

# Aufbereitung und Sterilisation optischer Fasern von Diodenlasern

Beim Einsatz von Diodenlasern in der Zahnheilkunde ist die Wiederverwendbarkeit von Applikatorspitzen hinsichtlich Kosteneinsparung ein offenes Diskussionsthema. Eine Mehrfachnutzung darf jedoch nur unter Berücksichtigung angemessener Hygienerichtlinien erfolgen. Dieser Prozess kann jedoch Alterungserscheinungen hervorrufen, welche die optomechanischen Eigenschaften der Applikatoren verändern.

Priv.-Doz. Dr. Jörg Meister, Univ.-Prof. Dr. Christoph Bourauel, ZA Alexander Pioch, Univ.-Prof. Dr. Matthias Frentzen/Bonn

**n** Im vorliegenden Fall bedeutet die Einhaltung der Hygienevorschriften gemäß der RKI-Richtlinien eine Sterilisation im Autoklaven bei 134°C. Hierzu müssen die Applikatorspitzen einer Medizinproduktgruppe zugeordnet werden. Im Anschluss an diese Zuordnung erfolgt dann die Festlegung des Aufbereitungsverfahrens, welches eine Mehrfachnutzung der Applikatoren in der Praxis rechtfertigt.

In der nachfolgend aufgeführten Studie wird am Beispiel von Faserspitzen der Lasersysteme claros®, claros nano® und claros pico® der elexxion AG der Weg der Zuordnung dieser Applikatoren in eine Medizinproduktgruppe beschrieben und das erforderliche Aufbereitungsverfahren festgelegt. Nach erfolgter Aufbereitung wird der Einfluss auf die Qualität der Faserspitzen wie Transmission und Fraktur untersucht.

*Die kursiv gesetzten Textpassagen sind mit Einverständnis der Herausgeber dem DAHZ-Hygieneleitfaden 2011<sup>1</sup> (www.dahz.org) entnommen.*

## Sterilisationsvoraussetzungen und -zuordnungen gemäß den Hygienerichtlinien, Qualitätsprüfung

*In der Regel sind zahnärztliche Instrumente für chirurgische, parodontologische (invasive) oder endodontische Maßnahmen als kritische Medizinprodukte einzustufen. Kritische Medizinprodukte durchdringen die Haut oder Schleimhaut und kommen dabei in Kontakt mit Blut, inneren Geweben oder Organen, einschließlich Wunden. Für die Verwendung von Lasersystemen mit entsprechenden Faserspitzen als Applikatoren, die im Bereich der Endodontie, der Parodontologie oder auch in der Chirurgie zum Einsatz kommen, ist demnach die Einstufung der Faserspitze als kritisches Medizinprodukt vorzunehmen. Kritische Medizinprodukte werden eingeteilt in solche, bei denen die Aufbereitung ohne besondere Anforderungen (Gruppe A), mit erhöhten Anforderungen (Gruppe B) oder mit besonders hohen Anforderungen (Gruppe C) durchgeführt werden muss.<sup>2</sup> Die Faserspitzen sind der Medizinproduktgruppe „kritisch A/B“ zuzuordnen. Die Wiederverwendung von Medizinprodukten setzt voraus, dass durch den für das Hygieneregime Verantwortlichen geeignete Aufbereitungsverfahren und die Anzahl*

*der Aufbereitungszyklen festgelegt werden. Die Hersteller von dentalen Lasersystemen müssen demnach Angaben zur Aufbereitung der von ihnen vertriebenen Applikatoren (hier Faserspitzen) zur Verfügung stellen (DIN EN ISO 17664). Für Reinigung, Desinfektion und Sterilisation der Faserspitzen, die bestimmungsgemäß keimarm oder steril zur Anwendung kommen, sind validierte Verfahren anzuwenden. Dies bedeutet, dass für alle Aufbereitungsschritte dokumentierbare und folglich auch zu dokumentierende Verfahren anzuwenden sind, die gewährleisten, dass die vorgegebenen Ziele, Sauberkeit, Keimarmut und Abwesenheit pathogener Erreger bzw. Keimfreiheit, mit jedem jeweils durchgeführten Prozess zuverlässig und reproduzierbar erreicht werden.*

## Aufbereitungsverfahren für die Faserspitzen

*Jedem Medizinprodukt, das zu einer erneuten Anwendung aufbereitet werden soll, ist entsprechend seiner Risikobewertung und Einstufung ein geeignetes Aufbereitungsverfahren zuzuordnen. Folgende Aufbereitungsverfahren stehen zur Verfügung (Tab. 1).*

Für die zu untersuchenden Faserspitzen gilt Punkt 5 der Auflistung in Tabelle 1, d.h. die Sterilisation verpackter

1. Maschinelle Reinigung und Desinfektion im Reinigungs- und Desinfektionsgerät (RDG)
  - 1.1 Validiertes Verfahren im RDG
  - 1.2 Nicht validiertes Verfahren im RDG
2. Manuelle Reinigung und Desinfektion (nach Standardarbeitsanweisungen)
  - 2.1 Eintauchverfahren (bei Bedarf in Kombination mit Ultraschall)
  - 2.2 Sprüh-/Wischverfahren für Außenflächen von Medizinprodukten
  - 2.3 Sprühverfahren (Reinigung und Desinfektion) mithilfe spezieller Adapter für Innenflächen von Medizinprodukten
3. Maschinelle Reinigung ohne Desinfektionsstufe
4. Thermische Behandlung (Desinfektion) unverpackter Medizinprodukte im Dampfsterilisator
5. Sterilisation verpackter Medizinprodukte im Dampfsterilisator
6. Reinigung, Pflege, thermische Behandlung (Desinfektion) unverpackter Medizinprodukte in einem Kombinationsgerät
7. Reinigung, Pflege und Sterilisation verpackter Medizinprodukte in einem Kombinationsgerät

**Tab. 1:** Allgemeine Auflistung der Aufbereitungsverfahren zur Desinfektion von Medizinprodukten.<sup>1</sup>

Medizinprodukte im Dampfsterilisator. In der Zahnmedizin ist die Sterilisation mit Heißdampf bei 121 °C oder 134 °C die häufigste Methode. Hierfür werden in der Regel Dampf-Kleinsterilisatoren (Autoklaven) eingesetzt. Gemäß der Empfehlung des Robert Koch-Instituts (RKI) ist die Heißdampfsterilisation der Heißluftsterilisation vorzuziehen. So dürfen Übertragungsinstrumente wie die Faserspitzen im Heißluftsterilisator nicht sterilisiert werden.

Weiterhin werden in der Norm DIN EN ISO 13060 für Dampf-Kleinsterilisatoren drei verschiedene Sterilisationszyklen unterschieden:

- Zyklus N nur für unverpackte, massive Produkte,
- Zyklus B für alle verpackten oder unverpackten massiven Produkte, Hohlkörper (z.B. Hand- und Winkelstücke) sowie poröse Produkte (Textilien),
- Zyklus S nur für Produkte, die vom Hersteller des Sterilisationsgerätes angegeben werden.

Für die Zahnarztpraxis sind insbesondere Geräte mit Zyklus B oder Zyklus S geeignet. Die Faserspitzen sind somit dem Zyklus B zuzuordnen.

### Verpackung

Die Faserspitzen (Medizinprodukte „kritisch A/B“) sind verpackt in Sterilisiergutverpackungen oder Sterilisierbehältern im Dampfsterilisator zu sterilisieren. Die Verpackung soll hierbei das sterilisierte Gut vor einer mikrobiellen Kontamination bei der Lagerung schützen. Werden Medizinprodukte nach der Sterilisation unmittelbar am Patienten eingesetzt (kontaminationsgeschützter Transport, keine Zwischenlagerung), kann die Sterilisation auch ohne Verpackung erfolgen.

### Personelle Voraussetzungen

Die Aufbereitung, Wartung, Inspektion und Instandsetzung von Medizinprodukten (hier laserspezifische Bauteile) darf nur von Personen durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung und praktischen Tätigkeit über die erforderlichen speziellen Sachkenntnisse verfügen. Die erforderliche Qualifikation wird durch den Nachweis einer Ausbildung zum Laserschutzbeauftragten (LSB) erfüllt. Die Anpassung an veränderte Regelwerke hat durch Schulungen oder Unterweisungen zu erfolgen. Personen ohne Nachweis einer einschlägigen Ausbildung müssen die Sachkunde durch einen Lehrgang in Anlehnung an die „Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV)“<sup>3</sup> erwerben.

### Chargenkontrolle und Freigabe nach Sterilisation im Dampfsterilisator

Die Aufbereitung der Faserspitzen (Medizinprodukte „kritisch A/B“) endet mit der dokumentierten Freigabe zur erneuten Anwendung oder hygienischen Lagerung.



Für meine  
**Beißer**  
 nur das Beste



Perio Green® zerstört auf Grundlage der photodynamischen Therapie (PDT) effektiv Bakterien im Biofilm, in parodontalen Taschen und auf Implantaten.

Mehr Informationen unter: [www.periogreen.com](http://www.periogreen.com)

Aufbereitungsverfahren für Laserhandstücke und Laserfasern (siehe Tab. 1):

- 1.1 anschließend 5. oder 1.2 anschließend 5.  
oder
- 2.2 anschließend 5.  
oder
- 2.2 anschließend 2.3 anschließend 5.  
oder
- 6., wenn die Instrumente unmittelbar nach der Sterilisation und kontaminationsfreiem Transport am Patienten eingesetzt werden, ist eine Sterilisation unverpackt möglich.  
oder
- 7.

**Tab. 2:** Nach Tabelle 1 ausgewähltes Aufbereitungsverfahren für Laserhandstücke und Laserfasern.

Freigabeentscheidungen dürfen ausschließlich freigabeberechtigte Personen treffen. Sie werden schriftlich (z.B. LSB) durch den Zahnarzt benannt. Die Chargenkontrolle umfasst die visuelle Inspektion des verpackten Sterilgutes nach Entnahme aus dem Dampfsterilisator auf Trockenheit und Unversehrtheit der Verpackung, die Bewertung entweder der am Gerät angezeigten Parameter (z.B. Display), eines Protokollausdruckes oder eines PC-Eintrages. Die abschließende Sterilgutfreigabe ist zu dokumentieren.

### Dokumentation der Aufbereitung und Lagerung

Die Aufbereitung der Faserspitzen muss schriftlich dokumentiert werden. Die Aufzeichnungen müssen nach den Regeln der RKI-Empfehlungen in Anlehnung an § 9 Abs. 2 MPBetreibV 5 Jahre aufbewahrt werden.

### Festlegung der Aufbereitungsverfahren für die Faserspitzen

Nach der RKI-Empfehlung 2001 (Anforderung an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten) erfolgt die Einstufung nach „kritisch B – erhöhte Anforderungen für die Aufbereitung“ nur für die Medizinprodukte, bei de-

	200 µm	300 µm	400 µm	600 µm
Kerndurchmesser/µm	200	300	400	600
Claddingdicke/µm	220	330	440	660
Ummantelung/µm	245	355	470	710
Numerische Apertur (NA)	0,22	0,22	0,22	0,22

**Tab. 3:** Physikalisch-technische Parameter des Standard-Fasersatzes der ellexion AG für die Diodenlasersysteme claros®, claros nano® und claros pico®.

nen die Effektivität der Reinigung nicht durch Inspektion unmittelbar beurteilbar ist oder die einen erhöhten Aufwand bei der technisch-funktionellen Prüfung erfordern oder deren Aufbereitungszyklen auf eine bestimmte Anzahl begrenzt sind. So dürfen Medizinprodukte „kritisch B“ nur von Personen aufbereitet werden, die zudem über die erforderlichen speziellen Sachkenntnisse verfügen, z.B. der Laserschutzbeauftragte (LSB).

Ist die Anzahl der maximal möglichen Aufbereitungen der Faserspitzen vom Hersteller festgelegt, muss eine Kennzeichnung erfolgen, aus der die Anzahl und Art der noch möglichen Aufbereitungen erkennbar ist.

Die Aufbereitungsverfahren können entscheidend die technische Funktionsfähigkeit der Faserspitzen beeinflussen. Zur dauerhaften Gewährleistung der Funktionsfähigkeit laseroptischer Übertragungsinstrumente in der Zahnheilkunde ist die Überprüfung nach Herstellerangaben durch den Lasersicherheitsbeauftragten (LSB) unerlässlich (Tab. 2).

### Untersuchung der Auswirkung der Faseraufbereitung am Beispiel dentaler Faserspitzen: Material und Methode

#### Allgemeine Bemerkungen

Die Hersteller dentaler Diodenlaser bieten eine Vielzahl verschiedener optischer Applikatorsysteme an. In der Regel handelt es sich hierbei um optische Fasern, die in Abhängigkeit des Herstellers als Lichtleiter-, Faserspitzen- oder Fasertipapplikatoren in verschiedenen Durchmessern (200–600 µm) und Längen angeboten werden.



**Abb. 1:** Fasern zur Vorbereitung für die Sterilisation in einer Papier-Kunststoff-Folie. – **Abb. 2:** Messaufbau zur Leistungsmessung der sterilisierten Fasern. Oben rechts der Dentallaser ( $\lambda = 810$  nm, aktiviertes Display), unten links das Radiometer (grau). Vor dem Handstück ist der Messkopf (blau) positioniert. – **Abb. 3:** Ausschnittbild des Biegemessplatzes FLEX. Dargestellt sind hier die beiden Rotationstische (oben und unten) und in der Mitte die Spannvorrichtung (zwei Spannbacken) mit eingespannter Faser. Der untere Rotationstisch wird zusätzlich linear bewegt.<sup>5</sup>

# Neuste Lasertechnologien aus 25 Jahre Erfahrung in Entwicklung und Anwendung **dentaler** Lasersysteme.

Überlegen in Kraft, Design und zuverlässiger Handhabung

## *epic 10*<sup>TM</sup>

- 10 Watt Leistung
- kabellos verwendbar
- umfangreiches Zubehör
- ausgezeichnetes Preis- Leistungsverhältnis

## *waterlase*<sup>TM</sup> *iPlus*

- Stark in der Leistung
- Sanft zum Patienten
- Intuitiv zu handhaben
- Optionale Ergänzung mit dem kleinsten Diodenlaser



**Die Laserchampions für die innovative Zahnarztpraxis**

**Lasertechnologie von Ihren erfahrenen Partnern für bessere dentale Laserbehandlungen**

**Biolase – Weltmarktführer bei dentalen Lasersystemen**

Technik:



Biolase Europe GmbH

Paintweg 10

92685 Floss

Tel. 09603-808-0

info@biolase-europe.com

www.biolase-germany.de

**NMT – Vertriebspartner für D, A, CH**

Marketing:



NMT München GmbH

Flurstr. 5

82166 Gräfelfing

Tel. 089-6108938-0

info@nmt-muc.de

www.nmt-muc.de

www.laser-statt-bohren.de

### Faser- und Laser-Betriebsauswahl

Für die elexxion AG wurden im Rahmen einer Studie Faserspitzen auf ihre Autoklavierbarkeit untersucht. Es handelte sich hierbei um einen Standardfasersatz mit verschiedenen Faserkerndurchmessern der Stärken 200, 300, 400 und 600 µm, die bei den Diodenlasersystemen claros®, claros nano® und claros pico® zum Einsatz kommen. In Tabelle 3 sind die physikalisch-technischen Parameter dieser Fasern aufgeführt.

Für die Untersuchungen wurden Fasern mit den Durchmessern 200, 300 und 400 µm herangezogen. Diese Fasern können nach Herstellerangaben mit einheitlichen Laserparametern, 1 W Laser-Ausgangsleistung im Dauerstrichbetrieb, angewendet werden (elexxion Programmliste: Parodontie, Po3 & Po4), was eine Konstanz der Versuchsvariablen gewährleistet.

### Fasersterilisation

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden insgesamt 15 Sterilisationen durchgeführt. In Vorbereitung zur Sterilisation wurden die Fasern in eine Papier-Kunststoff-Folie der Firma SteriCLIN eingeschweißt (Abb. 1). Die Autoklavierung der Fasern erfolgte im Anschluss bei 134 °C. Hierzu wurde ein Autoklav vom Typ Vacuklav 44-B der Firma MELAG Medizintechnik oHG (Berlin, Deutschland) verwendet. Der Autoklav verfügt über fünf verschiedene Sterilisationsprogramme. Diese sind in Tabelle 4 wiedergegeben.<sup>4</sup> Für die Fasersterilisation wurde das „Universalprogramm“ des Vacuklav 44-B verwendet.

### Leistungs- und Transmissionstest

Alle Fasern wurden vor und nach jeder Sterilisation einem Leistungs- bzw. Transmissionstest unterzogen. Der hierbei verwendete Laser war ein Diodenlaser der Wellenlänge 810 nm vom Typ claros nano® der elexxion AG (Radolfzell, Germany). Hierzu wurden die Fasern in das am Laser angekoppelte Handstück eingesetzt und in einer Befestigungseinheit vor dem Messkopf fixiert (Abb. 2). Die Leistungsmessung erfolgte mit einem Leistungsmessgerät (Radiometer inkl. Messkopf) der Firma Scientech (Boulder, CO, USA). Das Radiometer war vom Typ Astral AA30 mit dem dazugehörigen Leistungsmesskopf AC5000.

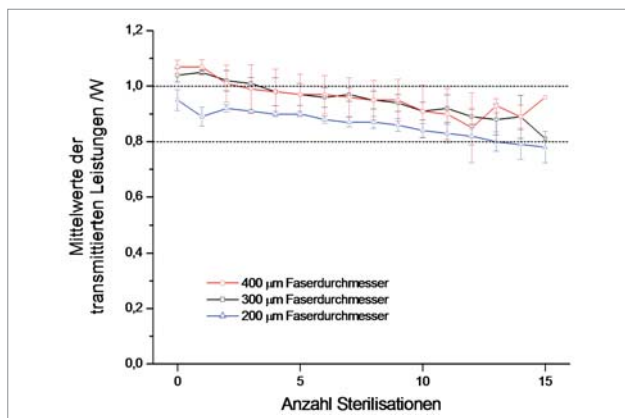


Abb. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Transmissionsmessungen vor Beginn der Sterilisation und nach jedem weiteren Sterilisationsprozess.

Programm	Betriebszeit (Warmstart)	Einwirkzeit	Trocknungszeit
Universalprogramm verpacktes Sterilgut (134 °C/2 bar)	ca. 15 Minuten	5 Minuten	15 Minuten
Schnellprogramm „B“ einfach verpackt (max. 1,5 kg) (134 °C/2 bar)	ca. 11 Minuten	3,5 Minuten	6 Minuten
Schnellprogramm „S“ unverpacktes Sterilgut (134 °C/2 bar)	ca. 8 Minuten	3,5 Minuten	1 Minute
Schonprogramm verpacktes Sterilgut (134 °C/2 bar)	ca. 27 Minuten	20 Minuten	15 Minuten
Prionenprogramm verpacktes Sterilgut (134 °C/2 bar)	ca. 30 Minuten	20 Minuten	15 Minuten
Bowie&Dick-Test (134 °C/2 bar)	ca. 15 Minuten	3,5 Minuten	15 Minuten
Vakuumtest	ca. 16 Minuten	–	–

Tab. 4: Programme und Laufzeiten des Vacuklav 44-B der Fa. MELAG Medizintechnik oHG.<sup>4</sup>

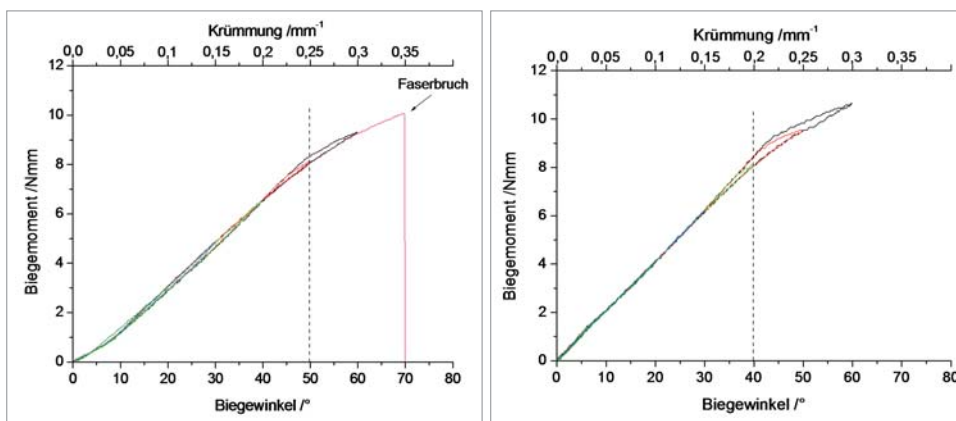
### Mechanische Belastungsmessungen (Frakturgefährdung)

Zur Bestimmung der Biegefestigkeit wurden Fasern mit einem Durchmesser von 300 µm in einen selbst entwickelten Biegemessplatz FLEX eingebracht.<sup>5</sup> Es handelt sich hierbei um eine über drei Bewegungsgrade kombinierte Biegevorrichtung zur Bestimmung der Elastizitätsparameter des zu untersuchenden Werkstoffes. Hierzu wird die Probe, in diesem Fall die Faser, in einer Spannvorrichtung, bestehend aus zwei Spannbacken, fixiert (Abb. 3).

Jede Spannbacke lässt sich unabhängig voneinander verdrehen (zwei Bewegungsgrade durch Rotations-tische). Der Abstand zwischen den Spannbacken wurde auf 7 mm festgelegt. Um das Einhalten einer kreisförmigen Biegelinie zu gewährleisten, wird ein Rotationstisch zusätzlich mittels eines Linearverschiebetisches entlang der Faserachse verschoben (3. Bewegungsgrad). Die Fasern wurden verschiedenen Biegebelastungen ausgesetzt. Beginnend bei einem Biegewinkel von 20° wurden in 10°-Schritten Biegungen bis 60° durchgeführt.

### Untersuchungen unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM)

Um den Einfluss etwaiger Veränderungen im Claddingmaterial der Faserspitzen durch den Sterilisationsprozess zu erfassen, wurden zum Vergleich nicht sterilisierte und sterilisierte Faserproben unter dem Rasterelektronenmikroskop (Typ XL-30 SEM der Fa. Philips) untersucht. Die Proben befanden sich auf einer metallischen Trägereinheit. Da es sich bei den Faserspitzen um nicht leitende Proben handelte, wurden diese vorab in einer Sputteranlage der Fa. Edwards (Scancoat Six SEM Sputter Coater) metallisch beschichtet.



**Abb. 5:** Frakturuntersuchungen an neuen Fasern (Faserdurchmesser 300 µm). – **Abb. 6:** Frakturuntersuchungen an Fasern nach 15-maliger Sterilisation (Faserdurchmesser 300 µm).

## Ergebnisse

### Transmissionsmessungen

Zur Bestimmung des Einflusses der Sterilisationen auf die Faserqualität wurden vor Sterilisationsbeginn bei allen Fasern die Transmissionen gemessen. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurden nach jeder weiteren Sterilisation abermals die Transmissionen der Fasern bestimmt (Sterilisationen 1–15). Es zeigte sich, dass die transmittierte Leistung durch die Fasern mit den Durchmessern von 300 und 400 µm vor der Sterilisation dem Einstellwert von 1 W am Lasergerät entsprach. Bei den Fasern mit dem Durchmesser von 200 µm wurden Leistungen von ca. 0,95 W gemessen.

Aus der Abbildung 4 wird ersichtlich, in welcher Weise die Sterilisationen die Transmissionen der einzelnen Faserstärken beeinträchtigen. In Abhängigkeit der Faser-

stärke wurden die Einzelmessdaten der jeweiligen Sterilisationen als Mittelwerte zusammengefasst. Zudem wurde die klassische Standardabweichung der Messdaten ermittelt. Für alle Faserstärken wurde ein Trend hinsichtlich Transmissionsverlust festgestellt. Jedoch befanden sich für alle Faserstärken die Transmissionen auch nach 15 Sterilisationen im Rahmen der Fehlerbalcken innerhalb der Toleranzgrenze von 20%.<sup>6</sup>

### Biegemessungen (Frakturgefährdung)

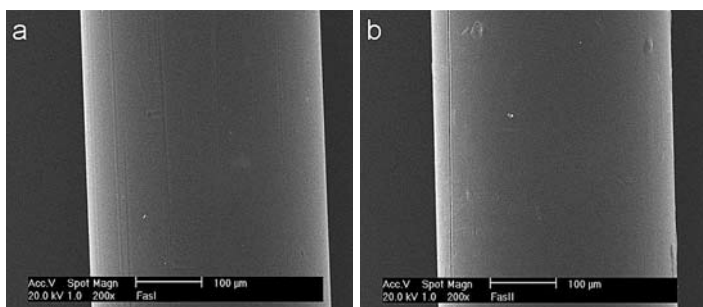
Die Einschränkung des Biegewinkels auf 60° basierte auf Voruntersuchungen, die gezeigt haben, dass eine Biegung von 70° zum Bruch der 300-µm-Faser führte (Abb. 5). Dieser Bruchwinkel wurde an einer Faser ohne Autoklavierung ermittelt.

Des Weiteren haben die Biegeuntersuchungen gezeigt, dass im Rahmen der klinischen Anwendung eine 15-fache Sterilisation im Autoklaven keinerlei Einfluss auf die mechanische Belastbarkeit der Fasern ausübt (Abb. 6). Der Vergleich der Abbildungen 5 und 6 zeigt, dass eine 15-malige Autoklavierung der Fasern sich geringfügig auf die Steigung der Messkurven (Kraftaufwand) und deren Verformungsverhalten (Linearität) auswirkt, jedoch keine nachweisbare Limitierung auf die klinische Anwendung ausübt.

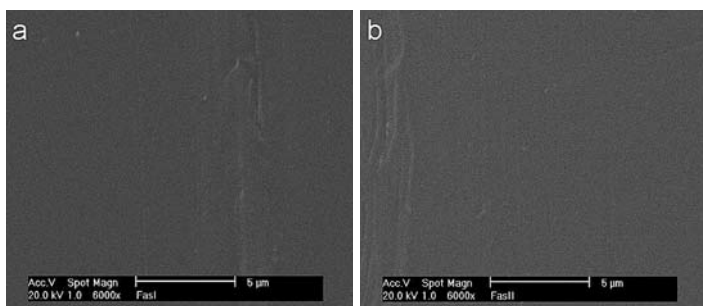
Die Autoklavierung generiert eine geringfügige Versprödung des Claddingmaterials (künstliche Alterung), wodurch ein erhöhter Kraftaufwand bei der Verformung der Fasern notwendig wird, was in einem Anstieg des Steigungswinkels (linearer Bereich) resultiert:

42°-Fasern neu → 45°-Fasern sterilisiert

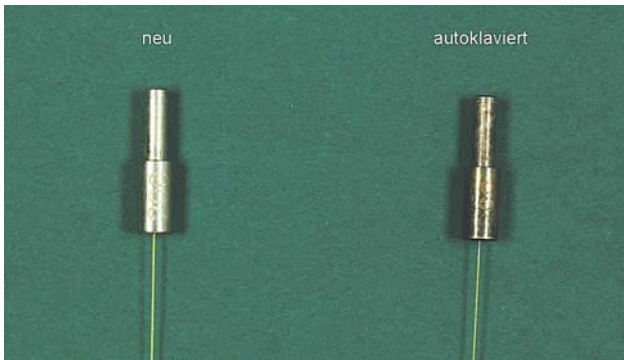
Die Verkleinerung des linearen Verformungsbereichs (Biegewinkel 50° bei den neuen Fasern und 40° bei den sterilisierten Fasern) unterstützt ebenfalls die Annahme, dass Veränderungen innerhalb des Claddingmaterials durch das mehrmalige Autoklavieren generiert wurden. Jedoch zeigt Abbildung 6 auch, dass bei allen Messungen die Fasern immer wieder in den linearen Bereich zurückkehren und dieser auch bei Wiederholungsmessungen Bestand hat. Bei keiner der autoklavierten Fasern kam es innerhalb des Messbereiches (Biegung zwischen 20° bis 60°) zu einer Fraktur.



**Abb. 7:** Bilder der Faserproben unter dem REM. Für einen direkten Vergleich wurden **a)** nicht autoklavierte und **b)** autoklavierte Faserproben bei gleicher Vergrößerung (200-fach) hier nebeneinander abgebildet.



**Abb. 8:** Ausschnitte des Claddingmaterials **a)** nicht autoklavierter und **b)** autoklavierter Faserproben bei 6.000-facher Vergrößerung, hier nebeneinander abgebildet.



**Abb. 9:** 200-µm-Faseradapter neu und nach mehrmaliger Autoklavierung. Die Autoklavierung bringt eindeutige Verfärbungen hervor, welche jedoch keine Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften hat.

### Rasterelektronenmikroskop-Untersuchungen

Anhand dieser Untersuchung sollte festgestellt werden, ob die bei der Biegemessung ermittelte künstliche Alterung (Versprödung des Claddingmaterials) unter dem Rasterelektronenmikroskop nachzuweisen war. Hierzu wurden an sowohl nicht autoklavierten (a) als auch an autoklavierten (b) 300-µm-Fasern Aufnahmen bei 200-facher und 6.000-facher Vergrößerung vorgenommen. Die Abbildung 7 zeigt die Fasern (a + b) nebeneinander bei 200-facher Vergrößerung. Bis auf wenige Gebrauchsspuren, die auf der Oberfläche der sterilisierten Faser (Abb. 7b) als Einkerbungen im Claddingmaterial zu erkennen sind, ließen sich bei dieser Vergrößerung keine Veränderungen des Claddingmaterials nachweisen. Auch bei einer 6.000-fachen Vergrößerung konnte unter dem REM keine Rissbildung oder Strukturveränderung im Claddingmaterial nachgewiesen werden (Abb. 8). Auch in Abbildung 8 sind oberflächlich lediglich Fertigungs- bzw. Gebrauchsspuren im Claddingmaterial der Fasern zu erkennen. Zerstörungen des Claddings bis zum Glassubstrat des Lichtleiters konnten hinsichtlich des Autoklavierungsprozesses nicht nachgewiesen werden.

### Visuelle Veränderungen

Die Sterilisation im Autoklaven ruft eine visuelle Veränderung in Form einer Verfärbung des Metalladapters der Faserspitzen hervor (Abb. 9). Diese hatte jedoch keinen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und auf die Handhabung der Faserspitzen beim Einsetzen in das Handstück hervorgebracht.

## Bemerkungen und Resümee

### Transmission

Die Qualität hinsichtlich Transmission muss für die Faserspitzen unterschiedlich gewertet werden. Dies bezieht sich auf den Faserdurchmesser 200 µm im Vergleich zu den Faserdurchmessern 300 und 400 µm. Wie aus der Abbildung 4 ersichtlich, liegen die Transmissionen der 200-µm-Fasern über den gesamten Messbereich zwischen 5 bis 10 % unter den Werten der 300- und 400-µm-Fasern, jedoch innerhalb der vom Gesetzgeber erlaubten Leistungsschwankungen von 20 %.<sup>6</sup> Von da-

her ist von Rechts wegen ein expliziter Hinweis über geringfügige Leistungsverluste bei der 200-µm-Faser für den Anwender vonseiten des Herstellers im technischen bzw. Applikationshandbuch nicht notwendig, jedoch erwähnenswert.

Entsprechend der erzielten Ergebnisse lassen sich für alle Faserdurchmesser 15 Sterilisationen befürworten. Allgemein kann die Empfehlung für den Zahnarzt ausgesprochen werden, die Faserspitzen nach erfolgtem Einsatz im Autoklaven nach Herstellerangaben zu sterilisieren. Dabei sind die zahnärztlichen Hygienevorschriften zu beachten.

### Frakturgefährdung

Die Frakturuntersuchungen haben gezeigt, dass für eine durchgeführte Anzahl von 15 Sterilisationen bis zu einem Biegewinkel von 60° keine Frakturgefährdung besteht. Hier kann die Empfehlung für den Zahnarzt ausgesprochen werden, die Faserspitzen nach erfolgtem Einsatz im Autoklaven zu sterilisieren. Dabei sind die zahnärztlichen Hygienevorschriften zu beachten.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden Faserspitzen hinsichtlich Mehrfachnutzung einem 15-maligen Sterilisationsprozess im Autoklaven unterzogen. Die Ergebnisse zeigen, dass Veränderungen in der Transmission und der Biegefähigkeit der Faserspitzen nur in geringem Maße, d.h. innerhalb der Nutzungstoleranzen, auftreten. Der Laseranwender hat somit die Möglichkeit, die Faserspitzen gemäß den Hygienerichtlinien und Herstellerangaben zu sterilisieren und am Patienten mehrfach zum Einsatz zu bringen. **n**



### Danksagung

Diese Untersuchung wurde von der elexxion AG in Auftrag gegeben und sowohl durch finanzielle als auch durch materielle Unterstützung ermöglicht.

### Hinweis

Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich nicht auf die Faserspitzen anderer Laserhersteller übertragen. Hierzu müssen die zur jeweiligen Ausstattung gehörigen Faserspitzen in einer separaten Studie untersucht werden.

## KONTAKT

### Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Jörg Meister

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Bonn  
Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde  
AG Laser in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Welschnonnenstraße 17, 53111 Bonn  
Tel.: 0228 287-22268  
E-Mail: jmeister@uni-bonn.de



**Wir bilden Sie zum Erbium-  
laser Spezialisten aus!**



# Erbiumlaser

- Theoretischer Unterricht, Skill Training und Demo-Behandlungen auf höchstem wissenschaftlichen und klinischen Niveau
- Korrekte Anwendung aller relevanten klinischen Indikationen und standardisierte Behandlungsprotokolle der Er:YAG und Er,Cr:YSGG Laser
- Absorptionsverhalten der Strahlung eines Erbiumlasers in Hart- und Weichgeweben und in spezifischen Geweben
- Gemeinsames Zertifikat der RWTH Aachen und der DGL sowie 34 Fortbildungspunkte



Aachen Dental Laser Center

Weitere Informationen:

AALZ · Pauwelsstrasse 17 · 52074 Aachen

Tel. 02 41 - 47 57 13 10 · Fax 02 41 - 47 57 13 29

[www.aalz.de](http://www.aalz.de) · [info@aalz.de](mailto:info@aalz.de)

**RWTH** INTERNATIONAL  
ACADEMY  
AACHEN UNIVERSITY

**dgl.** Deutsche  
Gesellschaft für  
Zahnheilkunde e.V.  
**laser.**