

Lichttechniken

# Es werde Licht!

Lichtanwendungen haben in der Kosmetik und Dermatologie eine lange Tradition. Es existieren heute verschiedene neuartige Lichtquellen, die sowohl als eigenständige Therapieform oder zur Unterstützung apparativer Maßnahmen wie Mikrodermabrasion, Microneedling oder Mesotherapie wirkungsvoll eingesetzt werden können. Diese Lichttechniken gilt es hier näher zu beleuchten

Die Verfügbarkeit künstlicher Lichtquellen ist eine Grundvoraussetzung für die Behandlung mit reproduzierbaren Parametern. Während noch vor wenigen Jahrzehnten in der Kosmetik fast ausschließlich Glühlampen mit roten und blauen Glasfiltern eingesetzt wurden, finden wir heute so fortgeschrittene Technologien wie Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), LED (Light Emitting Diodes), IPL (Intense Pulsed Light) und ELT (Energizing Light Technology). Die Lichttechnik versteht es immer besser, einzelne Wirkungsbereiche in effizienter Weise bereitzustellen und dabei unerwünschte Spektralbereiche wegzulassen. In Hinblick darauf, dass eine Reihe lichtgestützter Anwendungen wie Laser oder IPL in Zukunft möglicherweise nur noch ärztlichem Gebrauch vorbehalten bleiben könnten, erlangen sanfte Lichtenwendungen wie Photobiomodulation (PBM) oder LLLT (Low Level Light Therapy) eine immer größere Bedeutung in der Kosmetik.

### Grundlagen und Definitionen

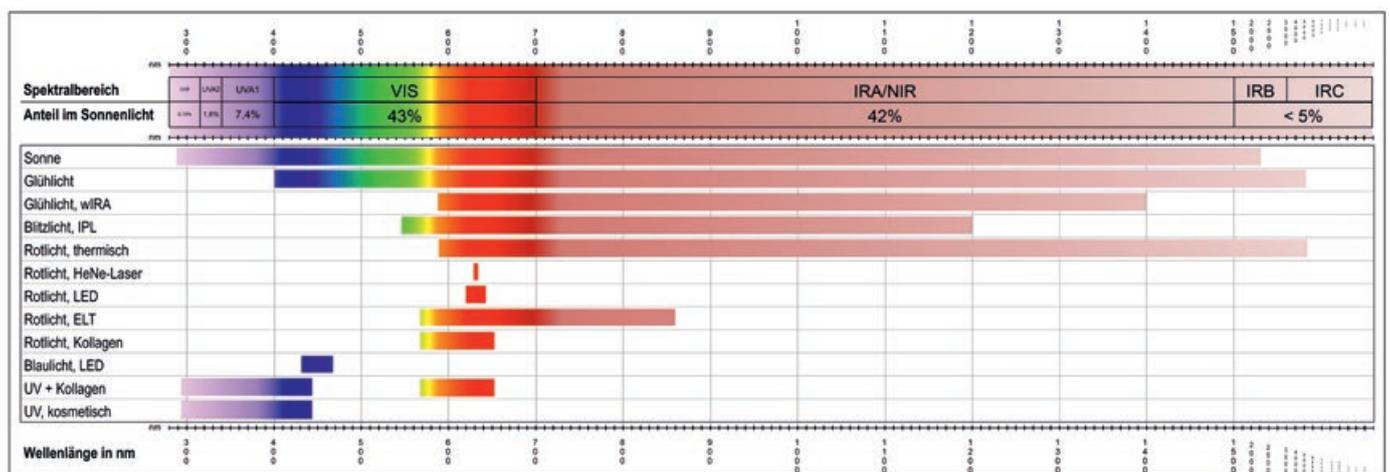
Für die biologischen Effekte einer Lichtquelle spielen neben Intensität und Dosis auch noch weitere Parameter wie z.B. Wellenlänge und Bandbreite der Strahlung eine wichtige Rolle. Nach einem photobiologischen Grundprinzip (Grotthuss-

Draper) kann nur diejenige Strahlung eine Wirkung hervorrufen, die auch im Gewebe absorbiert wird. Die applizierte Energie kann hierbei in Wärme transformiert werden oder auch spezifische photochemische beziehungsweise photophysikalische Wirkungen induzieren. Spezifische Lichtwirkungen werden über einen weiten Bereich des elektromagnetischen Spektrums beobachtet. Während in der Anfangszeit der Photobiologie das Hauptaugenmerk der Wissenschaftler auf den Bereich des ultravioletten Lichts gerichtet war, sind heute die langwelligeren Spektralbereiche im Rot und Nahinfrarot (IRA) hinzugekommen. Hier kommen nichtthermische Lichtquellen zum Einsatz, die zu keiner Erwärmung des Gewebes führen. Für die spezifische Absorption von Licht im Gewebe sind sogenannte Chromophore verantwortlich, also Molekülabschnitte, die die Lichtenergie selektiv aufnehmen können, wie z.B. die Cytochrom-C-Oxidase in den Mitochondrien oder die Molekülklasse der Carotinoide. Je nach Bandbreite des Lichts können ein oder mehrere verschiedene Chromophore adressiert werden. Um die spektrale Bandbreite einer Lichtquelle zu beschreiben, gibt es die Fachbegriffe polychromatisch, oligochromatisch und monochromatisch. Polychromatisches Licht ist breitbandig und beinhaltet viele verschiede

Wellenlängenbereiche, wie es z.B. für Sonnenlicht, Blitzlicht und Glühlicht typisch ist. Da oft nicht die gesamte Bandbreite benötigt wird, die eine Lichtquelle erzeugen kann, kommen zusätzliche Filtersysteme zum Einsatz, beispielsweise bei IPL-Geräten auf der Basis von Blitzlampen. Oligochromatische Lichtquellen, insbesondere farbige LEDs, weisen ein mehr oder weniger schmalbandiges Spektrum um eine zentrale Wellenlänge herum auf. Laser hingegen sind monochromatische Strahlungsquellen, die ihre gesamte Energie auf einer einzigen Wellenlänge abgeben. Laserlicht ist hierbei auch noch kohärent. Das bedeutet, dass die elektromagnetischen Wellenzüge, also Wellenberge und -täler, phasensynchronisiert sind. Weitere Eigenschaften von Laserlicht sind die Polarisierung (Licht schwingt nur in einer Ebene) und die Möglichkeit, das abgestrahlte Licht auf einen winzigen Punkt zu bündeln. Mit Lasern können zudem extrem präzise Lichtpulse erzeugt werden, wodurch eine exakte Dosierung der Lichtenergie möglich wird, was insbesondere bei IPL-Anwendungen genutzt wird.

### Lichtquellen

Die Grafik zeigt eine Übersicht der wichtigsten Lichtquellen für kosmetische Anwendungen. Es sind sowohl thermische



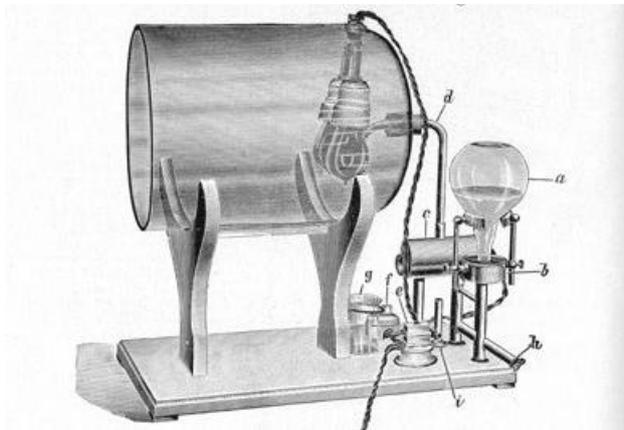
Die Grafik veranschaulicht die Bereiche des optischen Spektrums, die für medizinische und kosmetische Lichtenwendungen relevant sind. Die Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil des jeweiligen Spektralbereiches im Sonnenlicht. Die Bandbreite verschiedener Lichtquellen ist durch entsprechende farbige Balken dargestellt, wobei die Grenzwellenlängen bauartlich bedingt etwas abweichen können.

Grafik: Autor

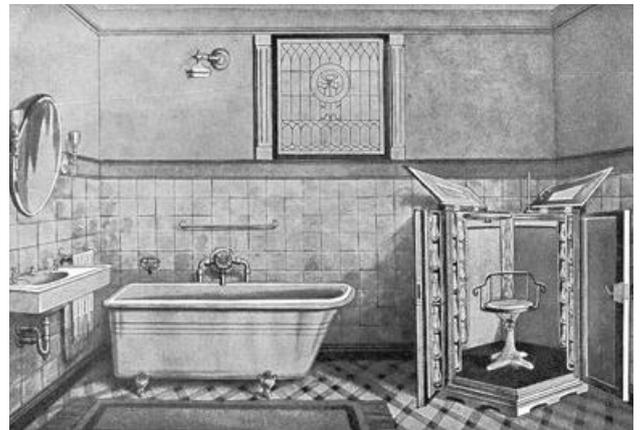
## Ein Rückblick

Die ersten apparativen Versuche, die Haut in ihren vielfältigen Funktionen mit Licht zu unterstützen, reichen mehr als ein Jahrhundert zurück. Glühlampen mit Rotfiltern waren Anfang des 20. Jahrhunderts die ersten Helfer in der Kosmetik, um mittels sanfter Tiefenwärme die Haut zu beleben und durch vermehrte Durchblutung die Reinigungs- und Entgiftungsvorgänge zu unterstützen. Die damalige Wissenschaft sprach hier von „Leuchtenden Wärmestrahlen“. Bereits wenige Jahre nach der Erfindung der Glühlampe durch Edison (1879) hatte ein amerikanischer Arzt, Dr. John Harvey Kellogg (heute den meisten nur noch wegen der Cornflakes bekannt) entdeckt,

dass man diese neue Technologie auch für die Therapie einsetzen konnte (1). Kellogg entwickelte daraufhin die ersten Glühlichtbäder. Diese erfreuten sich bald auch in Europa großer Popularität. War zu viel Wärme unerwünscht, z.B. bei entzündlichen Prozessen, schaltete der Arzt kurzerhand ein Blaufilter vor die Glühlampe. Dies war bis vor wenigen Jahren z.B. bei der Behandlung von Akne gängige Praxis. Eine weitere Möglichkeit, unerwünschte Wärme zu eliminieren, ist seit etwa 60 Jahren das wassergekühlte Infrarotlicht (wIRA), das bis heute in Medizin und Kosmetik Verwendung findet.



Elektrisches Gesichts-Licht-Dampfbad „Vapofor“ mit automatischer Wasserzuführung (ca. 1920-1940)



Modern ausgestattet: Badezimmer in einem Privathaus um 1910, mit elektrischem Glühlichtbad (Kabine rechts)

als auch nichtthermische Lichtquellen aufgelistet. Thermische Lichtquellen weisen nennenswerte Anteile im mittel- und langwelligen Infrarot auf (IRB und IRC) und führen daher zu einer Erwärmung des Gewebes, die jedoch nicht immer erwünscht ist. Auf der Basis von Glühlampen existieren daher neben den klassischen Rotlicht-Wärmestrahlern auch Geräte mit Wasserkühlung (wIRA = wassergefiltertes Infrarot A), mit denen eine größere Tiefenwirkung erzielt werden kann. IPL-Geräte erzeugen kurze Lichtblitze mit hoher Energie. Dies kann entweder mit Lasern geeigneter Wellenlänge geschehen oder es werden Blitzlampen in Kombination mit geeigneten Filtern verwendet, um das Spektrum zu begrenzen. Das Behandlungsspektrum für IPL umfasst nicht nur die Reduktion von unerwünschtem Haarwuchs, sondern auch die Hautverjüngung durch selektive

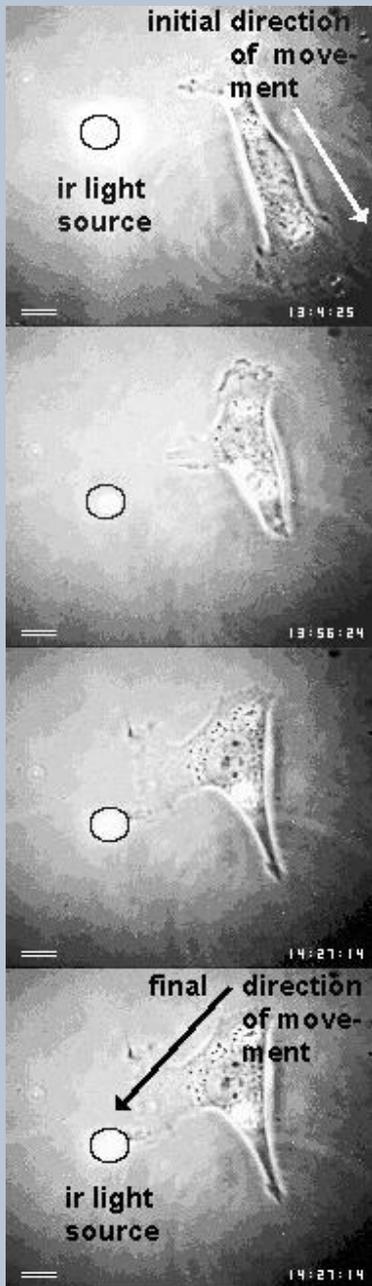
Photothermolysen mit konsekutiver Geweberegeneration. Laserlichtquellen stehen mit verschiedenen Wellenlängen zur Verfügung, wobei der Helium-Neon-Laser (HeNe-Laser) als der typische Softlaser mit niedriger Intensität im roten Bereich des Spektrums seit ca. 50 Jahren in Gebrauch ist. Moderne Halbleiter-Laser orientieren sich daher oft an der Wellenlänge des HeNe-Lasers, die bei 632,8 nm liegt. Auch Licht-emittierende Dioden (LEDs) können kaltes Licht in verschiedenen Spektralbereichen erzeugen. Am wichtigsten sind hier rote und blaue LEDs. Die Wirkmechanismen unterscheiden sich dabei deutlich: Während sich rote LEDs für die LLLT bzw. PBM eignen, verwendet man blaue LEDs z.B. für die Behandlung von Akne und anderen bakteriell bedingten Erkrankungen. Viele pathogene Keime produzieren Substanzen, die als Photosensibilisatoren wir-

ken und unter dem Einfluss von blauem Licht Sauerstoffradikale generieren, die das betreffende Bakterium abtöten können. Dieser Effekt ist mit den Mechanismen der Photodynamischen Therapie (PDT) vergleichbar. Seit einigen Jahren sind sogenannte Kollagenröhren verfügbar, die entweder eigenständig oder in Kombination mit Bräunungsröhren in modernen Solarien eingesetzt werden. Die neueste kosmetische Lichtquelle zur großflächigen Hautverjüngung ist schließlich die ELT (Energizing Light Technology), die einen breiten Wirkungsbereich für die PBM/LLLT abdeckt, ohne dabei zu einer nennenswerten Erwärmung der behandelten Bereiche zu führen.

## UV-Biologie

Die Grafik stellt auch die spektralen Eigenschaften moderner Bräunungsgeräte

## Die Wirkung von Licht auf die Zellen



Auf den Abbildungen ist zu erkennen, dass ein Fibroblast nach Einschalten der Nahinfrarot-Lichtquelle seine ursprüngliche Marschrichtung ändert, um auf die Lichtquelle zuzugehen und sie schließlich zu berühren. Licht entsprechender Wellenlänge kann für Zellen somit eine Art Leuchtturm-Effekt haben.

dar, die in der Kosmetik nach wie vor eine wichtige Rolle spielen. Ultraviolettes Licht war zunächst der rein medizinischen Behandlung von Rachitis und Tuberkulose vorbehalten. Nachdem man Wege gefunden hatte, die UV-Anteile, die für die Sofortpigmentierung der Haut erforderlich sind, auf wirtschaftliche Weise zu erzeugen, fand es über die Dermatologie auch seinen Weg in die Kosmetik. Ab den 1970er-Jahren setzte dann ein wahrer Boom ein. Die Industrie für künstliche Besonnung florierte und gebräunte Haut wurde weithin zu einem wichtigen Statussymbol. Was die Risikobewertung anbelangt, galt die bräunende UV-A-Strahlung zur damaligen Zeit als völlig unbedenklich, während die UV-B-Wirkungen als schädlich angesehen wurden, da sie z.B. für den Sonnenbrand verantwortlich sind. Mit der Weiterentwicklung der Photobiologie änderten sich die Einschätzungen zu Schädlichkeit und Nutzen von UV-Licht, was nicht nur Konsequenzen für die Ausgangsleistung kosmetischer Solarien, sondern auch für Sonnenschutzmittel und die Empfehlungen für den Umgang mit der Natursonne hatte. Heute ist der Nutzen von UV-Strahlung für den Menschen in der Wissenschaft zwar immer noch umstritten, aber die Tendenz geht weg von Empfehlungen, die Sonne komplett zu meiden, hin zu einer wohldosierten Exposition (2). Für die künstliche Besonnung stehen heute Geräte zur Verfügung, die zusätzlich mit Kollagenlampen ausgestattet sind. Dadurch wird eine Reduktion der UV-Dosis erreicht, ohne Abstriche bei der Bräunungsleistung machen zu müssen. Die zusätzlichen langwelligen Spektralanteile unterstützen die Stoffwechselfunktionen und den Energiehaushalt der Haut, wodurch die Anwendungen spürbar sanfter und verträglicher werden. Auch der typische „UV-Geruch“ der Haut, wie er bei herkömmlichen Solarien auftritt, soll bei diesen neuen Geräten praktisch nicht mehr vorkommen.

### PBM und LLLT

Photobiomodulation (PBM) und Low-Level-Lichttherapie sind Fachbegriffe für die sanfte biophysikalische Gewebestimulation mit Licht geeigneter Wellenlängen im

roten und nahinfraroten Bereich des Spektrums. Dieses nicht ablativ, nicht-invasive und nicht thermische Verfahren wurde zunächst mit Laserlicht, später auch mit LED-Licht, durchgeführt. Da es sich um punktförmige Lichtquellen handelt, ist ein erheblicher Aufwand erforderlich, wenn man größere Zonen oder gar den ganzen Körper behandeln will. Hinzu kommt, dass für jede Wellenlänge ein anderer Laser bzw. eine andere LED verwendet werden muss. Heute ermöglichen neu entwickelte Lichtquellen (teilweise in Kombination mit speziellen Reflektor- und Filtersystemen), diese technischen Beschränkungen zu überwinden, sodass sowohl große Körperoberflächen als auch mehrere Wellenlängen gleichzeitig angewendet werden können. Hier spricht man von der simultanen polychromatischen Photobiomodulation (SPP). Bewährte und in zahlreichen klinischen Studien dokumentierte Anwendungsbereiche der PBM/LLLT sind Wundheilungsstörungen (3), Hautverjüngung und -regeneration (4), Behandlung von Lichtschäden der Haut (Photorepair) (5), Stimulation der dermalen und subkutanen Kollagensynthese (6) sowie die Kontrolle von Schmerzen (7) und entzündlichen Prozessen (8).

### Wirkmechanismen der PBM

Rotes und nahinfrarotes (NIR) Licht wird von Enzymen der Atmungskette in den Mitochondrien (Zellkraftwerke) absorbiert und verstärkt die Bildung des lebensnotwendigen Adenosintri-phosphats (ATP), insbesondere in geschwächten Zellen mit niedrigem Energieniveau (9). Darüber hinaus stellen Lichtsignale z.B. für Fibroblasten richtungsgebende Informationen zur Verfügung (10). Unter dem Mikroskop kann man beobachten, dass sich Fibroblasten auf miniaturisierte Lichtquellen gezielt zubewegen, wie die Abbildung links zeigt. Ein weiterer wichtiger Effekt entsteht dadurch, dass Wassermoleküle, die im Körper ja allgegenwärtig sind, die Lichtenergie absorbieren und in eine Molekülbewegung umwandeln können. Auf diese Weise werden Transportvorgänge innerhalb von Zellen sowie in der extrazellulären Matrix beschleunigt.

Diese lichtverstärkte Diffusion wird von einer Art „Pumpeffekt“ begleitet, der an allen wasserhaltigen Grenzflächen zu lipophilen Membranen auftritt und den Stoffaustausch zusätzlich begünstigt (11). PBM/LLLT macht die retikulären Bindegewebsstrukturen, die z.B. als Molekularfilter für den Stoffaustausch fungieren, durchlässiger in beide Richtungen: Versorgung und Entsorgung. Daraus resultieren positive Wirkungen in Hinblick auf Regeneration und Entgiftung.

## Systemische Effekte von Rot und NIR

Eine interessante Beobachtung ist, dass sich die Effekte der Anwendung nicht nur lokal, sondern im gesamten Organismus entfalten können. In einer Studie mit 128 Teilnehmern (12) wurde neben den positiven Effekten auf die Haut auch beschrieben, dass die Teilnehmer eine Verbesserung der allgemeinen Stimmungslage feststellten. Solche systemischen Wirkungen könnten z.B. durch Lichtwirkungen über die Augen erklärt werden, aber auch andere Mechanismen (13) werden diskutiert: Der Mensch hat pro Mikroliter Blut etwa 200.000 bis 400.000 Thrombozyten (Blutplättchen), die alle mit Mitochondrien ausgestattet

sind. Da die lokale Anwendung von langwelligem Licht über die Hautoberfläche auch die blutführenden Kapillarschichten erreicht, werden die Zellkraftwerke der Thrombozyten zur verstärkten Adenosintriphosphat-Produktion angeregt. Damit sind ATP-vermittelte Effekte in nachgeschalteten Organsystemen möglich, in die das energetisierte Blut strömt.

## Vorteile der PBM-Lichtbehandlung

Als einer der größten Vorzüge der PBM/LLLT-Lichtbehandlung gilt die Schmerzfreiheit für den Patienten, da das Licht mit niedriger Intensität appliziert wird. Für die PBM/LLLT trifft nicht die übliche Dosis-Wirkungs-Beziehung zu, die man mit „Viel hilft viel“ umschreiben könnte. Ergebnis vieler Untersuchungen ist, dass für die jeweilige Bestrahlungsstärke und Wellenlänge ein optimales Wirkungsfenster existiert. Bei zu wenig Licht beobachtet man entweder keine oder nur eine schwache Wirkung, bei zu hoher Intensität hingegen kann statt einer Stimulation sogar eine Hemmung eintreten. Bei richtiger Dosierung werden überaktive Prozesse gedämpft und geschwächte Abläufe stimuliert, was diesem Verfahren zu einer „automatischen Präzision“ verhilft. PBM/LLLT eignet sich für die regelmäßige Anwendung und kann somit ideal in die wiederkehrenden Behandlungsabläufe integriert werden.

## Neue Möglichkeiten

Sowohl Kollagenlampen als auch die ELT ermöglichen eine großflächige Anwendung der PBM/LLLT und sind damit besonders interessant für Kosmetik und Dermatologie. Durch die Behandlung werden Wirkstoffe besser in die Haut transportiert (14), was z.B. die Anwendung von Gesichtsmasken effektiver machen kann. Nach Therapien, die die Haut verletzen, wie z.B. Mikrodermabrasion, Microneedling oder Mesotherapie soll die PBM/LLLT die Abheilung deutlich beschleunigen. Die einzelnen Phasen der Wundheilung und Matrixregeneration können dabei um den Faktor 2 verkürzt werden. Überschießende Prozesse sollen gedämpft und für die Wundheilung

wichtige Zellpopulationen wie z.B. Mastzellen, Makrophagen und Fibroblasten stimuliert werden (15).

Alexander Wunsch  
Praktizierender Arzt und Lichttherapeut  
[www.alexanderwunsch.de](http://www.alexanderwunsch.de)

### Literatur:

- Kellogg JH. Light therapeutics: A practical manual of phototherapy for the student and the practitioner, with special reference to the incandescent electric-light bath. Sanitarium and Hospital Equipment Company; 1910.
- Wright F, Weller RB. Risks and benefits of UV radiation in older people: More of a friend than a foe? *Maturitas* 2015, May 19.
- Eells JT, Wong-Riley MT, VerHoeve J, Henry M, Buchman EV, Kane MP, et al. Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. *Mitochondrion* 2004, Sep; 4(5-6): 559-67.
- Weiss RA, McDaniel DH, Geronemus RG. Review of nonablative photorejuvenation: Reversal of the aging effects of the sun and environmental damage using laser and light sources. *Semin Cutan Med Surg* 2003; 22(2): 93-106.
- Avci P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam Z, Pam N, Hamblin MR. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: Stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg* 2013, Mar;32(1): 41-52.
- Paraguassú GM, Xavier FC, Cangussu MC, Ramalho MJ, Cury PR, Dos Santos JN, et al. Effect of laser phototherapy (660 nm) on type I and III collagen expression during wound healing in hypothyroid rats: An immunohistochemical study in a rodent model. *Photomed Laser Surg* 2014, May; 32(5): 281-8.
- Lazovic M, Ilic-Stojanovic O, Kocic M, Zivkovic V, Hrkovic M, Radosavljevic N. Placebo-controlled investigation of low-level laser therapy to treat carpal tunnel syndrome. *Photomed Laser Surg* 2014, Jun; 32(6): 336-44.
- Albertini R, Villaverde AB, Aimbire F, Salgado MA, Bjordal JM, Alves LP, et al. Anti-inflammatory effects of low-level laser therapy (LLLT) with two different red wavelengths (660 nm and 684 nm) in carrageenan-induced rat paw edema. *J Photochem Photobiol B* 2007, Nov 12; 89(1): 50-5.
- Karu T. Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in context of new data about multiple roles of ATP. *Photomed Laser Surg* 2010;28(2):159-60.
- Albrecht-Buehler G. Changes of cell behavior by near-infrared signals. *Cell Motil Cytoskeleton* 1995;32(4):299-304.
- Pollack GH, Figueroa X, Zhao Q. Molecules, water, and radiant energy: New clues for the origin of life. *Int J Mol Sci* 2009, Apr;10(4):1419-29.
- Wunsch A, Matuschka K. A controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines, wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. *Photomed Laser Surg* 2014, Feb; 32(2): 93-100.
- Sommer AP, Trelles MA. Light pumping energy into blood mitochondria: A new trend against depression? *Photomed Laser Surg* 2014, Feb; 32(2): 59-60.
- Otberg N, Grone D, Meyer L, Schanzer S, Hoffmann G, Ackermann H, et al. Water-filtered infrared-a (wira) can act as a penetration enhancer for topically applied substances. *Ger Med Sci* 2008; 6: Doc08.
- Calderhead AG, Kubota J, Trelles MA, Ohshiro T. One mechanism behind LED phototherapy for wound healing and skin rejuvenation: Key role of the mast cell. *Laser Ther* 2008; 17:3.



## AUF EINEN BLICK

### Adenosintriphosphat (ATP)

- Universelle Energiewährung für die Muskulatur
- Lebensnotwendiges Endprodukt der Energiegewinnung im Körper
- Energiereichstes und effizientestes Molekül, das der Mensch ständig bilden muss
- Der Mensch verbraucht in 24 Stunden etwa die Hälfte seines eigenen Körpergewichts an ATP
- Macht Muskeln beweglich, weich und geschmeidig
- Löst muskuläre Verspannungen, die aus Energiemangel resultieren