

# Der blaue Laser in der Otorhinolaryngologie

## Entwicklung, Anwendungen und klinische Bedeutung

Markus Hess, Joachim Hornung, Fatemeh Kashani

Die Einführung des blauen (445 nm) Lasers in die Otorhinolaryngologie stellt einen bedeutenden Fortschritt in diesem Fachgebiet dar. Der blaue Laser kombiniert sowohl photoangiolytische als auch schneidende Eigenschaften und stellt somit ein vielseitiges Instrument für chirurgische Eingriffe sowohl im Behandlungsstuhl als auch für Operationen in Vollnarkose dar.

Die Lasertechnologie hat die chirurgischen Interventionen in der Otorhinolaryngologie revolutioniert, indem sie eine präzise Gewebsinteraktion mit minimaler thermischer Schädigung ermöglicht. Historisch wurden häufig CO<sub>2</sub>- und (vorwiegend im Ausland)

KTP (Kalium-Titanyl-Phosphat)-Laser – sogenannter ‚grüner‘ Laser mit einer Wellenlänge von 532 nm – verwendet, wobei letzterer insbesondere in der Photoangiolyse überzeugt. Einschränkungen in der Schneideffizienz des KTP-Lasers führten zur Entwicklung alternativer Lasersysteme. Der mit einer Wellenlänge von 445 nm eingeführte (blaue) Laser hat sich als vielversprechende Lösung herausgestellt, da er eine hohe Absorption in Hämoglobin mit überlegenen Schneideigenschaften kombiniert und daher besonders für die Behandlung vaskulärer sowie nicht-vaskulärer Läsionen geeignet ist. Die Photodesinfektion scheint ein weiteres Einsatzgebiet des blauen Lasers zu werden.

### Historische Entwicklung

Das Konzept der Verwendung eines blauen Lasers in der Larynxchirurgie entstand 2016 während des ersten Laserkurses am Medical Voice Center. Bis dahin wurde ein Hybridsystem aus grünem und Diodenlaser demonstriert. Hier ein kurzer historischer Rückblick:

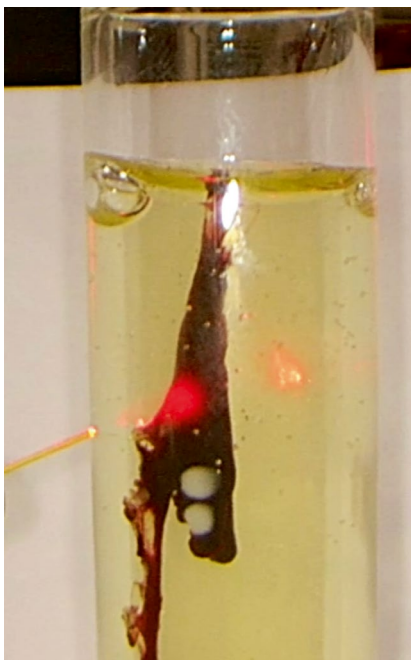
- Mitte 2016: Erster Prototyp eines blauen Lasers für Behandlungen in der Laryngologie (Einsatz zuvor ausschließlich in der Zahnmedizin)
- November 2016: Bereitstellung des gebrauchsfertigen blauen Lasers (445 nm)
- Dezember 2016: Intensive Testung und schließlich Auswahl des glasfasergeführten blauen Lasers mit Wellenlänge 445 nm (blau-violette Farbe) aufgrund

der höheren Leistung (4 Watt im Dauerstrichmodus) gegenüber der Leistung von 2 W der 405 nm Wellenlänge.

- Februar 2017: Erste öffentliche erfolgreiche Behandlung dreier Patienten in Mikrolaryngoskopie in Delhi (Indien) im Rahmen des internationalen Phono-chirurgiekongress PHONOCON
- Juni 2017: Vorstellung des blauen Lasers auf dem IFOS-Kongress in Paris
- Seit März 2018: Blauer Laser weltweit kommerziell verfügbar (ausgenommen USA)

### Technische Wirkungsweise

Der blaue Laser ist ein diodenbasiertes System und ermöglicht eine sehr viel kleinere Bauweise im Vergleich zu KTP- und CO<sub>2</sub>-Lasern. Licht der Wellenlänge 445 nm zeigt eine hohe Absorption in Hämoglobin und bietet sich dadurch ideal für die Photoangiolyse an, während es gleichzeitig auch über ausgezeichnete Schneideigenschaften verfügt. Verglichen mit dem KTP-Laser (532 nm), der primär Oxyhämoglobin adressiert, ermöglicht der blaue Laser eine höhere Präzision bei reduzierter thermischer Schädigung des umliegenden Gewebes. Zudem erlauben die kompakte Bauweise (Schuhkartongröße) und die glasfasergeführte Applikation eine flexible Anwendung in der Mikrolaryngoskopie, bei der transnasal fiberoptischen Larynxchirurgie, bei endonasalen Eingriffen sowie in der Mittelohrchirurgie.



© MEVOC GmbH

**Abb. 1:** Selektive Photoangiolyse: Rotes Blut absorbiert den blauen Laserstrahl und koaguliert nach Erwärmung (runde weißliche Verfärbung). Eiweiß bleibt unter 60 °C und koaguliert daher nicht, obwohl der Laserstrahl durch das Eiweiß hindurchgetreten ist.

## Besondere Eigenschaften

### Die Photoangiolyse

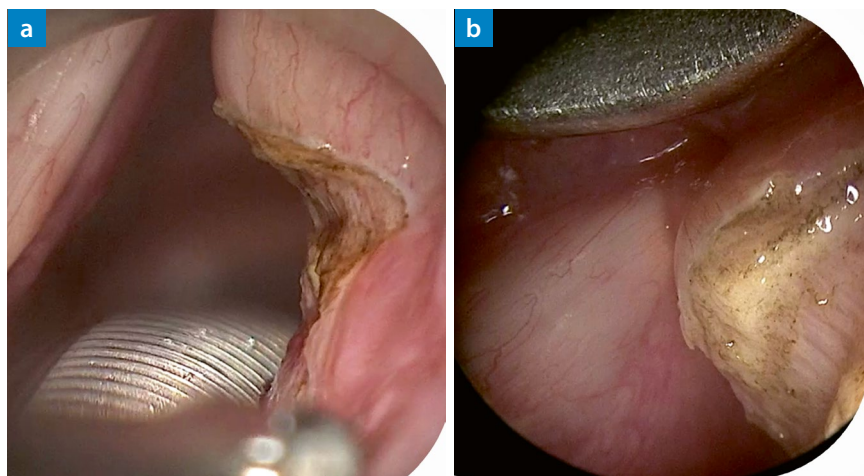
Der selektive photoangiolytische Effekt kann eindrucksvoll in einem Experiment demonstriert werden: Wenn venöses Blut tropfenweise in ein mit klarem Eiweiß gefülltes Reagenzglas gegeben wird, bilden sich lange Blutstränge. Werden diese mit einem photoangiolytischen Laser von außerhalb durch das Reagenzglas gelasert, gerinnt das bestrahlte rote Blut und wird weiß, während das daneben liegende Eiweiß unverändert transparent bleibt (**Abb. 1**). Da Protein bei etwa 60 °C denaturieren und sich dadurch sichtbar weiß und undurchsichtig verfärben würde, kann dieses Experiment als Modell für die selektive Photoangiolyse genutzt werden.

### Der blaue Laser im Schneidemodus

Insbesondere der blaue Laser kann auch zur effektiven Gewebeeinzision eingesetzt werden. Dies ist sowohl im kontaktlosen Modus als auch im Kontaktmodus mit kontinuierlicher (cw-Mode) oder gepulster Laseranwendung möglich, ohne dass eine größere Koagulationszone entsteht, sofern eine entsprechende Leistung gewählt wird. Der Schneidemodus wird vor allem während der Gewebeexzision, z. B. während einer Mikrolaryngoskopie, genutzt, wobei die Laserfaser unter sauerstoffreduzierter Anästhesie eingesetzt werden muss (**Abb. 2a, 2b**). Werden die Parameter der gepulsten Energieanwendung, eine kontinuierliche seitliche Faserbewegung und der Abstand der Faser geschickt kombiniert, kann eine nahezu koagulationsfreie Schnittkante erreicht werden. Mit entsprechendem Handgriff für die Glasfaser kann auch Hals-Weichteilgewebe oder enoral geschnitten werden, beispielsweise Zunge und Wange.

### Die Photodesinfektion

Licht mit einer Wellenlänge von etwa 380–480 nm kann Bakterien, Pilze, Hefen und Viren abtöten. Dieser Effekt der Photodesinfektion wird in der Industrie seit vielen Jahren genutzt. Sogar medizinische Endoskopaufbereitungen gelingen in Minutenschnelle mit blauem Licht. Keime sind in der Laryngologie seit längerem Auslöser von Erkrankungen, beispielsweise wenn ein Biofilm



**Abb. 2:** Schneideverhalten des blauen Lasers nach Inzision einer Stimmlippe. **a)** Die Stimmlippe wurde bei nicht gepulstem Laserlicht bei 4 Watt im cw-Modus mit einer 400 µm Laser-Glasfaser inzidiert. **b)** Gleiche Stimmlippe wie in Abb. 2a. Visualisierung mit 70° starrer Optik. Minimaler Koagulationssaum an der Schnittkante.

vorliegt, oder gar bei hartnäckigen chronischen Laryngitiden. Da blaues Laserlicht in weißes Gewebe mühelos eindringen kann, kann auch tiefer liegendes Gewebe eines weißen Biofilms (klinisch als Leukoplakie imponierend) überwunden werden.

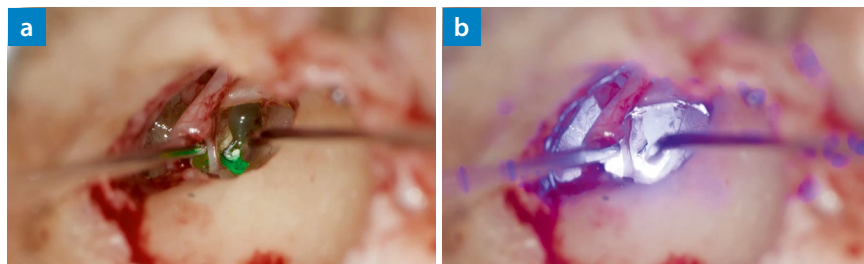
### Klinische Anwendungen

Der blaue Laser wird erfolgreich bei einer Vielzahl von otorhinolaryngologischen Indikationen eingesetzt, darunter:

#### Der blaue Laser in der Otologie ...

Laser werden in der Ohrchirurgie schon seit Ende der 70er / Anfang der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts eingesetzt. Vor allem in der Steigbügelchirurgie kamen dabei Argon-, CO<sub>2</sub>-, Dioden- und KTP-Laser zum Einsatz. In den letzten Jahren steigt die Zahl an Pu-

blikationen über den Laser-Einsatz bei ohrchirurgischen Themen wieder an. Dies ist unter anderem auf die gestiegene Zahl lasergestützter endoskopisch durchgeführter Ohroperationen zurückzuführen. Gegenüber den oben genannten Laser-Arten ist der blaue Laser aufgrund seiner ausgezeichneten Schneideigenschaften im Kontakt- und Non-Kontakt-Verfahren, seiner hohen Präzision bei gleichzeitig reduzierter thermischer Schädigung und der Applikation mittels spezieller Ohrhandstücke, die die Laseranwendung ähnlich einer Nadel im Ohrbereich ermöglichen, in der Anwendung bei ohrchirurgischen Verfahren im Vorteil. Besonders geeignet ist der blaue Laser bei der Steigbügel- und der Cholesteatomchirurgie sowie bei der chirurgischen Entfernung von Glomus-tympanicum-Tumoren.



**Abb. 3:** Durchtrennung des hinteren Steigbügelchenfels bei einer Stapes-OP links. **a)** Laserfaser mit grünem Pilotstrahl vor dem teilweise durchtrennten Steigbügelchenfel. **b)** Durchtrennung im Moment des blauen Laserschusses.

### Steigbügelchirurgie

Bei der Steigbügelchirurgie bietet sich der blaue Laser für folgende Operationschritte an: Durchtrennen der Stapediussehne, des vorderen und hinteren Steigbügelschenkels, Fensterung der Fußplatte und, falls verwendet, thermischer Verschluss der Schlinge einer sogenannten Shape-Memory-Prothese. Der blaue Laser kommt dabei im eigenen Patientenkollektiv seit Frühjahr 2017 zum Einsatz. Während zum Durchtrennen der Steigbügelschenkel (**Abb. 3a, 3b**) und thermischen Crimpen von Shape-Memory Prothesen der blaue Laser alleine mit einer Leistung von 2 W und einer Pulsdauer von 100 ms Pulsdauer verwendet wird, wird an der Steigbügelfußplatte in einem Kombinationsverfahren mit einer Leistung von 1,5–1,8 W und einer Pulsdauer von 100 ms eine rosettenförmige Karbonisationszone (**Abb. 4**) angelegt und diese vorgeschwächte Knochenplatte dann mit einem Diamant-Mikrobohrer (0,7 mm) durch wenige Umdrehungen zur Stapedotomieöffnung abgetragen. In Kombination mit einer thermisch zu crimpenden Prothese ermöglicht der blaue Laser ein operatives Vorgehen mit einer deutlich reduzierten mechanischen Einwirkung auf die Gehörknöchelchenkette und insbesondere auf den Steigbügel. Ein wesentlicher Vorteil dabei ist ein deutlich reduziertes Risiko einer unbeabsichtigten Fußplattenfraktur oder eine „Floating-Footplate“ zu erhalten. Diese Erkenntnisse decken sich auch mit in der Literatur berichteten Erfahrungen. Im eigenen Patientenkollektiv gelingt es in über 97 % der Fälle, mit dem blauen Laser eine Stapedotomie ohne akzidentielle Fraktur der Fußplatte zu erreichen, eine „Floating-Footplate“ konnte bisher vermieden werden.

### Cholesteatomchirurgie

Der blaue Laser ermöglicht eine präzise Gewebeablation bei gleichzeitiger Blutstillung und Schonung kritischer Strukturen. Grundsätzlich bestehen hier also sehr gute Voraussetzungen für den Einsatz bei der Cholesteatomchirurgie. In der Literatur sind die berichteten Ergebnisse bei der Nutzung von Lasern bei der Entfernung von Cholesteatomen bisher uneinheitlich. Grundsätzlich gelingt es, Cholesteatome mithilfe des Lasers zu

entfernen, wobei thermische Schädigungen im Bereich des Fazialis oder der Steigbügelfußplatte durch Reduktion der Energie und verkürzte Pulsdauern vermieden werden müssen. Die Rezidivquoten reichen dabei von 0–33 %, ohne einen Vorteil für das Hörergebnis gegenüber dem Vorgehen ohne Laser zu bringen. Auch eine vergleichende Studie zur Anwendung des blauen Lasers in der Cholesteatomchirurgie konnte keinen Unterschied in der Rezidivquote zwischen Patienten, die mit und ohne Einsatz des blauen Lasers operiert wurden, finden. Hier müssen noch weitere Untersuchungen an größeren Kollektiven durchgeführt werden.

### Chirurgie von

#### Glomus-tympanicum-Tumoren

Mit seinen photoangiolytischen Eigenschaften ist der blaue Laser sehr gut für die operative Behandlung von blutreichen Paragangliomen geeignet. Insbesondere kleinere Paragangliome mit alleiniger Ausdehnung im Mittelohr lassen sich präzise und vor allem auch schonend für die Mittel- und Innenohrstrukturen entfernen. Mit einer Leistung von 2 W, einer Pulsdauer von 100 ms und einer Pulspause von 300 ms lassen sich die Tumore gut abtragen. Idealerweise geht man dabei zirkulär vom Rand her vor und koagulierte sukzessive die zuführenden Gefäße zum Tumor (**Abb. 5a, 5b**).

### ... in der Rhinologie

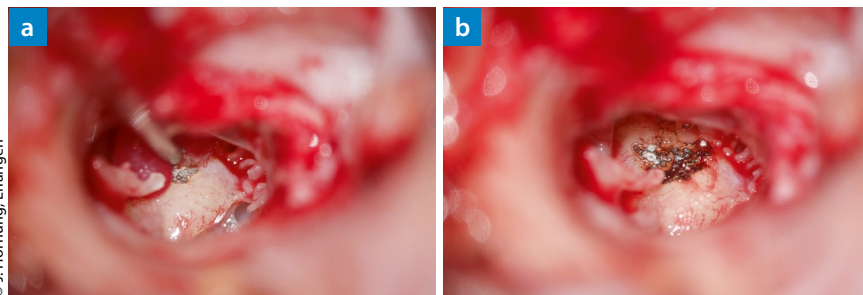
#### Epistaxis-Management

Die Lasertechnologie hat sich bei der Behandlung vaskulärer Pathologien der Nasenschleimhaut in mehreren Studien

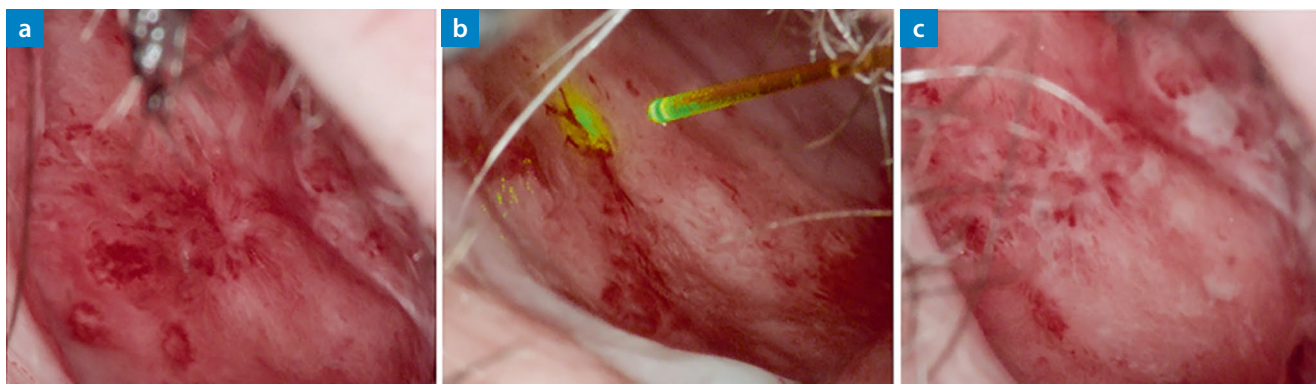


**Abb. 4:** Steigbügelfußplatte links mit durch den blauen Laser angelegter Rosette einzelner Laserschüsse.

als wirksam erwiesen. Frühere Lasertechniken waren jedoch nur begrenzt auf das Hämoglobin abgestimmt und ermöglichten daher keine optimale Zielgenauigkeit. Der blaue Laser mit seiner hohen Absorptionsfähigkeit im rotem Lichtspektrum nutzt hingegen Hämoglobin gezielt als Chromophor. Dies ermöglicht eine präzisere Behandlung vaskulärer Läsionen bei gleichzeitig deutlich reduziertem perivaskulärem Schleimhautschaden. Durch die geringere thermische Belastung des umliegenden Gewebes kann das Risiko von Narbenbildung und funktionellen Beeinträchtigungen minimiert werden. Das ist insbesondere in der Behandlung der therapieresistenten Epistaxis bei Morbus Osler oder Patienten mit Gerinnungsstörungen oder Antikoagulationstherapie bedeutsam, da wiederholte thermische Schädigungen der Nasenschleimhaut bei der Behandlung endonasaler vaskulärer Läsionen zu Komplikationen wie Nasenseptumperforationen führen können, die wiederum eine Trockenheit der Nasenschleimhaut und eine Verstärkung der Epistaxis begünstigen (**Abb. 6**).



**Abb. 5:** Glomus-tympanicum-Tumor rechts im Bereich des Promontoriums **a)** beim Beginn der Operation nach den ersten Laserschüssen. **b)** Vollständig abgetragener Glomus-tympanicum-Tumor.



© F. Kashani, München

**Abb. 6:** Behandlung der endonasalen Morbus Osler-Manifestationen mittels des blauen Lasers (445 nm). Schleimhaut-Teleangiektasie a) vor der Behandlung, b) während der Behandlung und c) nach der Behandlung.

Ein weiterer Vorteil der Laserbehandlung ist die Möglichkeit der ambulanten Anwendung unter topischer Anästhesie, was die Belastung für die Patienten weiter reduziert. Die empfohlene Lasereinstellung zur Behandlung vaskulärer Malformationen der Nasenschleimhaut ist eine Pulsdauer von 90 ms und Pausendauer von 200 ms bei einer Leistung von 1 W (Faserdurchmesser 300 µm).

#### Nasenmuschelhyperplasie

Lasertherapien sind bewährte Optionen zur Behandlung von Nasenmuschelhyperplasie, die nicht ausreichend auf konservative Maßnahmen wie topische Steroide oder Antihistaminika anspricht. Häufig werden diese Maßnahmen als Oberflächenverfahren angewendet, was mit einer vorübergehenden oder dauerhaften Schädigung der Schleim-

haut einhergehen kann. Die interstitielle Laserbehandlung stellt eine gewebeschonendere Alternative dar, die die natürliche Funktion der Nasenschleimhaut erhalten kann. Dieses Verfahren ermöglicht eine Volumenreduktion des hypertrophen Muschelgewebes durch gezielte thermische Denaturierung, ohne die mukosale Oberfläche direkt zu schädigen. Bei diesem Verfahren wird die am distalen Ende abisolierte Laserfaser submukös durch die Nasenmuschel geführt, wobei die Laserenergie kontrolliert abgegeben wird. Die Behandlung kann ebenfalls ambulant und unter topischer Anästhesie durchgeführt werden. Die empfohlene Lasereinstellung für die interstitielle Behandlung der Nasenmuschelhyperplasie ist eine Leistung von 1,4 W Leistung im cw Modus (Faserdurchmesser 300 µm).

#### ... in der Laryngologie

##### Benigne Stimmlippenläsionen

Der blaue Laser wird unter anderem zur Laserbehandlung und Exzision von Polypen, Reinke-Ödemen und Papillomen eingesetzt und ermöglicht eine minimale thermische Schädigung und damit verbesserte postoperative Stimmergebnisse. Je nach Läsion können niedrige bis hohe Leistungen Anwendung finden.

##### Rezidivierende respiratorische Papillomatose (RRP)

Im Vergleich zu CO<sub>2</sub>- und KTP-Lasern zeigt der blaue Laser eine effektive Koagulation, Vaporisation und Ablation mit reduzierter postoperativer Entzündung und Narbenbildung.

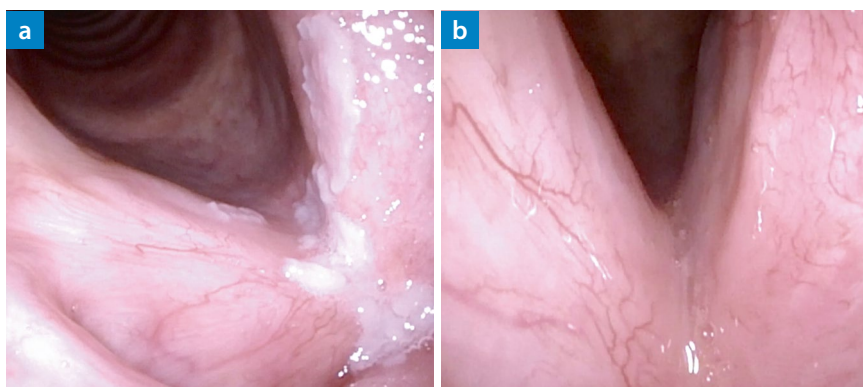
**Vaskuläre Läsionen:** Aufgrund der hohen Absorption in Hämoglobin eignet sich der blaue Laser hervorragend zur Behandlung von Stimmlippen-Varizen, Gefäßektasien und hämorrhagischen Polypen.

##### Larynxstenosen und Vernarbungen

Der blaue Laser ermöglicht eine präzise Inzision mit kontrollierter Koagulation und ist daher ein effektives Instrument zur Resektion von Stenosen und Narbenexzisionen.

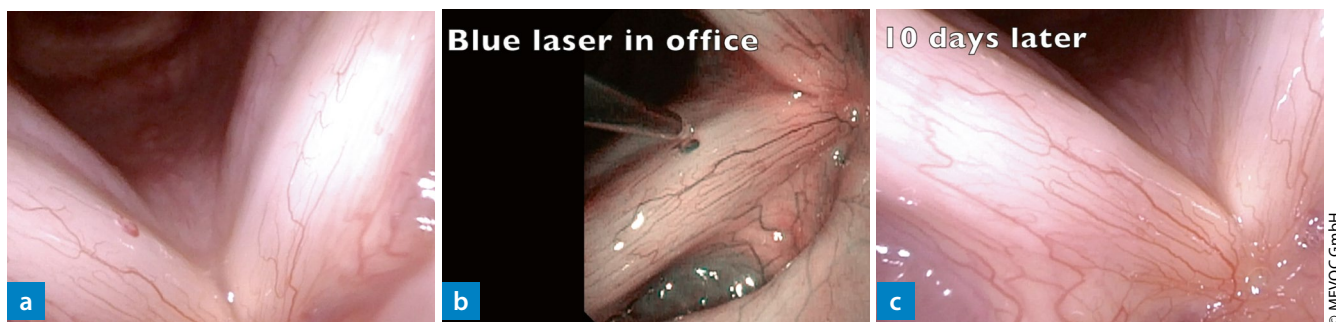
##### Glottiskarzinom

Studien zeigen, dass die onkologischen Ergebnisse der blauen Lasertherapie mit denen der KTP-Lasertherapie vergleichbar sind, mit ähnlichen krankheitsspezifischen Überlebensraten und Wahrung der Stimmfunktion.



© MEVOC GmbH

**Abb. 7:** Patient mit Stimmlippendysplasie beidseits. In Vollnarkose nicht einstellbarer Kehlkopf. a) Schmerzfreie Laserung mit dem blauen Laser erfolgt im Behandlungsstuhl in Sprühbetäubung. b) Sechs Monate nach Behandlung mit dem blauen Laser. Keine Dysplasien mehr erkennbar.



**Abb. 8:** Stimmlippen-OP bei einer Sängerin. **a)** Punktförmiges Angiom auf der rechten Stimmlippe. **b)** Gleiche Stimmlippe wie in Abb. 8a. Blaues Laserlicht wird mit einer 400 µm Glasfaser über eine flexible transnasale Optik an die Stimmlippe herangeführt. Laserbehandlung im Behandlungsstuhl mit wenigen Lichtpulsen bei 2 W. **c)** Zehn Tage nach Laserbehandlung. Keine Spuren der Behandlung mehr sichtbar. Stroboskopisch keine Schwingungseinschränkung.

Photoangiolytische Laser wie der neue blaue Laser ermöglichen die gezielte (selektive) Verödung kleinster Gefäße innerhalb der Stimmlippen, während das darüberliegende Epithel und die Lamina propria erhalten bleiben. Durch die Vermeidung der (unnötigen) Zerstörung von paravaskulären Gewebeanteilen wird das Gewebe geschont, die Narbenbildung reduziert und die physiologische Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen bewahrt. Gleichzeitig wird eine effektive Behandlung pathologischer Gewebeveränderungen wie Papillome, Ödeme, Polypen, Leukoplakien, Dysplasien und ektatischer Blutgefäße ermöglicht. Da das Laserlicht durch feinste Glasfasern (300, 400 und 600 µm) in den Kehlkopf geleitet werden kann, sind schmerzfreie Eingriffe sowohl in der Behandlungssituationsituation mit transnasal eingeführten flexiblen Optiken (mit Arbeitskanal), unter Vollnarkose während einer Mikrolaryngoskopie, als auch über eine Kanüle (20 G) mit Glasfaser (300 µm) perkutan möglich (**Abb. 7a, 7b**). Der blaue Laser eignet sich nicht nur zur Koagulation, Karbonisation, Vaporisation und Ablation, sondern auch zum präzisen Schneiden von Gewebe, auch bei mikrolaryngoskopischen Eingriffen.

Photoangiolytische Laser unterscheiden sich grundlegend von herkömmlichen CO<sub>2</sub>-Lasern. Da sie durch feine Glasfasern und flexible Optiken geführt werden können, eignen sie sich besonders für Operationen an wachen, nicht sedierten Patienten in der Praxis. Besonders in der schonenden Phonochirurgie der Lamina propria ermöglicht der Ein-

satz photoangiolytischer Laser eine gezielte Gefäßverödung (selektive Photoangiolyse, **Abb. 8a, 8b, 8c**).

### Vergleichende Effektivität und Sicherheit

Mehrere klinische Studien haben den blauen Laser mit CO<sub>2</sub>- und KTP-Lasern verglichen. Wichtige Erkenntnisse umfassen:

- **Onkologische Sicherheit:** In ersten Studien zum Einsatz des blauen Lasers erzielt dieser bei kleineren Glottiskarzinomen und anderen Kopf-Hals-Tumoren vergleichbare lokale Kontrollraten und krankheitsspezifische Überlebensraten.
- **Postoperative Wundheilung:** Der blaue Laser verursacht in etwa eine vergleichbare thermische Randsaumschädigung wie der CO<sub>2</sub>-Laser. Die Wundheilung ist vergleichbar.
- **Komplikationsraten:** Die frühen postoperativen Blutungsraten sind mit dem blauen Laser geringer als mit KTP- und CO<sub>2</sub>-Lasern, während die allgemeinen Komplikationsraten vergleichbar bleiben.

### Zukunftsperspektiven und Fazit

Der blaue Laser (445 nm) stellt eine bedeutende technologische Innovation in der Otorhinolaryngologie dar und bietet eine nützliche Kombination aus Schneide-, Koagulations- und Photoangiolyse-eigenschaften. Neben der Laryngologie erweitert sich sein Einsatz auf die Rhinologie, Otologie und allgemeine Kopf-Hals-Chirurgie, was ihn zu einem vielseitigen Werkzeug mit breitem klini-

schem Nutzen macht. Langfristige Studien werden erforderlich sein, um seine Rolle in standardisierten Behandlungsprotokollen weiter zu evaluieren. Angesichts seiner nachgewiesenen Sicherheit und Wirksamkeit hat der blaue Laser das Potenzial, sich als essenzielles Instrument in verschiedenen HNO-Fachbereichen zu etablieren, insbesondere in minimalinvasiven und ambulanten Verfahren.

### Literatur



als Zusatzmaterial unter <https://doi.org/10.1007/s00060-025-9342-x> in der Online-Version dieses Beitrags



**Prof. Dr. Markus M. Hess**  
Medical Voice Center  
Martinistr. 64, 20251  
Hamburg  
hess@mevoc.de

**Prof. Dr. Joachim Hornung**  
Hals-Nasen-Ohren-Klinik, Kopf- und Halschirurgie, Universität Erlangen-Nürnberg  
Waldstr. 1, 20251 Erlangen

**Dr. med. Fatemeh Kashani**  
Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, LMU Klinikum  
Marchioninstr. 15, 81377 München