

## Lasern statt bohren

In der Zahnmedizin versprechen Laser nicht nur eine schnelle Diagnostik, sondern auch die schmerzfreie Therapie.

Lasern in der Medizin – da denkt man zunächst an die Behandlung von Fehlsichtigkeit. Allein in Deutschland lassen sich jährlich etwa 100 000 Menschen am Auge lasern – 90 Prozent davon können hinterher ihre Brille wegwerfen. Auch Zahnärzte setzen auf den Laser, jedoch noch nicht im gleichen Umfang wie ihre Kollegen. Die Verheißung könnte aber schöner nicht klingen: Zahnarzt ohne Schmerzen!

Seit es den Laser gibt, hat sich die Medizin für seinen Einsatz zur Diagnose und Therapie interessiert. Manche Träume, die dabei gehegt wurden, erwiesen sich als Schäume, doch einige Entwicklungen haben Einzug in den Praxisalltag gehalten, vor allem die berührungslose Behandlung von Karies. Kein Bohrer mehr, keine Spritze – die Zahnarztpraxis wird zur Wellness-Oase. Auch andere Indikationen ließen sich erschließen, von der Parodontologie (die sich u. a. um das Zahnfleisch kümmert) bis zur Oralchirurgie.

Vielfältig sind die Aufgaben und daher auch die eingesetzten Laser. Diese unterscheiden sich vor allem durch die Wellenlänge des erzeugten Lichts, die wiederum bestimmt, zu welchem Zweck der Laser sich einsetzen lässt. Um einen Zahn zu untersuchen – lauert Karies in der Tiefe? –, muss das Licht möglichst tief eindringen. Der gesamte sichtbare und infrarote Spektralbereich eignet sich dafür,



Abb. 1 Rotes bzw. infrarotes Licht dringt besonders tief in den Zahn ein, bis zur sog. Pulpa, dem Zahnmark. Es eignet sich also hervorragend dafür, in den Zahn „hineinzublicken“.

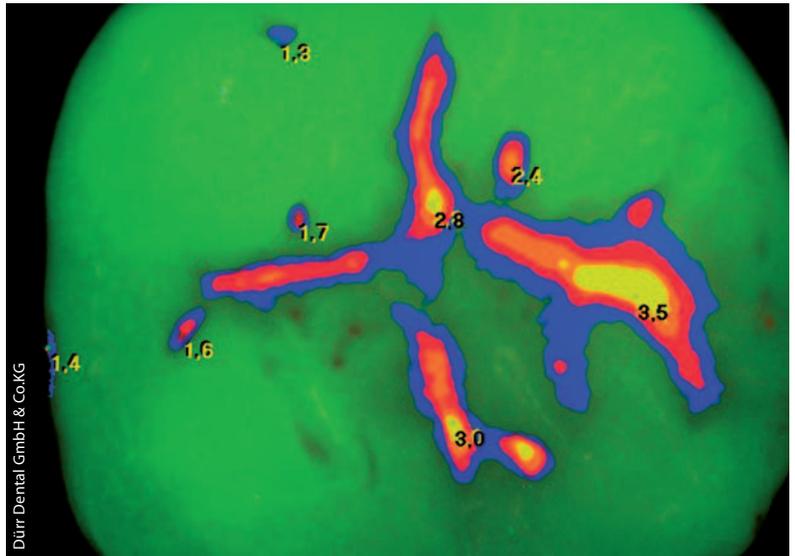


Abb. 2 Das Fluoreszenzsignal verrät, wo die Karies im Zahn steckt. Die Zahlen

geben die verschieden starke Kariesaktivität an.

also z. B. Dioden- oder Nd:YAG-Laser. Arbeiten an der Zahnoberfläche hingegen verlangen starke Absorption und geringe Eindringtiefe. Hier eignet sich etwa der Er:YAG-Laser.

Ein zweiter wichtiger Parameter ist die Laserleistung. Zur Diagnose reicht ein Diodenlaser mit einigen Milliwatt, vergleichbar einem Laserpointer. Für die Behandlung des Zahns sind einige Watt mehr nötig – je härter das kranke Gewebe, desto intensiver muss der Laserstrahl sein. Im Pulsbetrieb sind einige Kilowatt pro Puls üblich.

### Oh weh, Karies ...

Karies verändert den Zahn: Er schmerzt, und auch seine optischen Eigenschaften ändern sich. Bei der Kariesvorstufe bilden sich zunächst weiße Flecken – die Streuung des demineralisierten Schmelzes ist erhöht. Haben sich dort Bakterien eingerichtet und Pigmente erzeugt, steigt die Absorption an – die befalene Stelle wird dunkel. Besonders tückisch ist die versteckte Karies im Zahnbein, die sog. Dentinkaries. Sie kann unter Umständen von einer nahezu gesunden Schmelzschicht maskiert und damit unsichtbar sein. Allerdings verrät sich die Dentinkaries durch ein Fluores-

zenzsignal, das ein Laser anregen kann. Benutzt man dazu z. B. rotes Licht, ist der Kontrast zwischen intaktem und kariösem Gewebe besonders deutlich: Nur die kranke Stelle fluoresziert stark und signalisiert: Hier ist etwas – im wahrsten Sinne des Wortes – faul!

Diese Methode spürt direkt die Übeltäter auf, denn für die verstärkte Fluoreszenz sorgen die Bakterien selbst. Sie produzieren Porphyrine – organische Farbstoffe, die bei einer Anregung mit einer charakteristischen Farbe zurückleuchten. Die genaue chemische Konfiguration dieser Fluorophore und die Lokalisation innerhalb des Krankheitsherdes sind zwar noch kaum bekannt, aber die Methode funktioniert und hat längst das Forschungslabor verlassen. Zahlreiche Studien belegen, dass die Fluoreszenzspektroskopie im Vergleich zum Röntgenbild versteckte Karies deutlich besser aufspürt. Die Geräte sind sehr handlich: Mit einer lichtoptischen Sonde werden die Zähne punktuell beleuchtet (Abb. 1). Die Fluoreszenz gelangt über eine Rückleitung im Lichtleiter zurück in eine Fozelle und wird anschließend angezeigt bzw. akustisch wiedergegeben. Inzwischen gibt es

sogar Kamerasysteme, die auf Fluoreszenzspektroskopie basieren. Sie emittieren mit einer Wellenlänge von 405 Nanometern. Erkrankte Bereiche fluoreszieren rot, gesunder Schmelz leuchtet grün (Abb. 2). Eine Software wertet die Fluoreszenz aus und präsentiert eine mehrfarbige Ansicht der Karieslandschaft, auf der sofort die kritischen Zähne zu sehen sind – mit numerischer Angabe der Kariesaktivität.

Die Wellenlänge von 405 nm ist nicht willkürlich gewählt, sie liegt in dem Bereich – der sog. Soret-Bande –, in dem die ringförmigen Porphyrin-Moleküle maximal optisch anregbar sind. Um das Fluoreszenzsignal nicht zu verdecken, ist vor den Sensor ein Filter montiert, der das Anregungslicht blockiert, die Signale aber durchlässt. Solche Karieskameras erlauben es, tief in den Zahn hineinzublicken, wobei der Zahn „mithilft“: Der Schmelz besitzt eine Prismenstruktur, die wie eine Glasfaser wirkt und das Licht in Zahnbereiche lenkt, die dem Auge des Arztes sonst verborgen blieben. Und nicht nur Karies: Auch Konkremente, also Ablagerungen an der Wurzeloberfläche, fluoreszieren stark.

### Karies erkannt, Karies gebannt?

Die Rot-Grün-Bilder der Diagnostikkameras sehen interessant, manchmal auch beängstigend aus, der Laser soll aber vor allem bei der Therapie helfen. Zunächst kam der Lasereinsatz nicht recht voran: Entweder das Gewebe wurde zu warm, oder die Wirkung war zu

gering. Erst in den 1990er-Jahren gelang der Durchbruch, als man den idealen Zahnlasers entdeckte, den Er:YAG-Laser. Er ist sozusagen der Bohrer unter den Lasern. Das Zahngewebe absorbiert sein Licht gut, vor allem die Wassermoleküle im Zahnhartgewebe und die Hydroxylgruppen des Hydroxylapatits, der Grundsubstanz von allem, was hart ist im Körper. Die Eindringtiefe beträgt daher nur einige Mikrometer. Gleichzeitig liefert der Er:YAG-Laser im Pulsbetrieb eine hohe Leistung. Damit erhitzt er für 200 Mikrosekunden den Zahn so stark, dass das Wasser sprunghaft verdampft und das Gewebe quasi zerreißt (Abb. 3). Dieser Vorgang der thermomechanischen Ablation hat einen entscheidenden Vorteil: Die benötigte Energie bestimmt nicht die Verdampfungswärme der höherschmelzenden Gewebesubstanz, sondern die viel niedrigere Verdampfungswärme des Wassers.

Nun kann der Zahnarzt gezielt die von der Karies angegriffenen Stellen beseitigen. Aber wie unterscheidet man mit dem Laser krankes von gesundem Gewebe? Eine inzwischen realisierte Möglichkeit besteht darin, den Er:YAG-Laser mit der Fluoreszenzmethode zu kombinieren. Letztere spürt die tief liegende Karies auf; anschließend bohrt ein feiner Bohrer einen winzigen Spalt in den Zahn, durch den ein dünner Lichtleiter an die Problemstelle geführt wird, der das Anregungslicht sowie die Er:YAG-Strahlung transportiert. Nur wenn das Fluoreszenzsignal Unheil ver-

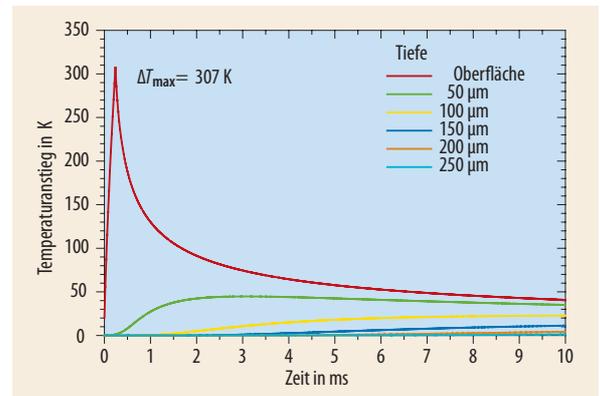


Abb. 3 Ein Er:YAG-Laserimpuls entfaltet seine maximale Wirkung an der Oberfläche, an der ein hoher Temperatursprung auftritt. Je weiter man in die Tiefe des Zahns geht, umso geringer ist der Temperaturanstieg durch den Laserimpuls.

kündet, kommt der Laser zum Einsatz und entfernt die Karies – der Rest vom Zahn bleibt verschont.

Nicht nur der Er:YAG-Laser leistet gute Zahndienste. Klassiker-Status hat der CO<sub>2</sub>-Laser mit einer Wellenlänge von 10,6 µm und einer geringen Eindringtiefe. Die Absorption der eingestrahlten Energie führt auch hier zu einem schlagartigen, extremen Aufheizen des Gewebewassers und damit zu einem unmittelbaren Verdampfen. Dieses macht die Schneidleistung des CO<sub>2</sub>-Lasers im Gewebe aus. In puncto Präzision und Schonung muss er allerdings zunehmend Terrain an den Er:YAG-Laser abgeben.

Trotz allen technischen Fortschritts sollte man auf eines nicht verzichten: auf's Zähneputzen. Damit es in Abwandlung des klassischen Werbeslogans künftig heißt: Mami, Mami, er hat gar nicht gelasert!

Ulrich Kilian

Dr. Ulrich Kilian,  
science & more  
redaktionsbüro,  
uk@science-and-  
more.de