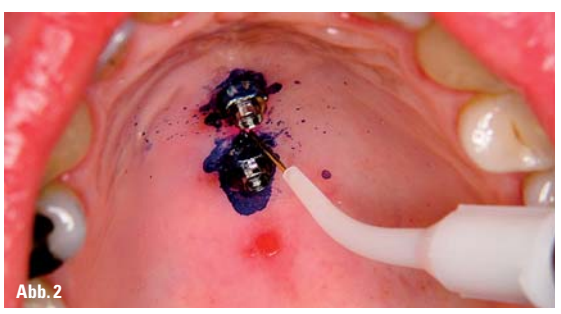
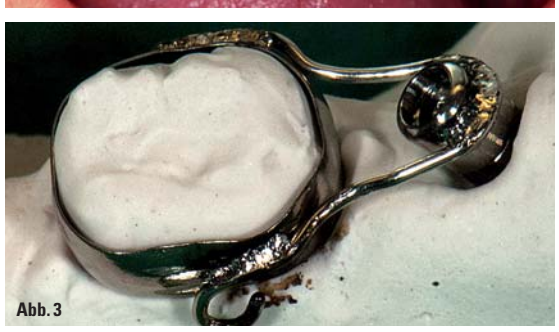
KN WISSENSCHAFT & PRAXIS

Laser in der KFO-Praxis – Klinik und Labor (1)





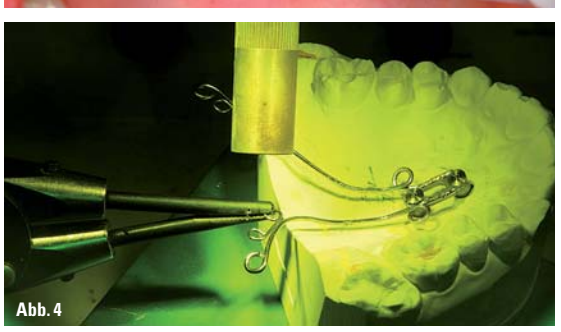


Abb. 1: Korrektur unregelmäßiger Gingivaverlauf. – **Abb. 2:** Photodynamische Therapie bei hyperplastischer Gingivitis an Minipinapparaturen. – **Abb. 3 und 4:** Mit geringem Aufwand lassen sich grazile, stabile wie hochgenaue Apparaturen labortechnisch fertigen.

Abb. 6: Multiwave-Gerät, bestehend aus gepulstem Nd:YAG- und Er:YAG-Laser. – **Abb. 7:** Diodenlaser-gepumpter 2ωNd:YAG-Laser als Tischgerät.

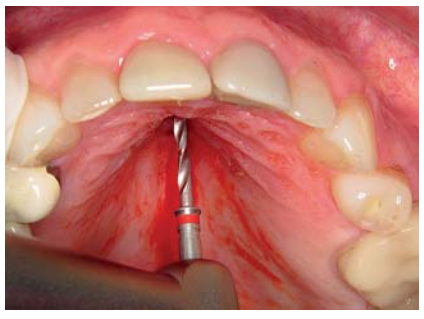
Abb. 8 und 9: Zwei Beispiele für Softlaser.

KN Fortsetzung von Seite 1

Kieferorthopädie mithilfe eines High-End-Er:YAG-Lasers beschrieben.
Nach über zehn Jahren Anwendungserfahrung hat sich gezeigt: Lasertechnologie hat das Potenzial, nicht nur extravagante kieferorthopädische Probleme zu lösen, sondern auch als viel benutzte Hilfe in der Alltagsroutine – in der täglichen Praxis eines Kieferorthopäden – unverzichtbar zu sein.
Die Kieferorthopädie in den Praxen hat sich auch weiterentwickelt. So hat innerhalb des Fachbereichs ein Paradigmenwechsel stattgefunden mit verstärkter Orientierung auf interdisziplinäre Aspekte. Es geht heute nicht mehr ausschließlich um die mechanische und funktionelle Einflussnahme auf Zahn- und Kieferfehlstellungen mittels herausnehmbarer und festsitzender Apparaturen. Die Behandlungen beziehen zunehmend Aspekte aus der Parodontologie, ästhetischen Zahnheilkunde, Implantologie, Oralchirurgie und konservierenden Zahnheilkunde ein: Durch gezielten Einsatz der Lasertechnologie lassen sich hier risiko- und instrumentenarm viele weich- und hartgewebliche Probleme, die sich vor, nach oder im Laufe der kieferorthopädischen Behandlung ergeben, relativ schonend und schmerzarm lösen. Beispielhaft genannt seien störende Wangen-, Lippen- oder Zungenbändchen, ein unregelmäßiger Gingivaverlauf (Abb. 1), Gummy Smile, entzündliche Gingivahyperplasie, störendes Operculum, Zahnretention und -verlagerung, Wanderungsparodontitis, Mundschleimhautläsionen, Demineralisationen sowie Schmelzhypoplasien.
Auf der anderen Seite beziehen die kieferorthopädischen Kolleginnen und Kollegen zunehmend Aspekte der Optimierung der kieferorthopädischen Behandlung ein: der Wunsch nach Erleichterung und Beschleunigung von Zahnbewegungen, die zeitnahe Einbeziehung von erschwert oder verzögert durchbrechenden Zähnen, die Behandlung orthodontischer Schmerzen, die Verbesserung der Bracketverlustrate, das sichere Platzieren von temporären Minipinapparaturen (Abb. 2), die Erleichterung der Bracketpositionierung bei geringer Kronenhöhe oder die gefahrlose Entfernung von Brackets.
Eine dritte Seite, die labortechnische Seite der Kieferorthopädie, wird oftmals unterschätzt und völlig getrennt von der Behandlung gesehen. Aber gerade hier kann die Lasertechnologie – mit gravierenden Auswirkungen auf die Behandlung – punkten: Mit keiner anderen Technik gelingt es, so grazile, so stabile und werkstoffverträgliche Apparaturen zu schaffen oder intelligent zu erweitern – und das ergonomisch mit geringem Aufwand und einer Präzision vergleichbar Schweizer Uhrwerken (Abb. 3 und 4).
Die konsequente Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten der Lasertechnologie in der kieferorthopädischen Praxis kann die Behandlungszeit verkürzen und die Effizienz kieferorthopädischer Maßnahmen erhöhen. Auch die Qualität der Behandlungsresultate kann verbessert werden, z.B. durch die verlässliche, deutliche Erhöhung des Brackethaftverbundes bei techniksensiblen Verfahren (Minibracketsysteme, Lingualretainer, Fadenretainer, Lingualbracketsysteme, indirektes Klebeverfahren, set-up-basiertes Straight-Wire-Bracketing, Molarenbracketing statt -bebänderung etc.) oder durch die minimalinvasive Freilegung von Zähnen oder die Möglichkeit, nach Operculotomie atraumatisch Bänder oder Brackets setzen zu können.
Auch lassen sich z.B. durch Zahnform- und Größenanomalien (Boltondiskrepanzen) bedingte kieferorthopädisch und ästhetisch störende Lückenbildungen und interproximale „dunkle Dreiecke“ durch laserunterstützte Zahnformkorrektur perfekt korrigieren. Das hängt u.a. damit zusammen, dass man mittels Laser sehr kontrolliert und blutungsfrei die Taschen öffnen, ein Sulcus-Troughing und eine Gingivoplastik ausführen kann, um dann anatomisch korrekt die Formkorrektur mittels Komposittechnik durchführen zu können.
Mit Erweiterung des Einsatzspektrums nimmt auch die Anzahl der mit Laser behandelten kieferorthopädischen Patienten stetig zu.
Für Anfänger, aber auch erfahrene Anwender der Lasertherapie, sind daher genaue Kenntnisse in der Bewertung der Laserbehandlung bei unterschiedlichsten Indikationen ein Muss.
Leider gibt es für die Zielgruppe der Kieferorthopäden bislang nur rein zahnärztlich geprägte Laserkurse und Dentallaser mit den dazugehörigen Bedienungsanleitungen. Die vorliegende dreiteilige Artikelserie soll diese Lücke schließen – mit einer Einführung sowie einem Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der Lasertechnologie in der KFO-Praxis in Klinik und Labor.
Ein wesentliches Ziel ist hierbei – im Unterschied zu bekannten Veröffentlichungen –, die interessierte Kieferorthopädin bzw. den interessierten Kieferorthopäden mit den Schlüsselkonzepten des Lasers vertraut zu machen und ein umfassendes Verständnis des Lasereinsatzes in der Kieferorthopädie zu geben. Dann ergeben sich die meisten Antworten wie von selbst!

Fortsetzung auf Seite 6 KN

Konventionelles chirurgisches Verfahren



Minimalinvasives laserunterstütztes Verfahren

Abb. 5: Schmerzarme und minimalinvasive Behandlung dank Lasertechnologie.

ANZEIGE

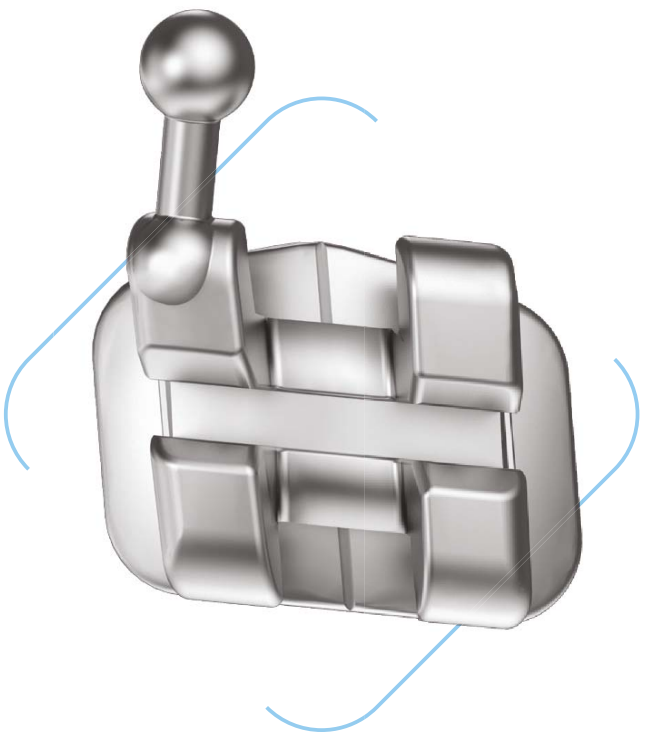
DENTSPLY GAC

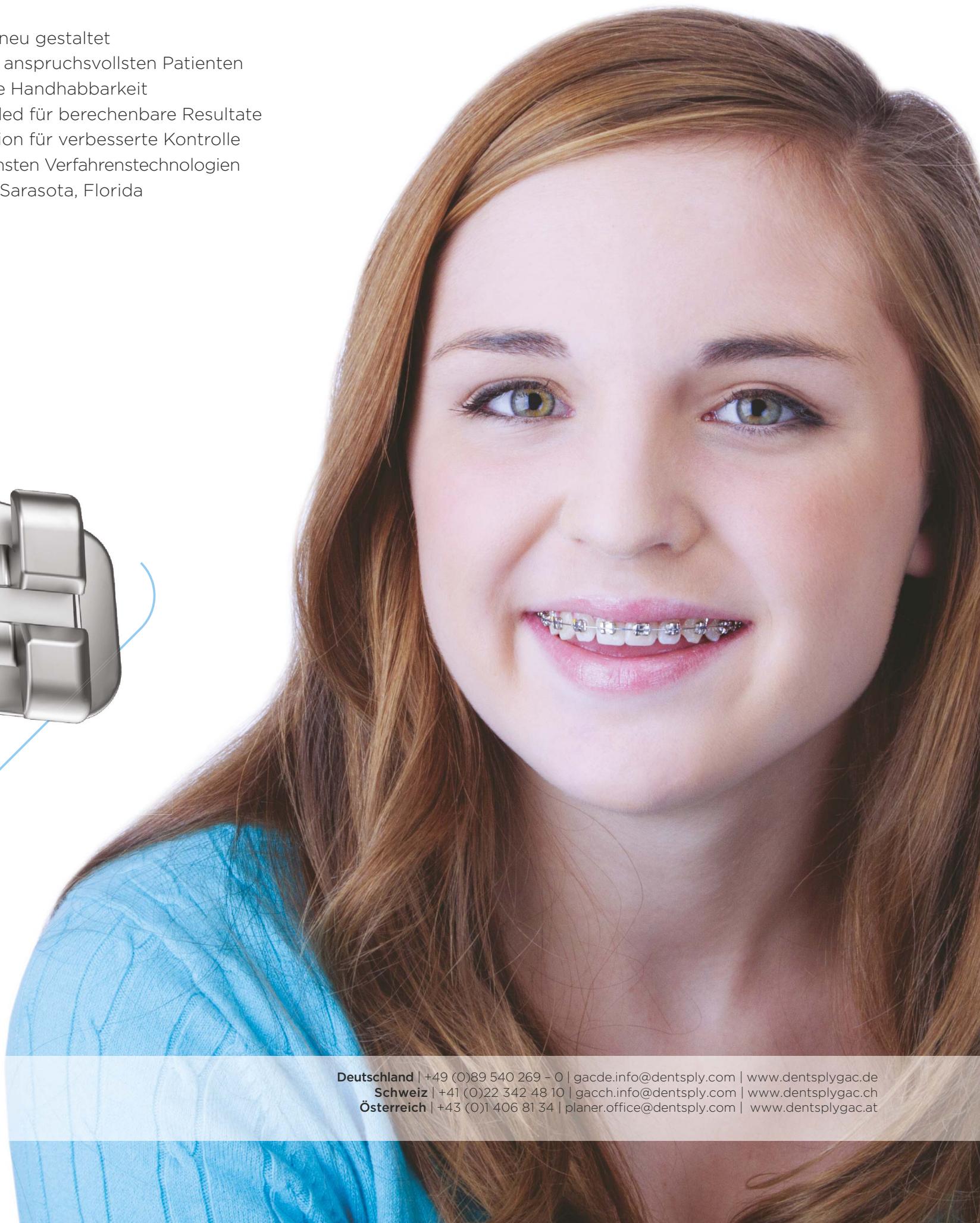
OmniArch®

Neuauflage eines Meisterstücks

Wir präsentieren OmniArch® PLUS

- Neu konzipiert und neu gestaltet
- Klein genug für den anspruchsvollsten Patienten
- Groß genug für gute Handhabbarkeit
- Metal Injection Molded für berechenbare Resultate
- Verfeinerte Angulation für verbesserte Kontrolle
- Gefertigt mit modernsten Verfahrenstechnologien in unserem Werk in Sarasota, Florida





Deutschland | +49 (0)89 540 269 – 0 | gacde.info@dentsply.com | www.dentsplygac.de
Schweiz | +41 (0)22 342 48 10 | gacch.info@dentsply.com | www.dentsplygac.ch
Österreich | +43 (0)1 406 81 34 | planer.office@dentsply.com | www.dentsplygac.at

Abb. 10: Diodenlaser-Tischgerät mit 810 nm. – **Abb. 11:** Kariesdiagnostikgerät. – **Abb. 12:** Gepulster Nd:YAG-Laborlaser. – **Abb. 13:** Diodenlaser-Standgerät mit 810 nm/Superpulstechnik.

KN Fortsetzung von Seite 4

Dreiteilige Artikelserie

Die Artikelserie ist wie folgt gegliedert: Im **ersten Abschnitt** wird der Autor zunächst über die Motivation sprechen, verbunden mit der Frage: Warum Kieferorthopädie mit Laser? Dann wird ein Überblick gegeben hinsichtlich der infrage kommenden Laser und Anwendungen in der Kieferorthopädie. Selbstverständlich muss auch über die spannende Geschichte des Lasers und die physikalischen Grundlagen und Begriffe gesprochen werden. Danach werden drei Experimente zu Schlüsselkonzepten des Lasers durchgeführt, gefolgt von einer Einführung in die Systematik und Nomenklatur der Laseranwendungen, sodass der Leser in der Vielfalt der Laseranwendungen nicht den Überblick verlieren kann.

Im **zweiten Abschnitt** wird es spannend, da der Autor dann unmittelbar mit den wichtigsten und am häufigsten genutzten klinischen Laseranwendungen beginnen wird und die Leser ihr Grundlagenwissen anwenden dürfen.

Im **dritten Abschnitt** wird auf die Konzepte der Laseranwendung im zahntechnischen Labor eingegangen. Fortbildungen über den Lasereinsatz im Labor waren bislang von Zahntechnikern dominiert. Umso wichtiger ist es für einen Fachzahnarzt für Kieferorthopädie, die Laserstrahlschweißtechnik auch aus der Sicht eines Kieferorthopäden und Laserfachmannes erläutert zu bekommen. Abschließend folgt eine Zusammenfassung.

Zur Motivation: Warum Kieferorthopädie mit Laser? Wenn wir über den interdisziplinären Tellerrand schauen, sehen wir, dass die Kieferorthopädie im Brennpunkt verschiedener Zahnheilkunde-Disziplinen steht, wie z. B. der ästhetischen Zahnheilkunde, präventiven Zahnheilkunde und Kinderzahnheilkunde. Die Lasertechnologie steht ebenfalls im Brennpunkt dieser Disziplinen. So macht es Sinn, beide zusammenzubringen, um die gute „alte" Kieferorthopädie effizienter und vielseitiger zu machen.

Seien Sie nicht überrascht: Es existiert eine starke Affinität zwischen Kieferorthopädie und Lasertechnologie. Beide sind minimalinvasiv mit einem Minimum an Schmerzen und Blutung, beide erfordern jedoch eine fundierte Kenntnis der biophysikalischen Interaktion.

Zur klinischen Motivation: Unsere kieferorthopädischen Patienten haben ein hohes Vertrauen in uns Kieferorthopäden und sind schmerzarme bzw. schmerzfreie Behandlungen gewohnt. Durch konventionelle chirurgische Verfahren könnten die Patienten abgeschreckt werden. Hier bietet die Lasertechnologie die Möglichkeit der schmerzarmen und minimalinvasiven Behandlung bei geringsten Risiken (Abb. 5).

Klinisch können bestehende Hindernisse quasi „on the fly" in kürzester Zeit und mit großer Leichtigkeit beseitigt und die kieferorthopädische Behandlung erleichtert werden. Mögliche Komplikationen, vor allem bei festsitzenden und minipinbasierten Behandlungen, lassen sich mittels Laser relativ einfach und auf direktem Wege in der kieferorthopädischen Praxis lösen, ohne dass der Patient auf die Inanspruchnahme einer externen Hilfe angewiesen ist.

Zur labortechnischen Motivation: Oftmals sind die angebotenen vorgefertigten Apparaturen relativ teuer und passen nicht auf den konkreten Behandlungsfall. Hier kann durch Laserschweißtechnik die vorhandene Apparatur relativ einfach erweitert oder von vornherein – und das oft viel schneller – individuell und preisgünstiger hergestellt werden. Auch lassen sich konventionelle Apparaturen durch lasertechnische Zusatzteile einfach und rasch verbessern.

Weiterhin gilt: Korrosionsanfällige Lötverbindungen können durch gesundheitlich unbedenkliche, stabile und optisch saubere lasergeschweißte Metallverbindungen ersetzt werden.

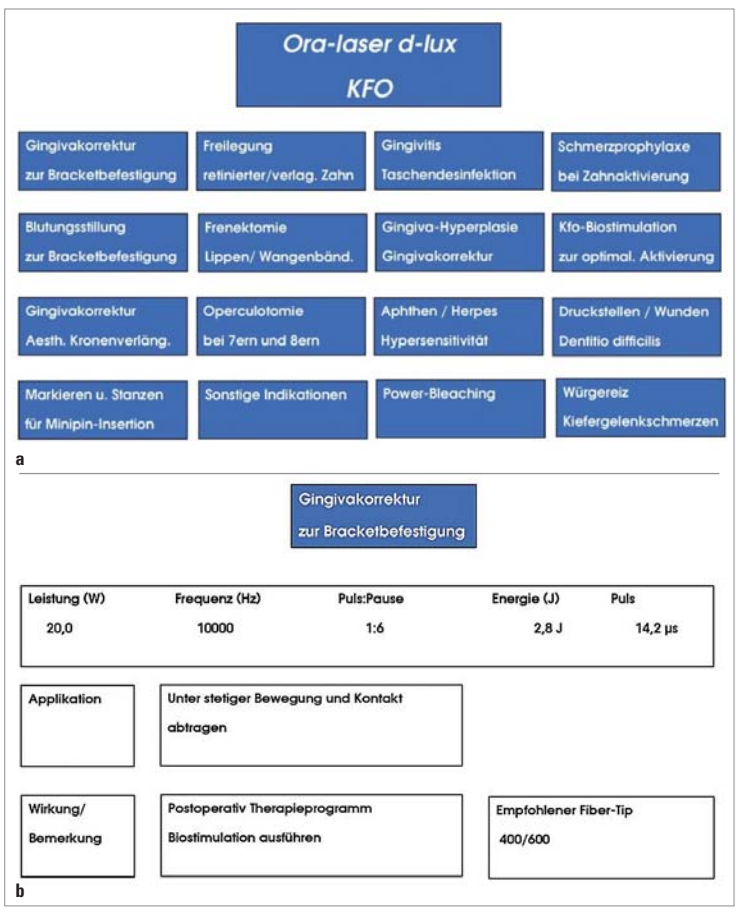


Abb. 14a, b: Ausgangsmenü und Überblick: Multiple Tools innerhalb einer Laserquelle (a). Per „Knopfdruck" ausgewähltes Tool, hier Gingivakorrektur (b).

KFO-relevante Laserquellen

Im Folgenden wird ein Überblick über die gängigen kieferorthopädisch relevanten Laserquellen und Laseranwendungen gegeben: Wir benutzen in unserer Praxis folgende Wellenlängen: Das absolute High-End-Lasergerät, das das größtmögliche Anwendungsspektrum abdeckt, ist ein Multiwave-Gerät, bestehend aus einem gepulsten Nd:YAG- und Er:YAG-Laser in einem relativ großen 80 kg schweren fahrbaren Kombinationsgerät (Abb. 6). Der Er:YAG-Laser ist der Teil mit dem schwenkbaren Spiegelgelenkarm und einem Handstück, das einem konventionellen Winkelstück ähnelt. Daneben befinden sich die beiden Fasern des Nd:YAG-Lasergerätes. Die Handstücke ähneln eher einem Stift, durch den die Glasfaser durchgeführt und verklemmt ist.

Daneben sehen Sie den diodenlasergepumpten 2ωNd:YAG-Laser als separates Tischgerät. Seine Wellenlänge liegt mit 532 nm im sichtbaren grünen Bereich (Abb. 7).

Des Weiteren setzen wir zwei akkubetriebene sogenannte Softlaser oder LLLT-Geräte ein, mit denen die Wund- und Schmerzbehandlung und auch Laserakupunktur durchgeführt werden kann (Abb. 8 und 9). Dann haben wir ein Diodenlasergerät mit 810 nm als Tischgerät mit einem sehr feinen Handstück (Abb. 10). Dieses setzt unsere Prophylaxehelferin gern bei der aPDT ein, in Fällen mit ausgeprägter Gingivitis. Weiterhin benutzen wir ein Kariesdiagnostikgerät (DIAGNOdent) (Abb. 11), das auf dem Prinzip der Laserfluoreszenz bei kariösen Läsionen beruht.

Nicht zu vergessen ist das Laserstrahlschweißgerät, ein gepulster Nd:YAG-Laser als Tischgerät mit Stereomikroskop und augensicherer optoelektronischer Abschirmung und integrierter Absauganlage und Argonschutzgaszuführung (Abb. 12).

Abb. 15: Übersicht derzeit bekannter orthodontisch indizierter Anwendungen.

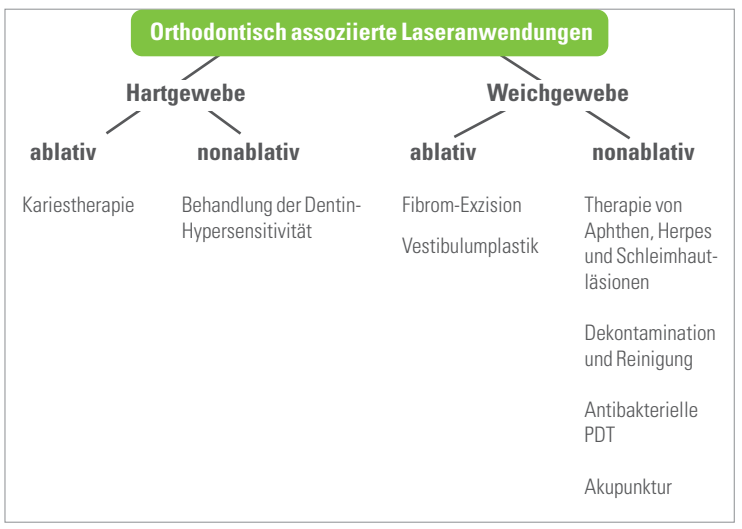


Abb. 16: Überblick über die orthodontisch assoziierten Laseranwendungen.

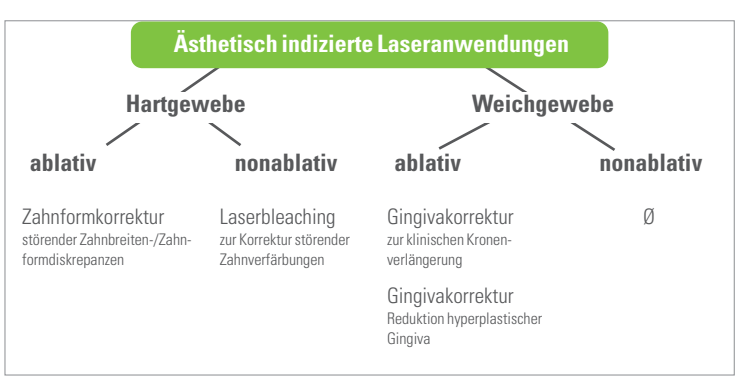


Abb. 17: Überblick über die ästhetisch indizierten Laseranwendungen.

ANZEIGE

adenta®

Sichern Sie sich JETZT Ihre

Adenta FLATRATE-PREISVORTEILE*

- Ein Jahr FLATRATE-PREISVORTEILE*
- JEDERZEIT abrufbar
- PLANUNGSSICHERHEIT für Ihre Kalkulation

JETZT verlängert bis 29.02.2016

Loggen Sie sich noch heute für Ihre persönliche Adenta FLATRATE* ein!

Ordern Sie das ganze Jahr hindurch Ihren gesamten Praxisbedarf für die entsprechenden Artikel exklusiv bei Adenta und sichern Sie sich für ganze 12 Monate Ihren Adenta FLATRATE-PREISVORTEIL*!

Egal wann und wie viel Sie bestellen. Sie erhalten automatisch Ihren persönlichen Adenta FLATRATE-PREISVORTEIL*.

GARANTIERT!

*Gültig bei Abnahme Ihres Jahresbedarfs. Buchungsmöglichkeit der Adenta-Flatrate bis 29.02.2016.

BRINGING GERMAN ENGINEERING TO ORTHODONTICS

Adenta GmbH | Gutenbergstraße 9 | D–82205 Gilching | Telefon: 08105 73436-0
Fax: 08105 73436-22 | Mail: info@adenta.com | Internet: www.adenta.de

Unser jüngstes Lasergerät ist ein komfortabler Diodenlaser mit 810 nm (Abb. 13). Dieses Lasergerät ist ein Standgerät mit 20 W Ausgangsleistung und einem großen Touchdisplay. In Zusammenarbeit mit der Firma Oralia haben wir diesen typischen „Weichgewebslaser" zum bislang einzigen auf dem Markt erhältlichen „kieferorthopädischen Laser" konfiguriert: Das heißt, es sind alle in der kieferorthopädischen Fachpraxis relevanten Weichgewebeanwendungen übersichtlich und bequem abzurufen. Statt eines Fußanlassers erfolgt die Auslösung des Laserstrahles hier per einfachem Tastendruck. Der Diodenlaser ist besonders leistungsfähig und ersetzt aufgrund seiner Ausstattungsmerkmale die beiden bisher benutzten Weichgewebs-Lasergeräte, den Nd:YAG-Laser und den 2ω Nd:YAG-Laser. Wie Sie sehen, gibt es eine Vielzahl von Laserquellen: Innerhalb eines Lasers können zusätzlich multiple Tools ohne Instrumentenwechsel realisiert werden – einfach dadurch, dass er durch einfachen Tastendruck zu einem gänzlich anders wirkenden Werkzeug umprogrammiert werden kann (Abb. 14). Drücken wir die Taste „Gingivakorrektur zur Bracketbefestigung", werden die dazugehörigen Parameter automatisch eingestellt und ein Fenster mit Bedienungshinweisen springt auf. Bei dem High-End-Kombilaser funktioniert das entsprechend, hier kann durch Tastendruck sogar zwischen zwei unterschiedlichen Laserquellen umgeschaltet werden – den Er:YAG- oder Nd:YAG-Laser. Grundsätzlich ist dieses Gerät jedoch für den dermatologischen und dentalen Bereich und nicht für den kieferorthopädischen Bereich konfiguriert.

Laseranwendungen in der KFO-Praxis

Was sind denn nun die möglichen Laseranwendungen in der kieferorthopädischen Praxis? In Abbildung 15 ist eine Übersicht hinsichtlich aller derzeit bekannter orthodontisch indizierter Anwendungen dargestellt – geordnet nach Hart- und Weichgewebe-Anwendungen und nach ablativem (abtragendem) bzw. nonablativem (nicht abtragendem) Modus. Der Autor wird im Rahmen der Artikelreihe z.B. über das Laserbonding zur Bracketklebetechnik und im Rahmen des Laborteils über das Laserstrahlschweißen sprechen. Ganz ausführlich wird der Autor bei den Weichgewebeanwendungen auf die Gingivakorrektur zur Bracketplatzierung sowie auf die Biostimulation zur Gewebeaktivierung eingehen.
In Abbildung 16 ist ein Überblick über die orthodontisch assoziierten Laseranwendungen dargestellt, also Anwendungen, die in einer KFO-Praxis wichtig, jedoch

Fortsetzung auf Seite 8 KN

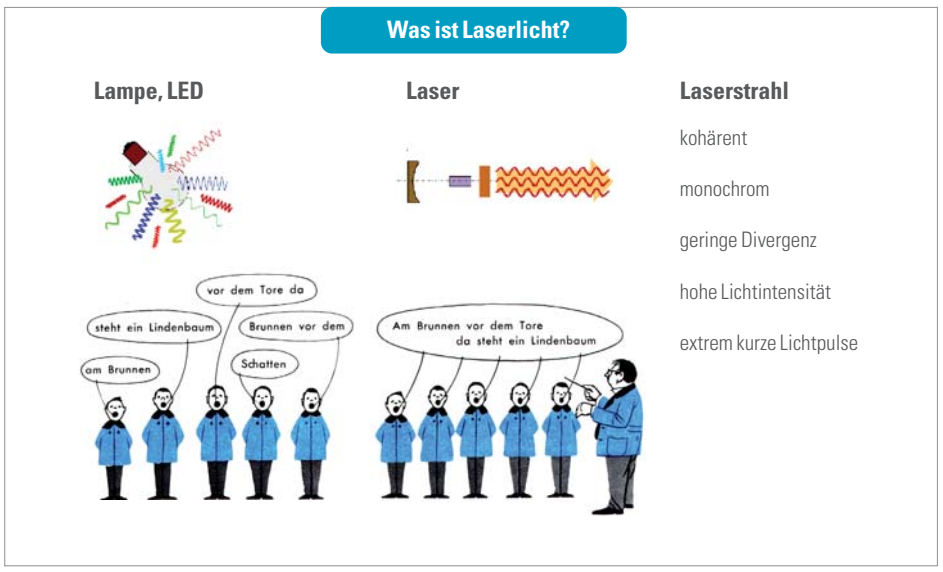


Abb. 18: Was ist Laserlicht?

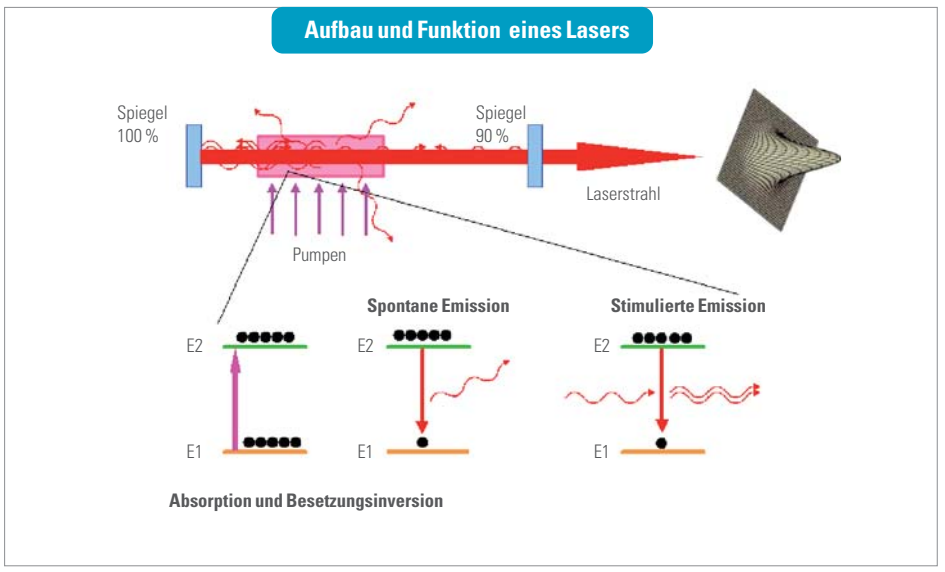


Abb. 19: Aufbau und Funktion eines Lasers.

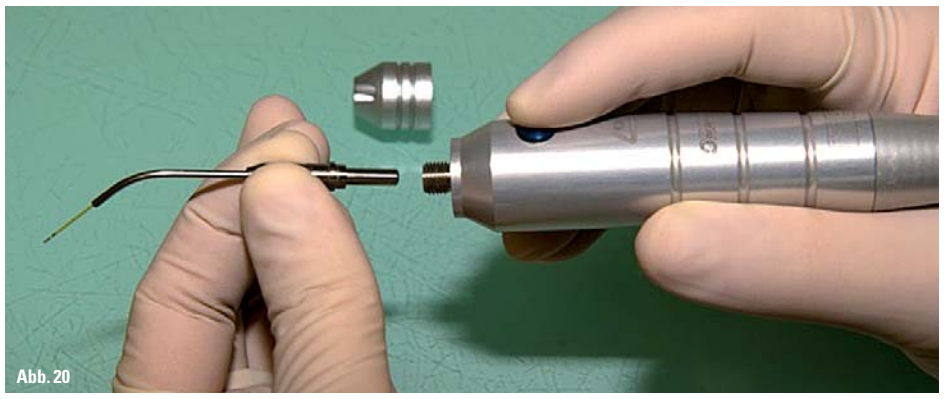


Abb. 20 und 21: Aufsetzbare Glasfaser-Tips und Applikatoren bietet der Oralia-Diodenlaser.

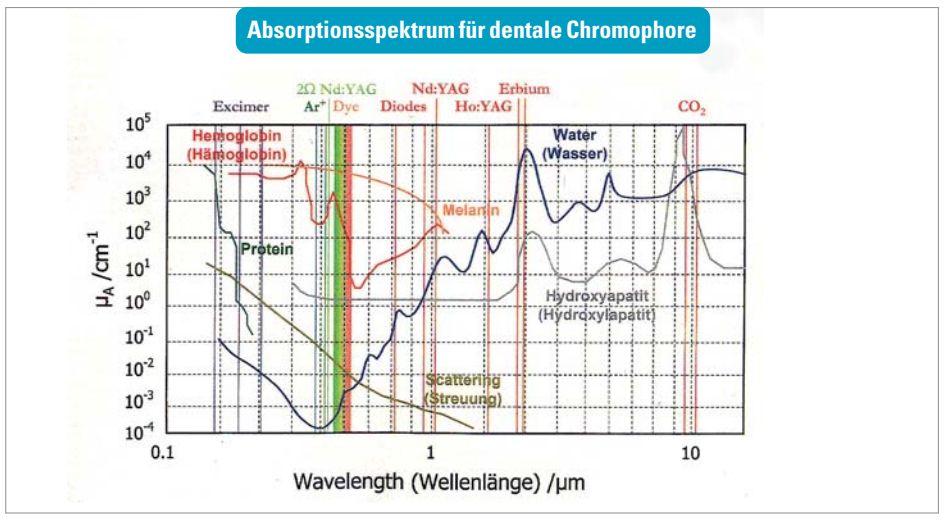


Abb. 22: Laser-Gewebe-Wechselwirkung in Abhängigkeit von der Laserwellenlänge.

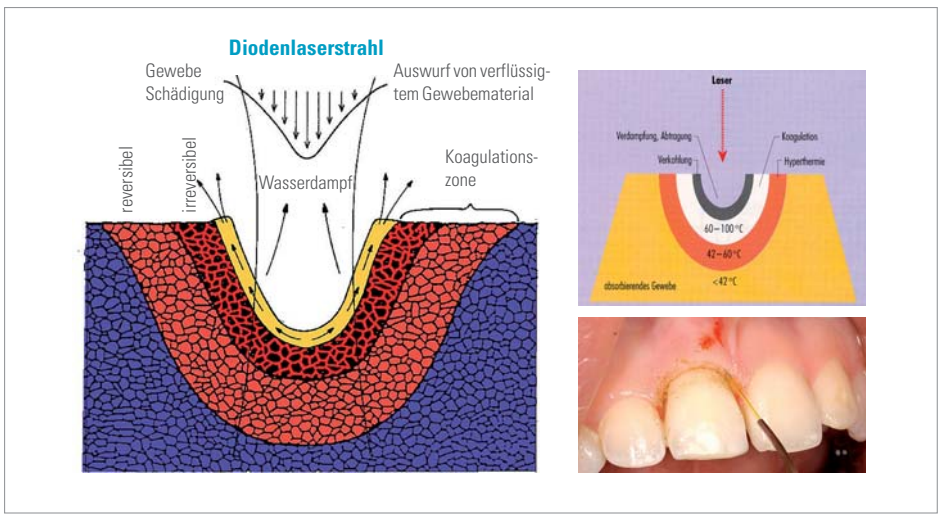


Abb. 23: Erster Wechselwirkungsmechanismus: photothermische Ablation.

KN Fortsetzung von Seite 7

nicht direkt orthodontisch indiziert sind, z. B. Aphthen und Herpesbehandlung sowie Dekontamination und Reinigung.

Zu den ästhetisch indizierten Laseranwendungen gehören natürlich Laserbleaching und die Gingivakorrektur zur klinischen Kronenverlängerung (Abb. 17). Der oben vorgestellte 810-nm-Oralia-Diodenlaser deckt hierbei sehr viele Anwendungen ab, die in einer kieferorthopädischen Überweiserpraxis relevant sind.

Geschichte und Anfänge des Lasers

1917 postulierte Albert Einstein in einer Schrift über die Absorption und Emission von Licht, dass ein frei werdendes Photon bzw. Lichtteilchen bewirken könne, dass ein angeregtes Nachbaratom veranlasst wird, ein gleichgerichtetes und gleichartiges Photon zu emittieren. Er bezeichnete dieses als induzierte Emission.

Einer Arbeitsgruppe um Schawlow und Townes gelang es 1953, ein Gerät zu entwickeln, einen Maser, der Mikrowellen in einem Hohlraumresonator optisch verstärkt. Der Name des Lasers geht auf Gordon Gould zurück und steht für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Die Realisierung des ersten Lasers gelang T. Maiman 1960, weil er daran festhielt, dass der Rubin als laseraktives Medium genutzt werden könne. Danach erfolgte eine rasante Entwicklung: 1961 wurde der heute am häufigsten genutzte Festkörperlaser, der Nd:YAG-Laser, entwickelt. Erst 1988 wurde ein spezieller, für die dentalen Hartgewebe geeigneter Laser von Keller und Hibst vorgestellt: der Er:YAG-Laser.

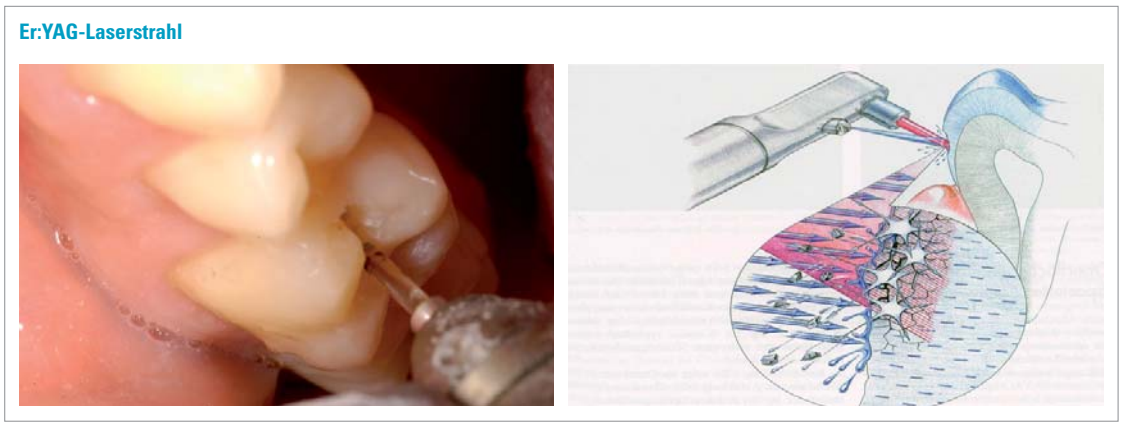


Abb. 24: Zweiter Wechselwirkungsmechanismus: photomechanische Ablation. Er:YAG-Laserstrahl: Verdampfungsgeschwindigkeit bewirkt Mikroexplosion und unspezifische oberflächliche Abtragung.

Abb. 25: Behandlungssituation: Zur minimalinvasiven und präzisen Vorgehensweise werden der Einsatz einer Lupenbrille mit 2,3-facher Vergrößerung und ein starkes Zusatzlicht zur Laserschutzbrille empfohlen.

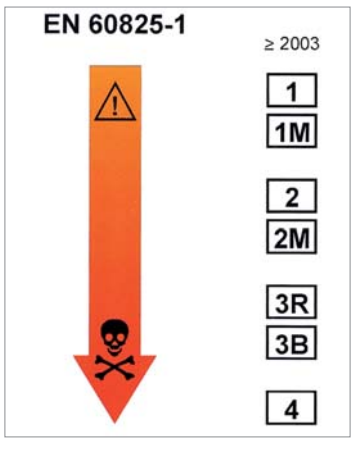


Abb. 26: Die DIN-Norm EN 60825-1 unterscheidet verschiedene Laserklassen.

Physikalische Grundlagen

Das sichtbare Licht setzt sich aus elektromagnetischen Wellen bzw. einem Photonenstrom unterschiedlicher Wellenlängen von ca. 400 bis 700 nm zusammen. Eine LED-Lampe strahlt diese Wellen ungeordnet in alle Richtungen ab. Im Unterschied hierzu strahlt der Laser eng gebündelt mit geringer Divergenz einen Strahl in einer Richtung ab, und zwar nur eine einzige Wellenlänge und diese räumlich und zeitlich gleichphasig, das heißt kohärent. Eine Besonderheit des Lasers ist die Möglichkeit, sehr kurze Pulse mit hoher Intensität abzugeben, sowie die Möglichkeit der einfachen Dosierung und Steuerung (Abb. 18).

Wie funktioniert der Laser? Ganz einfach! In ein bestimmtes Lasermedium wird Energie hineingepumpt, z. B. über Blitzlampen oder beim Diodenlaser mittels Strom. Hierbei werden die Atome angeregt.

Beim Zurückfallen der Elektronen in den Grundzustand wird Energie in Form des Quantensprungs frei, und ein Lichtteilchen, ein Photon, wird abgestrahlt. Das kann spontan und ungeordnet passieren, aber auch gerichtet, geordnet durch ein anderes, eintreffendes Photon. Diese induzierte Emission hat quasi einen Minilaserstrahl mit zwei genau gleichgerichteten kohärenten Photonen zur Folge.

In einem sogenannten Resonator mit zwei Spiegeln kann dieser Prozess extrem verstärkt werden (Abb. 19). Als Lasermedium, wie hier beim Nd:YAG-Laser, sind nur bestimmte Atome geeignet. In diesem Fall sind es die laseraktiven Neodymium-Ionen, die in einem hochtransparenten YAG-Kristall eingelagert sind. Es muss nämlich die Möglichkeit bestehen, dass sich möglichst viele Elektronen auf einem angeregten Niveau sammeln, die dann über die stimulierte Emission schlagartig abgeräumt werden können. Bei dem Laserübergang wird entsprechend der Formel E=hxμ ein Photon mit einer ganz bestimmten Wellenlänge abgestrahlt. Ein Laser ist also immer monochromatisch, und die Wellenlänge ist ein ganz wichtiger Parameter.

Beim Diodenlaser liegt am pn-Übergang Spannung in Durchlassrichtung an. Hierbei rekombinieren Elektronen aus dem Leitungsband mit Löchern im Valenzband, wobei Energie in Form von Photonen freigesetzt wird. Der Wirkungsgrad ist sehr hoch,

Abb. 27: Kennzeichnung der Schutzbrille: Schutzstufe, Wellenlänge, Betriebsart.

Abb. 28: Der Laserraum wird vorschriftsmäßig mit einem Warnschild gekennzeichnet.

vergleichbar mit LED-Leuchtdioden, und ein Dauerstrichstrahl – der cw-Strahl – wird propagiert. Die Pulse bei Diodenlasern entstehen durch Choppen, d.h. Ein- und Ausschalten.
Große Missverständnisse gibt es immer wieder bei den Begriffen Energie, Leistung und Dosis. Grundsätzlich wird die Leistung auf der y-Koordinate in Watt, beim Pulsverlauf über die Zeit dargestellt. Die Energie ist das Produkt aus Leistung und Zeit. Sie bezahlen also nicht die 100 W einer Glühlampe, sondern wenn diese eine Stunde brennt, die Energie von 100 Wh bzw. 0,1 kWh. Aufgrund kurzer Pulse mit Pausen reduziert sich die Leistung entsprechend der Formel P = Ex-Frequenz. Die Dosis ist die abgegebene Energiemenge pro Flächeneinheit. Es ist beim Laser möglich, die gleiche Pulsenergie in sehr viel kürzerer Zeit zu applizieren, bei einer wesentlich höheren Pulsspitzenleistung: Also wohlgemerkt, hier ist die Pulsenergie gleich und die Durchschnittsleistung auch, jedoch nicht die Pulsspitzenleistung!
Zur Strahlführung: Am Austrittsfenster wird der Laserstrahl durch unterschiedliche Strahlführungssysteme zum Applikator des Arbeitsinstrumentes geführt. Beim Er:YAG-Laser wird der Strahl verlustfrei durch einen ausbalancierten Spiegel-Gelenk-Arm propagiert und am Ende durch eine Saphirspitze oder ein Saphirfenster geführt. Beim Diodenlaser wird der Strahl mit gewissen Verlusten durch ein Glasfaserkabel mittels Totalreflexion weitergeführt. Der Mantel, das Fiber-Cladding, sollte dabei nicht beschädigt sein, was vor dem Arbeiten zu überprüfen ist. Eine Besonderheit beim Oralia-Diodenlaser ist das breite Handstück mit der Möglichkeit, diverse Faser-Tips und Applikatoren aufsetzen zu können (Abb. 20 und 21).
Welche Laserquellen sind für die Kieferorthopädie interessant? Das wären 532-nm-Laser im sichtbaren Bereich, Diodenlaser, und Nd:YAG-Laser im nahen IR-Bereich sowie Er:YAG-Laser im mittleren Infrarotbereich.

Laser-Gewebe-Wechselwirkung

Trifft Laserlicht auf Gewebe, geht ein Teil durch Reflexion und Streuung und gegebenenfalls durch Transmission verloren. Wirksam wird das Laserlicht durch die Absorption in den sogenannten Chromophoren. Hierbei wird Wärme erzeugt, Fluoreszenz oder eine photochemische Reaktion (Abb. 22).
Dieses Absorptionsspektrum ist die wichtigste Kurve für den Laserspezialisten. Sie zeigt, wie unterschiedlich die Wellenlängen von den verschiedenen dentalen Chromophoren absorbiert werden.
Der Er:YAG-, der Nd:YAG- und der 2ωNd:YAG-Laser sind an markanten Stellen des Absorptionsspektrums positioniert. Der Er:YAG-Laser zeigt eine hohe Absorption in Wasser, der Nd:YAG-Laser eine mittlere Absorption und der 2ωNd:YAG-Laser eine minimale Absorption. Der Nd:YAG-Laser zeigt ein mittlere Absorption in Melanin und Hämoglobin, während der 2ωNd:YAG-Laser eine hohe Absorption in Hämoglobin und Melanin zeigt. Da die dentalen Gewebe sich unterschiedlich aus den Zielchromophoren zusammensetzen, ist die Laserwirkung je nach Wellenlänge unterschiedlich.
Es gibt zwei unterschiedliche Wechselwirkungsmechanismen:
1. Die photothermische Ablation (Abb. 23). So wird beim Diodenlaser bei Temperaturen über 100 Grad Celsius das Gewebe verdampft bzw. photothermisch abgetragen. Bei 60 Grad findet eine Protein-Denaturierung und Koagulation statt und bei Temperaturen über 200 Grad eine Verkohlung bzw. Karbonisation.
2. Die photomechanische Ablation (Abb. 24): Beim Er:YAG-Laser führt die starke explosionsartige Absorption im Wasserfilm zu einem Hartsubstanzabtrag ohne großen thermischen Eintrag. Man spricht von photomechanischer Ablation und von „kaltem" Laser. Durch Erniedrigung des Pulses kann der photomechanische Effekt reduziert und durch die Verbreiterung des Pulses der thermische Eintrag erhöht werden.
Der Wechselwirkungsmechanismus wird auch bestimmt durch die Pulsspitzenleistung. Im Extremfall beim Ultrakurzpulslaser (hohe Pulsspitzenleistung, extrem kurzer Puls) wird die Materie in Form eines Plasmas aufgelöst ohne thermischen Eintrag.

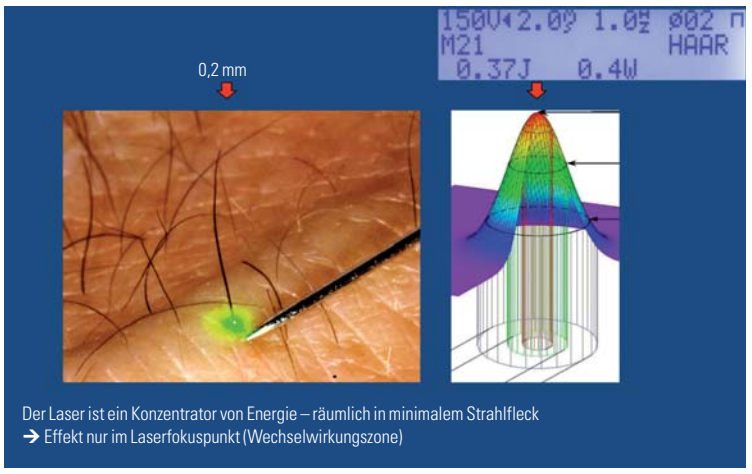


Abb. 29: Erstes Experiment: Laserstrahlung auf winzigem Punkt – ein Haar.

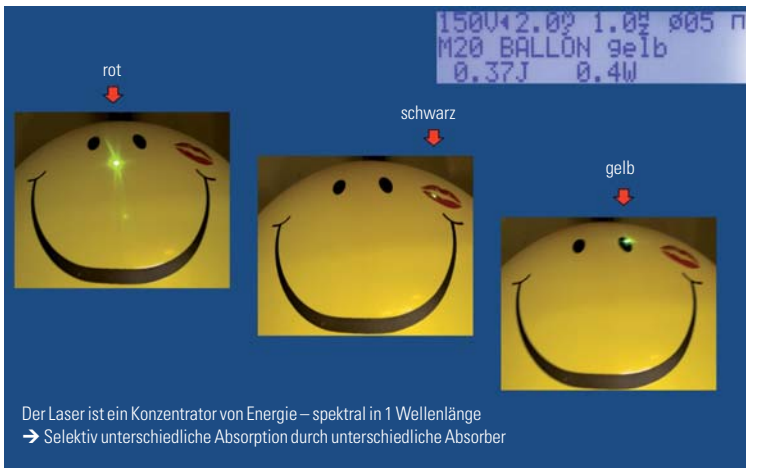


Abb. 30: Zweites Experiment: Laserstrahlung auf drei unterschiedliche Chromophore.

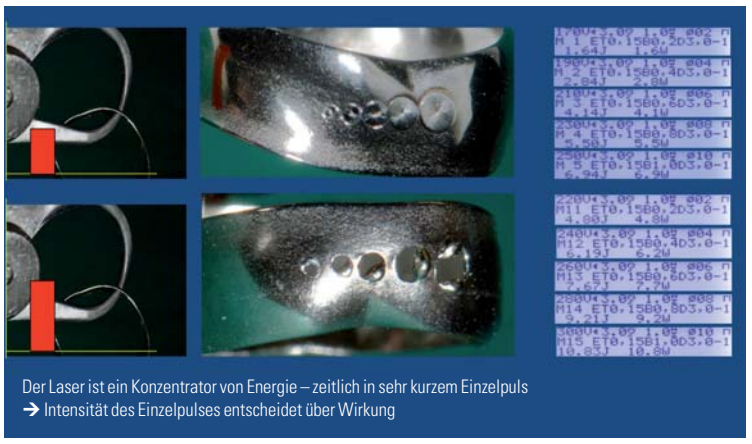


Abb. 31: Drittes Experiment: Laserstrahlung auf Metallband mit Einzelpulsen.

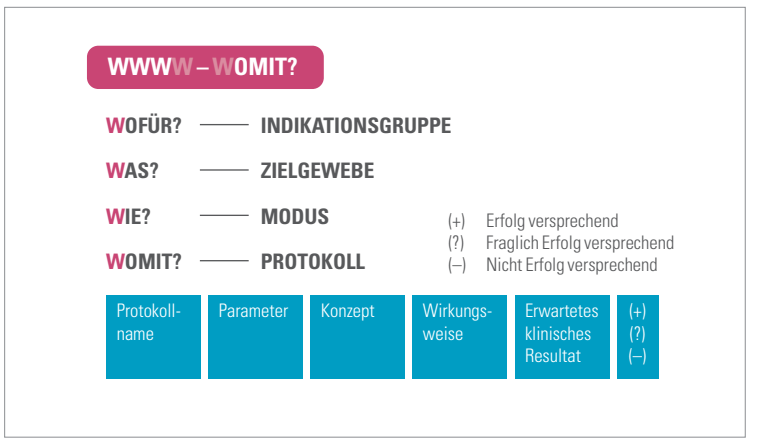


Abb. 32: Nomenklatur: Wofür – Was – Wie – Womit?

Lasersicherheit

Von Laserlicht gehen Gefahren aus für Augen und Haut, auch die Verdampfungsprodukte können gefährlich sein. Das Auge ist besonders gefährdet aufgrund der Fokussierung der fast parallelen Laserstrahlen auf die Netzhaut und die Makula mit einem Durchmesser von ca. 10 µm.
Der Er:YAG-Laser kann für die Cornea wegen seiner hohen Wasserabsorption gefährlich sein. Am gefährlichsten sind jedoch die Laser im infraroten Wellenlängenbereich, da sie sehr gut in Wasser transmittieren und von den Pigmenten in der Netzhaut absorbiert werden.
Eine Laserschutzbrille ist Pflicht bei jeder Behandlung mit einem Laser der Klasse 4 (Abb. 25). Die DIN-Norm EN 60825-1 unterscheidet verschiedene Laserklassen, je nach den Grenzwerten zugänglicher Strahlung (Abb. 26). Das ist die Strahlung, die vom Laser auf den Menschen trifft. In der Laserklasse 4 ist auch die Streustrahlung gefährlich. Die maximal zulässige Bestrahlung ist der Wert (z.B. für das Auge), ab dem eine Schädigung möglich ist, und die MZB-Werte dürfen nicht überschritten werden (Abb. 27).
Neben der DIN Norm 60825 gibt es die Unfallverhütungsvorschriften: Bevor Sie Ihren Laser benutzen dürfen, müssen Sie den Betrieb anzeigen und einen Laserschutzbeauftragten bestellen. Der Laser ist in der Regel nach einem Jahr einer Sicherheitsprüfung zu unterziehen. Nach der Arbeitsschutzverordnung müssen zudem Ihre Mitarbeiter unterwiesen werden. Wir haben in unserer Praxis einen gekennzeichneten „Laserraum" (Abb. 28). Hier sind auch die Laserschutzbrillen und Applikatoren sofort griffbereit.

Drei Experimente zur Laseranwendung

Um die Schlüsselkonzepte der Laseranwendung zu verstehen, werden im Folgenden drei Experimente durchgeführt. Der Laser ist dabei grundsätzlich als ein Konzentrator von Energie zu verstehen.
Im ersten Experiment wird im Laserstrahlschweißgerät unter dem Mikroskop ein einzelnes Haar (Dicke ca. 0,060 mm) mit dem Laserstrahlschweißgerät bestrahlt und zerstört. Das zeigt die Konzentration der Energie im Strahlfleck. Grundsätzlich ist der Laser ein Konzentrator von Energie **räumlich** in einem minimalen Strahlfleck. Das bedeutet, dass die gesamte Energie hier in einem Strahlfleck mit nur 0,2 mm Durchmesser konzentriert wird (Abb. 29).
Im zweiten Experiment werden drei unterschiedliche Zielchromophore bestrahlt. Das demonstriert die unterschiedliche **spektrale** Energieabsorption und ist Grundlage der selektiven Photothermolyse. Der Ballon wird also im schwarzen Punkt platzen, da hier die meisten absorbierenden Pigmente vorhanden sind (Abb. 30).
Im dritten Experiment wird ein Metallband mit einer Dicke von 0,15 mm bestrahlt. Um den Laserstrahlfleck entsteht ein Schmelzbad, ohne dass es zur Perforation kommt. Über die Erhöhung der Pulsenergie bei gleicher Zeit kann dann gezielt die Perforation des Bandes erreicht werden. Der Laser ist also ein Konzentrator von Energie **zeitlich** in einem kurzen Puls (Abb. 31).

Nomenklatur und Systematik von Laseranwendungen

Aufgrund der Vielzahl von Laseranwendungen verliert man schnell den Überblick. Daher habe ich eine Nomenklatur entwickelt, die einer einfachen Frageformel folgt: Wofür – Was – Wie – Womit (Abb. 32)?
Wofür meint: Orthodontisch indizierte, ästhetisch indizierte und assoziierte Laseranwendungen.
Was meint: Was soll bestrahlt werden: Hart- oder Weichgewebe?
Wie meint: Ablativ (abtragend) oder nonablativ? *Womit* meint: Mit welchem Protokoll, Protokollname, Parameter, Konzept, Wirkungsweise? So ist jeder andere Anwender in die Lage gesetzt, die Laseranwendung in genau gleicher Weise durchzuführen. KN

Fortsetzung in KN 1+2/16 KN

KN **Adresse**

Dr. M.Sc. Peter Kleemann
Gemeinschaftspraxis
Dr. Peter & Patrick Kleemann
Duisburger Str. 84
46535 Dinslaken
Tel.: 02064 13777
info@smartdental.de
info@peter-kleemann.de
www.smartdental.de

KN **Kurzvita**

Dr. M.Sc. Peter Kleemann
[Autoreninfo]