

Funktionelle Gesichtspunkte bei der Verwendung von Operationsmikroskopen

Teil 1: Grundsätzliche Bemerkungen und deren praktische Bedeutung

J. Draeger, J. Garweg

Univ.-Augenklinik Hamburg

Direktor: Prof. Dr. med. J. Draeger

Voraussetzung

Das klare optische System des Auges bietet für die direkte biomikroskopische Betrachtung besonders gute Voraussetzungen. Dies ist für die klinische Untersuchung seit Gullstrand (1911) selbstverständlich [17]. Um so erstaunlicher ist es, daß es nicht die Ophthalmologen, sondern die Otologen waren, bei denen der Gebrauch des Operationsmikroskop als ersten eingeführt wurde. Bereits 1921 entwickelten die Otologen Nysten und Holmgren ein Operationsmikroskop für Eingriffe am Innenohr [14].

Erst 1946 setzte Perritt ein speziell für ophthalmologische Anforderungen von Mueller, Chicago, gebautes binokulares Operationsmikroskop für Eingriffe an den vorderen Augenabschnitten ein [15]. Anfang der fünfziger Jahre wurde mit dem OPMI 1 von Zeiss das erste Operationsmikroskop serienmäßig produziert und zunächst wieder im HNO-Bereich eingesetzt. Weitere fünf Jahre später (1956) verwendeten gleichzeitig Harms und Barraquer dieses Operationsmikroskop für die Augenchirurgie. Noch einmal zehn Jahre dauerte es dann, bis die Ophthalmochirurgen routinemäßig unter dem Mikroskop operierten. Dies lag nicht zuletzt daran, daß die damals zur Verfügung stehenden Geräte für ophthalmologische Zwecke nicht geeignet waren.

Noch 1966 berichteten Harms und Mackensen von der stark widersprüchlichen Diskussion über die Erfordernis, Operationsmikroskope einzusetzen [5,

13]. Inzwischen ist durch den Einsatz von Mikroskopen die Operationstechnik so verfeinert worden und die Ansprüche an den Operateur so gestiegen, daß heute die Frage nicht mehr heißt: „Benötige ich für Operationen am Auge ein Mikroskop?“, sondern: „Welche speziellen Anforderungen stelle ich an ein Operationsmikroskop, um das gesamte Spektrum der von mir durchgeführten Eingriffe am vorderen und hinteren Augenabschnitt, im Bereich der Lider, der Tränenwege, der Orbita und der Augenmuskeln mit minimaler Traumatisierung des Gewebes und möglichst großer Sicherheit und Bequemlichkeit durchführen zu können?“. Dieser Frage soll in unserem Beitrag nachgegangen werden.

Ein Operationsmikroskop-System, das lediglich vergrößert, erleichtert eine Operation gegenüber dem Fehlen vergrößernder Operationshilfen, bietet jedoch keinen wesentlichen Fortschritt für die Operationstechnik. Erst die wahlweise schräge oder koaxiale Einbringung von Licht in den Strahlengang, die Möglichkeit der ferngesteuerten Schärfefokussierung und der Variation des Vergrößerungsfaktors sowie ein Bildteiler für ein Assistentenmikroskop und Videoübertragung ermöglichen eine ophthalmologische Mikrochirurgie. Außerdem ist es für kompliziertere Eingriffe unerlässlich, daß auch alle übrigen während der Operation benötigten Funktionen in einem integrierten System enthalten sind. Was also sollte eine solche „Mikrochirurgische Operationseinheit“ zweckmäßigerweise leisten?

Anforderungen

Das Mikroskop stellt das Kernstück jeder mikrochirurgischen Operationseinheit dar. Zwei Funktionsbereiche des Mikroskops sind voneinander abzugrenzen und funktionell gleichermaßen bedeutend: Der eine ist der optische Teil des eigentlichen Mikroskops. Hierunter gehören bauartbedingte Merkmale wie Arbeitsabstand und Baulänge, Vergrößerung, räumlicher Seheindruck, aber auch der Bildteiler für ein koaxiales Assistentenmikroskop, für Video, Film und Kamera sowie der Laseranschluß. Der zweite Bereich betrifft das Beleuchtungssystem. Die Anforderungen daran sind für Oberflächenbetrachtungen ganz anders als für Arbeiten im durchfallenden Licht. Deshalb muß eine Möglichkeit zum Schwenken des Lichtes zur Beobachtungsachse, zur Spaltlichtabbildung, zur Drehbarkeit um die Beobachter-Achse und zur Regulation der Größe und Intensität des Lichtkegels in Relation zum Gesichtsfeld vorgesehen sein (Tabelle 1).

Ein dritter, nicht unmittelbar zum Mikroskop, sondern zum Umfeld des Mikroskops gehörender Bereich betrifft alle übrigen zu einem mikrochirurgischen Arbeitsplatz gehörenden Geräte: die Aufhängung und Fernsteuerung des Mikroskops, den Operateurstuhl und seine Funktionen, den Operationstisch und seine Steuerung, die Foto- und Filmdokumentation, die Zusatz-Aggregate und die Instrumente beziehungsweise deren Fernsteuerung (Tabelle 2).

Operationsmikroskop

Brennweite

Ein Operationsmikroskop für die Augenheilkunde hat anderen Anforderungen als für alle übrigen mikrochirurgischen Anwendungen gerecht zu werden: Eine Mindestbrennweite von 150 mm ist für Manipulationen unter dem Mikroskop erforderlich. Der Okular-Objekt-Abstand ist umso komfortabler, je kürzer er ist, und sollte etwa 300–350 mm betragen [1]. Er setzt sich aus der Baulänge des Mikroskops und der Brennweite des Objektivs (= Arbeits-

abstand) zusammen. Da ein Mindestarbeitsabstand von 150 mm erforderlich ist, sollte die Baulänge 150 mm nicht wesentlich überschreiten.

Vergrößerung

Eine weitere wichtige Frage betrifft die für eine bestimmte Operation sinnvolle Vergrößerung. Dabei sind das Gesichtsfeld und die benötigte, ohne Nachfokussierung verfügbare Schärfentiefe der Vergrößerung indirekt proportional. Als Anhaltspunkt kann man sich die in Tabelle 3 genannten Richtwerte merken.

Eine etwa fünffache Vergrößerung reicht für ein übersichtliches Op-Feld in der extraokularen Amotio-Chirurgie, der Strabismus-, plastischen, Tränenwegs- und Lidchirurgie aus, eine etwa 10fache Vergrößerung für Katarakt-, Glaukom- und Glaskörperchirurgie sowie die Trepanation bei der perforierenden Keratoplastik. Etwa 15fach vergrößert man bei komplizierten intraokularen Manipulationen, zum Beispiel im hinteren Glaskörperraum oder auch für Hornhautnähte. Nur selten, zum Beispiel bei Goniotomien, hat man den Wunsch nach einer darüberhinausgehenden Vergrößerung, da diese zwangsläufig mit einer Verkleinerung des Gesichtsfeldes und einer Verschlechterung der Tiefenschärfe einhergeht [8].

Vergrößerungswechsel

Der Vergrößerungswechsel kann gestuft nach dem Galilei-Prinzip oder kontinuierlich durch Zoomtechnik erfolgen. Zoom-Systeme haben sich in der Industrie allgemein durchgesetzt, obwohl gerade für den weniger geübten Operateur der elektrisch betriebene Vergrößerungswechsel in fixen Schritten einfacher zu handhaben ist, da die erforderliche Änderung der räumlichen Koordination leichter erlernbar ist (Abb. 1a und b).

Bildteiler

Ein Bildteiler, der den Anschluß eines koaxialen Assistentenmikroskops, einer Video-, Film- oder bzw. und einer Kleinbildkamera ermöglicht, darf möglichst wenig Licht abzweigen, um die Lichtbelastung für das Patientenaugen gering zu halten und eine Verschlechterung der Ausleuchtung des Operateur-Gesichtsfeldes zu vermeiden. In der Regel

wird ein Bildteilverhältnis von 1:1 verwandt. Das bedeutet einen Lichtverlust von 50 % für den Operateur oder eine Verdoppelung der Lichtbelastung für den Patienten. Ist eine besondere Lichtsensibilität des Patientenauges zu erwarten, sollte deshalb eine einfach zu handhabende Abschaltung des Bildteilers vorgesehen sein. Andererseits sollte eine Videoübertragung möglichst immer erfolgen, um auch der instrumentierenden Schwester eine Mitbeobachtung zu ermöglichen.

Assistentenmikroskop

Ein Assistentenmikroskop mit koaxialer oder schräger Strahlführung kann an das Operationsmikroskop angeschlossen werden. Das koaxiale Assistentenmikroskop bedeutet einen Lichtverlust im Verhältnis des Bildteilers für das Bild des Operateurs.

Außerdem wird jeder Vergrößerungswechsel in das Assistentenmikroskop übertragen, was in der Regel für den Aufgabenbereich des Assistenten nicht sinnvoll ist und dem ungeübten Assistenten Schwierigkeiten bei der Koordination seiner Bewegungen bereiten kann. Zudem belegt das koaxiale Assistentenmikroskop einen Bildteilerausgang. Dafür hat der Assistent bei koaxialem Mikroskop die gleiche Bildebene wie der Operateur, wenn auch in der Regel eine verringerte Stereobasis [11]. Bei separatem schrägen Assistentenmikroskop liegt die Bildebene des Assistenten in demselben Winkel schräg zu der des Operateurs wie die Mikroskope zueinander. Das bedeutet, daß das Bild des Operateurs und das des Assistenten nur im Schnittpunkt der Bildebenen gleich scharf sind (Abb. 2) Eine technisch wesentlich aufwendigere Alternativ-

Tabelle 1: Funktionelle Bereiche des Operationsmikroskops

Optischer Teil	Beleuchtung
Okular-Objekt-Abstand	Schwenkbarkeit zur Beobachtungssachse
- Baulänge	(Einfallswinkel 0-30 °)
- Brennweite = Arbeitsabstand	
Vergrößerung	Spaltlichtabbildung
- Vergrößerungswechsel (Galilei oder Zoom)	- Lichtspaltbreite und -Höhe
- Schärfentiefe	- Rotierbarkeit des Spaltes
- Gesichtsfeld	
Stereosehen	Drehbarkeit um die Beobachtungssachse
- Parallele Okulartuben	
- konvergente Okulartuben	
Bildteiler	Größe des Lichtkegels
- Aufzeichnung (Video, Film, Foto)	Intensität des Lichtkegels
- koaxiales Assistentenmikroskop	
Assistentenmikroskop	
- schräg	
- koaxial	
- Stereowinkel	
Laser-Integration	
- Argon	
- YAG	

Tabelle 2: Mikrochirurgischer Arbeitsplatz

Operateur-Mikroskop
Assistenten-Mikroskop
Beleuchtung
Aufhängung
Operateur-Stuhl
Operationstisch
Foto- und Film-Dokumentation
Steuerung der Zusatz-Aggregate
Instrumenten-Fernsteuerung

Tabelle 3: Sinnvolle Vergrößerungen für verschiedene Aufgaben in der Ophthalmochirurgie

etwa 5 x	Tränenwegchirurgie Plastische Chirurgie Strabismus-Operationen Amotio-Chirurgie (extraokular)
etwa 10 x	Katarakt-Operation Perforierende Keratoplastik Glaukom-Chirurgie Glaskörper-Chirurgie
etwa 15 x	Korneale Nähte Lamelläre Keratoplastik Glaskörper-Chirurgie präretinal
etwa 20 x	Goniotomie

lösung besteht in der Bereitstellung von zwei optisch völlig getrennten, jedoch in der Steuerung gekoppelten Mikroskopen für Operateur und Assistent, was aber Platz und Geld kostet. Dafür kann der Assistent die Vergrößerung seines Mikroskops unabhängig von dem des Operateurs variieren. Bei derselben Objektivlinse für beide Mikroskope haben sie dieselbe Stereobasis, teilen aber auch das einfallende Licht. Dualsysteme ohne Lichtverluste arbeiten komplett getrennt mit jeweils eigenen Objektiv-Linsen. Solche Systeme werden hauptsächlich in der Neurochirurgie verwandt.

Neigung der Okulartuben

Goldmann stellte 1933 eine damals neue Spaltlampe mit konvergenten Okular-Tuben vor (Goldmann 1933). Diese Idee der konvergenten Mikroskoptuben setzte sich schnell durch, ohne daß die Benutzer sich fragten, warum man das Bild als ruhiger und den Stereoeindruck allgemein als besser empfand. Inzwischen weiß man, daß dies mit der individuellen gerätebedingten Myopisierung und latenten Phorien des Untersuchers zusammenhängt. Auch bei geübten Operateuren wird eine Gerätemyopisie-

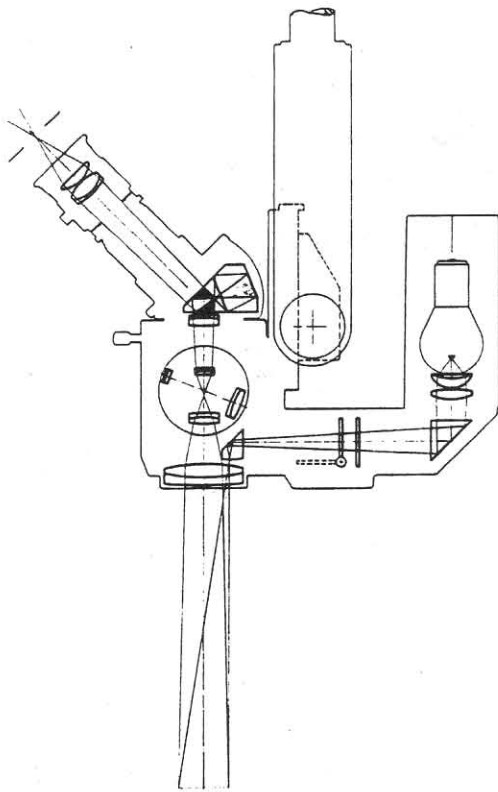


Abb. 1 a: Schema-Zeichnung des Zeiss-Mikroskopes OPMI 1 mit Galilei-Vergrößerungswechsler und koaxialer Beleuchtung

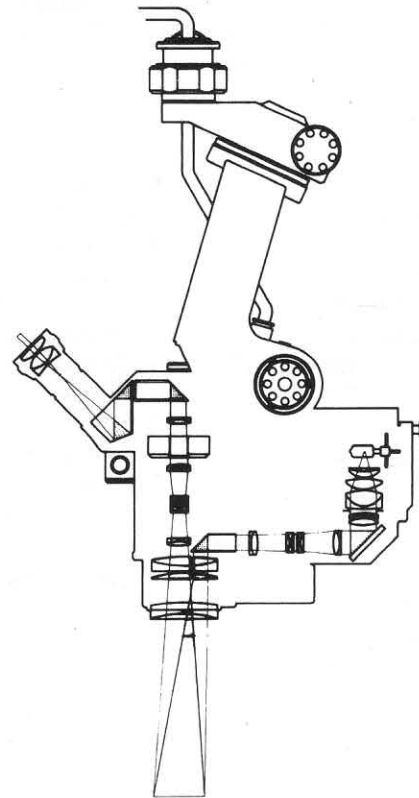


Abb. 1 b: Schema des Möller-Draeger-Mikroskopes mit Zoom-Vergrößerungswechsler und koaxialer Beleuchtung

zung von 1,1–1,5 dpt beobachtet [20, 19]. Zusätzlich konnte gezeigt werden, daß an die Akkomodation ein Konvergenzimpuls gekoppelt ist [3], der für das Auftreten von asthenopischen Beschwerden verantwortlich ist. Bei parallelen Mikroskopokulartuben wurde eine Akkomodation von 1,1 Dioptrien und eine damit verbundene Esophorie von +11,1 Prismen-Dioptrien gemessen. Pro Grad Konvergenz ist also eine Akkomodation von 0,12 dpt zu erwarten. Vorbestehende Heterophorien können auf diese Weise verschlimmert werden. Die Kurve der direkten Konvergenz beim freien Sehen – in der Abbildung 3 die dicke gestrichelte Gerade – steigt idealerweise um 0,29 dpt pro Grad an und schneidet sich mit der gerätebedingten Akkomodations-Konvergenz – im Bild die dicke durchgezogene Kurve der

Mittelwerte – bei einem Winkel von etwa 6,7 Grad. Das heißt, bei einem Konvergenzwinkel von 6,7 Grad erreicht die gerätebedingte akkomodationsgekoppelte Konvergenz denselben Winkel wie physiologisch beim freien Sehen. Damit sind bei diesem Winkel eine Verschlechterung der Heterophorie und asthenopische Beschwerden am seltensten zu erwarten [11]. Wegen der gerätebedingten Myopisierung und der damit verbundenen geringen zusätzlichen Konvergenzneigung sollte die Konvergenz der Mikroskoptuben dicht oberhalb dieses Wertes liegen (Abb. 3).

Die Integration von Argon- und YAG-Laser erfolgt über eine koaxiale Einblendung des Zielstrahles und des Laser-Strahls über ein separates Prisma in das Mikroskop. Die Energieübertragung des Lasers

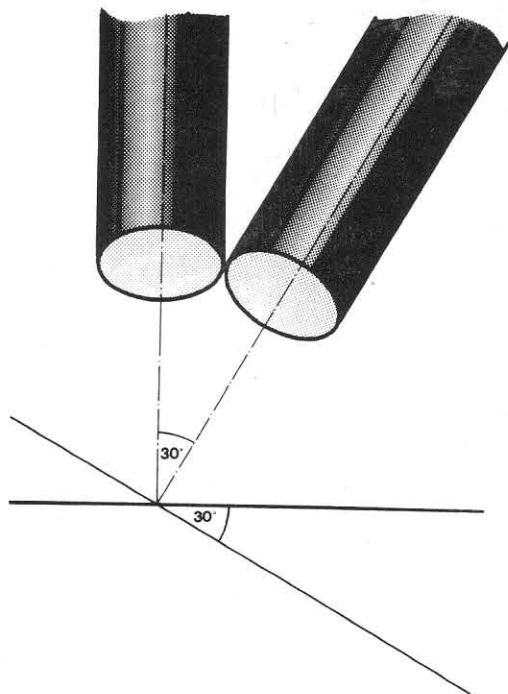


Abb. 2: Bildebenen von Operateur und Assistent bei schrägem Assistenten-Mikroskop

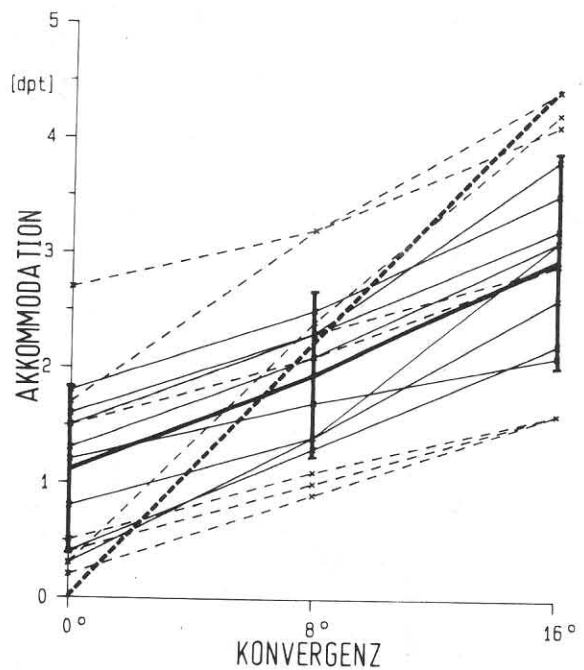


Abb. 3: Zusammenhang zwischen gerätebedingter Myopisierung und akkomodativ bedingter Konvergenz

kann über eine Glasfaseroptik von einem mikroskopfernen Generator in das Mikroskop erfolgen (Abb. 4). Der Adapter an das Mikroskop enthält den Mikromanipulator für die exakte Führung des Strahls, die Abbildungsoptik, die die Fokussierung des Laserstrahls in der Objektebene des Mikroskops ermöglicht, und einen Schutzfilter für den Operateur, der elektronisch die Auslösung des Laserstrahls an das Vorschalten des Filters koppelt. Der Adapter schränkt bei gleichbleibender Brennweite des Objektivs den Manipulationsraum unter dem Mikroskop um circa 60 mm ein, kann aber, wenn nicht benötigt, jederzeit ohne Aufwand unproblematisch abgenommen werden. Prinzipiell wäre auch eine Strahlführung des integrierten Lasers durch die Spaltleuchtenoptik diskutabel, häufig sogar wünschenswert – so, wie dies bei einigen Laser-Spaltlampen verwirklicht ist [6, 8].

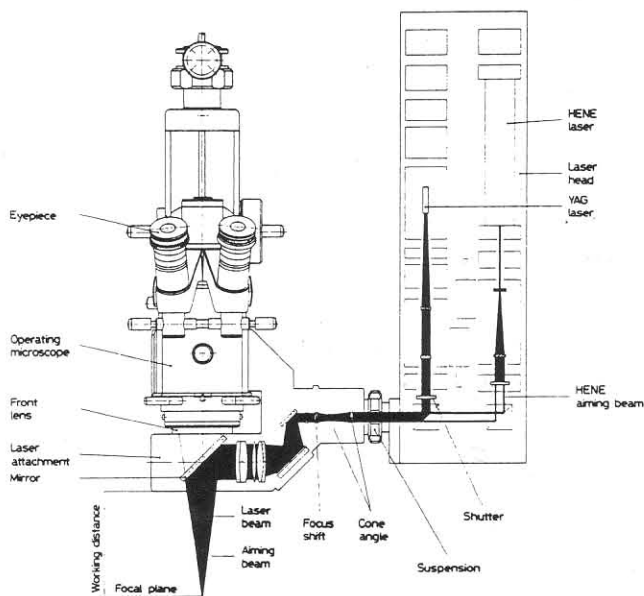


Abb. 4: Integrierter YAG-Laser, Schema-Zeichnung

Beleuchtung

Die Beleuchtung des Operations-Feldes kann auf 2 Arten erfolgen: Entweder mikroskopunabhängig von außen, was für die Intraokularchirurgie als alleinige Beleuchtung jedoch völlig unbrauchbar ist, oder in Verbindung mit dem Op-Mikroskop. Die mikroskop-gekoppelte Beleuchtung kann koaxial oder schräg zur Beobachtungsachse erfolgen. Eine etwa 30 Grad schräge Beleuchtung des Op-Feldes reduziert die Lichtreflexe, verbessert den Kontrast, läßt eine bessere Tiefenabschätzung zu und schont die Makula des Patienten. Die koaxiale Beleuchtung ist für das Operieren im durchfallenden Licht, für die Darstellung feinerer Strukturen wie der Linsenkapsel, für die Fundus- und Glaskörperbetrachtung sowie für die Goniotomie erforderlich (Abb. 5).

Das Ausmaß einer Lichtschädigung der Retina ist, wie klinische Erfahrungen zeigen, nicht nur von der Leuchthelligkeit, sondern auch vom Einfallswinkel des Lichtes abhängig. Eine axiale oder koaxiale Beleuchtung birgt eine erheblich höhere Gefahr der phototoxischen Makula-Schädigung als eine 20–30 Grad schräge Beleuchtung, da das Licht dann direkt auf den hinteren Augenpol trifft [16]. Der Operateur sollte deshalb darauf achten, die Phasen axialer bzw. koaxialer Beleuchtung des Auges möglichst kurz zu halten.

Eine Schwenkbarkeit des Lichtes um den Beobachtungsstrahlengang dient der zusätzlichen Kontrasterhöhung und kann gerade in der tiefen Orbitachirurgie zur Ausleuchtung des Op-Feldes hilfreich sein. Wichtiger ist jedoch die Lichtabbildung als Spaltlicht und eine Rotierbarkeit des Spaltes um 180 Grad, um bei der Benutzung des 3-Spiegelkontaktglases zur Fundoskopie dem Spiegel des Glases folgen zu können. Das Beleuchtungsfeld sollte, insbesondere für die Video-Aufzeichnung, in der Bildebene möglichst dem Gesichtsfeld des Operateurs entsprechen. Das heißt, bei höherer Vergrößerung ist ein kleinerer und bei niedriger Vergrößerung ein größerer Lichtkegeldurchmesser erforderlich. Dies wird erreicht über ein der Mikroskopvergrößerung umgekehrt proportionales Zoom und ist bisher nur vereinzelt realisiert worden.

Die Regulierung der Abbildungsgröße des Lichtkegels über einen Verschluss an der Lampe schließlich

wird benötigt, wenn man eine Spaltbeleuchtung zur Minimierung von Lichtreflexen und zur Verbesserung des Kontrastes verkleinern will [8].

Mikroskop-Aufhängung

Von entscheidender Bedeutung für die Vielfalt der operativen Möglichkeiten ist neben der Optik des Mikroskops und seiner Beleuchtung die Steuerbarkeit und das Zusammenwirken der einzelnen Bausteine der mikrochirurgischen Operations-Einheit wie Aufhängung, Operateurstuhl, Operationstisch, Zusatzaggregate, Instrumente und deren Fernsteuerung.

Das Operationsmikroskop kann an einem boden- oder deckenständigen Stativ aufgehängt sein. Der Vorteil des Bodenstativs ist die Möglichkeit, das Mikroskop auch in anderen Operationssälen benutzen zu können. Ein solches Stativ benötigt jedoch einen erheblichen Stellraum im Operationsumfeld. Die zur Stromversorgung und Steuerung erforderlichen Kabel behindern und gefährden Personal und Patienten. Wegen des notwendigen relativ langen Seitenarmes im Verhältnis zur Größe des Stativ-

Fußes übertragen sich Schwingungen sehr leicht auf das Mikroskop. Dies kann bei der Deckeneinheit durch eine größere Gehäusekonstruktion weitgehend vermieden werden.

Zusätzlich können durch die größere Dimensionierung des Decken-Stativs verschiedene Funktionen integriert werden, die ein Bodenstativ nicht aufnehmen kann. Am Deckenstativ können zum Beispiel die gesamte Anästhesieeinheit, die Umfeldbeleuchtung und das Instrumententablett angebracht werden.

Fernsteuerung, Operateur-Stuhl und Operations-Tisch

Fernsteuerung des Mikroskopes

1961 berichtete H. Dannheim erstmalig über eine Vorrichtung zur elektrisch ferngesteuerten Fokussierung des Operationsmikroskops [4]. Die Fokussierung wurde über ein Ausgleichsgewicht am Stativquerarm des Mikroskopes bewirkt, das über eine Fernsteuerung vor- oder zurückbewegt wurde, wodurch das Mikroskop auf- beziehungsweise abwärts gelenkt werden konnte. Von H. Dannheim kommt

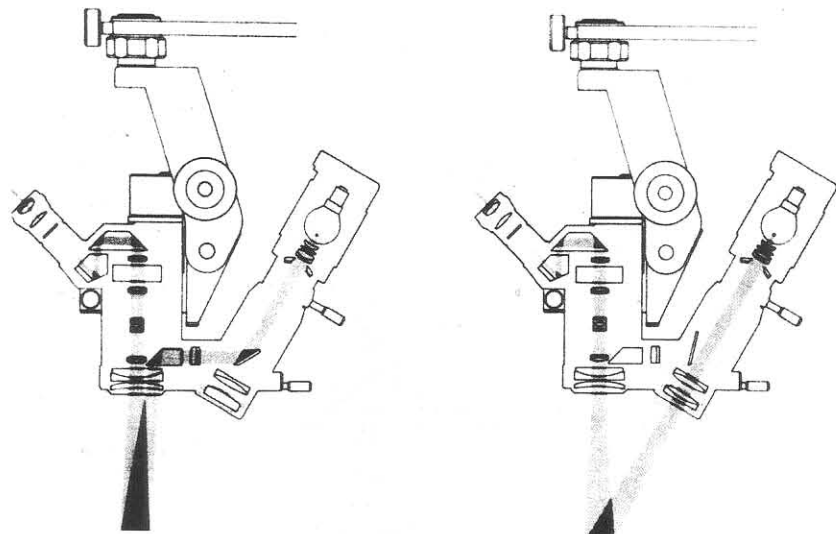


Abb. 5: Lichtführung bei schräger und koxialer Operationsfeld-Beleuchtung

auch die Idee, das Operationsfeld nicht mehr durch Nachführen des Mikroskops, sondern über eine Lateralverschiebung des gesamten zentral kugelgelagerten Operationstisches über eine mechanische Gestänge-Steuerung zu zentrieren. Diese beiden Funktionen wurden über Fußschalter an einem eigens hierfür gebauten Stuhl gesteuert. Damit brauchten die Hände für die Mikroskop-Zentrierung und -Fokussierung nicht mehr aus dem Blickfeld des Mikroskops entfernt werden. Andererseits bedeutete es aber, daß der Operateur sitzen mußte [4].

Dieses Prinzip, sitzend zu operieren und die wichtig-

sten Funktionen über Fußschalter zu steuern, setzte sich wegen seiner erheblichen Vorteile für den Operationsablauf rasch durch.

Operateurstuhl

Ein moderner Operateurstuhl sollte eine entspannte Sitzposition ermöglichen. Eine Adaptation der Sitzhaltung des Operateurs an den Abstand zwischen Augen des Operateurs und Operationsfeld ist dabei ebenso wichtig wie die weitgehende Auflage des Armes auf der Armlehne, um Mikromanipulationen möglichst sicher durchführen zu können (Abb. 6). Dazu gehört also eine Verstellmöglichkeit der Armlehnen (ggf. fernbedient) [2] in ihrer Höhe, im Anstellwinkel, aber auch in der Länge [18, 10]. Alle wichtigen Funktionen der Operationseinheit wie Verschiebung des Operationsfeldes, Schärfenregulierung oder Zoom-Einstellung des Mikroskops müssen vom Stuhl aus steuerbar sein, um einen reibungslosen Operationsablauf ohne ständiges Entfernen der Hände vom Operationsfeld zu ermöglichen. Aber auch der Antrieb wichtiger Zusatzaggregate, wie Elektromotoren oder Druckluft für Trepane, Vakuum, Kauter, Videosteuerung etc. sollte über die Fußsteuerung des Operateurstuhles erfolgen.

Die Schalteraktivierung ist sinnvollerweise im physiologischen Auslenkbereich der Beweglichkeit des Unterschenkels und des Sprunggelenks anzuordnen, wobei die Ruheposition der Schalter der der Füße entspricht. Der zur Aktivierung der Funktionen erforderliche Kraftaufwand der Füße muß so gering sein, daß eine Übertragung der Bewegung auf das übrige Skelettsystem mit Auswirkung auf die Hände nicht stattfindet [7].

Operationstisch

Der Operationstisch soll nicht nur eine entspannte Lagerung des Patienten ermöglichen, sondern auch eine möglichst sichere und ruhige Lagerung des Kopfes unter dem Operationsmikroskop gewährleisten, welche wegen des relativ kleinen Operationsfeldes von großer Bedeutung ist. Dabei muß die Kopfhöhe und -Neigung so variabel sein, daß der bauartbedingte Abstand zwischen dem horizontal anzuordnenden Operationsfeld und der Mikroskopunterseite eingehalten werden kann. Die Verstell-

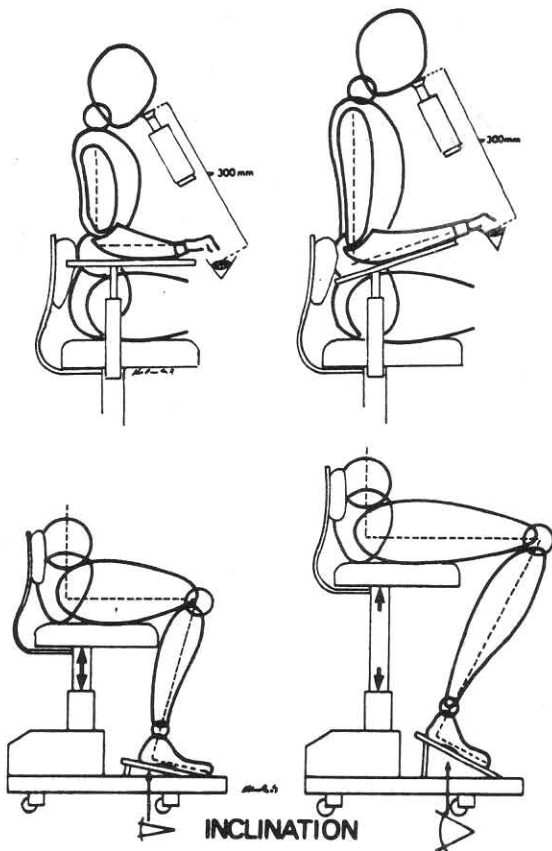


Abb. 6: Ergonomische Details des Operateurstuhles

lung sollte dabei Op-Feld-fern so angebracht sein, daß sie nicht mit den Knien des Operateurs interferiert und auch nach der sterilen Abdeckung noch verstellbar ist. Da der Patient nur schwer mehrfach umgelagert werden kann, sollte er schon bei Einleitung auf der eigentlichen Tischplatte gelagert werden, wo die Lokalanästhesie appliziert oder die Intubation vorgenommen werden kann. Anschließend wird die Platte auf einer Lafette in den Operationsaal gefahren und auf dem Op-Tischblock fixiert. Diese Art der Abwicklung ist zeitsparend und personalschonend im Vergleich mit der mehrfachen Umlagerung des Patienten.

Bei durch die Vergrößerung bedingt relativ kleinem Gesichtsfeld der Operationsmikroskope kann die Nachführung der Feineinstellung des Operationsfeldes entweder durch eine elektrisch steuerbare Verschiebung des Operationstisches in mehreren Koordinaten oder durch Nachfahren des Mikroskops erfolgen. Dabei bietet das erstgenannte Verfahren den entscheidenden Vorteil, daß der Operateur nicht ständig den Bewegungen des Mikroskops folgen muß. Das Nachführen des Mikroskops kann lateral in zwei Koordinaten durch eine sogenannte XY-Kupplung erfolgen oder bequemer durch eine kardanische Schwenkung, wobei der dann auftretende Winkel der Beobachtung bei den üblichen Brennweiten vernachlässigt werden kann. Auf die Fernsteuerung der Nachführung des Op-Feldes sollte so oder so nicht verzichtet werden, da sonst eine ständige Unterbrechung des Operationsablaufes zur manuellen Nachführung des Mikroskops erforderlich ist. Erfahrungsgemäß reicht, wenn bei Operationsbeginn die Einheit zentriert ist, eine mögliche Auslenkung von 60–70 mm in allen Richtungen für praktisch alle ophthalmologischen Eingriffe aus.

Fernsteuerung von Operationsinstrumenten

Eine Fernsteuerung für zahlreiche, während der Operation erforderliche Instrumente kann nach dem on/off-Prinzip oder durch Proportional-Schalter erfolgen. Proportional-Schalter können zeitgesteuert oder über die Auslenkung des Schalters gesteuert werden, wie es bei vielen Saug-Spül-Geräten

verwirklicht ist. Die Steuerung erfolgt in der Regel über Kabel, kann jedoch auch über Infrarot, Funk oder Sprache geregelt werden [7].

Zusammenfassung

1. Es gibt nicht das „beste“ Operationsmikroskop, sondern es ist dasjenige am ehesten geeignet, das den individuellen Anforderungen und speziellen Bedürfnissen des Operateurs für den jeweiligen Eingriff gerecht wird.
2. Die Qualität der Beleuchtung ist von ebenso zentraler Bedeutung wie die der Optik eines Mikroskops.
3. Ein Operationsmikroskop ist so gut, wie es in den mikrochirurgischen Arbeitsplatz integrierbar ist.
4. Die wichtigsten Funktionen des Mikroskops sollten fernsteuerbar sein.
5. Alle sinnvollen Zusatzaggregate sollten in den mikrochirurgischen Arbeitsplatz integrierbar sein, insbesondere der Operateurstuhl, der Op-Tisch, die Apparate und Instrumente.

Wird fortgesetzt mit Teil 2 „Auf dem Markt befindliche Operationsmikroskope“. Das Literaturverzeichnis erscheint am Ende der Serie

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. med. J. Draeger, Univ.-Augenklinik
Martinistr. 52, D-2000 Hamburg 20

◇◇

Funktionelle Gesichtspunkte bei der Verwendung von Operationsmikroskopen

Teil 2: Auf dem Markt erhältliche Operationsmikroskope

J. Draeger, J. Garweg

Univ.-Augenklinik Hamburg

Direktor: Prof. Dr. med. J. Draeger

Vorgaben

1. Es gibt nicht das „beste“ Operationsmikroskop, sondern es ist dasjenige am ehesten geeignet, das den individuellen Anforderungen und speziellen Bedürfnissen des Operateurs für den jeweiligen Eingriff gerecht wird.
2. Die Qualität der Beleuchtung ist von ebenso zentraler Bedeutung wie die der Optik eines Mikroskops.
3. Ein Operationsmikroskop ist so gut, wie es in den mikrochirurgischen Arbeitsplatz integrierbar ist.
4. Die wichtigsten Funktionen des Mikroskops sollten fernsteuerbar sein.
5. Alle sinnvollen Zusatzaggregate sollten in den mikrochirurgischen Arbeitsplatz integrierbar sein, insbesondere der Operateurstuhl, der Op-Tisch, die Apparate und Instrumente.

Wichtigste Standard-Details für alle Mikroskope

Die vier hier in alphabetischer Reihenfolge vorgestellten Stereo-Operationsmikroskope von Möller, Topcon, Wild und Zeiss sind deshalb ausgewählt worden, weil sie alle für den gesamten klinischen Anwendungsbereich in der Ophthalmomikrochirurgie erforderlichen Details aufweisen. Weniger aufwendige Systeme können im Einzelfall genauso zweckmäßig sein, sollen aber in diesem Rahmen nicht berücksichtigt werden.

Die vier angesprochenen Stereo-Operationsmikroskope weisen einen parallelen Binokular-Tubus mit regulierbarer Pupillardistanz und in der Regelausstattung neigbarem Einblickwinkel auf. Sie können somit insbesondere bei längeren Operationen asthenopische Beschwerden auslösen, wenn latente Phorien vorhanden sind. Die Bedeutung dieser Details ist aber so wenig bekannt und die Nachfrage seitens der Mikrochirurgen anscheinend so gering, daß die Mehrkosten für diesen Luxus nicht berechtigt sind. Die Standard-Okulare bieten eine Vergrößerung von 10 – 12,5×, eine Korrektur der Fehlsichtigkeit und eine Doppel-Irisblende zur Regulierung der Schärfentiefe. Wahlweise sind Brillenträger-Weitwinkel-Okulare erhältlich. Diese sind jedoch nur dann erforderlich, wenn der Operateur wegen eines höhergradigen Astigmatismus zum Tragen seiner Brille gezwungen ist. Der Arbeitsabstand wird durch die vorgeschaltete Objektiv-Linse vorgegeben und soll für Anwendungen in der Ophthalmochirurgie zwischen 160 und 200 mm betragen, da bei höheren Brennweiten eine Spaltlampenbenutzung nicht möglich ist.

Ein Bildteiler im Verhältnis 1:1 zum Anschluß von Assistenten-Mikroskop und Dokumentationssystemen ist vorhanden.

Alle Systeme verfügen über die Möglichkeit koaxialer und schräger Beleuchtung und haben eine regulierbare Leuchthelligkeit. Die Lichtquelle ist eine Halogen-Kaltlichtquelle mit einem Lampen-Schnellwechsler-Schlitten. Eine Spaltlampe ist als Zubehör erhältlich.

Allgemein werden Vergrößerungswechsel, Fokussierung und Lateralverschiebung elektromotorisch

über eine Fernsteuerung (Multifunktions-Fußschalter) getrieben. Die Lateralverschiebung erfolgt über eine XY-Kupplung; von Hand einstellbare Kugelkopf-Positionierungseinrichtungen sind für ophthalmologische Zwecke wenig praktisch. Die Systeme können um ihre Querachse geneigt werden, was für die Orbita- und Kammerwinkelchirurgie wichtig ist.

Moeller-Stereo-Operationsmikroskop Variflex

Die modulare Bauart des Systems ermöglicht eine Anpassung an die unterschiedlichen Ansprüche der einzelnen Fachrichtungen (Abb. 1).

Der Einblickneigungswinkel durch die Operateur-Okulare ist um $\pm 60^\circ$ verstellbar, die Schärfentiefe durch eine Doppelirisblende regulierbar. Das Mikroskop selbst ist in seiner Beobachtungsachse um $\pm 140^\circ$ vor- und zurückschwenkbar, was insbesondere für Operationen im Kammerwinkelbereich von Bedeutung ist, aber auch in der Orbita-Chirurgie von Vorteil ist.

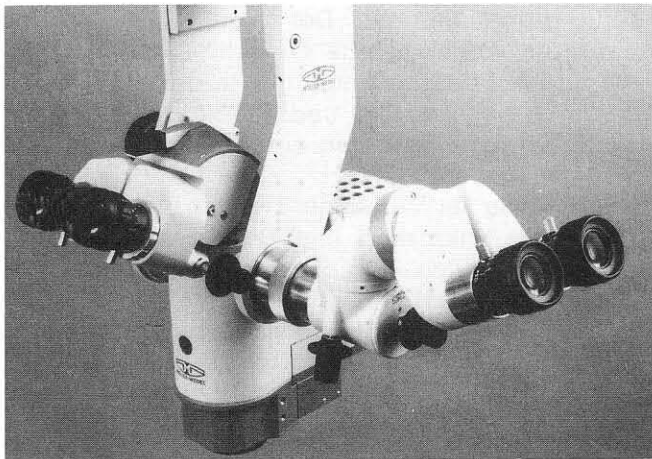


Abb. 1: Möller-Operationsmikroskop Variflex mit koaxialem Assistenten-Mikroskop

Das Variflex-Mikroskop verfügt im Gegensatz zu den Vorgängermodellen leider nicht mehr über konvergente Binokular-Tubusse. Es ist wahlweise mit einer vertikalmotorischen oder einer optischen Fokussierung der Schärfe-Ebene ohne Auf- und Abbewegung des Mikroskops ausgestattet. Dadurch bleiben Kopf- und Körperhaltung des Operateurs während der Operation unbeeinflusst. Die Fokussiergeschwindigkeit ist stufenlos regulierbar. Der Arbeitsabstand ist in einem Bereich von 160 – 445 mm variabel durch verschiedene Frontobjektiv-Vorsätze. Die Optik arbeitet in einem Zoom-Bereich von 1:6 bei einem Vergrößerungsfaktor je nach Frontobjektiv zwischen 1.5 – 21 \times bei Verwendung der Standard-Okulare 12.5 \times entsprechend einem Blickfelddurchmesser von 140 – 10 mm. Die Zoom-Steuerung kann wahlweise manuell oder elektromotorisch erfolgen.

In der Standard-Ausführung wird das Mikroskop über eine XY-Kupplung ferngesteuert in einem Operationsfeldbereich von 60 \times 60 mm² bewegt. Der alternativ verfügbare Kugeladapter ist für Anwendungen in der Ophthalmologie nicht geeignet.

Das Mikroskop ist mit einem 1:1-Strahlenteiler zum Anschluß eines koaxialen Stereo-Mitbeobachterokulars oder verschiedener Dokumentationssysteme ausgestattet. Eine Argon-Laser-Integration ist möglich bei geringer Vergrößerung der Mikroskop-Baulänge, ein an die Auslösung des Lasers gekoppelter Laser-Schutzfilter ist in das Mikroskop einbaubar.

Die Beleuchtung erfolgt über eine Halogen-Lichtquelle. Die Wärmestrahlung wird über eine spezielle Einrichtung herausgefiltert, so daß ein separater Kaltlichtprojektor und eine Lichtübertragung über Lichtleitersysteme wegfallen. Die Lichtquelle verfügt über einen zuschaltbaren UV-Filter und einen Lampenschnellwechsler. Das sehr große Leuchtfeld macht Zusatzbeleuchtungen überflüssig. Für die Ophthalmo-Chirurgie wurde eine eigene Halogen-Operations-Spaltleuchte entwickelt, die anstatt der beschriebenen standardmäßig gelieferten koaxialen Halogenlichtquelle verwandt werden kann. Sie erlaubt ein Umschalten von koaxialer auf schräge Beleuchtung mit einem vom Operateur zu bedienenden Hebel. Der Lichtspalt ist von 0.1–15 mm Breite variabel, um 180° rotierbar und um 12 mm in der sagittalen Ebene verschieblich. Wärmeschutz- und UV-Filter sind als Zubehör lieferbar.

Eine motorisch fahrbare Unterbau-Spaltleuchte hat sich nicht durchgesetzt. Die Leuchthelligkeit kann in zwei Grundeinstellungen stufenlos vorgewählt werden und über einen Fußschalter gewechselt werden. Beim Fotografieren wird unabhängig von der Voreinstellung beim Auslösen der Kamera automatisch die höchste Helligkeitsstufe eingestellt.

Alle während einer Operation zu bedienenden mechanischen Teile können mit sterilisierbaren Schutzkappen versorgt werden.

Als Zubehörteile sind erhältlich: Eine asphärische 90 dpt-Lupe für die indirekte stereomikroskopische Nonkontakt-Betrachtung des Augenhintergrundes mit einem Adapter, das Weitwinkel-Fundus-Beobachtungssystem BIOM; ein stereoskopischer Diagonal-Inverter, das sogenannte Bildumkehrsystem SDI; zwei koaxiale Assistenten-Okulare, die um zwei bis drei Achsen drehbar sind; ein schräges Assistentenmikroskop mit einer 3.5fachen Vergrößerung, das über eine manuelle Fokussierung zwischen 160–220 mm verfügt und im Neigungswinkel variabel ist; Ansätze für Foto-, Film- und Videogeräte, wahlweise mit eigenem Fokussier-Okular; ein über ein verschiebbares Prisma arbeitender Rotreflex-Verstärker; ein Zentriervorsatz für radiäre Hornhautschnitte und ein Unterbau-Keratometer zur intraoperativen Messung der Hornhautkrümmung; schließlich ein Kaltlichtadapter für den Anschluß einer externen Kaltlichtquelle, die alternativ oder zusätzlich zu der Halogen-Direktbeleuchtung angebracht werden kann.

entsprechend einem Dehnungsbereich des Zooms von 1:5. Dies entspricht einem Blickfeld von 7.9 bis 39.5 mm. Die Zoom-Geschwindigkeit ist fix eingestellt auf sieben Sekunden für den gesamten Zoom-Bereich. Die Fokussier-Geschwindigkeit ist vorgegeben mit 3 mm pro Sekunde in einem Fokussierungsbereich von 50 mm. Der Arbeitsabstand beträgt 161.5 mm. Die Horizontalverschiebung erfolgt in 50 mm² mit einer XY-Kupplung mit Zentrierautomatik. Über einen Multifunktions-Fußschalter können Zoom, Fokussierung, Horizontalverschiebung und Beleuchtung ferngesteuert werden. Sterilisierbare Kappen für alle mechanischen Teile sind erhältlich.

Ein koaxiales Assistenten-Mikroskop ist der Zoom-Optik des Op-Mikroskops nachgeschaltet, macht also die Vergrößerungswechsel des Op-Mikroskops nicht mit. Stattdessen verfügt es über eine eigene Drei-Stufen-Vergrößerung zwischen 5x und 13x.

Topcon-Operationsmikroskop OMS-600

Das Topcon-Kompakt-Operationsmikroskop OMS-600 kann wahlweise mit einem 45°-Binokulartubus mit sehr gutem Stereoseheindruck oder mit einem im Einblickwinkel von -20 bis +60° variablen Binokulartubus ausgestattet werden (Abb. 2). Beide verfügen über eine Doppelirisblende zur Regulierung der Schärfentiefe. Die Okulare mit einer Vergrößerung von 12.5x können von -5 bis +5 Dioptrien eingestellt werden. Objektivlinsen für die Brennweiten 175 und 200 mm sind verfügbar. Die Vergrößerung ist über ein elektrisch oder manuell getriebenes Zoom-System variabel von 5x bis etwa 25x

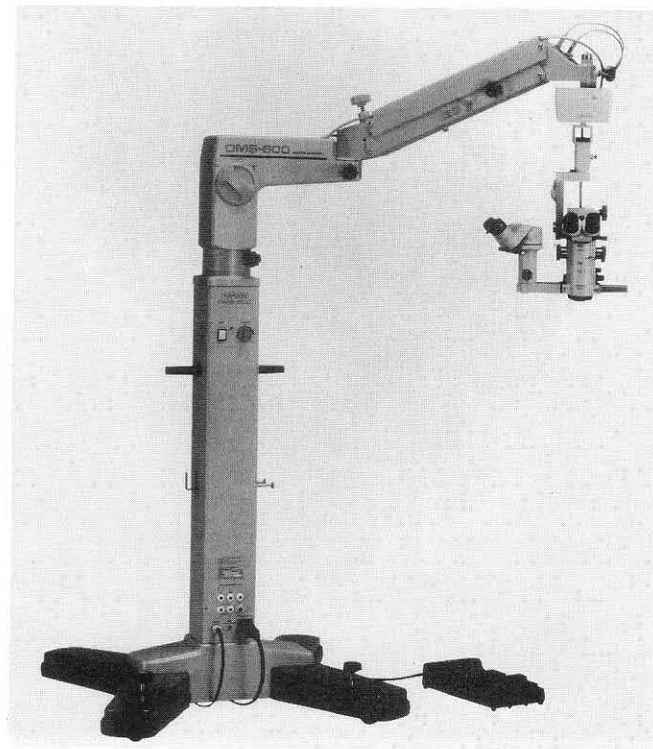


Abb. 2: Topcon-Operationsmikroskop OMS-600

Zwei verschiedene Strahlenteiler zum Anschluß von Foto, Film und Video über entsprechende Zusatzadapter und ein monokulares Demonstrationsokular sind erhältlich: Zum einen ein konstanter Strahlenteiler für Video und Film und zweitens ein nur bei Aufnahme eingekippter Strahlenteiler, der in der Aus-Position dem Operateur-Strahlengang kein Licht wegnimmt und damit die Lichtbelastung für den Patienten vermindert. Das Operationsmikroskop kann gekippt werden um eine transversale Achse, der Kippungswinkel wird vom Hersteller nicht angegeben.

Das System wird als Operationseinheit komplett mit einem Boden-Schwenkarmstativ geliefert. In den ersten Arm des Stativs ist eine Halogenlichtquelle

eingebaut, die das Mikroskop über Lichtleiter versorgt. Die Beleuchtung kann über einen Hebel vom Operateur von koaxial auf Schrägbeleuchtung umgeschaltet werden. Bei koaxialer Beleuchtung sorgt eine in ihrer Arbeitsweise nicht näher beschriebene Automatik für eine gleichmäßige Leuchtdichte pro Fläche im Operationsfeld in der gesamten Zoom-Vergrößerung bei einer Operationsfeldgröße zwischen 22 bis 40 mm. Eine Ersatzbirne kann durch Umschalten am Stativarm eingeschaltet werden, wenn die Hauptbirne ausfällt.

Zoom-Operationsmikroskop Wild M690

Durch die modulare Bauweise des Systems ist eine weitgehende Anpassung des Mikroskops an die individuellen Anforderungen des Operateurs möglich. Der Arbeitsabstand ist durch unterschraubbare Wechselobjektive variabel von 100 bis 400 mm, für die ophthalmologisch erforderliche koaxiale 0-Grad-Beleuchtung jedoch nur zwischen 175 und 200 Millimetern.

Das binokulare optische System besteht aus zwei parallelen wahlweise Gerad- oder Schräg-Okulartubussen und einem gemeinsamen Objektiv (Abb. 3). Der Augenabstand ist variabel zwischen 52–76 mm. Der Einblickwinkel ist einstellbar zwischen 0 und 180 Grad mit automatischer Bildaufrichtung. Als Zubehör sind Weitwinkel-Brillenträgerokulare zum Ausgleich der Fehlsichtigkeit des Operateurs zwischen -5 und $+5$ dpt erhältlich. Die eingebaute Doppelirisblende ermöglicht die Abstimmung der Schärfentiefe zur Leuchthelligkeit, was insbesondere für die Foto- und Filmdokumentation dreidimensionaler Objekte wichtig ist. Der Zoom-Vergrößerungswechsel, die Fokussierung und die Horizontalverschiebung über eine XY-Kupplung werden durch Elektromotoren gesteuert und über Fußschalter aktiviert. Die Verstellgeschwindigkeit kann stufenlos reguliert werden. Das Zoom arbeitet in einer Vergrößerung zwischen $7\times$ und $31\times$ entsprechend einer Dehnung von $1:5$. Die Horizontalverschiebung des Mikroskops umfaßt 58 mm^2 . Die Schnell- und Feinverstellung des Neigungswinkels erfolgt über ein Neigegelenk. Das Mikroskop hebt sich durch

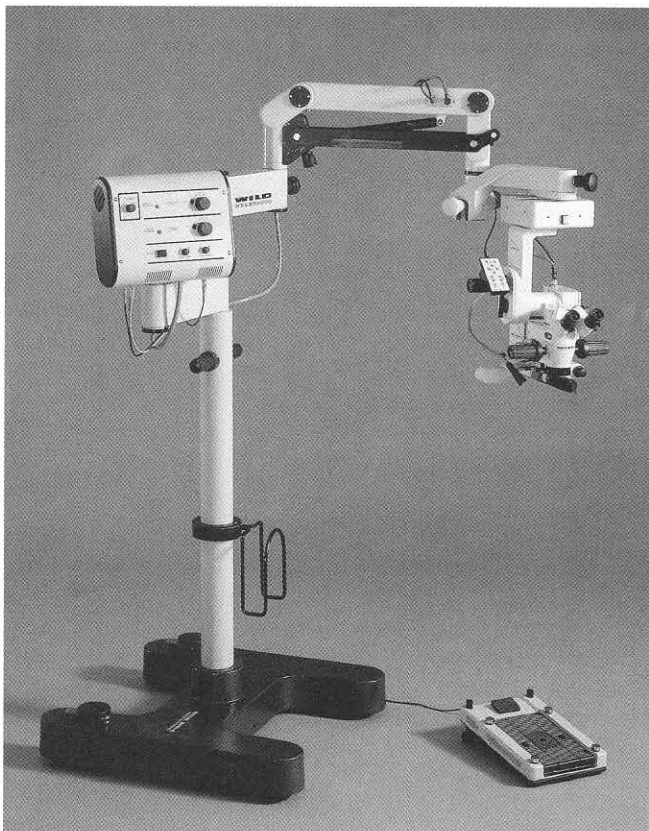


Abb. 3: Wild-Operationsmikroskop M690

ein Zoom-Beleuchtungssystem von den übrigen Mikroskopen ab. Bei Betätigung des Mikroskop-Zooms wird das Beleuchtungs-Zoom in umgekehrter Richtung aktiviert, so daß die beleuchtete Fläche dem Gesichtsfeld des Operateurs entspricht und die Leuchtdichte pro Fläche konstant bleibt. Das ist für den Operateur angenehm, da bei kleiner Vergrößerung das Gesichtsfeld voll ausgeleuchtet ist. Andererseits ist auch bei starker Vergrößerung eine ausreichende Helligkeit des Operationsfeldes gegeben. Dies erübrigt eine Nachregulation der Leuchthelligkeit bei starkem Vergrößerungssprung, vor allem aber schon es die Makula des Patienten, da so eine

minimale Lichtbelastung gewährleistet ist. Die Beleuchtungsoptik ist mit einem sterilisierbaren Drehring ein- und ausschwenkbar. Eine schräge Zusatzbeleuchtung und eine Spaltlichtquelle sind als Zusatzlichtquellen adaptierbar. Die Lichtintensität der eingebauten Koaxial- und einer weiteren Beleuchtung kann stufenlos reguliert werden. Bei Einschalten der Schrägbeleuchtung wird die koaxiale Beleuchtung automatisch abgeschaltet. Die Spaltbreite der Spaltleuchte ist variabel zwischen 0.01 und 15 mm, die Spalthöhe zwischen 3 und 15 mm, der Einfallswinkel zwischen ± 23 Grad; der Lichtspalt ist von 0–180 Grad rotierbar und um 15

Leistungen aller Mikroskope tabellarisch nach Hersteller-Angaben

Optisches System				
	Möller	Topcon	Wild	Zeiss
	Variflex	OMS-600	M 690	OPMI-CS
Binokular-Tubus	parallel	parallel	parallel	parallel
Einblickwinkel	0 – 60°	–20 – +60° o. fix 45°	0 – 180°	0 – 60°
Okular-Vergrößerung	12.5×	12.5×	10×, 15×, 20×	10.0× o. 12.5×
Dioprien-Einstellbereich	–8 – +8	–5 – +5	–5 – +5	–8 – +8
Objektiv-Linsen (mm)	160–220 195–295 250–445	175 200	175 200	170
Vergrößerungs-Wechsel	Zoom	Zoom	Zoom o. Galilei	Zoom
Zoom-Dehnungs-Bereich	1:6	1:5	1:5	1:6
Zoom-Geschwindigkeit	variabel	fix 7 sec	variabel	variabel
Fokussierung Geschwindigkeit	variabel	3 mm/sec	keine Angabe	1.5–5 mm/sec
Gesamtvergrößerung	1.5–21×	5–25×	1.7–72×	4.3–25.5×
Gesichtsfeld-Durchmesser (mm ²)	10–140	7.9–39.5	2.9–120	keine Angabe
Arbeitsabstand (mm)	160–445	161.5	91–390	170
Horizontal-Verschiebung	XY-Kupplung	XY-Kupplung	XY-Kupplung	XY-Kupplung
Bereich (mm ²)	60×60	50×50	58×58	50×50
Art der Steuerung	elektromot. o. manuell	elektromot.	elektromot. o. manuell	elektromot.
Beleuchtung				
	Möller	Topcon	Wild	Zeiss
Lichtquelle	Halogen 12V 50W	Halogen 15V 150W	Halogen 12V 50W	Halogen 12V 100W
Lichtführung	direkt	Lichtleiter	direkt	Lichtleiter
Beleuchtungswechsel	Schnell-Umschalter	Schnell-Umschalter	keine Angabe	getrennt schaltbar
Spaltlicht	12V 30W	keine Angabe	12V 30/50W	12V 30W
Bauart	modular	kompakt	modular	modular

mm in der Objektebene nach lateral zu verschieben. Ein Lampenschlitten mit zwei Halogenlampen ermöglicht das schnelle Auswechseln einer defekten Lampe. Die Leuchte verfügt über einen UV-Schutzfilter und einen einschwenkbaren Fluoreszenz-Filter.

Alle Bedienelemente, die der Chirurg während der Operation benutzt, sind mit sterilisierbaren Griffen ausgerüstet.

Für die Assistenz sind ein koaxiales und ein schräges Assistentenmikroskop erhältlich, zusätzlich sind

zwei Bildteilerausgänge für Teaching-Okular, Foto oder Video vorgesehen. Bei dem Stereo-Mitbeobachteransatz sind Einblickwinkel und -höhe stufenlos regulierbar, der Binokulartubus kann in jeder Position horizontal ausgerichtet werden. Das Bild kann entsprechend der Blickrichtung gedreht werden. Das schräge Assistentenmikroskop arbeitet mit einem größeren Arbeitsabstand als das Koaxial-Mikroskop in einer zum Bild des Operateurs schrägen Bildebene. Die Tiefenschärfe ist über eine separate Doppelirisblende zu regulieren. Handelsübliche Video- und Fotogeräte und ein Rodenstock-Laser können adaptiert werden.

Zeiss-Operationsmikroskop OPMI CS

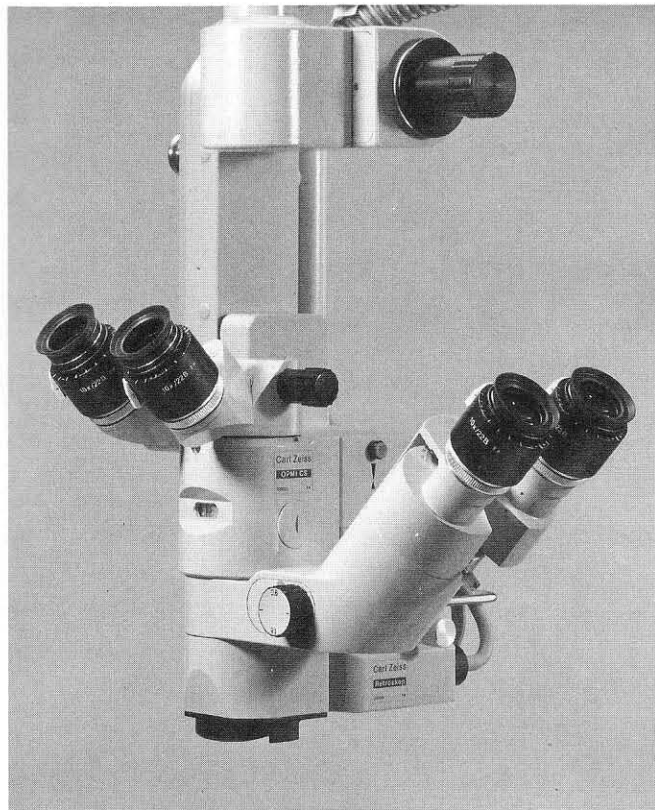


Abb. 4: Zeiss-Operationsmikroskop OPMI-CS mit Beleuchtungseinheit Retroskop mit integriertem koaxialem Assistenten-Mikroskop

Im Gegensatz zu dem OPMI 6 verfügt auch das neuere OPMI CS über ein Baustein-System zur besseren Anpassung der Ausstattung an Operateur und geplante Operation (Abb. 4). Es sind ein paralleler binokularer Gerad-, Schräg- und ein Schwenktubus mit einem Schwenkbereich bis 60 Grad adaptierbar. Zusätzlich können Weitwinkelokulare zum Ausgleich einer Fehlsichtigkeit bis ± 8 dpt eingesetzt werden.

Das elektromotorisch gesteuerte Zoom-Vergrößerungssystem arbeitet mit einem Dehnungsbereich von $1:6$ entsprechend einem Vergrößerungsfaktor von $0,4\times - 2,4\times$ bzw. einer Gesamtvergrößerung $3,4-$ bis $20,4$ fach. Die Fokussierung wird elektromotorisch gesteuert, die Änderungsgeschwindigkeit ist regulierbar.

Der Mikroskopträger ermöglicht eine Positionierung des Tragarms bei $0, 30$ und 60 Grad. Dadurch wird ein höherer Freiraum für die Adaptation umfangreichen Zubehörs erreicht. Das Mikroskop kann aus der vertikalen in eine Schräglage gekippt werden und über eine Schwenkeinrichtung seitlich geschwenkt werden. Dadurch ist eine exakte elektromotorische Positionierung des Mikroskopes zum Operationsfeld von 50×50 mm möglich. Für die Mitbeobachtung steht eine in drei Achsen variable Stereo-Mitbeobachtungseinrichtung zur Verfügung. Sie läßt sich wahlweise mit Gerad- oder Schrägtubus ausrüsten.

Es werden vier verschiedene Beleuchtungs-Kompo-

nenten angeboten, Duolux, Retrolux 1 und 2 sowie Retroskop. Alle Beleuchtungskomponenten besitzen einen Blaufilter und werden über zwei oder drei Lichtleiter aus einem zentralen Halogen-Reflektor versorgt. Der Reflektor ist dichromatisch beschichtet. Durch diese Art der Beleuchtung wird die Wärmestrahlung des Lichts verhindert.

Duolux bietet zwei Schrägbeleuchtungen, die das Objektfeld unter einem Winkel von 20° von hinten beleuchten. Die Beleuchtungskomponente Retrolux 1 bietet zusätzlich eine koaxiale, genauer 4° -Beleuchtung und ist gedacht für Operationen am vorderen Augenabschnitt. Sie ist mit einer Retina-Schutzblende ausgestattet, die ein Abdunkeln der gesamten Pupille erlaubt. Koaxiale und schräge Beleuchtung werden gleichzeitig oder alternativ über einen Hand- oder Fußschalter betrieben. Als Zusatz zu der Beleuchtungseinheit gibt es eine manuell verstellbare Operations-Spaltleuchte.

Die Einheit Retrolux 2 ist darüber hinaus mit einer axialen 0° -Beleuchtung ausgerüstet, die eine bessere Darstellung der hinteren Linsenkapsel erreicht und bei Operationen im vorderen Glaskörperbereich dienlich ist. Durch den kräftigen Rotreflex bei 0° -Beleuchtung kann die Lichtbelastung für die Retina erheblich reduziert werden. Auch Retrolux 2 verfügt über eine einschwenkbare Retina-Schutzblende.

Retroskop bietet alle Möglichkeiten von Retrolux 2 bei zusätzlicher Integration eines zweiten axialen Operateur-Mikroskops. Der im Mitarbeiter-Mikroskop eingebaute manuelle dreistufige Vergrößerungswechsler und die Schwenkbarkeit des Mitarbeiter-Mikroskops um $\pm 90^\circ$ erlauben eine gute Anpassung an die individuellen Wünsche des Assistenten bei identischer Einblickhöhe für Operateur und Assistenten. Das Mitarbeiter-Mikroskop arbeitet ohne Lichtverluste für den Operateur.

Auf Wunsch ist die Einheit mit einem Fixierzusatz Keratofix zur Markierung des optischen Zentrums der Hornhaut und ein Op-Keratometer zur präzisen Bestimmung von Radius, Flächenbrechkraft und Astigmatismus der Hornhaut lieferbar.

Über einen optischen Bildteiler lassen sich mittels geeigneter Adapter Foto-, Video- und Filmkamera anschließen. Dualadapter für den Anschluß von zwei verschiedenen Dokumentationssystemen sind vorhanden.

Fremdzubehör zur universellen Adaptation

CCD-Ein-Chip-Kameras sind sehr preiswert und beliebt geworden. Sie bestehen aus einem CCD-Kamerakopf, einem Kontrollmonitor und einem Anschlußkabel. Sie erleichtern dem assistierenden Personal die Mitarbeit, da es den Operationsablauf verfolgen und sich so auf den nächsten Schritt vorbereiten kann. Sie können an praktisch alle Op-Mikroskop-Systeme angeschlossen werden. Eines der preisgünstigsten Systeme dieser Art ist von Sony, das ohne Monitor wenig über DM 4000,- kostet. Auf dem amerikanischen Markt weitverbreitet ist das Jedmed-System (Jedmed Instrument Company 1430 Hanley Industrial Court, St. Louis, Missouri 63144), das mit Kamera und Monitor bei ca. DM 6000,- liegt. Das Op-Mikroskop-TV-System MC 912 von Lemke GmbH (Danziger Str. 21, 8038 Gröbenzell) kostet mit Kamera, Monitor und Versorgungseinbausatz, der an die Mikroskope von Möller, Wild und Zeiss adaptiert werden kann, ca. DM 6500,-. Die InPro Op-Sensortronic (Fa. InPro GmbH, Steertpoggweg 43, 2000 Norderstedt) reguliert die Beleuchtung am Operationsmikroskop nach den Wünschen des Operateurs herunter, sobald der Operateur nicht mehr durch die Okulare schaut. Der

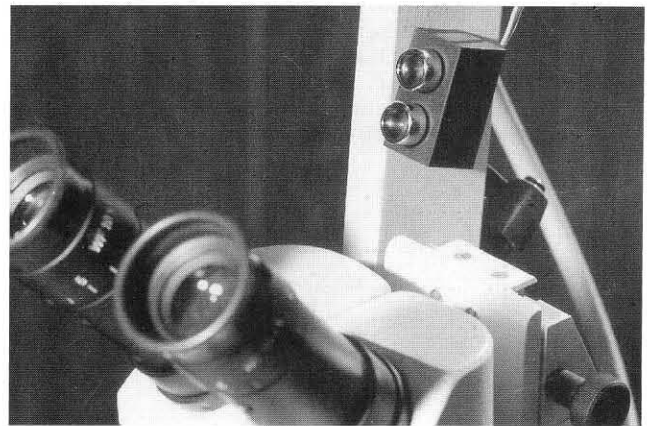


Abb. 5: InPro Op-Sensortronic zur Lichtreduzierung an Operationsmikroskopen

Helligkeits-Regelbereich umfaßt die gesamte Leuchthelligkeitsbreite. Durch diese berührungsfrei arbeitende Elektronik wird dem Patientenauge bei Verzögerung des intraoperativen Ablaufs unnötige Lichtbelastung erspart. Das System kostet komplett DM 2800,- inklusive Montage (Abb. 5).
Ein an das Op-Mikroskop adaptierbares Keratome-

ter (Varidot Surgical Keratometer; 1138 S. Cedar Ridge Drive, Duncanville, TX 75137) ermöglicht die (grobe) quantitative Bestimmung des Astigmatismus und seiner Hauptachse. Preis des Keratometers auf Anfrage. Informationen über Laser-Systeme zur Integration in das Operationsmikroskop liegen nicht vor.

Literatur

1. Barraquer, J. I.: The microscope in ocular surgery. *Am. J. Ophthalmol.* 42: 916-918 (1956)
2. Barraquer, J., Troutman, R., Rutlan, J.: Die Chirurgie des vorderen Augenabschnittes. Bd. 1, Enke, Stuttgart 1965
3. Crone, R. A.: Diplopia in cases of latent, intermittent and acute strabismus. In: *Diplopia* (Hrsg. Crone, R. A.). American Elsevier, New York 1973
4. Dannheim, H.: Ein Beitrag zur Mikrochirurgie. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 138: 874-876 (1961)
5. Dannheim, H.: Mikrochirurgie des vorderen Augenabschnittes. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 147: 557-559 (1965)
6. Draeger, J.: Technische Voraussetzungen für den Einsatz des Lasers bei der Amotiomikrochirurgie. *Fortschr. Ophthalmol.* 81: 154-156 (1984)
7. Draeger, J., Klein, L.: Technical Developments, Suspensions, Remote Control. In: *Ophthalmic Microsurgery* (Hrsg. Draeger, J.) S. 12-33. Karger, Basel 1987
8. Draeger, J., Reiner, J.: Operating Microscopes for Microsurgery. In: *Ophthalmic Microsurgery* (Hrsg. Draeger, J.) S. 34-60. Karger, Basel 1987
9. Draeger, J.: Integrated YAG Laser Microsurgical Microscope. *Dev. Ophthalmol.* 14: 88-92 (1987)
10. Draeger, J., Kirchner, M., Winter, R.: Technische Ausstattung und Organisation einer ophthalmologischen Operationseinheit. In: *Augenärztliche Operationslehre* (Hrsg. Mackensen, G., Neubauer, H.) S. 11-37. Springer, Berlin 1989
11. Draeger, J., Malke, J., Rumberger, E.: Akkommodations-Konvergenz-Kopplung am Stereomikroskop. *Fortschr. Ophthalmol.* 86: 84-88 (1989)
12. Goldmann, H.: Eine neue Spaltlampe. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 91: 494-502 (1933)
13. Harms, H., Mackensen, G.: Allgemeine Erfahrungen und einige Gedanken zur Verbesserung von Operationsmikroskopen. In: *Augenoperation unter dem Mikroskop*. S. 27-36. Thieme, Stuttgart 1966
14. Nylen, C. O.: The microscope in aural surgery, its first use and later development. *Acta Oto-laryngol. Suppl.* 116: 226-240 (1954)
15. Perritt, R. A.: Mitteilung. National Assembly United States Chapter. *J. int. Coll. Surg. Zit. n. Mackensen, G.: Augenoperationen unter dem Mikroskop*, 1966.
16. Robertson, D. M., Feldmann, R. B.: Photoc retinopathy from the operating room microscope. *Am. J. Ophthalmol.* 101: 561-569 (1986)
17. von Rohr, M., Stock, W.: *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 51: 206-210 (1913)
18. Sautter, H., Draeger, J.: Technical Improvements in Ophthalmic Microsurgery. *Adv. Ophthalmol.* 20: 68-70 (1986)
19. Schober, H., Dehler, H., Kassel, R.: Experimentelle Untersuchungen zur Instrumentenmyopie. *Ber. Dtsch. Ophthalmol. Ges.* 68: 299-304 (1986)
20. Shimojima, T.: Eye accommodation when looking into the microscope. *Jpn. Clin. Ophthalmol.* 21: 985-996 (1967)

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. med. J. Draeger, Univ.-Augenklinik
Martinistr. 52, D-2000 Hamburg 20

