

Kurz und bündig: Die Wechselwirkung von Laserlicht mit biologischem Gewebe

Trifft Licht auf biologisches Gewebe, so kann die Wechselwirkung durch drei unterschiedliche Wechselwirkungsmechanismen beschrieben werden: photochemische Wechselwirkungen, thermische Wechselwirkungen und nichtlineare Wechselwirkungen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben.

DR. GEORG BACH/FREIBURG IM BREISGAU,
PROF. DR. AXEL DONGES/ISNY IM ALLGÄU

Photochemische Effekte

Die photochemischen Effekte basieren auf der Tatsache, dass Moleküle durch Licht geeigneter Frequenz (bzw. Wellenlänge) chemisch verändert werden können. Es werden folgende Wechselwirkungen unterschieden:

Biostimulation

Die Biostimulation von biologischem Gewebe (z.B. Förderung der Wundheilung) ist sehr umstritten. Es wurde eine Reihe, z.T. sich widersprechende, Arbeiten publiziert. Therapeutische Effekte scheinen auf Placebo-Effekten zu beruhen.

Photoinduzierte Synthesen

Das prominenteste Beispiel ist die Photosynthese, bei der mithilfe von Licht Kohlendioxid und Wasser zu Glukose und Sauerstoff synthetisiert werden.



Weitere Beispiele sind der Bräunungseffekt (Melaninbildung in der Haut durch UV-Strahlung) oder die UV-induzierte Polymerisation von Kunststoffzahnfüllungen.

Photoinduzierte Isomerisierung

Ein wichtiges Beispiel aus der Medizin ist die Behandlung des Neugeborenenikterus mit UV-Licht. Das UV-Licht führt zu einer Konformationsänderung des Bilirubins, das so harngängig gemacht wird und ausgeschieden werden kann.

Photoinduzierte Dissoziation

Ein bekanntes Beispiel aus dem Alltag ist der fotografische Film. Die lichtempfindliche Schicht des Films enthält fein verteilte Silberhalogenidkörnchen. Silberhalogenide (AgCl, AgBr und AgI) sind farblose Salze, die unter Lichteinfluss langsam in metallisches Silber und freies Halogen gespalten werden, z. B.



Das dabei entstehende metallische Silber ist fein verteilt

und erscheint daher schwarz. Durch eine lange Belichtung (etwa ein Tag) eines Films erhält man auf diese Weise, auch ohne die sonst übliche Entwicklung des Films, ein sichtbares „Silberbild“.

Das Paradebeispiel zur photoinduzierten Dissoziation ist in der Medizin die photodynamische Therapie. Bei der photodynamischen Therapie wird einem Krebspatienten ein Farbstoff (z.B. Tetraphenylporphyrine) injiziert, der sich im Tumorgewebe anreichert. Wird das kanzerogene Gewebe anschließend mit Licht geeigneter Wellenlänge bestrahlt, so nimmt der im Gewebe angereicherte Farbstoff das Licht auf. Dabei entsteht so genannter Singulett-Sauerstoff ($^1\text{O}_2$). Diese Form von molekularem Sauerstoff ist sehr reaktionsfreudig und kann Tumorzellen zerstören. Damit das gesunde Gewebe nicht zerstört wird, darf der Farbstoff nur selektiv im Tumorgewebe angereichert sein.

Thermische Effekte

Trifft Laserlicht auf biologisches Gewebe, so wird ein Teil des Lichts in das Gewebe eindringen, z. T. gestreut und letztendlich absorbiert werden. Die absorbierte Lichtenergie heizt das Gewebe auf. Die erzielte Temperaturerhöhung hängt von einer Vielzahl von Parametern ab (z. B. eingebrachte Energie und zeitlicher Verlauf der Laserleistung, Laserstrahlquerschnitt, spezifische Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität des Gewebes). Die wesentlichen Folgen dieser Erwärmung hängen von der erreichten Gewebetemperatur ab:

- 37–50 °C: Erwärmung, meist ohne irreversible Gewebeschädigung.
- 50–70 °C: Eiweiß denaturiert.
- 70–100 °C: Zellwasser wird ausgetrieben. Das Gewebe schrumpft und trocknet aus.
- 100–300 °C: Das Gewebe verkohlt (Karbonisation).
- über 300 °C: Das Gewebe wird verdampft, verbrannt und damit abgetragen.

Es ist zu beachten, dass sich durch die thermische Schädigung die optischen Parameter des Gewebes verändern: Koagulierte Gewebe streut mehr und karbonisiertes Gewebe zeigt eine erhöhte Absorption.