es im inneren Schlauchsystem von automatisierten Katarakt-Operationsgeräten zu starker pathologischer, bakterieller Kontamination gekommen war³. Dies trat auch bei Vitrektomie-Geräten auf². Clayman et al fanden folgende Keime: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacter*, Staphylokokken und Streptokokken³. Mino de Kaspar et al entdeckte an o.g. Schlauchsystemen weitere Keime: *Strenotrophomonas*, *Chryseomonas* und *Mikrokokkus spezieis*. Seit der Umrüstung der chirurgischen Geräte der Augenklinik München auf externe Druckabnehmer im Jahr 1999 wurden bei regelmäßigen Kontrolluntersuchungen stets sterile Ergebnisse erzielt².

Die meisten Bakterien, die die postoperative Endophthalmitis auslösen, stammen von den Augenlidern der Region der Bindehaut. Im Vergleich zur herkömmlichen Gabe von Antibiotika (Ofloxazin) eine Stunde präoperativ zeigte sich bei Verabreichung von Ofloxazin drei Tage vor der Operation eine erheblich größere Wirkung⁴. Diese Drei-Tage-Antibiotika-

Prophylaxe führte zu einer effektiveren Reduktion von Bakterien der Konjunktiva, wovon v. a. Patienten, die allergisch auf Polyvidon-Jod reagieren, profitierten.

Coagulase negative Staphylokokken (CNS) sind in ungefähr 70 % der Fälle von postoperativer Endophthalmitis beteiligt. Eine prospektive Studie der Augenklinik München ergab, dass CNS gegenüber Penicillin und allen Fluorchinolonen, mit Ausnahme von Levofloxazin, hochresistent waren. Dabei waren Fluorchinolone am häufigsten zur topischen Antibiotika-Prophylaxe im Einsatz. Sie töten sowohl gram-positive als auch gram-negative Bakterien. Am empfindlichsten waren CNS bei Aminoglykosiden, mit Ausnahme von Neomycin, Levofloxazin und Vancomycin⁵.

Im Jahr 2003 wurden Patienten mit Risikofaktoren auf die Möglichkeit Antibiotika-resistenter Keime untersucht. Patienten mit lokalen Risikofaktoren hatten folgende Erkrankungen: Blepharitis, Konjunktivitis und andere Absonderungen aus dem Auge. Als systemische Risikofaktoren wurden bezeichnet: Diabetes, Autoimmunerkrankungen, Immunabwehrschwäche, Hautirritationen, Asthma und Patienten, die Medikamente zur Immunsuppression einnahmen. Die Studie zeigte, dass diese Patienten multiresistente Mikroorganismen beherbergten, was ein Mechanismus sein könnte, der den Anstieg postoperativer Endophthalmitis in dieser Patientengruppe erklärt⁶.

Ziel dieser Studie ist, herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen postoperativ aufgetretener Endophthalmitis und den verschiedenen Katarakt- und Vitrektomie-Operationstechniken gibt. Zusätzlich werden verschiedene Schlauchsysteme des Megatron-Gerätes auf mikrobielle Kontamination untersucht.

2. Hintergrund des grauen Stars und der Vitrektomie

Die älteste Operation der Augenheilkunde ist die Staroperation⁷. Ihre Geschichte reicht weit ins Altertum zurück, so lehrte bereits die präantike Hindumedizin (500 v. Chr.) die Reklination. Sie wurde wahrscheinlich von den Alexandrischen Schulen (300 - 200 v. Chr.) überliefert, von Celsus (25 v. Chr. - 50 n. Chr.), sowie von Galen (131 - 201 n. Chr.) erwähnt und später von arabischen Ärzten (900 - 1000 n. Chr.) praktiziert. Obwohl diese bereits die Diszision und Aspiration der Linse gekannt haben sollen, bleibt die Reklination der Augenlinse, also das mechanische Zurückdrücken in den Glaskörperraum mittels eines stabförmigen Instruments, bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts die vorherrschende Methode⁷.

Als mit Beginn des 18. Jahrhunderts deutlich wurde, dass die „Katarakt“ – diese Bezeichnung wurde offenbar erst um 1000 n. Chr. oder später geprägt – nicht durch eine zwischen Pupille und Linse geronnene Flüssigkeit (auf griechisch Katarakt = herabfließen), sondern durch die Trübung der Linse selbst bedingt ist (Brisseau 1705), lag deren operative Entfernung nahe. Sie wurde als „extrakapsulärer“ Eingriff, also als Ablassen von Linseninhalt unter Zurückbleiben von Kapselanteilen (extrakapsulär) 1748 erstmals von Jaques Daniel in Paris ausgeführt, der einen breiten Limbusschnitt vornahm, die Vorderkapsel diszierte und den Kapselinhalt exprimierte. Die „intrakapsuläre“ Entfernung der Linse mit der gesamten Kapsel wird auf Samuel Sharp zurückgeführt (London 1753), der diese Expressionstechnik einführte. Sie wurde seitdem vielfach modifiziert.

Von Terson (1870) wurde die Pinzettenextraktion praktiziert, um den erforderlichen, aber komplikationsträchtigen Druck auf den Bulbus zu vermeiden⁷. Die nicht seltene Kapselruptur führte hierbei zur „Erysophakie“, der Extraktion durch Vakuumsog (Stoewer 1902, Barraquer 1917). Als weiterer Schritt zur Optimierung der intrakapsulären Operation ist die fermentative Zonulolyse, also Auflösung der Fasern des Linsenhalteapparats mittels einer Protease (Barraqueur 1958) und die Kryoextraktion (Krwawitz 1961), die einen Kältestab einsetzt, um die Linse anzufrieren und dann aus dem Auge herauszuziehen, zu nennen.

Wichtige weitere Fortschritte sind die Lokal- und Allgemeinanästhesie und der zunächst nicht übliche Verschluss der Inzision durch Nähte (Williams 1867), sowie später die Einführung der Mikrochirurgie unter dem Mikroskop (Harms und Mackensen 1967). Um 1970 wurde das extrakapsuläre Vorgehen zur Behandlung des grauen Stars wieder aufgenommen und

propagiert (Binkhorst 1972). Die von Kelman (1967) eingeführte Phakoemulsifikation hat diese Entwicklung erheblich gefördert. Die bereits 1948 von Ridley inaugurierte Implantation künstlicher Linsen erhielt nach Verbesserung des Materials und der Methoden somit neue Impulse⁷.

Operationen im Glaskörperraum galten schon immer als ein besonderes Wagnis in der Ophthalmologie⁷. Die zweite, heutzutage größere intraokulare Operationsform ist die pars plana Vitrektomie.

Bereits aus dem 19. Jahrhundert sind Vitrektomie-Versuche bekannt. Diese sind aber wahrscheinlich wegen der hohen Rate von Komplikationen wieder in Vergessenheit geraten. Erst die gezielte von Kasner (1968) durchgeführte „open sky“ Vitrektomie hat dieser Chirurgie zum Durchbruch verholfen.

Machemer hat 1971 die pars plana Vitrektomie im geschlossenen System beschrieben und damit die Grundlagen für eine Vielzahl moderner Anwendungen geschaffen.

3. Ätiologie des grauen Stars und der Erkrankungen des Glaskörpers

Die Linsentrübung oder der sogenannte graue Star hat verschiedene Ursachen und Formen⁸. Die häufigste ist die „cataracta senilis“. Sie beruht auf der altersbedingten Reduktion des Linsenstoffwechsels mit zunehmender Sklerosierung, was bei stärkerer Ausprägung zur Beeinträchtigung des Sehvermögens führt. Bei vollständiger Linsentrübung (cataracta matura) ist das Sehvermögen auf Lichtscheinwahrnehmung herabgesetzt.

Andere Formen sind die cataracta traumatica (nach Kontusionen und perforierende Verletzungen des Auges), der Feuerstar (Infrarot, Glasbläser oder Wärmestar), der Röntgenstar (über 500 rad Strahlendosis), cataracta electrica (nach Starkstrom oder Blitzeinschlag), stoffwechselbedingter Star (Diabetes, M. Curschmann Steinert, Neurodermitis...) und die cataracta complicata (im Rahmen anderer Erkrankungen des Auges, z. B. Uveitis und Glaukom).

Die Wirksamkeit von Medikamenten (sog. Antikataraktika) ist umstritten und eher negativ zu beurteilen. In der Katarakt-Chirurgie ist heute die Methode der Wahl die Einpflanzung einer Kunststofflinse (Vorder- oder Hinterkammerlinse).

Erkrankungen des Glaskörpers können durch Fehlbildung (Persistierender primärer hyperplastischer Glaskörper) entstehen, durch Blutung (Verletzung) oder Exsudation in den Glaskörper (hintere Uveitis), bzw. auch bei Entzündungen oder Tumoren (Retinoblastom) auftreten⁸.

Bei bakteriellen Infektionen des Auginnenere können Antibiotika intravitreal gegeben werden. Entzündungshemmende Stoffe und Antibiotika können auch direkt in den Glaskörper injiziert werden⁹.

Die Entfernung pathologischer Strukturen aus dem Glaskörper selbst ist die sogenannte Vitrektomie. Diese Operation findet im geschlossenen System statt.

4. Komplikationen bei Katarakt-Operationen

Okuläre Komplikationen, die bei der Chirurgie der Linse auftreten können, sind das retrobulbäre Hämatom, die Perforation des Bulbus oder Komplikationen, die während der Schnittführung auftreten, z. B. der Einriss des Bindehautlappens. Bei intrakapsulärer Technik finden sich im speziellen die Kapselruptur, Iris- und Endothelläsionen, sowie der Glaskörpervorfall und die retrochorioidale Blutung. Bei extrakapsulärer Extraktion treten Endothelläsionen, die Ruptur der Zonula und/oder Hinterkapsel und ebenfalls der Glaskörpervorfall auf.

Spezielle Schäden durch Ultraschall können das Endothel, die Iris und den Kammerwinkel miteinbeziehen. Ein weiterer Schaden ist die Ruptur der Hinterkapsel mit Glaskörpervorfall sowie das Absinken von Linsenanteilen in den Glaskörperraum.

Nach Katarakt-Extraktion kann eine Netzhautablösung auftreten sowie ein zystoides Makulaödem, welches auch zu den sogenannten Spätkomplikationen zählt, des weiteren: Amotio retinae, Sympathische Ophthalmie, Aphakieglaukom, Bindegewebsinvasion und Endothelproliferation.

Die mikrobeinduzierte Endophthalmitis ist die gefürchtetste Komplikation⁷. Sie lässt sich einteilen in die akute Frühinfektion innerhalb von 24 bis 48 Stunden, die schleichende Frühinfektion und die Spätinfektion, die erst Wochen oder Monate nach zunächst unauffälligem Verlauf auftritt.

Die Häufigkeit der mikrobeinduzierten Endophthalmitis lag von 1898 bis 1949 bei 11 %, zwischen 1950 und 1977 bei 0,087 %.

5. Ursachen der Endophthalmitis

Praktisch jeder Erreger kommt als Ursache der Endophthalmitis in Betracht. Am häufigsten nachgewiesen wurden Bakterien. Bei der postoperativen Endophthalmitis koagulase negative Staphylokokken⁵. Des weiteren fanden sich unter anderem auch bei der endogenen und der posttraumatischen Endophthalmitis grampositive Kokken, vor allem Staphylococcus epidermitis und Staphylococcus aureus, ferner Streptokokken, Pseudomonas aeruginosa, Proteus Bazillen, Haemophilus und Klebsiella-Arten, auch Serratia marcescens sowie Proprii-Bakterium acnes und seltener Pilze.

Als Infektionsquelle der postoperativen Endophthalmitis kommen Lider, Bindehaut oder Respirationstrakt des Patienten, Haut und Respirationstrakt des Operationspersonals sowie ungenügend sterilisierte Instrumente und Implantate, aber auch kontaminierte Lösungen in Betracht⁷. Das gleiche gilt für die endogene und die posttraumatische Form, wobei hier zusätzliche Keime der Umwelt und multiresistente Keime von Bedeutung sind.

6. Diagnostik der Endophthalmitis

Bei Verdacht auf Endophthalmitis wird unverzüglich der Erregernachweis aus Ausstrich, Abstrich, Vorderkammer- und Glaskörperpunktion angestrebt. Die Punktion des Glaskörpers bietet die größte Wahrscheinlichkeit, den verantwortlichen Erreger zu finden. Die Proben werden zunächst in Flüssigmedium (Haemoline) bebrütet. Bei positiver Kultur wird eine mikrobiologische Differenzierung im Pettenkofer-Institut durchgeführt.

7. Therapie der Endophthalmitis

Nach Entnahme von Kammerwasser und Glaskörperproben wird bei bakterieller Infektion unverzüglich ein Antibiotikum oder noch besser eine Antibiotikakombination mit breiter Wirkung auf grampositive und gramnegative Keime gegeben. Bei Pilzen ist die Therapie problematisch. Es werden Imidazolderivate und Flucytosin eingesetzt.

Bei Versagen der Therapie und erfolgloser Vitrektomie drohen Erblindung des Auges und die Enukleation. Komplikationen bei Eingriffen in den Glaskörper werden unterteilt in perioperative und postoperative Formen⁷. Perioperativ kann die Linsenhinterfläche verletzt werden; bei der Sektoriridektomie von hinten der Ziliarkörper. Große Gefäße am hinteren Pol können geschädigt werden - bei Hypotonie auch die Netzhaut - die bei Ablösung aspiriert werden kann. Durch die Hitze leidet zudem die Papille. Postoperativ treten das Sekundärglaukom und die Panophthalmie auf.

8. Einsatz und Beschreibung des Megatrongerätes

Mit dem Megatrongerät lassen sich am Auge intraokulare operative Eingriffe durchführen, insbesondere die Phakoemulsifikation und die Vitrektomie. Die Phakoemulsifikation beschreibt die Zerstörung der Linse mittels Ultraschall und nachfolgender Absaugung der Trümmer¹⁰. Das Gerät besitzt hierfür eine Saugleistung von 1 bis 550 mm Hg¹¹.

Die pars plana Vitrektomie gehört heute zu den Routineoperationen in der Augenheilkunde. Die operative Ausräumung des Glaskörpers erfolgt über den hinteren flachen Teil des Ziliarkörpers, den sogenannten pars plana Bereich. Mit einem stabförmigen 0,8 bis 1,0 mm dicken Saugschneidegerät wird hierbei gearbeitet. Die Schneidefrequenz des Megatron beträgt in der Grundeinstellung 500 Schnitte/Min. und ist linear regelbar. Der Venturi-Effekt macht 1 Sek. aus, das Vakuum 500 mm Hg¹¹.

Unter unmittelbarer Sicht des Operationsmikroskops werden so Trübungen, Stränge und infiltrative Strukturen des Glaskörpers entfernt. Das aus dem Auge entfernte Volumen wird hier durch eine kontinuierliche Infusion von BBS ersetzt, dessen Zusammensetzung dem des Glaskörpers ähnelt. Des weiteren wird auch Hyaluronsäure verwandt, bei komplizierter Netzhautablösung sogar Silikonöl. Dieses muss nach einigen Monaten wieder entfernt werden, weil es auf lange Sicht die Linse und die Hornhaut schädigen kann. Mit dem Megatron lassen sich Luft oder Ölinjektion per Knopfdruck einstellen¹¹.

Für die Irrigation und Aspiration wurde ein Silikonschlauchsystem benutzt, welches vom Hersteller unsteril verpackt geliefert wurde. Vor Gebrauch wurde das Set in Reinigungslösung gespült und bei 134° C Dampf 8 min. sterilisiert.

Es existierten drei Schlauchkomponenten:

- ein Infusionsschlauch, der zum Auge führt
- ein Schlauch, der absaugt und an einen Abfallbeutel angeschlossen ist (inklusive Refluxsystem, so dass eine Kontamination ausgeschlossen werden kann)
- ein Schlauch mit Druckfilter für das Vakuum.

Der volle Abfallbeutel wurde entsorgt. Der zuführende Schlauch in der Rollenpumpe wurde postoperativ erst mit Aqua dest und anschließend über Nacht mit 70 % Alkohol gespült, anschließend sterilisiert und wieder verwendet.

Das Einwegsystem (jeder Schlauch kommt nur einmal zum Einsatz und wird danach entsorgt) wird von der Firma Geuder steril verpackt geliefert. Die Augenklinik der LMU München arbeitet seit dem Jahr 2000 mit diesem Schlauchsystem.

9. Forschungsfrage

Zur Klärung eines Zusammenhangs der Operationstechniken bei Katarakt und Vitrektomie mit Endophthalmitis sollen im Rahmen dieser Arbeit zunächst die im Zeitraum von 1978 bis 1998 an der Augenklinik München aufgetretenen Endophthalmitis-Fälle anhand der Operationsbücher ausgewertet werden. Für statistische Vergleiche sollen endogene und posttraumatische Endophthalmitiden miteinbezogen werden.

Im experimentellen Teil dieser Arbeit soll dann folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Sind die Silikonschläuche nach mehrfacher Verwendung und Sterilisation in der inneren Struktur noch so intakt und verlässlich autoklavierbar, dass eine Kontamination ausgeschlossen werden kann?

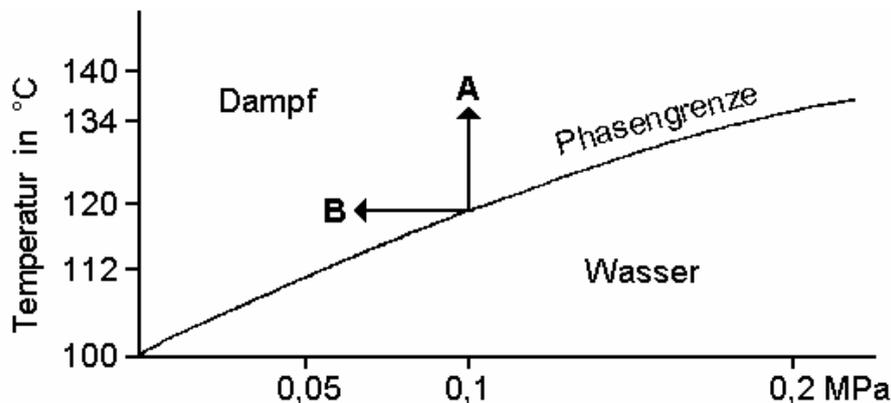
Hierbei sollen mikrobielle und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen im Vergleich mit dem Wegwerfsystem durchgeführt werden.

10. Sterilisation von Operationsmitteln

Die Sterilisation hat die Abtötung aller in und an einem Material vorhandenen Organismen, d.h. völlige Keimfreiheit zum Ziel, im Gegensatz zur Desinfektion, die lediglich die Beseitigung der Infektiösität bezweckt, also die Elimination der pathogenen Keime erstrebt¹³. Allerdings kann steriles Material intakte stoffwechselaktive Bakterien enthalten, da ihre Unfähigkeit sich zu vermehren, das Kriterium für das Absterben der Bakterien ist¹⁴. Bei den üblicherweise verwendeten Temperaturen und Einwirkungszeiten unterbleibt lediglich eine Abtötung hochresistenter thermophiler Bazillen.

Die sterilen Stoffe, Zubereitungen und Gegenstände müssen durch entsprechende Steril- und Schutzverpackungen vor einer Rekontamination geschützt sein. Die physikalischen Sterilisationsverfahren beruhen auf der Anwendung trockener oder feuchter Hitze. Im Autoklaven wirkt bei der Dampfsterilisation gespannter (d. h. über den Siedepunkt hinaus in einem geschlossenen Raum erhitzter und somit unter Druck stehender) gesättigter und in der Regel luftfreier Wasserdampf auf das zu entkeimende Gut in Geräten ein¹⁵. Zu den wissenschaftlichen Grundlagen der Dampfsterilisation gehört die Erkenntnis vom exponentiellen Zusammenhang zwischen Abtötungstemperatur und Abtötungszeit.

Abbildung 1



Aus dem Diagramm geht hervor, dass für eine ausreichende Sterilisation eine Erniedrigung der Temperatur eine entsprechende Verlängerung der Einwirkungszeit zur Folge hat. Geht man von den gebräuchlichsten Prozessparametern 121° C und 12 min. aus, so ist ein Heruntergehen auf 110° C oft nur scheinbar materialschonend, weil die zugehörige Einwirkungszeit mit 151 min. eine insgesamt sehr hohe Wärmebelastung bedeutet. Eher

materialschonend kann sich das Heraufsetzen der Abtötungstemperatur auswirken, z. B. auf 134° C, die zugehörige Zeit beträgt dann nur 36 s. Eine sichere Entkeimung wird dann erreicht, wenn die folgenden vier Bedingungen erfüllt sind:

- Gesättigter Dampf
- Luftfreies Arbeiten bei den Oberflächenpräparaten
- Die Ausgleichszeit (Zeit vom Erreichen der vorgeschriebenen Temperatur im Nutzraum bzw. am Anzeigeelement bis zum Erreichen dieser Temperatur an allen Stellen des Sterilisiergutes) muss berücksichtigt werden.
- Die Mikroorganismen müssen der Dampfeinwirkung „ungeschützt“ ausgesetzt sein.; d. h. die üblichen Einwirkzeiten können unzureichend sein wenn die Mikroorganismen z. B. mit Fett, Eiweiß, Schleim u.ä. umhüllt sind.

Die Dampfsterilisation wird bei Materialien verwendet, die den höheren Temperaturen der Heißluftsterilisation (größer 200° C) nicht gewachsen sind, aber Wasser- bzw. Dampfeinwirkung vertragen. Die Sterilverpackungen müssen dampfdurchlässig sein. Geeignete Sterilisiergüter sind: Spritzen, Kanülen, Gummihandschuhe, Wäsche, Instrumente, Katheder, Sonden, Schläuche und Gefäße.

Zu beachten ist, dass bei Kathetern, Sonden und Schläuchen die Öffnungen frei gehalten werden müssen, also nicht geknickt werden darf, um Luftentleerung und Dampfeinströmung zu ermöglichen.

11. Beschaffenheit der Silikonschläuche

Strukturen des Silikons entstehen durch Polymerisation dreier Komponenten:

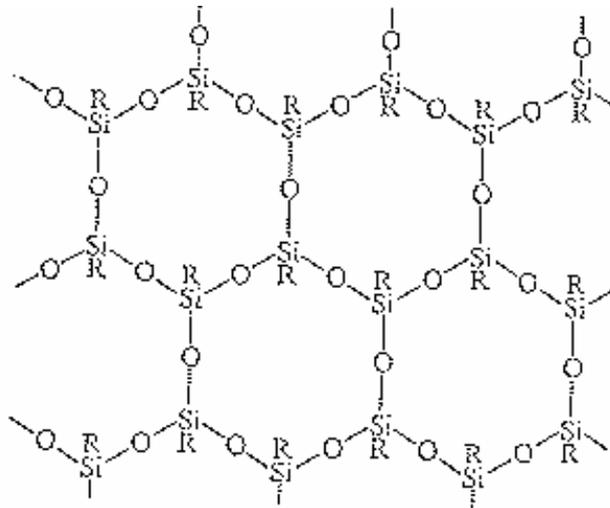
Silanol = R_3SiOH (Anfang – oder Endgruppe)

Silandiol = $R_2Si(OH)_2$ (mittleres Kettenglied)

Silantriol = $RSi(OH)_3$ (Verzweigungsstück)

Alle drei werden durch Hydrolyse der entsprechenden Halogenverbindungen (R_3SiCl , R_2SiCl , $RSiCl_3$) gewonnen, der sogenannten Rochow Synthese¹². Durch geeignete Mischung der drei Komponenten entstehen leicht flüssige, ölige, fettartige, harzige oder kautschukähnliche Substanzen, die wegen ihrer thermischen und chemischen Beständigkeit vielseitig anwendbar sind.

Abbildung 2



Die kautschukartigen Silikone sind bis herab zu Temperaturen von $-55^\circ C$ dehnbar und auch bei langer Beanspruchung bis herauf zu $+200^\circ C$ elastisch. Sie finden daher Anwendung für thermisch hoch beanspruchte Dichtungen, Draht und Kabelisolierungen. Erwähnenswert ist auch die wasserabstoßende Wirkung.

Die Anzahl der organischen Reste beeinflusst den Nährboden für Mikroorganismen. Hier sind koagulase negative Staphylokokken zu erwähnen, von denen man weiß, dass sie sich gerne an Kunststoff ansiedeln, z. B. an künstliche Herzklappen.

12. Material und Methode

12.1. Eingesetzte Operationsgeräte bei der Augenklinik München

Bis 1993 benötigte man für die Phakoemulsifikation und die pars plana Vitrektomie (PPV) getrennte Operationssysteme. Von der Firma Oertli waren VitroCat für die PPV und SonoCat für die Phakoemulsifikation mit zusätzlicher Kaltlichtquelle, dem VitroLum, entwickelt worden. Bei beiden mussten die Schläuche für die Irrigation und Aspiration separat über einen Kassettenaufsatz mit dem Gerät verbunden werden. Dieser konnte nach mehrmaliger Spülung mit Aqua dest mit samt den Schläuchen im Autoklav bei 2,4 bar und 134° C sterilisiert werden. Aus hygienischen und sicherheitstechnischen Gründen waren das Schlauchsystem plus I/A-Kassette jedoch nach zehnmalem Sterilisationsvorgang zu ersetzen¹⁷.

Von 1994 bis Mitte 1998 wurden Phakoemulsifikation und Vorderkammer Vitrektomie (VK-Vitrektomie) mit dem Occusystem 2 e von der Firma Techno Med ausgeführt. Parallel zu den Oertli-Geräten wurde mit dem Vorgänger des heutigen Megatron-Gerätes der Firma Geuder gearbeitet, dem Phaco-Aspitron I/A-System mit Vitrektomie, aber noch zusätzlicher Lichtquelle. Zum Schneiden und Absaugen von Linsenbestandteilen wurde das Vitreotom angeschlossen, ein magnetbetriebenes Instrument, das mit Ultraschall arbeitet. Dasselbe gilt für den Vitreo-Cutter, der zum Schneiden und Absaugen des Glaskörpers verwendet wurde.

Seit dem 15. Februar 1996 wird das Megatron-Gerät an der Augenklinik München verwendet. Seit 1997 sind in der Augenklinik der LMU drei dieser Geräte im Einsatz.

12.2. Experimenteller Teil

Es wurden aus Kostengründen (Stichprobe) acht Versuche mit je drei Schlauchstücken angesetzt. Hierzu zählten Schläuche aus Mehrwegsystemen (1-5) und dem aktuell verwendeten Einwegsystem (6):

- (1) gebrauchte sterile Schläuche mit internem Druckabnahmesystem, bis zu vier Jahre alt
- (2) ungebrauchte sterile Schläuche mit internem Druckabnahmesystem als negative Kontrolle
- (3) gebrauchte sterile Schläuche mit internem Druckabnahmesystem, nur wenige Male verwendet
- (4) ungebrauchte sterile Schläuche mit externem Druckabnahmesystem
- (5) positive Kontrolle (mit Staph. hominis kontaminierte Schläuche)
- (6) Schläuche des Einwegsystems

Das erste Schlauchstück stammt jeweils aus dem Infusionsschlauch, der zum Auge führt; das zweite wurde jeweils dem Schlauch entnommen, der zum Abfallbeutel führt; das dritte kommt vom Druckfilter für das Vakuum.

Die oben beschriebenen Schlauchstücke wurden unter sterilen Bedingungen in 5 cm gleichlange Stücke im Lamina flow geschnitten, in 100 ml Thioglykolat-Boullion für 24 und 48 Stunden bebrütet und weitere zehn Tage beobachtet. Bei Wachstum wird eine Gramfärbung angefertigt. Parallel wird die positive Kultur auf Blut und Kochblutagar isoliert und ebenfalls für 24 und 48 Stunden anaerob und microaerophil bebrütet. Die genaue Differenzierung wird im Pettenkofer-Institut ausgeführt.

Parallel wurden die Schläuche für das Rasterelektronenmikroskop präpariert und mit demselben auf Keimnachweis und etwaige Veränderungen in der Struktur, z. B. Porösität oder Risse untersucht.

Es wurden rasterelektronische Aufnahmen in 20-, 100-, 260-, 480-, 1000-, 4000-, 6000- und 9400-facher Vergrößerung angefertigt.

13. Eingesetzte Medien

13.1. Kultivierung

Zur Kultivierung wurden Thioglykolat – Bouillon mit Zusatz von Fadenagar, um das Eindringen von Luftsauerstoff in das Medium zu verzögern, sowie 0,1 % Dextrose und L – Cystein eingesetzt⁹. Cystein vermindert das Redoxpotential und hat so einen verbessernden Effekt auf die Wirkung des Thioglykolats. Zur Differenzierung dienen Blut – und Kochblutagar (qualitativ hochwertiger Nähragar mit Zusatz von defibriniertem Hammelblut). Beide wurden anaerob und mikroaerophil bebrütet. Zur Resistenzbestimmung wurde Müller Hinton Agar eingesetzt. Dieser ermöglicht ein gutes Wachstum der zu testenden Keime und beeinflusst sowohl die Wirkung als auch die Diffusion der Chemotherapeutika nicht ungünstig.

Bei bewachsenen Nährböden wurde eine Gramfärbung angefertigt. Für die Herstellung des Nativpräparates wurde mit der Öse etwas Material aus einer Bakterienkolonie entnommen, mit physiologischer Kochsalzlösung auf einem Objektträger gemischt und mikroskopiert. Die Gramfärbung¹⁴ ermöglicht die Einteilung der Bakterien in zwei Klassen. Die Zellen wurden zunächst mit Kristallviolett und Jod gefärbt und anschließend mit Alkohol gewaschen. Der Alkohol entfärbt die gram-negativen Bakterien, die sich dann mit Fuchsin rot anfärben, gram-positive Keime erscheinen im Lichtmikroskop hingegen blau.

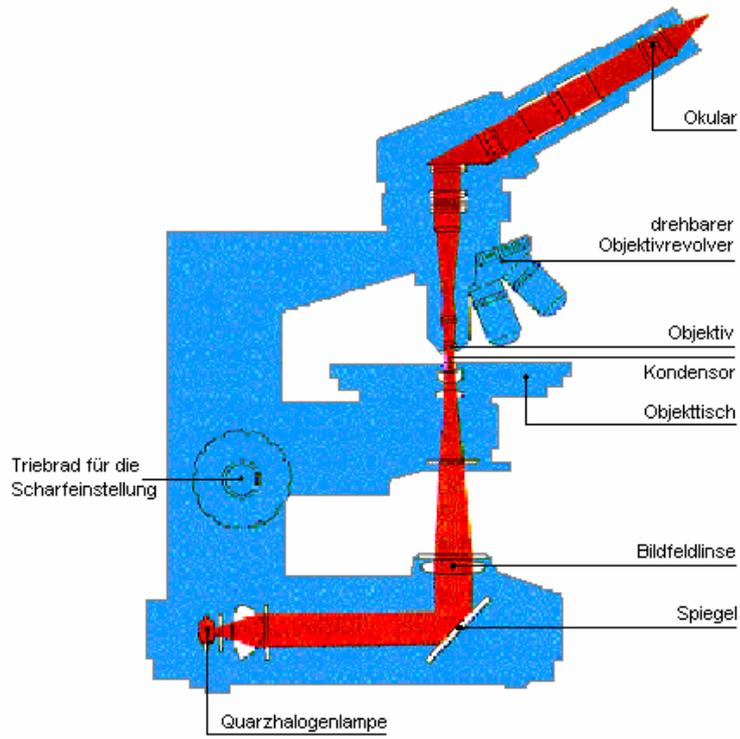
13.2. Rasterelektronenmikroskop (REM)

Die Präparation und Darstellung des Schlauchmaterials im Rasterelektronenmikroskop hat sich als weitaus schwieriger und aufwendiger herausgestellt als die Kultivierung.

Mit dem Elektronenmikroskop können unter Ausnutzung des besonders kurzwelligen Charakters der Elektronenstrahlung kleinste Teilchen sichtbar gemacht werden. Das Auflösungsvermögen liegt bei ca. 1 nm, also tausend mal stärker als das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskops. Der Elektronenstrahl wird durch Elektronenlinsen (rotations-symmetrische, elektrostatische oder magnetische Felder) geführt¹⁰.

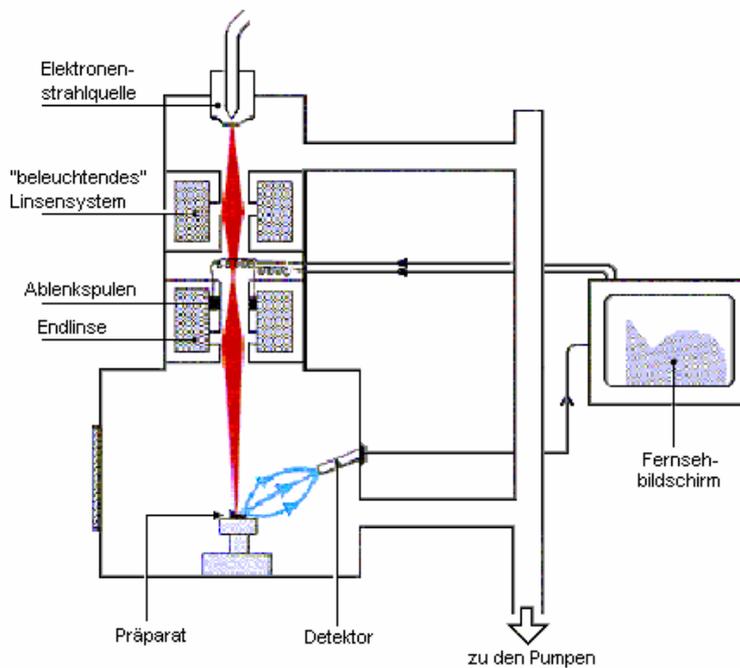
Beim Rasterelektronenmikroskop wird das Objekt zeilenweise mit einem sehr feinen Elektronenstrahl abgetastet und das vergrößerte Bild auf einem synchron zur Objektabtastung laufenden Faksimile - Fernschreiber oder Fernsehröhre – erhalten. Dabei wird die Intensität durch die an den einzelnen Objektpunkten verschieden stark ausgelösten Sekundärelektronen gesteuert. Aus dem Verhältnis der Bildzeilenlänge am abgetasteten Objekt ergibt sich die Bildvergrößerung.

Abbildung 3



Der optische Weg in einem Lichtmikroskop

Abbildung 4



Der optische Weg in einem Rasterelektronenmikroskop

Die Oberfläche eines im Rasterelektronenmikroskop zu untersuchenden Objektes muss mehrere Eigenschaften aufweisen: Die Fläche muss frei sein von störenden Auflagerungen, sie muss hochvakuumbeständig sein, und sie darf sich bei einem Beschuss mit Elektronen nicht verändern. Die Oberfläche muss weiterhin ausreichend Sekundärelektronen emittieren und sollte möglichst keine Aufladungserscheinungen zeigen. Biologische Strukturen, deren Oberfläche diesen Anforderungen von vornherein genügen können, sind harte Exoskelette wie die Flügeldecken von Käfern oder Molluskschalen, ferner Zähne, Knochen, Diatomeenschalen, Pollen und verschiedene pflanzliche Gewebe.

In aller Regel genügen die zu untersuchenden Objekte, bzw. ihre Oberflächen jedoch nicht den zuvor genannten Voraussetzungen. Diese müssen erst durch geeignete präparative Maßnahmen geschaffen werden, dazu folgendes Schema¹⁵:

- a) Auswahl und Entnahme des Objektes mit anschließender Vorreinigung
- b) Stabilisierung des Präparates (Fixation)
- c) Bei chemischer Fixation: Spülen des Präparates und Entwässerung
- d) Trocknung
- e) Montage des Präparates auf geeigneten Trägern
- f) Erhöhen bzw. Herstellen der Oberflächenleithaftigkeit

zu a) Die Reinigung erübrigt sich, da die zu untersuchenden Schläuche aus dem Autoklaven kommen.

zu b) Als Primärfixative werden verschiedene Aldehydverbindungen eingesetzt. Der wichtigste Vertreter ist Glutar-(di)-aldehyd (CHO). Dieses reagiert mit Proteinen und verursacht in verschiedener Weise deren Quervernetzung. Es können sowohl intra- als auch intermolekulare Brücken gebildet werden. Aldehyde reagieren nicht mit Lipiden, so dass eine nachfolgende Fixation mit Osmium (Daltons) notwendig ist, um Verluste durch die Entwässerung zu vermeiden. Der Aldehydfixation (24 bis 48 h) schließt sich in jedem Fall eine gründliche Spülung mit Phosphatpuffer an, am besten über Nacht im Kühlschrank. Mit OsO_4 wird, wie schon erwähnt, nachfixiert und zwar zwei Stunden. So erhöht sich die Leitfähigkeit und die sekundäre Elektronenausbeute.

zu c) Die Entwässerung erfolgt stufenweise in einer aufsteigenden Alkoholreihe:

20 % zwei mal 10 Min.

30 % zwei mal 10 Min.

50 % zwei mal 10 Min.

70 % zwei mal 10 Min.

Im 70 % Alkohol können die Präparate auch länger bleiben, eventuell sogar nachts im Kühlschrank. Die Konsistenz wird dadurch härter.

80 % zwei mal 10 Min.

95 % zwei mal 10 Min.

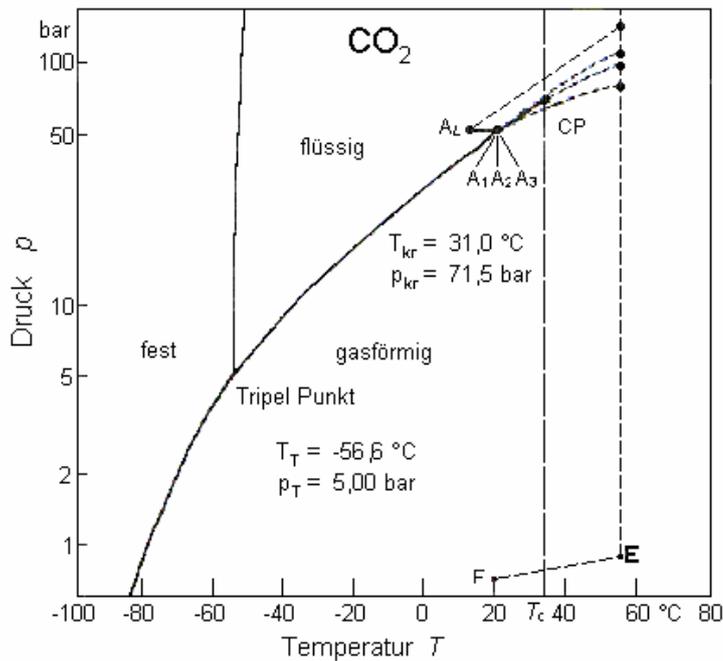
100 % zwei mal 10 Min.

zu d) Aus der letzten Stufe kann direkt getrocknet werden. Dies muss möglichst schonend gemacht werden. Insbesondere sind die Artefakte, die beim Übergang von der feuchten zur gasförmigen Phase auftreten, tunlichst zu vermeiden. Dies kann mittels zweier Methoden erreicht werden: Die „Kritische Punkt Trocknung“ mittels des Geräts der Firma Baltec und die Gefriertrocknung. Die Kritische Punkt Trocknung lässt sich schnell und sicher vornehmen, zudem ist sie billiger.

Funktionsprinzip der Kritischen Punkt Trocknung:

Das Wasser im Untersuchungsobjekt ist vollständig gegen ein organisches Lösungsmittel ausgetauscht, das mit dem Übergangsmedium, hier CO₂, mischbar ist. Das Objekt wird in eine Kammer eingebracht, die hohe Drücke aushalten kann. Hier erfolgt bei verriegelter und gekühlter Kammer eine vollständige Substitution des Entwässerungsmittels durch das flüssige Übergangsmedium CO₂ durch mehrfaches Spülen. Dabei dürfen die Objekte nicht trockenfallen. Ist alles Entwässerungsmedium entfernt und befindet sich nur noch flüssiges Übergangsmedium in der geschlossenen Kammer, wird diese aufgeheizt, und zwar soweit, dass Temperatur und Druck jenen (kritischen) Punkt überschreiten, an dem das Übergangsmittel in seiner flüssigen Phase und seiner Gasphase die gleiche Dichte annimmt und sich ohne Durchschreiten einer Phasengrenze voll vermischt. Das Mittel wird dann als Gas aus der Kammer entlassen, das Objekt ist getrocknet.

Abbildung 5



zu e) Präparatmontage:

Die getrockneten hydrophilen Präparate werden höchstens kurzfristig in einem Exsikator aufbewahrt, besser ist die sofortige Weiterverarbeitung. Ein brauchbarer Träger, bzw. ein Klebemittel, muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Der Träger muss einen guten elektrischen Kontakt zu dem Präparattisch im REM haben.
- Zwischen der Oberfläche des Präparates und dem Träger muss ebenfalls ein guter elektrischer Kontakt gegeben sein.
- Der Träger sollte möglichst wenig Rückstreuелеktronen freisetzen; daher empfiehlt sich vor allem die Verwendung von Trägern aus Spektralkohle oder Aluminium, hier Spektralkohle.
- Das Klebemittel muss das Objekt fest auf dem Träger verankern.

Die Oberfläche des Trägers wird mit einem Doppelklebeband überzogen und das Präparat dann auf dieses übertagen. Die ca. 1 cm langen Schlauchstückchen sind aufgeschnitten und werden mit Innen- und Außenfläche aufgesetzt. Die Leitfähigkeit wird erhöht, indem man die Oberfläche der getrockneten Objekte mit leitenden Metallen beschichtet, bevorzugt Gold

(Au) oder Gold - Palladium (Au - Pd). Die Beschichtung kann entweder durch Kathodenzerstäubung (Sputtern) oder Bedampfung im Vakuum erfolgen.

Mit Hilfe des REM wird gezielt nach Mikroorganismen gesucht, die sich zwischen einer Vergrößerung von 600- und 900-fach darstellen lassen¹⁴. Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen dieser Arbeit wurden bei 20 bis 9400-facher Vergrößerung angefertigt. Hierbei wurde die Außenfläche, Innenfläche sowie die Schnittfläche der untersuchten Silikonschläuche dargestellt.

14. Klinisches Protokoll bezüglich der Katarakt- und Vitrektomie-Operationen

Zur Klärung eines Zusammenhangs der Operationstechniken bei Katarakt und Vitrektomie mit Endophthalmitis wurden die im Zeitraum von 1978 bis 1998 an der Augenklinik München aufgetretenen Endophthalmitis-Fälle als schwierigste und gefährlichste Komplikation anhand der Operationsbücher ausgewertet. Die Darstellung erfolgt in tabellarischer und grafischer Form.

Tabelle 1: Operationstechniken bei Katarakt und Vitrektomie von 1978 bis 1998

Jahr	n	K	K in %	V	V in %	ppL	ppL in %	S	S in %
1978	1.745	1.124	64,4	36	2,1		0,0	585	33,5
1979	1.421	959	67,5	40	2,8		0,0	422	29,7
1980	1.596	945	59,2	116	7,3		0,0	535	33,5
1981	1.760	1.048	59,5	247	14,0	1	0,1	464	26,4
1982	1.798	992	55,2	230	12,8	19	1,1	557	31,0
1983	2.294	940	41,0	752	32,8	100	4,4	502	21,9
1984	2.490	947	38,0	814	32,7	225	9,0	504	20,2
1985	2.860	980	34,3	1.044	36,5	221	7,7	615	21,5
1986	4.392	2.487	56,6	1.091	24,8	249	5,7	565	12,9
1987	5.688	2.155	37,9	692	12,2	96	1,7	2.745	48,3
1988	6.189	2.500	40,4	608	9,8	88	1,4	2.993	48,4
1989	3.186	1.409	44,2	862	27,1	173	5,4	742	23,3
1990	2.690	990	36,8	802	29,8	100	3,7	798	29,7
1991	2.562	878	34,3	853	33,3	110	4,3	721	28,1
1992	2.283	911	39,9	646	28,3	52	2,3	674	29,5
1993	1.971	768	39,0	511	25,9	27	1,4	665	33,7
1994	3.740	1.429	38,2	1.403	37,5	39	1,0	869	23,2
1995	3.892	1.532	39,4	1.190	30,6	16	0,4	1.154	29,7
1996	6.109	2.372	38,8	2.113	34,6	34	0,6	1.590	26,0
1997	5.754	2.188	38,0	1.904	33,1	35	0,6	1.627	28,3
1998	6.251	1.662	26,6	1.483	23,7	25	0,4	3.081	49,3
Gesamt	70.671	29.216		17.437		1.610		22.408	

n Augenoperationen insgesamt
 K Katarakt-Operationen insgesamt
 V Vitrektomie
 ppL pars plana Lensektomie
 S Sonstiges

Aus Tabelle 1 ist die Entwicklung der verschiedenen Operationstechniken bei Katarakt und Vitrektomie ersichtlich. Es fällt zunächst auf, dass sich die Anzahl der Augenoperationen von 1978 bis 1998 insgesamt in etwa vervierfacht hat. Bezogen auf die Gesamtzahl aller Augenoperationen lag der Anteil der Katarakt-Operationen im Jahr 1978 zunächst bei ca. zwei

Drittel (64 %). Er sank in den Folgejahren auf fast die Hälfte; im Jahr 1989 ergab sich ein Wert von 44 %. Bis 1998 verringerte sich der Wert auf ca. ein Viertel (26,6 %). 1978 wurden lediglich 36 Vitrektomie-Operationen durchgeführt. Der Anteil an Vitrektomien erreichte bereits 1985 sein Maximum mit 36,5 %. 1998 waren es nur noch ca. ein Viertel (23,7 %).

Die Spalte „Sonstiges“ beinhaltet alle übrigen Operationen am Auge, zum Beispiel Schieloperationen, Eingriffe an den Tränenwegen und Operationen plastisch rekonstruierender Natur (u. a. bei Auftreten von Tumoren), Interventionen bei Netzhautablösungen und Glaukom. Diese zusammengefassten Eingriffe lagen 1978 bei ca. einem Drittel (33,5 %). Zwanzig Jahre später sind es fast die Hälfte aller Augenoperationen insgesamt (49,3 %).

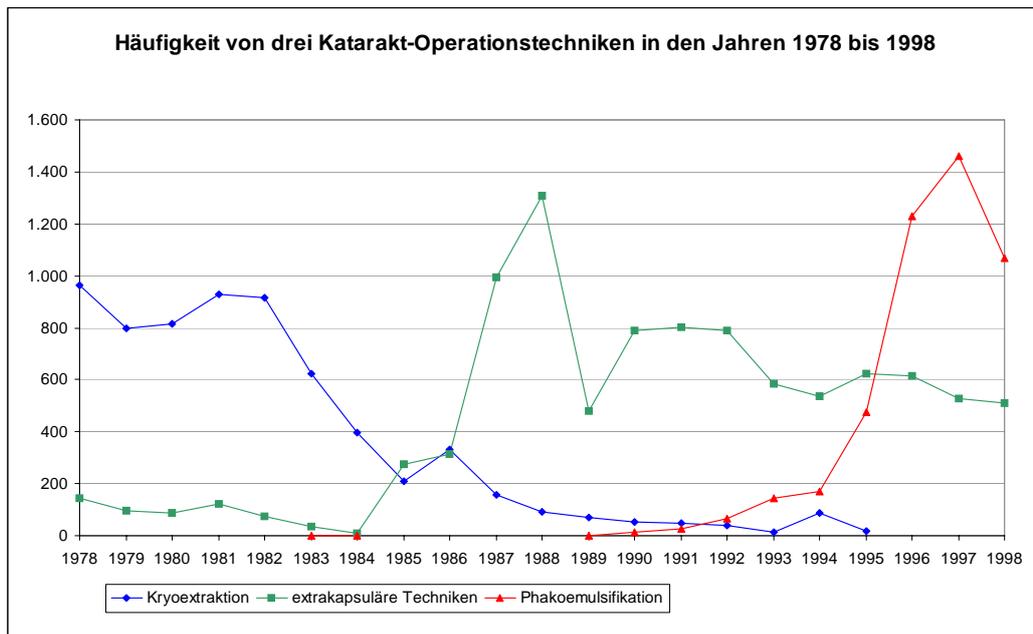
Tabelle 2: Operationstechniken bei Katarakt von 1978 bis 1998

Jahr	n	K	Ext. T.		Int. T.	DN	keine Angabe	Linse	
			Kr/KrC	weitere	P/PH			VK	HK
1978	1.745	1.124	964	146		14			
1979	1.421	959	796	98		65			
1980	1.596	945	817	88		40			
1981	1.760	1.048	927	121					
1982	1.798	992	916	72		4			
1983	2.294	940	622	35	2	15	30		236
1984	2.490	947	397	10	2	11	102	17	408
1985	2.860	980	209	273		5			493
1986	4.392	2.487	333	315		10	5	772	1.052
1987	5.688	2.155	157	994		4			1.000
1988	6.189	2.500	90	1.309		3			1.098
1989	3.186	1.409	71	478	1	3			856
1990	2.690	990	51	790	12	8			129
1991	2.562	878	50	802	24	1	1		
1992	2.283	911	39	787	65	5	15		
1993	1.971	768	15	583	145	5	20		
1994	3.740	1.429	88	535	170		636		
1995	3.892	1.532	16	623	475		362		56
1996	6.109	2.372		613	1.230		341		188
1997	5.754	2.188		526	1.459	1	102	3	97
1998	6.251	1.662		508	1.066		88		
Gesamt	70.671	29.216	6.558	9.706	4.651	194	1.702	792	5.613

- n Augenoperationen insgesamt
- K Katarakt-Operationen insgesamt
- Kr/KrC Kryoextraktion inkl. Kryoextraktion mit Cliplinse
- ext. T. / int. T. extrakapsuläre Techniken, z.B. Schlingenextraktion / intrakapsuläre Techniken
- DN Diszision bei Nachstar
- P/PH Phakoemulsifikation inkl. Phakoemulsifikation plus Hinterkammerlinse
- keine Angabe Operationstechnik und Linse nicht angegeben
- VK Vorderkammerlinse
- HK Hinterkammerlinse

Tabelle 2 differenziert die Katarakt-Operationstechniken während der Jahre 1978 bis 1998. Man sieht, dass bis 1984 überwiegend intrakapsuläre Techniken zum Einsatz kamen. Der Anteil der Kryoextraktionen an allen Augenoperationen ist seit 1978 (55 %) rückläufig. Ab 1985 wurde diese intrakapsuläre Technik rasch durch die extrakapsulären Techniken verdrängt und seit 1996 an der Augenklinik München nicht mehr angewandt. In den Jahren ab 1990 kam hierfür die Phakoemulsifikation mit einem Maximum von 1495 im Jahr 1997 zum Einsatz. Im untersuchten Zeitraum überwog der Einsatz von Hinterkammer- gegenüber Vorderkammerlinsen.

Abbildung 6



Hier zeigt sich noch einmal deutlich, wie häufig die intrakapsuläre Katarakt-Technik bis 1982 angewendet wurde und wie sie ab 1985 durch die extrakapsuläre Technik verdrängt wurde. Die Phakoemulsifikation wurde zunächst nur zögerlich eingesetzt und stieg ab 1995 rasch an.

Tabelle 3: Operationstechniken bei Vitrektomie von 1978 bis 1998

Jahr	n	V				ohne Angaben
		ppV	vordere V	vordere V bei Cat		
1978	1.745	36	6	2	6	22
1979	1.421	40	5	5	8	22
1980	1.596	116	47	14	11	44
1981	1.760	247	3	21	25	198
1982	1.798	230	16	11	18	185
1983	2.294	752	36	36	62	618
1984	2.490	814	99	27	26	662
1985	2.860	1.044	143	20	40	841
1986	4.392	1.091	115	14	60	902
1987	5.688	692	115	18	48	511
1988	6.189	608	38	26	58	486
1989	3.186	862	61	244	39	518
1990	2.690	802	76	15	47	664
1991	2.562	853	139	17	64	633
1992	2.283	646	80	12	56	498
1993	1.971	511	26			485
1994	3.740	1.403	1.237			166
1995	3.892	1.190	1.168			22
1996	6.109	2.113	2.049			64
1997	5.754	1.904	1.847			57
1998	6.251	1.483	1.442			41
Gesamt	70.671	17.437	8.748	482	568	7.639

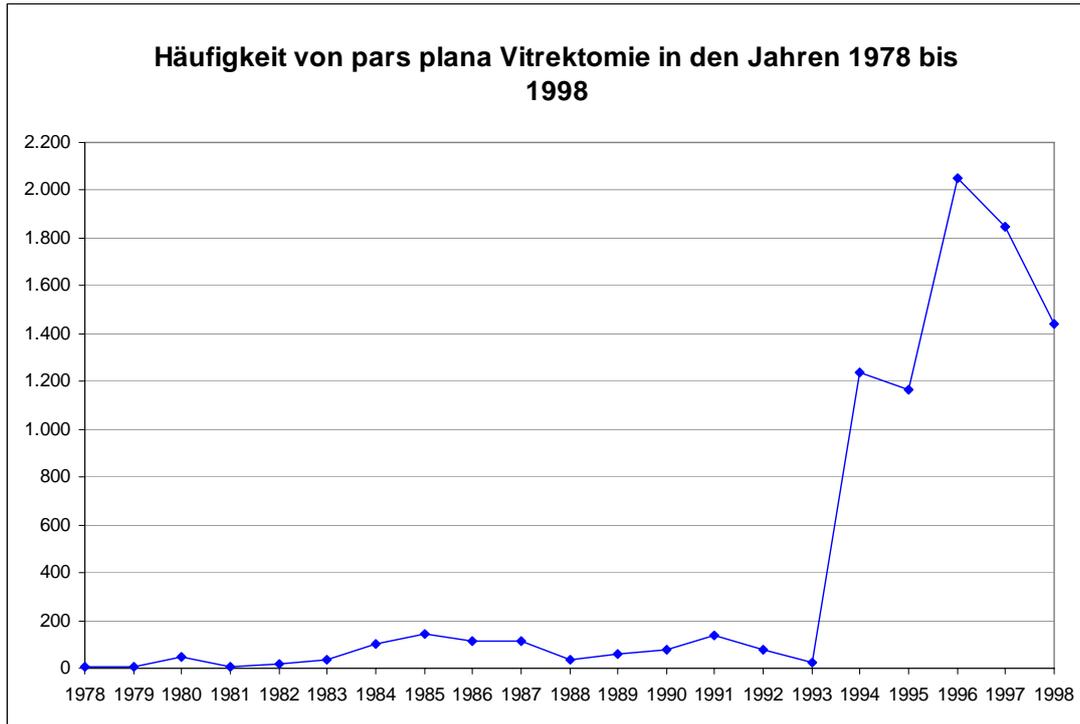
n Augenoperationen insgesamt

V Vitrektomie

ppV pars plana Vitrektomie

Tabelle 3 differenziert die Vitrektomien von 1978 bis 1998 in pars plana Vitrektomie (ppV), vordere Vitrektomie, vordere Vitrektomie bei Katarakt und Vitrektomien, bei den in den Operationsbüchern keine Angaben zur Technik gemacht wurden. Die Anzahl der ppV-Eingriffe liegt bis 1993 im Mittel bei 63. Ab dem Jahr 1994 erhöhte sie sich schlagartig auf das ungefähr zwanzigfache (siehe Abbildung 7). Im Jahr 1996 wurden die meisten ppV-Eingriffe - 2049 von 2113 Vitrektomien insgesamt - durchgeführt. Vordere Vitrektomien bei Katarakt traten bis 1992 im Durchschnitt 38 jährlich auf.

Abbildung 7



In Abbildung 7 ist die drastische Zunahme der pars plana Vitrektomien ab dem Jahr 1993 ersichtlich.

Für statistische Vergleiche wurden endogene und posttraumatische Endophthalmitiden miteinbezogen.

Tabelle 4: Ursachen von Endophthalmitis-Fällen in den Jahren 1978 bis 1998

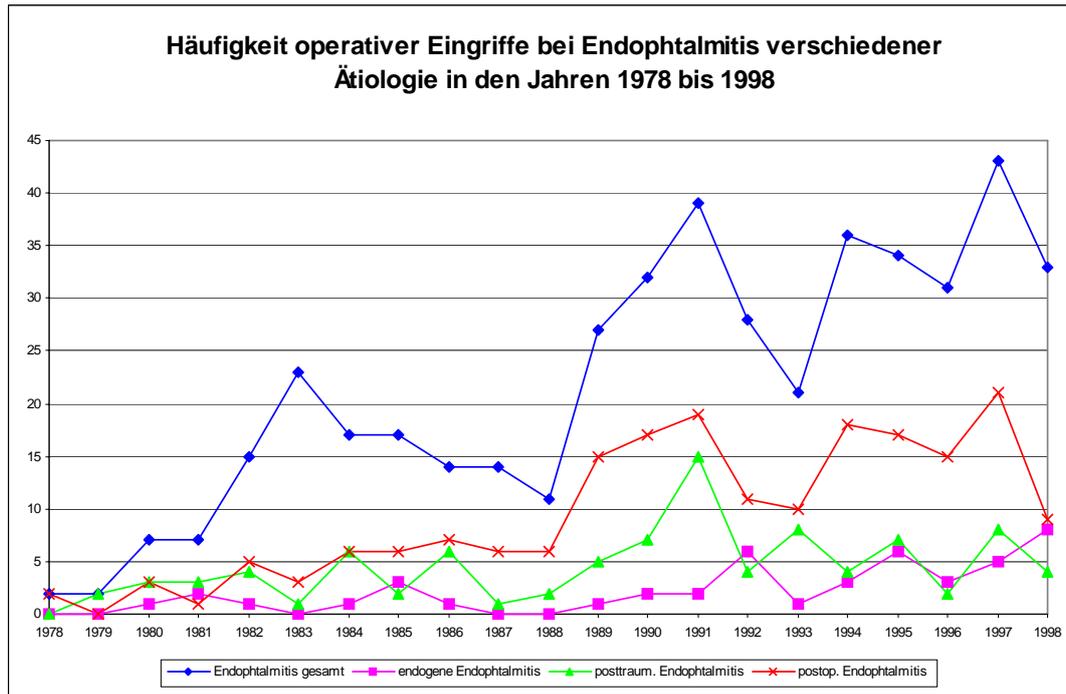
Jahr	K. und V. insgesamt	E. insgesamt	Anteil E. an K. + V. in %	E.			E. endogen	E. posttraum.	F. absolut
				p.op.	E. intern	E. extern			
1978	1.160	2	0,17	2	1	1	0	0	0
1979	999	2	0,20	0	0	0	0	2	0
1980	1.061	7	0,66	3	1	2	1	3	0
1981	1.295	7	0,54	1	1	0	2	3	1
1982	1.222	15	1,23	5	3	2	1	4	5
1983	1.692	23	1,36	3	2	1	0	1	19
1984	1.761	17	0,97	6	5	1	1	6	4
1985	2.024	17	0,84	6	4	2	3	2	6
1986	3.578	14	0,39	7	2	5	1	6	0
1987	2.847	14	0,49	6	4	2	0	1	7
1988	3.108	11	0,35	6	4	2	0	2	3
1989	2.271	27	1,19	15	12	3	1	5	6
1990	1.792	32	1,79	17	7	10	2	7	6
1991	1.731	39	2,25	19	11	8	2	15	3
1992	1.557	28	1,80	11	8	3	6	4	7
1993	1.279	21	1,64	10	5	5	1	8	2
1994	2.832	36	1,27	18	12	6	3	4	11
1995	2.722	34	1,25	17	7	10	6	7	4
1996	4.485	31	0,69	15	4	11	3	2	11
1997	4.092	43	1,05	21	8	13	5	8	9
1998	3.145	33	1,05	9	3	6	8	4	12

K Katarakt-Operationen
V Vitrektomie
E Endophthalmitis
Intern / extern Operationen durch die Augenklinik München / durch ein anderes Haus
F Fehlende Daten

Tabelle 4 zeigt den (relativen) Anteil der Endophthalmitiden bzgl. Kataraktoperationen und Vitrektomien. Zudem differenziert sie deren Ursachen in postoperative, die endogene und die posttraumatische Form. Die postoperative Endophthalmitis trat in der Regel nach Katarakt-Operationen auf. Da einige Patientenakten nicht aufzufinden waren, gibt es eine restliche Anzahl von Endophthalmitis-Fällen, deren Ursache unbekannt bleibt (Fehlende Daten). Im Untersuchungszeitraum wurden mehr Fälle als in Tabelle 4 angegeben mit Verdacht auf Endophthalmitis prophylaktisch behandelt, um die Zahl der Enukleationen zu reduzieren. Bei den tatsächlich aufgetretenen Endophthalmitis-Fällen, ausgelöst durch Bakterien, wurde mit Amikacin und Cortison behandelt. Endophthalmitis-Fälle, die durch Pilze ausgelöst wurden, sind seltener aufgetreten.

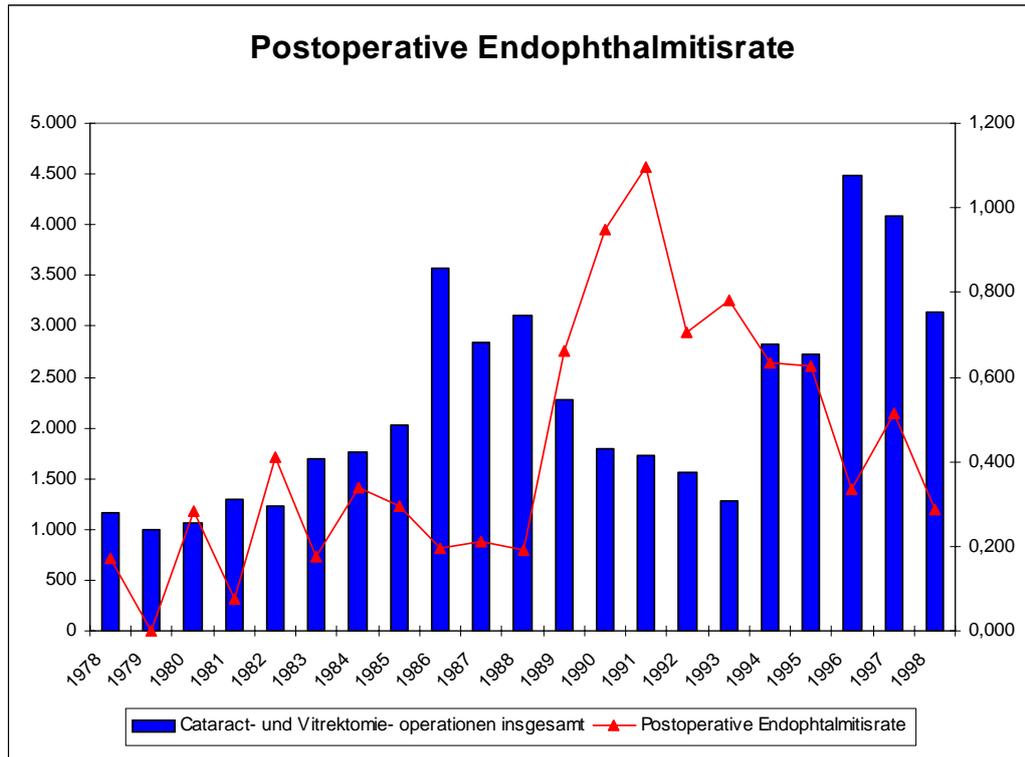
Die Anzahl der aufgetretenen Endophthalmitis-Fälle stieg ab 1981 kontinuierlich an. Die absoluten Werte schwanken zwischen 2 im Jahre 1978 und 43 im Jahre 1997. Der Durchschnitt lag bei 21,5 Fällen.

Abbildung 8



Hier zeigt sich deutlich der rapide Anstieg der Endophthalmitis-Fälle zum Ende der 80er Jahre. In 1991 und 1997 sind die meisten Endophthalmitis-Fälle aufgetreten. Die Anzahl der postoperativen Fälle liegt geringfügig über der Anzahl der posttraumatischen Fälle. Diese wiederum übersteigt die Anzahl der endogenen Endophthalmitis-Fälle, die mit der geringsten Häufigkeit auftraten.

Abbildung 9



Hier zeigt sich die postoperative Endophthalmitis-Rate bezogen auf die Anzahl der Katarakt- und Vitrektomie-Operationen. Ab dem Jahr 1989 stieg die Endophthalmitis-Rate und erreichte 1991 ihren maximalen Wert. Danach entwickelte sie sich rückläufig. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Katarakt- und Vitrektomie-Operationen zur Endophthalmitis ist nicht erkennbar.

15. Resultate der mikrobiologischen Untersuchung

Folgende Tabelle enthält die Resultate aus zwei Experimenten: (-) = kein Wachstum
(+) = Wachstum

Schlauch-Nr.	Medium Thioglykolat		Gramfärbung	Isolation		Antibiogramm
	24 h Bebrütung	48 h Bebrütung		aerob	anaerob	
1	-	-	-	-	-	-
2	-	+++	grampositive Kokken	Staph. Hominis	grampositive Kokkenstäbchen	sensibel für Erythromycin, Ofloxacin und Ciprobay; resistent für Penizillin, Ampizillin und Clamoxyl
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-

Beim Versuch mit Schlauch Nr. 2 fanden sich nach 48 h Bebrütung mikroaerophile Stäbchen, die als Staph. hominis identifiziert wurden. Sie zeigten im Antibiogramm Resistenzen für Penizillin, Ampizillin und Clamoxyl und reagierten indifferent auf Erythromycin, Ofloxacin und Ciprobay.

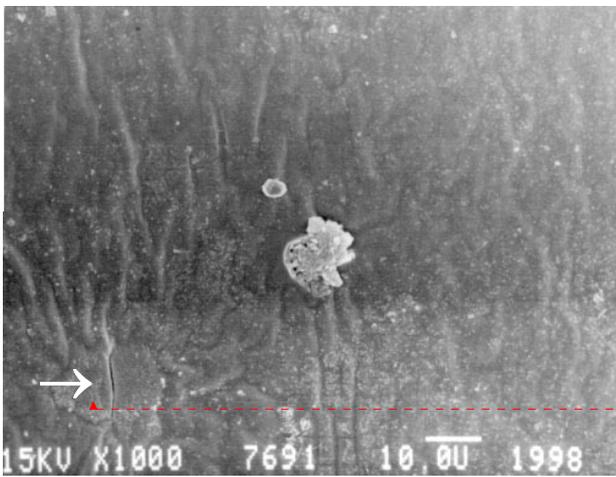
Die Versuche mit den Schläuchen Nr. 1 und 2 wurden wiederholt und zeigten hierbei kein Wachstum. Alle übrigen Versuche fielen ebenfalls negativ aus.

16. Resultate der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung



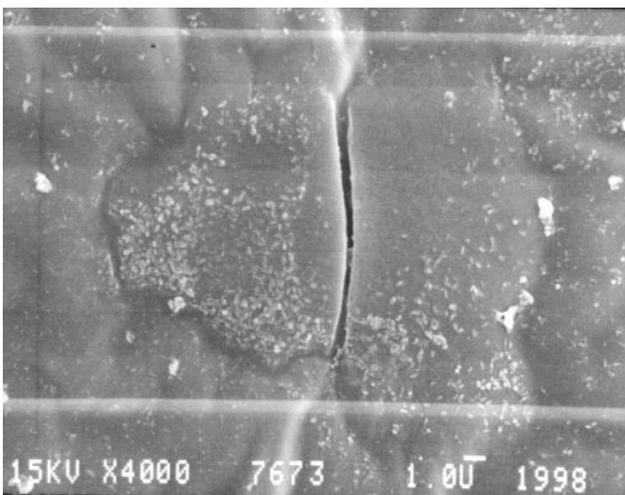
Schlauch Nr. 1 Innenfläche:

Bei den bis zu vier Jahre
gebrauchten Silikonschläuchen
sind als eindeutige Verschleiß-
erscheinung Risse zu sehen, in
deren Nähe sich Staubpartikel
anlagern (100-fache
Vergrößerung).

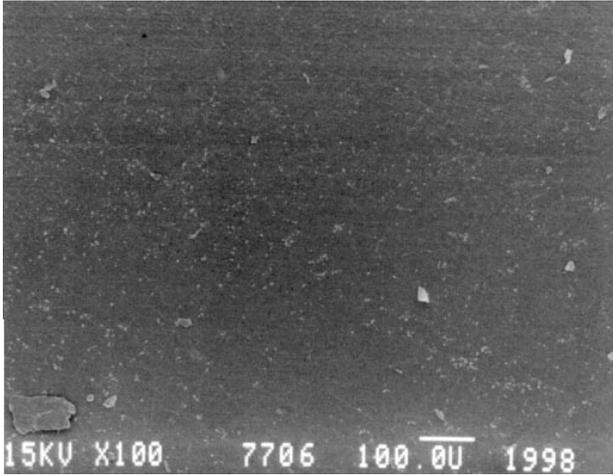


Diese sind bereits bei 1000-
facher Vergrößerung zu
erkennen.

Formatiert

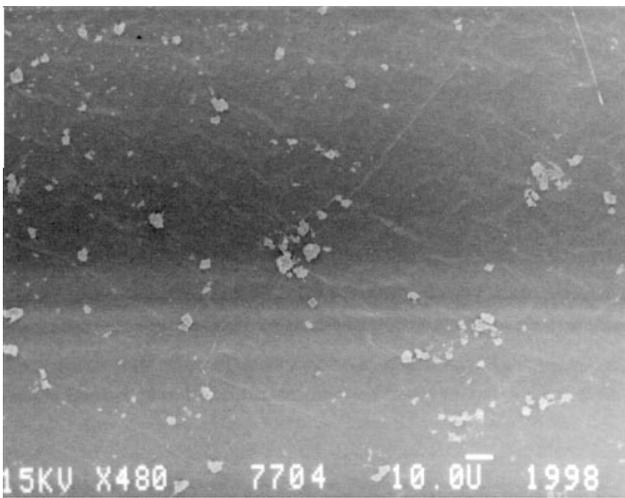


... sowie bei 4000-facher
Vergrößerung.



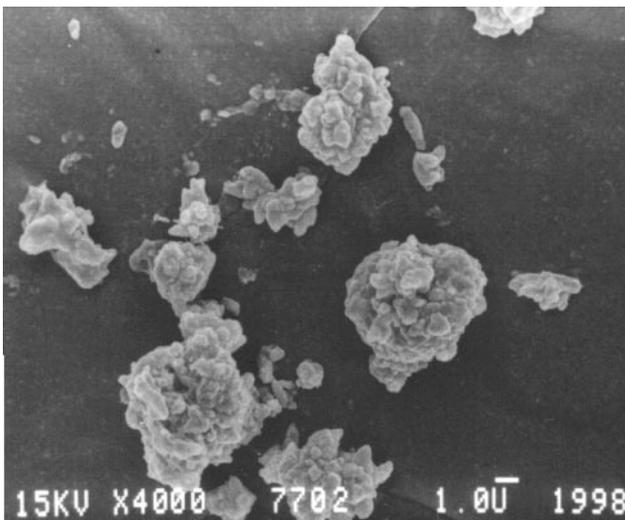
Schlauch Nr. 2 Innenfläche:

Ungebrauchter, steriler Schlauch
bei 100-facher Vergrößerung

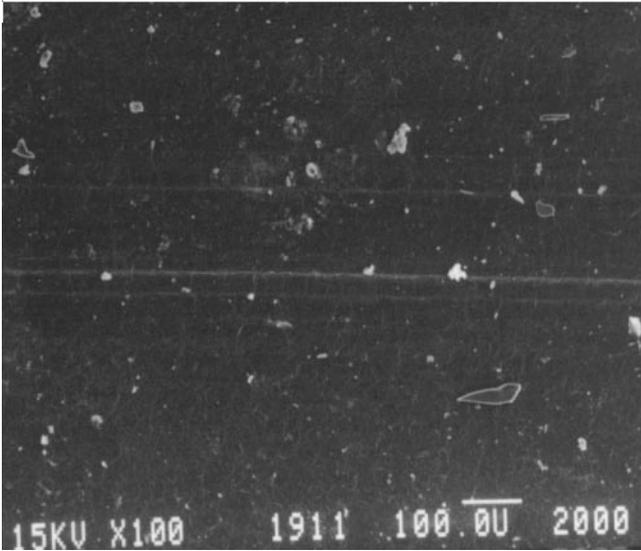


480-fache Vergrößerung:

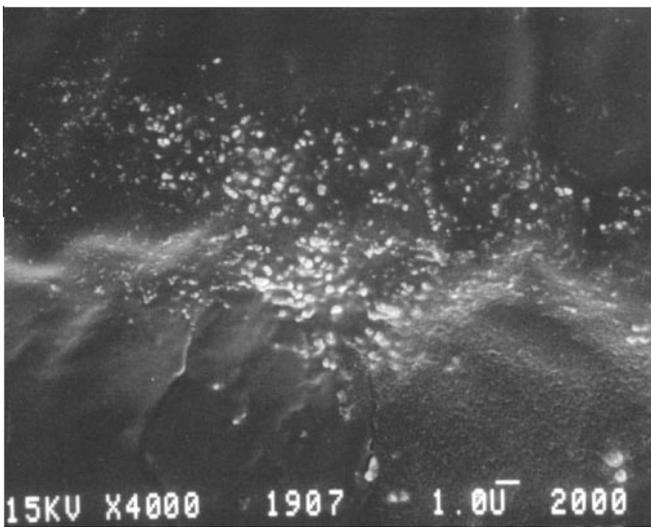
es zeigen sich Staubpartikel



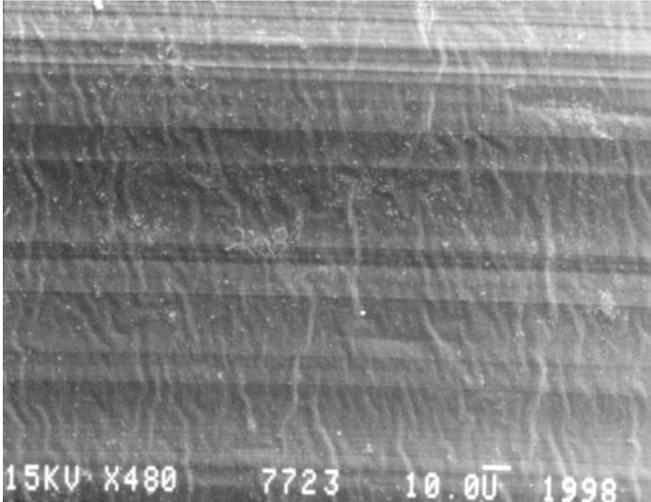
Diese sind am besten bei
4000-facher Vergrößerung
zu erkennen.



Schlauch Nr. 6 Innenfläche:
Einwegsystem bei 100-facher
Vergrößerung:
Innenfläche intakt



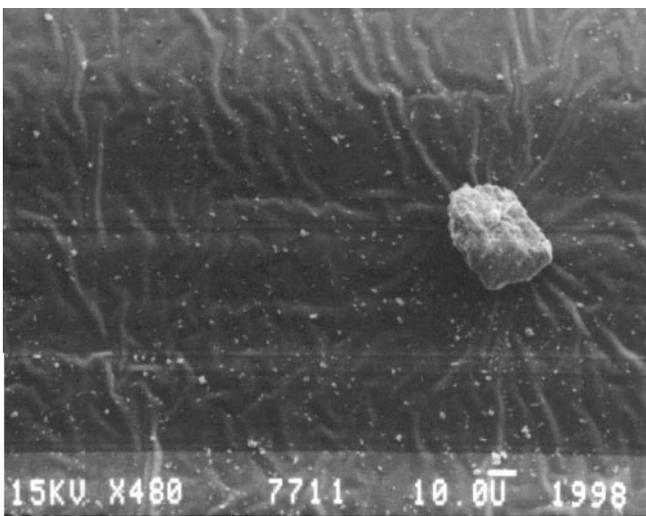
Bei 4000-facher Vergrößerung
sind Staubpartikel zu erkennen.



Schlauch Nr. 1:

bis zu 4 Jahre alt bei 480-facher
Vergrößerung:

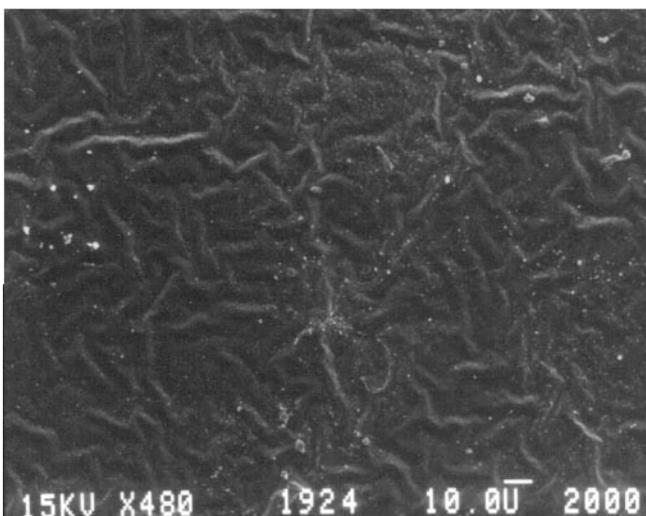
Charakteristische Oberfläche des
Schlauchmaterials



Schlauch Nr. 2:

Ungebrauchter, steriler Schlauch
bei 480-facher Vergrößerung:

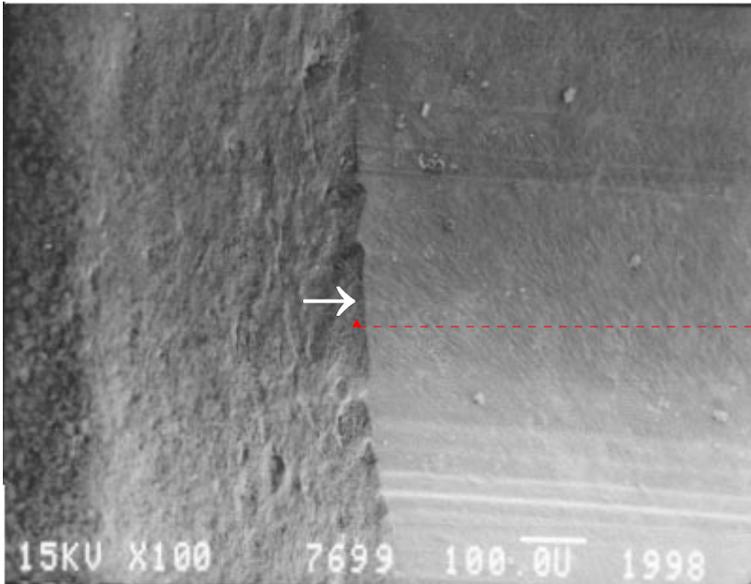
Partikel auf Schlauchoberfläche



Schlauch Nr. 6:

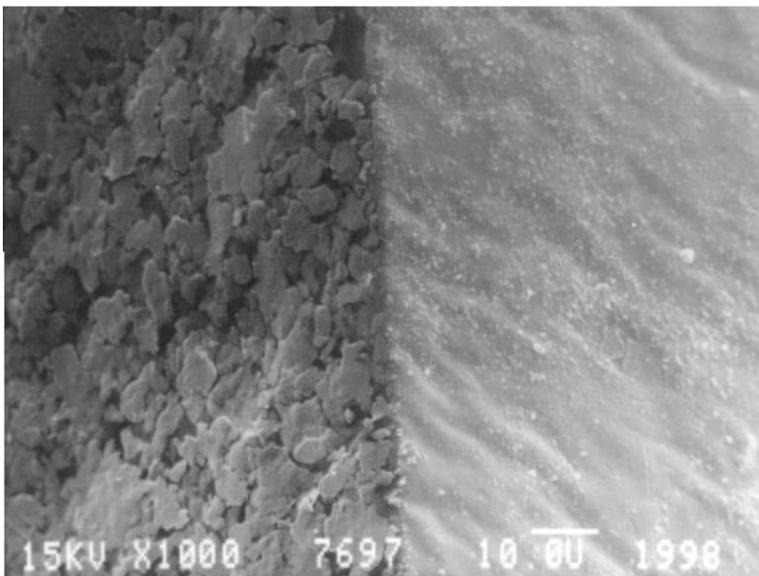
Einwegsystem bei 480-
facher Vergrößerung:

Es zeigt sich eine intakte
Oberfläche mit
charakteristischer Struktur.

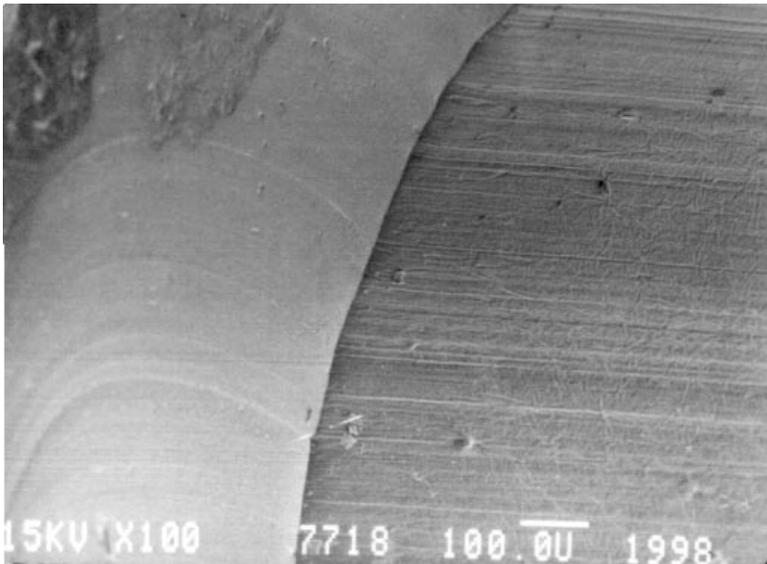


Schlauch Nr. 1:
bis zu 4 Jahre alt bei 100-
facher Vergrößerung
Es ist eine poröse
Schnittfläche zu
erkennen.

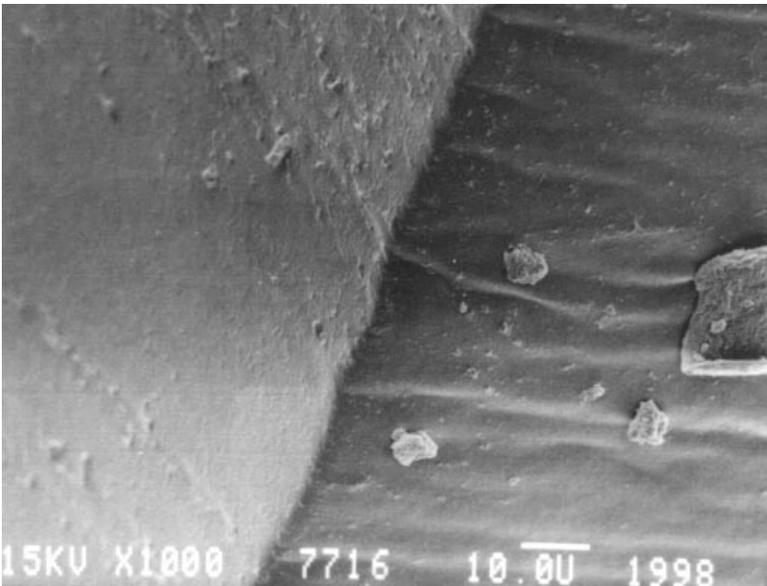
Formatiert



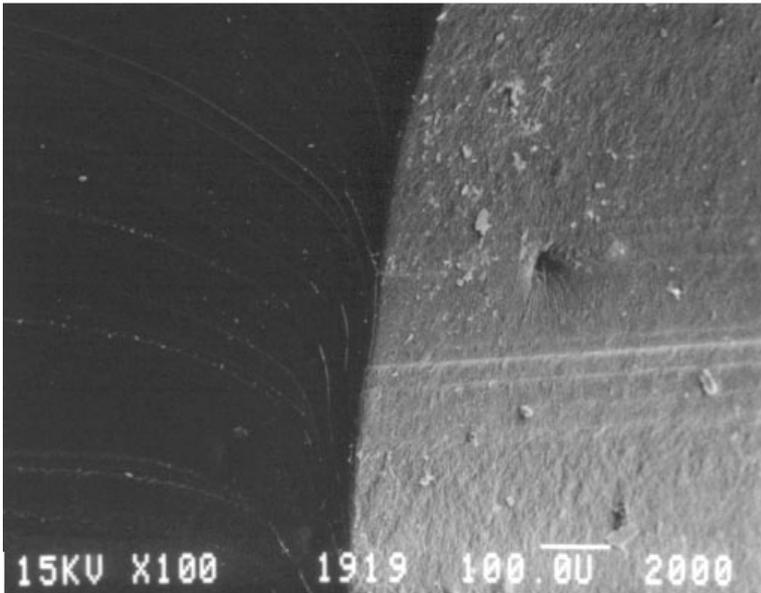
Unebene Schnittfläche
bei 1000-facher
Vergrößerung



Schlauch Nr. 2:
Ungebrauchter, steriler
Schlauch bei 100-facher
Vergrößerung:
Hier ist eine glatte
Schnittfläche zu sehen.

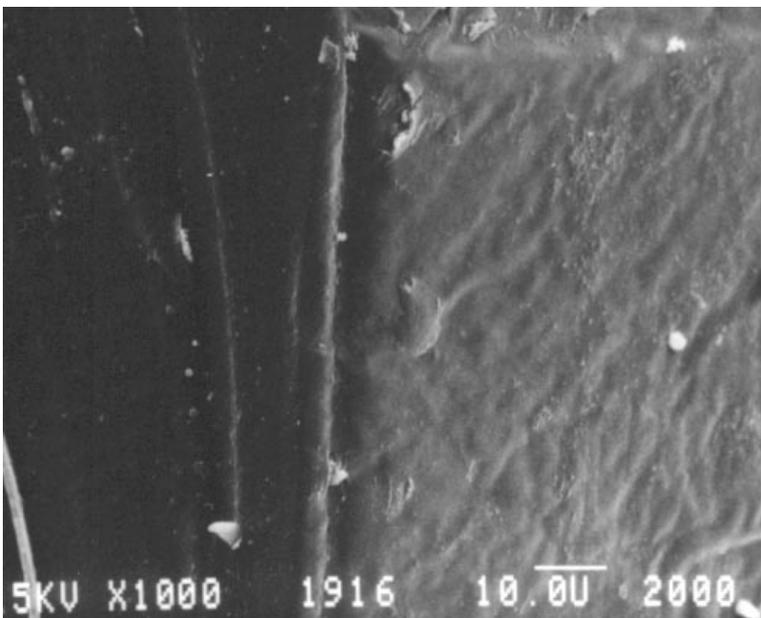


Bei 1000-facher Vergrößerung sind wenige
Partikel zu erkennen.

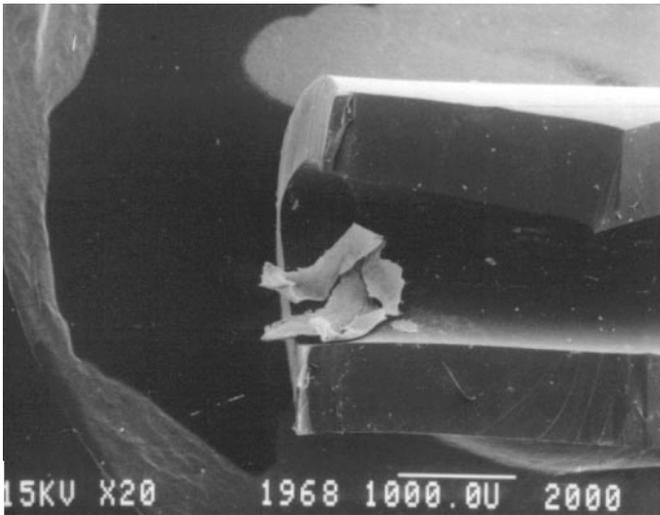


Schlauch Nr. 6:

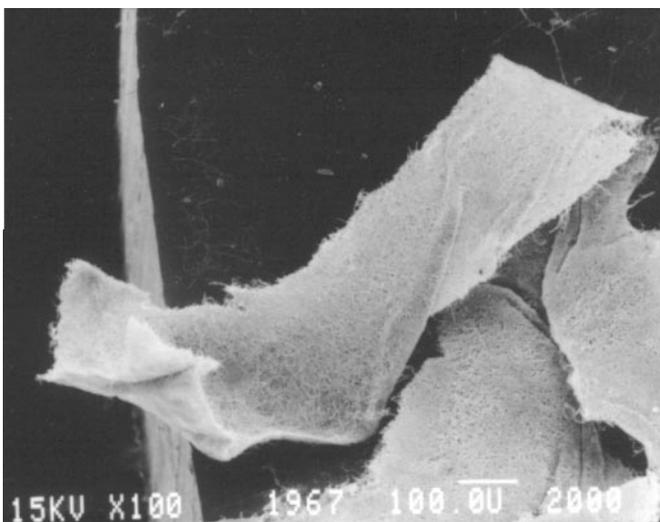
Einwegsystem ungebraucht
bei 100-facher Vergrößerung:
intakte Schnittfläche.



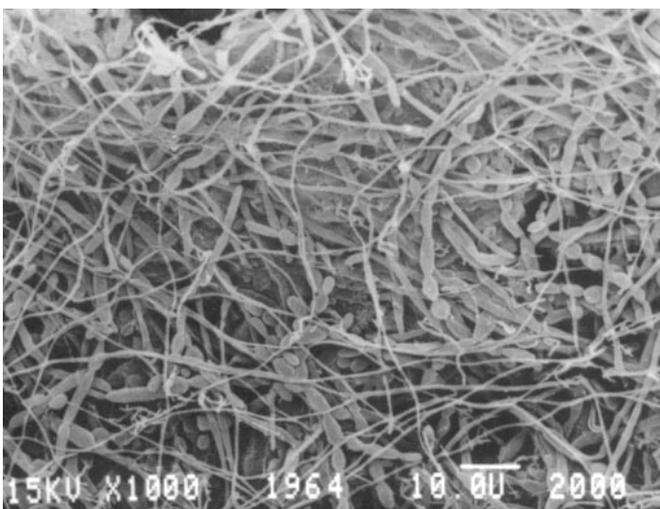
Das gleiche gilt für die
1000-fache Vergrößerung.



Die positive Kontrolle (stammt nicht aus der Augenklinik München) zeigt Ablagerungen und Pilzmyzel: Schon in 20-facher Vergrößerung sieht man in der Innenfläche fremdes Material.



Bei 100-facher Vergrößerung wirkt es wie ein Teppich.



In 1000-facher Vergrößerung sieht man das Pilzgeflecht.

Diese Aufnahmen entstammen dem inneren Silikonschlauchsystem eines Phakoemulsifikations-Gerätes mit internem Druckabnehmer, Typ Legacy der Firma Alconi. Dieses Gerät, das bei der Augenklinik München nicht zum Einsatz kam, wurde regulär betrieben; die Wartungsintervalle waren korrekt eingehalten.

Somit konnte gezeigt werden, dass die Rasterelektronenmikroskopie eine geeignete Methode ist, um Mikroorganismen auf der Schlauchinnenseite darzustellen.

17. Diskussion

In den vergangenen 20 Jahren hat sich die Anzahl der operativen Eingriffe am Auge an der Augenklinik München vervierfacht. 1998 entfielen auf Katarakt-Operationen und Vitrektomien 27 bzw. 24 % aller Augenoperationen. Schieloperationen, Eingriffe an den Tränenwegen, Operationen plastisch rekonstruierender Natur, zum Beispiel bei Tumoren, Interventionen bei Netzhautablösungen und Glaukom (sog. „Sonstige Eingriffe“, siehe Kapitel 13) verursachten fast die Hälfte aller Augenoperationen. Diese Eingriffe und deren Technik wurden in dieser Arbeit nicht näher betrachtet, obwohl die Ursachen für deren zahlenmäßigen Anstieg sicherlich von großem Interesse wären. Wahrscheinlich sind inzwischen - im Vergleich zu früher - viele dieser Eingriffe Prävention, wenn man zum Beispiel nur den Diabetes oder die Hypertonie betrachtet. Mag sein, dass auch die Tumor-Früherkennung und die Vorsorgeuntersuchungen bei Kindern zum starken Anstieg der „Sonstigen Eingriffe“ beigetragen haben. Natürlich ist auch in diesen Bereichen die Operations- und Untersuchungstechnik verfeinert und weiterentwickelt worden, so dass mehr Diagnostik und Operationen möglich waren.

Die Anzahl der Katarakt-Operation an der Münchner Augenklinik hat sich in den letzten 20 Jahren fast verdoppelt. Ab 1985 wurde intrakapsuläre Technik (Kryoextraktion) rasch durch extrakapsuläre Techniken (v. a. Phakoemulsifikation) verdrängt und seit 1996 an der Augenklinik München nicht mehr angewandt.

Mit Entwicklung und Einsatz der ppV erhöhte sich die Gesamtzahl der Vitrektomien 1994 auf das 20-Fache gegenüber 1993. 1998 wurden fast ausschließlich ppV durchgeführt. Ab 1993 sind vordere Vitrektomien bei Kataraktoperationen nicht mehr aufgetreten. Offenbar haben seit 1994 Kataraktoperationen nicht mehr Anlass zu vorderen Vitrektomien gegeben.

Betrachtet man die Endophthalmitis-Fälle, so fällt auf, dass Ihre postoperative Rate bis 1991 anstieg und danach kontinuierlich sank. Gemäß der in dieser Arbeit ausgewerteten Patientendaten war mit dem Einsatz der Phakoemulsifikation ab 1983 und Einführung der pars plana Vitrektomie seit 1994 keine Zunahme der Endophthalmitis-Rate an der Augenklinik München verbunden.

Kontaminationen der inneren Schlauchsysteme von Katarakt- und Vitrektomie-Operationsgeräten können eine Infektionsquelle für die Entstehung der postoperativen Endophthalmitis sein. Im experimentellen Teil dieser Arbeit wurden Silikonschläuche des Megatrongerätes, welches bei Katarakt- und Vitrektomie-Operationen eingesetzt wird, auf Struktur und bakterielle Kontaminationen untersucht. Hierbei wurden Schläuche aus Ein- und Mehrwegsystemen eingesetzt. Bei der mikrobiologischen Untersuchung der eingesetzten Schlauchsysteme wurden keine bakteriellen Kontaminationen gefunden.

Bei den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigten sich bei den gebrauchten, bis zu vier Jahren alten Schläuchen starke Verschleißerscheinungen in Form von Rissen. Beim ungebrauchten Schlauch und dem Schlauch des Einwegsystems war das Material jeweils intakt. Die in den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen auf den Silikonschläuchen erkennbaren Staub- und Schmutzartikel könnten während der Operation ins Auge gespült bzw. gesaugt werden und post-operativ zu einer Fremdkörperreaktion führen.

Wie entstehen überhaupt postoperative Infektionen ?

Zum einen besteht das Infektionsrisiko von außen, beispielsweise durch den Chirurgen, der seine Hände nicht ausreichend gereinigt und sterilisiert hat, dessen Mundschutz, der verrutschen kann, sowie dessen Haare. Außerdem können durch den Patienten selbst - zum Beispiel über die Wimpern, die Haut, die Tränenwege - Keime in das zu operierende Gebiet gelangen. Ist die Abwehr des Patienten geschwächt, sei es durch Immunsuppressiva oder Erkrankung (z. B. Diabetes mellitus), kann von innen heraus, also endogen eine Infektion entstehen.

Gegenüber diesen externen und internen Risiken scheint das Schlauchsystem von Katarakt- und Vitrektomie-Operationsgeräten an der Augenklinik München als Infektionsquelle von der Gewichtung her eher eine geringe Rolle zu spielen.

18. Zusammenfassung

Die vorliegende Abhandlung umfasst drei Aufgabengebiete:

- die Beschreibung der Katarakt-Operationen und Vitrektomie-Techniken der vergangenen 20 Jahre mittels OP-Büchern und Patientenakten, um die aufgetretenen Endophthalmitiden zu differenzieren
- die mikrobiologische Untersuchung verschiedener Silikonschläuche des Megatrongeräts bei Katarakt-Operationen
- parallel dazu deren Darstellung im Rasterelektronenmikroskop

Die Zahl der Augenoperationen insgesamt hat sich in den Jahren von 1978 bis 1998 vervierfacht. Bei den Kataraktoperationen wurde die intrakapsuläre Technik (Kryoextraktion) ab 1990 rasch durch die extrakapsuläre Technik (Phakoemulsifikation) verdrängt. Seit 1993 sind bei Kataraktoperationen offenbar durch den Einsatz der Phakoemulsifikation vordere Vitrektomien nicht mehr erforderlich.

Die Anzahl der Vitrektomien stieg mit dem Einsatz der ppV ab 1993 auf das 20-fache. Die Endophthalmitis-Rate stieg mit der Zunahme der intraokularen Eingriffe. Posttraumatische Endophthalmitis-Fälle kamen am häufigsten vor, endogene Endophthalmitis-Fälle am wenigsten. Ein Zusammenhang zwischen Operationstechnik und Endophthalmitis ist postoperativ nicht zu erkennen.

Bei der mikrobiologischen Untersuchung der verschiedenen Silikonschläuche war das Ergebnis in der überwiegenden Zahl der Fälle negativ. In einem Fall war eine Kontamination nachweisbar. Es ist davon auszugehen, dass bei neuen Schlauchsystemen keine bakterielle Kontamination durch den Hersteller stattfindet. Ebenso ist ein Rückfluss in das Auge und eine damit verbundene Infektion mit Hilfe des Refluxsystems ausgeschaltet. Die gängigen Verfahren der Reinigung und Sterilisation erfüllen also ihren Zweck. Die Struktur der Silikonschläuche wird durch mehrmaligen Gebrauch verschlissen. Gefördert wird dieser Prozess wohl auch durch die Nachbehandlung, siehe Reinigung und Sterilisation. Seit 1998 werden in der Augenklinik der LMU München Schläuche des Wegwerfsystems aus hygienischen sowie zeit- und kostensparenden Gründen eingesetzt.

Literaturangaben

1. Christoph Binder, Herminia Mino de Kaspar, Michael Engelbert, Volker Klauf, Anselm Kampik; Augenklinik, LMU München
Bakterielle Keimbesiedelung der Konjunktiva mit Propioni-Bakterium acnes vor und nach Polyvidon-Jod-Applikation vor intraokulären Eingriffen,
Der Ophthalmologe 6-98, S. 438 - 441
2. Herminia Mino de Kaspar, PhD, Thomas Grasbon, MD, Anselm Kampik, MD
Automated Surgical Equipment Requires Routine Disinfection of Vacuum Control Manifold to Prevent Postoperative Endophthalmitis,
Ophthalmology, Volume 107, Number 4, April 2000, p. 685 - 690
3. Clayman HM, Parel JM, Miller D, Bacterial recovery from automated cataract surgical equipment, J Cataract Refract Surg 1986, Volume 12, p. 158-161
4. Christopher N. Ta, MD, Peter R. Egbert, MD, Kuldev Singh, MD, Erin M. Shriver, MD, Mark S. Blumenkranz, MD, Herminia Mino de Kaspar, PhD

Prospective Randomized Comparison of 3-Day versus 1- Hour Preoperative Ofloxacin Prophylaxis for Cataract Surgery,
Ophthalmology, Volume 109, Number 11, November 2002, p. 2036 - 2040
5. Christopher N. Ta, MD, Robert T. Chang, BS, Kuldev Singh, MD, Peter R. Egbert, MD, Erin M. Shriver, MD, Mark S. Blumenkranz, MD, Herminia Mino de Kaspar, PhD
Antibiotic Resistance Patterns of Ocular Bacterial Flora,
Ophthalmology, Volume 110, Number 10, October 2003, p. 1946 - 1951
6. Herminia Mino de Kaspar, Erin M. Shriver, Eddy V. Nguyen, Peter R. Egbert, Kuldev Singh, Mark S. Blumenkranz, Christopher N. Ta
Risk factors for antibiotic-resistant conjunctival bacterial flora in patients undergoing intraocular surgery,
Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol (2003) 241:730-733

7. Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre.
Augenärztliche Operationen
Band 2, G. Mackensen, H. Neubauer
Springer Verlag
8. Busse, Augenerkrankungen
Urban und Schwarzenberg
9. Enke
Augenheilkunde von Martin Riem
Vierte Auflage
10. Roche Lexikon Medizin
Urban und Schwarzenberg
11. Betriebsanweisung des Megatronengeräts, Fa. Geuder
12. Hallemann Wiberg
Lehrbuch der anorganischen Chemie
91 - 100 verbesserte und verbreiterte Auflage
Walter de Gruyter, Berlin New York 1985
13. Lothar Hallmann, Friedrich Burkhardt
Klinische Mikrobiologie
Vierte Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart
14. E. Jawetz, J.L. Melnick, E.A. Adeberg
Medizinische Mikrobiologie
Springer Verlag, fünfte Auflage
Berlin, Heidelberg, New York 1985
15. Schmidt, Naumann, Horsch
Sterilisation, Desinfektion, Konservierung und Entwesung
Georg Thieme Leipzig 1990
16. D.G. Robinson, U. Ehlers, R. Herken, B. Herrmann, F. Mayer,
F.W. Schürmann

Präparationsmethodik in der Elektronenmikroskopie
Springer Verlag

17. VITROCAT – SONOCAT, Betriebsanleitung

Mein besonderer Dank gilt meinem Ehemann für die stets aufmunternde Unterstützung und Hilfe am Computer.

Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. V. Klauf, Herrn Dr. Grasbon, Herrn Thielke, Frau Sandra Hörger und Herrn Dr. Michael Kriegmaier.

Lebenslauf

1. Persönliche Daten:

	Katharina Andrea Kriegmaier, geb. Budsa geboren am 27. März 1962 in Markdorf
Mutter	Eva Budsa, Hausfrau
Vater	Alexander Budsa, Dreher
Geschwister	Thomas Budsa, Musiker
Ehemann	Ulrich Kriegmaier, Dipl.-Betriebswirt (FH)
Kind	Sophie Kriegmaier, geb. 24.11.2001

2. Schulbildung:

Grundschule Untersiggingen	1969 bis 1973
Gymnasium Markdorf	1973 bis 1976
Gymnasium Friedrichshafen	1976 bis 1983

3. Berufsausbildung:

Praktikum in der Pathologie, Überlingen	1983 bis 1984
MTA-Schule in Ulm-Wiblingen	1984 bis 1986

4. Universitätsausbildung:

Studium der Humanmedizin in München:	
Immatrikulation	Sommersemester 1993
Physikum	22. März 1996 (LMU)
1. Staatsexamen	16. April 1998 (TU München)
2. Staatsexamen	12. April 1999 (TU München)
3. Staatsexamen	22. Mai 2000 (LMU München)

5. Ärztliche Tätigkeit:

Arzt im Praktikum bei Dr. Ablasser im Krankenhaus Buchloe	1. Oktober 2000 bis 30. September 2001
stundenweise Tätigkeit bei Dr. Kresse in der chirurgischen Praxis in Landsberg	Juni 2004 bis Mai 2005
Assistenzärztin in der chirurgischen Abteilung des Klinikums Landsberg	ab 1. Oktober 2005

Kaufering, im Dezember 2005