

Lasersysteme

Lasersysteme Absicherung und Anzweiflung

Die Laserzahnheilkunde in Deutschland, aber auch international, befindet sich momentan in einer durchaus kuriosen Situation: Einerseits wurde durch umfangreiche Forschungstätigkeit in den letzten Jahren ein beeindruckendes Maß an wissenschaftlicher Absicherung erreicht, andererseits wird der Laser an sich – durchaus auch vereinzelt von universitärer Seite her – infrage gestellt.



Fest steht jedoch: Lasersysteme werden in den letzten Jahren vermehrt und erfolgreich in der Zahnheilkunde eingesetzt.

Aufbau eines Lasers

Bestandteile eines Lasersystems

Ein Lasersystem besteht prinzipiell aus:

- einem aktiven Lasermedium, das in einem abgeschlossenen Raum, einer optischen Kavität, eingeschlossen ist
- einem Pumpsystem mit notwendigen Energie- und Resonatorbestandteilen
- einem optionalen Kühlsystem je nach Höhe des Wirkungsgrades
- einem Ausleitungssystem, das der Verarbeitung und Lenkung des Laserstrahls dient

Laserresonator

Photonen induzieren Photonen

Ist in einem Lasermedium eine Besetzungsinversion erreicht, so erzeugen spontan emittierende Photonen weitere Photonen durch induzierte Emission. Diese Photonen können ihrerseits weiter induzierte Photonen freisetzen.

Verstärkung der Photonen

Gibt man dem Lasermedium in eine Richtung eine große Ausdehnung, werden sich die Photonenlawinen in dieser Richtung wesentlich mehr verstärken als in andere Richtungen. Dieser Prozess kann zusätzlich

verstärkt werden, indem das Lasermedium zwischen 2 Spiegeln angeordnet wird. Die Kammer, in der die beiden Spiegel enthalten sind und in der zusätzlich noch die Blitzlampe (zum Pumpen, z.B. bei Festkörperlasern) untergebracht ist, heißt Resonator.

Einer der Spiegel des Resonators reflektiert die Strahlung vollständig, der andere nur zu einem gewissen Teil. Photonen, die senkrecht auf die Spiegel treffen, werden vielfach reflektiert und durchlaufen das Medium immer wieder. Bei jedem Durchlauf können diese Photonen mit angeregten Atomen in Wechselwirkung treten und Photonen mit gleicher Frequenz, Energie, Ausbreitungs- und Schwingungsrichtung auslösen. Durch den ständigen Rückkopplungsprozess entsteht ein lawinenartiger Anstieg von Photonen, der lediglich durch die Anzahl der angeregten Atome begrenzt wird.

Photonen-
lawine

Wenn der Abstand der Spiegel ein Vielfaches der halben Wellenlänge der erzeugten Strahlung beträgt, dann bildet sich zwischen den beiden Spiegeln eine stehende Welle aus.



Durch den teildurchlässigen Spiegel kann ein Anteil dieser Welle aus dem Resonator ausgekoppelt werden. Eine grundlegende Eigenschaft dieses Konstruktionsprinzips ist, dass im Resonator eine gewisse Laserenergie gespeichert und in einem sehr kurzen Puls abgegeben werden kann. Je kürzer die Zeit der Energieabgabe (also der Pulszeit) ist, desto geringer ist auch die thermische Wirkung des Laserstrahls.

Energie-
speicherung
und -abgabe
im Resonator

Lasermédien

Lasere werden in der Regel nach Art des Laserwerkstoffs eingeteilt; man unterscheidet hier zwischen Gaslasern, Festkörperlasern, Farbstofflasern, chemischen Lasern, Halbleiterlasern und anderen. In der zahnmedizinischen Anwendung werden heute überwiegend Gaslaser und Festkörperlaser eingesetzt. Gaslaser, bei denen Gasgemische als aktive Lasermedien verwendet werden, sind z.B. der CO₂-Laser und der Argonlaser. Festkörperlaser, bei denen das Lasermedium aus einem optischen Kristall besteht, sind der Nd:Yag-Laser, der Er:Yag-Laser, der Er,Cr:YSGG-Laser und die Diodenlaser.

Laserwerk-
stoffe



Im Wesentlichen setzt sich ein Hardlaser aus 3 Komponenten zusammen:

- elektrische Steuereinheit,
- Steuergerät für Pulsen und Dauer des Lasers,
- Laserkopf.

Lasertypen

Grundsätzlich muss unterschieden werden zwischen den beiden Lasertypen:

- Soft- oder Therapielaser
- Hardlaser

Softlaser

Befürworter der Softlaser (oder besser Therapielaser) postulieren eine »biostimulierende« Wirkung auf Weichgewebe. Die Laser emittieren Laserlicht im Milliwattbereich und sind als He-Ne-(Gas-)Laser oder Diodenlaser auf dem Markt.

Indikation Softlaser werden zur Therapie von Schmerzzuständen und oralen Wundheilungsstörungen eingesetzt.

Reputation Auch Softlaser verfügen, was selbst vielen langjährigen Hardlaseranwendern nicht bekannt ist, über ein gerüttelt Maß an wissenschaftlicher Reputation; dies sind zum einen zahlreiche ernst zu nehmende wissenschaftliche Arbeiten aus dem osteuropäischen Raum und zum anderen einige interessante Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum.

Wirkungsweise Warncke et al. berichteten mehrfach über eine signifikante Stimulanz der Mitochondrien nach Low-Level-Laser-Applikation; Folge hiervon ist eine Steigerung der lokalen ATP-Produktion in den betroffenen Zellen. Heilungs- und Regenerationsvorgänge können hierauf vermehrt einsetzen.

Hardlaser

Von den Softlasern unterscheiden sich gänzlich die Hardlaser, welche für die Durchführung invasiver Behandlungsschritte geeignet sind.

Viele Autoren haben betont, dass es *den* (Universal-)Hardlaser für die zahnmedizinische Chirurgie schlechthin nicht gibt, vielmehr haben sich einzelne Wellenlängen für gewisse Anwendungen besonders empfohlen. Bedauerlicherweise werden im Gegensatz zu dieser wissenschaftlich abgesicherten Aussage immer wieder Versprechungen über einen »Allzweck- oder Universallaser« gemacht; die kritiklose Übernahme dieser Behauptungen in ein Therapiekonzept kann dann schnell in Misserfolge münden. Zudem werden auch Hardlaser für die Zahnheilkunde angeboten, die in anderen Bereichen der Medizin eingesetzt werden, deren Integration in die Zahnheilkunde jedoch aufgrund laserphysikalischer Gegebenheiten vollständig unsinnig ist.

Im Folgenden soll eine Zusammenfassung eines eingehenden Literaturstudiums und der Auswertung diverser Laserkongresse und Fortbildungen im Sinne eines »common sense« gegeben werden.

Generelle
Indikation

Hardlaser-
einsatz je nach
Wellenlänge für
unterschiedli-
che Anwendun-
gen

Laserlicht

Durch Stimulation wird je nach Laserart ein Licht emittiert, welches besondere Eigenschaften aufweist:

- es ist monochromatisch (also besonders rein, es besteht nur aus einer einzigen Wellenlänge)
- es ist kohärent (die Wellen sind gleichgerichtet) und kollimiert

Je nachdem, welches aktive Medium zur Stimulation genutzt wird, kommt es zur Emission von Laserlicht verschiedener Wellenlängen, von denen jede ihre spezifischen Wechselwirkungen mit dem zu behandelnden Gewebe hat.

Diese Wirkungen können erwünscht sein (z.B. Koagulation durch einen Laser zur Blutstillung nach einem chirurgischen Eingriff bei Patienten mit erhöhter Blutungsneigung), aber auch unerwünschter

Eigenschaften

Wellenlängen

Natur sein (z.B. Disruption bei einer Schnittführung, die zu einer Nekrose der Wundlefenen führt).

Laserbetriebsarten

Nach der Betriebsart werden 2 Lasertypen unterschieden:

- Impulslaser
- kontinuierlich arbeitende Laser

Pumpvorgang bestimmt die Betriebsart

Im Wesentlichen wird die Betriebsart eines Lasers durch den Pumpvorgang bestimmt: Wird als Pumpquelle eine Blitzlampe eingesetzt, liegt ein Impulslaser vor. Kann die Besetzungsinversion durch den Pumpvorgang beliebig lange aufrechterhalten werden, wie dies z.B. bei einem Diodenlaser der Fall ist, erfolgt die Laseremission kontinuierlich. Dieser Laser wird dann als »cw-Mode-Laser« (»continuous wave«) oder als Dauerstrichlaser bezeichnet.

Impulslänge

Die Impulslänge ist durch den Pumpvorgang vorgegeben, der die Zeit der Erreichung der Anregungsschwelle definiert (»normal mode«). Diese liegt zwischen einigen Nanosekunden (Excimerlaser) und Millisekunden (Festkörperlaser).

Wechselwirkungsmechanismen Laser und Gewebe

Laser können folgende Wechselwirkungen mit i.o. Geweben eingehen:

Photochemische Prozesse

- photochemische Prozesse:
 - Biostimulation (wissenschaftlich umstritten)
 - photodynamische Therapie (nutzt anregbare »phototoxische« Farbstoffe zur Zerstörung)

Thermische Prozesse

- thermische Prozesse:
 - Erwärmen (ab ca. 37 °C, bis ca. 50 °C)
 - Koagulieren (zwischen 50 °C und 70 °C, Eiweißdenaturierung)
 - Karbonisieren (zwischen 100 °C und 300 °C)
 - Verdampfen (über 300 °C)

- nichtlineare Wirkungen: blitzartige Verdampfung durch Energieübertrag, der athermisch, also *ohne* Wärmewirkung erfolgt,
 - Photoablation (Aufbrechen molekularer Bindungen durch Multiphotonenabsorption)
 - Photodisruption (laserinduzierte Ionisierung von Atomen und Molekülen)

Nichtlineare
Prozesse

Einsatz von Lasern in der Zahnmedizin

Zahlreiche Laser, teilweise aus der Industrie kommend, teilweise aus der Humanmedizin übernommen, wurden versuchsweise für zahnmedizinische Anwendungen eingesetzt.

Aufgrund dieser laserphysikalischen Gegebenheiten haben sich einige Wellenlängen herauskristallisiert, deren Einsatz in der Zahnheilkunde möglich und sinnvoll ist und deren Einsatz auch als wissenschaftlich und von den Fachgesellschaften abgesichert gelten kann.

Diese Lasertypen werden nachfolgend ausführlich beschrieben.