

LED-Phototherapie

Monochromatische LED in der Dermatologie – Erfahrung und Evidenz

In den letzten Jahrzehnten ist die monochromatische LED-Phototherapie zu einer vielversprechenden Methode in der Behandlung verschiedener Hautprobleme geworden. Durch die gezielte Anwendung spezifischer Lichtwellenlängen bietet die LED-Phototherapie eine nichtinvasive Alternative für dermatologische Herausforderungen – von der Aknebekämpfung bis zur Hautverjüngung.

Autorinnen und Autor | cand. med. Céline Zbinden, Dr. med. (LT) Konstantin Wilhelm, Dr. med. C. Bettina Rümmelein



cand. med. Céline Zbinden
Unterassistentärztin
Hautwerk AG
Maneggstrasse 17
CH-8041 Zürich
klinik@hautwerk.ch

Dr. med. (LT) Konstantin Wilhelm
Assistenzarzt
Hautwerk AG
Maneggstrasse 17
CH-8041 Zürich
wilhelm@hautwerk.ch



Dr. med. C. Bettina Rümmelein
Medizinische Leitung
Hautwerk AG
Maneggstrasse 17
CH-8041 Zürich
ruemmelein@hautwerk.ch

In den 1960er-Jahren sprach man von der sogenannten Photobiomodulation oder auch LLLT (*low-level laser therapy*). Der Name LLLT bezieht sich auf die niedrige Dosis, die bei dieser Art von Behandlung eingesetzt wird. Sie ist auch als Kaltlasertherapie bekannt, da die verwendeten Leistungsdichten niedriger sind als diejenigen, die erforderlich sind, um eine Erwärmung des Gewebes zu bewirken².

LED (*light-emitting diodes*) wurden 1962 erfunden. Allerdings konnten diese frühen Modelle des LED keine biologisch relevante Energie erzeugen, und auch die emittierten Wellenlängen waren breit gefächert und variierten um bis zu 100 nm. Daher wurden bis Ende der 1990er-Jahre hauptsächlich Laser in der Phototherapie verwendet³.

Im Jahr 1998 kam es schliesslich zum Durchbruch der LED mit dem durch die NASA entwickelten «NASA-LED», das über ein äusserst schmales Lichtspektrum verfügte. Diese neuen Modelle von LED konnten nahezu monochromatisches Licht emittieren und fanden so ihre ersten klinischen Anwendungen^{4,5}.

● Es ist seit vielen Jahrhunderten bekannt, dass Licht die Gesundheit positiv beeinflussen kann. Die heilende Wirkung des Sonnenlichts wurde bereits im 5. Jahrhundert v. Chr. in den medizinischen Schriften von Hippokrates dokumentiert. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurde die sogenannte Heliotherapie zur Prävention, Behandlung und Rehabilitation verschiedenster Erkrankungen wie der Tuberkulose und der Rachitis eingesetzt¹.

In den letzten Jahren haben sich LED-basierte Systeme erfolgreich in einer immer breiteren Palette von Anwendungsbereichen durchgesetzt. Dabei haben sich drei wesentliche Wellenlängen mit einer soliden photobiologischen Grundlage und nachgewiesener Wirksamkeit etabliert: blaues Licht bei ungefähr 415 nm, rotes Licht bei ungefähr 633 nm und Nah-Infrarot bei ungefähr 830 nm⁴.

Mechanismen der LED-Phototherapie

Die Grundlage der LED-Phototherapie liegt in photochemischen Reaktionen auf zellulärer Ebene. Die verschiedenen Wellenlängen des emittierten Lichts interagieren mit Chromophoren in den Hautzellen, insbesondere mit porphyrinhaltigen Molekülen, Cytochrom-c-Oxydasen und anderen lichtempfindlichen Komponenten⁴. LED scheinen den zellulären Stoffwechsel zu beeinflussen, indem sie intrazelluläre photochemische Reaktionen auslösen. Beobachtete Effekte umfassen erhöhtes ATP, Modulation von reaktiven Sauerstoffmolekülen, Induktion von Transkriptionsfaktoren, Veränderungen der Kollagensynthese und Stimulierung der Angiogenese⁶.

Blaues Licht dringt maximal bis zu 1 mm in das Gewebe ein und wirkt daher direkt an der Hautoberfläche⁶. Es ist vor allem für seine entzündungshemmende Wirkung bekannt. Direktes Absorbieren von blauem Licht durch die in der menschlichen Haut liegenden Porphyrine führt zur Bildung von Sauerstoffradikalen, die wiederum eine Zerstörung von Bakterien bewirkt. Zudem kommt es zu einer erhöhten Produktion von Zytokinen. Sie unterstützen den entzündungshemmenden Effekt ebenfalls⁷.

Rotes Licht hat von allen sichtbaren Wellenlängen die tiefste Gewebedurchdringung. Es reicht bis zur Dermis und aktiviert dort vor allem Fibroblasten, wodurch die Expression von Fibroblasten-Wachstumsfaktoren wie Typ-1-Prokollagen und Matrix-Metalloproteinase-9 erhöht wird^{8,9}.

Nah-Infrarotlicht kann maximal 5 bis 10 mm tief in das Gewebe eindringen. Bei Absorption kommt es zur erhöhten Freisetzung von Guanylatzyklase und Stickstoffmonoxid. Dies fördert wiederum die Vasodilatation, die Produktion von Wachstumsfaktoren sowie die Angiogenese, weswegen Nah-Infrarot besonders für die Förderung von Wundheilungsprozessen bekannt ist¹⁰.

Sowohl sichtbares rotes Licht als auch Nah-Infrarot beeinflussen die Mechanismen der epidermalen Keratinozyten. Dadurch entsteht eine erhöhte Produktion von Entzündungssignalen wie Interleukinen und Tumornekrosefaktor α . Beide Wellenlängen fördern ausserdem die Anziehung von T-Zellen in den bestrahlten Bereichen und verbessern die lokale Blutzirkulation. Dies ist insofern wichtig, als sie nicht nur die Versorgung mit Nährstoffen und Sauerstoff in diesem Bereich steigern, sondern auch einen Weg für die Wundheilung schaffen – insbesondere während der entzündlichen Phase⁴.

Anwendung der LED-Phototherapie in der Dermatologie

Akne vulgaris: Viele Studien konnten bereits den positiven Effekt der Blaulichtbehandlung bei Akne vulgaris beweisen¹¹⁻¹⁵. Man geht davon aus, dass blaues LED-Licht durch die Aktivierung von natürlichen bakteriellen Porphyrinen bewirkt, dass sich weniger *Propionibacterium acnes* in den Haarfollikeln ansiedelt¹⁶. Zusätzlich wird bei der Behandlung der Akne vulgaris rotes LED-Licht angewendet. Es kann durch die entzündungshemmende Wirkung den Heilungsprozess der Akne unterstützen. Das rote Licht bei 633 nm rekrutiert T-Zellen und aktiviert Fibroblasten

zur Reparatur der durch die *P. acnes* geschädigten Matrix. Die Kombination von 415-nm- und 633-nm-LED-Phototherapie bietet daher einen idealen Ansatz einer effektiven Lichttherapie bei den entzündlichen Läsionen der Akne vulgaris⁴.

Rosazea: Auch bei der Behandlung der Rosazea hat sich die LED-Phototherapie als eine vielversprechende Option erwiesen¹⁷. Insbesondere Nah-Infrarotlicht wird eingesetzt, um die klassischen Symptome wie Rötungen und Entzündungen zu mildern.

Hautverjüngung: Die Anwendung von LED-Licht zur Hautverjüngung, auch als «Rejuvenation» bezeichnet, hat sich als Methode im Bereich der ästhetischen Medizin etabliert. Der Prozess der Hautverjüngung durch LED-Licht basiert auf verschiedenen Prinzipien. Ein zentraler Effekt des roten Lichts besteht in der Anregung der Kollagen- und Elastinproduktion. Diese strukturverbessernden Proteine sind entscheidend für die Hautfestigkeit und die Elastizität^{18,19}.

Haarausfall: Es wird geschätzt, dass etwa die Hälfte aller Männer und Frauen im Laufe ihres Lebens in irgendeiner Form von Haarausfall betroffen sind²⁰. Die LED-Therapie wird zunehmend als nichtinvasive Behandlungsoption für Haarprobleme betrachtet, einschliesslich Haarausfall. Es wurde festgestellt, dass LED die Expression von Signalmolekülen des Wnt / B-Catenin-Signalwegs fördert, der an der Initiierung des Haarwachstums und der Entwicklung von Haarfollikeln beteiligt ist²¹. Die androgenetische Alopezie (AGA) ist die häufigste Form von Haarausfall bei Männern und Frauen²². Sie betrifft 80% der kaukasischen Männer und bis zu 42% der kaukasischen Frauen im Alter von 70 Jahren, weshalb sie von einigen als normaler Teil des Alterungsprozesses angesehen wird²². Insbesondere fördert das rote Licht (Bereich 630–670 nm) das Haarwachstum bei einer Behandlungsdauer zwischen 10 und 20 Minuten²³.

Der genaue Mechanismus, wie LED das Haarwachstum bei AGA auslösen, ist noch nicht ganz geklärt. Es wird jedoch angenommen, dass die Wirkung auf eine verstärkte Proliferation der Matrixzellen im Haarfollikel infolge der Aktivierung der zellulären Atmungskette zurückzuführen ist^{24,25}. Darüber hinaus bewirkt die Belichtung einen Anstieg der Blutzirkulation in der Hautpapille, wodurch die Stoffwechselaktivität der proliferierenden Zellen erhöht wird^{24,26}. Es wurde auch angenommen, dass LED telogene Follikel in die Anagenphase bringen und deren Dauer verlängern. Das wiederum führt zur Produktion von längerem und dickerem Haar²⁷.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Wirksamkeit der LED-Therapie bei Haarausfall von Person zu Person variieren kann. Grundsätzlich jedoch ist die LLLT oder die LED-Therapie eine sichere und potenziell wirksame Methode zur Behandlung von Haarausfall.

Weitere Anwendungsgebiete der LED-Therapie

Die LED-Phototherapie bringt längst nicht nur Erfolge in der Dermatologie. So findet das LED-Licht Anwendung in vielen weiteren medizinischen Fachbereichen wie etwa in der Schmerztherapie,

[ABB. 1] 46-jähriger Patient mit Haarausfall vor der Behandlung



[ABB. 2] Der gleiche Patient nach acht LLLT mit der Wellenlänge 630 nm

der Wundheilung, der Neonatologie und der Psychiatrie. In der Schmerztherapie bewährt sich die LED-Phototherapie mit ihren entzündungshemmenden und zellregenerierenden Effekten als gute Behandlungsoption für chronische Schmerzen²⁸. Diesen Benefit des LED macht man sich auch in der Wundheilkunde zunutze. Durch die Förderung der Gewebsregeneration wird die Wundheilungszeit verkürzt und die Bildung von Narben minimiert^{29,30}. Im Bereich der Neonatologie hat die LED-Phototherapie eine wichtige Rolle bei der Behandlung von Gelbsucht bei Neugeborenen. Spezifische Wellenlängen des blauen LED-Lichts helfen dabei, überschüssiges Bilirubin abzubauen und somit die Symptome der Gelbsucht zu reduzieren³¹. Auch in der Psychiatrie und in der Schlafmedizin findet die LED-Phototherapie Anwendung. Die Lichttherapie wird zur Behandlung von Schlafstörungen, saisonal bedingten affektiven Störungen und Depressionen eingesetzt. Diese Behandlungsmethode mit LED reguliert den zirkadianen Rhythmus und kann die Stimmung positiv beeinflussen³².

LED-Geräte für zu Hause?

Seit wenigen Jahren sind sogenannte LED-Heimgeräte auf dem Markt. Die Geräte, meist in Form von Masken, sind speziell für den Gebrauch zu Hause entwickelt worden. Hierin wird die gleiche LED-Technologie genutzt, wie sie seit Jahren von Dermatolog:innen und Kosmetiker:innen angewendet wird. Wegen des hohen Sicherheitsstandards für den Heimgebrauch sind die LED-Heimgeräte jedoch weniger intensiv als die professionellen Geräte. Dies kann zu längeren Anwendungszeiten führen, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Bislang gibt es keine klinischen Studien in Bezug auf Qualität und Effektivität vieler auf dem Markt erhältlicher Geräte, weswegen diese mit Zurückhaltung angewandt werden sollten. Es gibt keine klare Datenlage dazu, wie die regelmässige und langfristige Anwendung dieser Geräte die Haut auf lange Sicht beeinflussen könnte.

Fallbeispiel

Der damals 46-jährige Patient stellte sich erstmals Ende des Jahres 2014 in unserer Praxis vor. Er hatte immer wieder Episoden von Haarausfall, der allmählich zu einer Miniaturisierung des Haars auf dem Kapillitium führte [ABB. 1]. Es wurde eine LLLT respektive eine LED-Therapie eingeleitet mit insgesamt acht

Behandlungen mit HEALITE der Firma Lutronic. Verwendet wurde Rotlicht mit der Wellenlänge 630 nm und einer Dauer von 13.20 Minuten. Es zeigte sich auf die Dauer ein massiver Haarauswuchs. Der Unterschied zu vor der Behandlung ist in [ABB. 2] gut ersichtlich.

Fazit und Aussicht der LED-Phototherapie

Zusammenfassend zeigt die veröffentlichte Datenlage, dass die LED-Phototherapie in verschiedenen medizinischen Bereichen zunehmend Anwendung findet. In den letzten Jahren kam es durch besseres Verständnis der Photobiologie zu wachsendem Interesse an der LED-Phototherapie als einer kostengünstigen, nichtinvasiven und dennoch wirksamen Therapieoption. Die LED-Therapie repräsentiert eine innovative und schonende Ergänzung zu traditionellen dermatologischen Ansätzen. Durch die kontinuierliche Entwicklung und das wachsende Verständnis der spezifischen Wirkungen verschiedener LED-Lichtwellenlängen erweitern sich die Anwendungsmöglichkeiten der LED-Phototherapie fortlaufend. Weitere Studien und weitere Forschung an der LED-Phototherapie sind nötig, um die bisherige Datenlage und deren Evidenz weiter zu untermauern. ◊

Bibliografie

- ¹ Born M, Liebmann J: Phototherapie bei dermatologischen Erkrankungen. In: Energie für die Haut: Wirkungen und Nebenwirkungen von Lasern, Blitzlampen und weiteren Energieträgern (ed. Kautz G). Berlin Heidelberg: Springer 2018; 261–266.
- ² Huang YY, et al.: Biphasic dose response in low level light therapy – an update. Dose Response 2011; 9(4): 602–618.
- ³ Kim WS, Calderhead RG: Is light-emitting diode phototherapy (LED-LLLT) really effective? Laser Ther 2011; 20(3): 205–215.
- ⁴ Calderhead RG: The photobiological basics behind light-emitting diode (LED) phototherapy. Laser Ther 2007; 16: 97–108.
- ⁵ Whelan HT, et al.: The NASA light-emitting diode medical program – progress in space flight and terrestrial applications. AIP Conf Proc 2000; 504: 37–43.
- ⁶ Barolet D: Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. Semin Cutan Med Surg 2008; 27(4): 227–238.
- ⁷ Shnitkind E, et al.: Anti-inflammatory properties of narrow-band blue light. J Drugs Dermatol 2006; 5(7): 605–610.

- ⁸Simpson CR, et al.: Near-infrared optical properties of ex vivo human skin and subcutaneous tissues measured using the Monte Carlo inversion technique. *Phys Med Biol* 1998; 43(9): 2465–2478.
- ⁹Jagdeo JR, et al.: Transcranial red and near infrared light transmission in a cadaveric model. *PLoS One* 2012; 7(10): e47460.
- ¹⁰de Abreu Chaves ME, et al.: M. Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An Bras Dermatol* 2014; 89(4): 616–623.
- ¹¹Ash C, et al.: A randomized controlled study for the treatment of acne vulgaris using high-intensity 414 nm solid state diode arrays. *J Cosmet Laser Ther* 2015; 17(4): 170–176.
- ¹²Liu G, et al.: Phototherapy for mild to moderate acne vulgaris with portable blue and red LED. *J Innov Opt Health Sci* 2011; 4: 45–52.
- ¹³Kawada A, et al.: Acne phototherapy with a high-intensity, enhanced, narrow-band, blue light source: an open study and in vitro investigation. *J Dermatol Sci* 2002; 30(2): 129–135.
- ¹⁴Noborio R, et al.: A new targeted blue light phototherapy for the treatment of acne. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2007; 23(1): 32–34.
- ¹⁵Ammad S, et al.: An assessment of the efficacy of blue light phototherapy in the treatment of acne vulgaris. *J Cosmet Dermatol* 2008; 7(3): 180–188.
- ¹⁶Greaves AJ: The effects of narrowbands of visible light upon some skin disorders: a review. *Int J Cosmet Sci* 2016; 38(4): 325–345.
- ¹⁷Sorbellini E, et al.: Coupled blue and red light-emitting diodes therapy efficacy in patients with rosacea: two case reports. *J Med Case Rep* 2020; 14(1): 22.
- ¹⁸Lee SY, et al.: A prospective, randomized, placebo-controlled, double-blinded, and split-face clinical study on LED phototherapy for skin rejuvenation: clinical, profilometric, histologic, ultrastructural, and biochemical evaluations and comparison of three different treatment settings. *J Photochem Photobiol B* 2007; 88(1): 51–67.
- ¹⁹Kim J, et al.: Clinical trial of nonthermal 633 nm Omnilux LED array for renewal of photoaging: clinical surface profilometric results. *J Korean Soc Laser Med Surg* 2005; 9: 69–76.
- ²⁰Hilal G: Psychosocial Aspects of Hair Loss. In: *Hair and Scalp Disorders* (eds. Zekayi K, Server S). London: IntechOpen Limited 2017; Ch. 13.
- ²¹Han L, et al.: Activation of Wnt / β -catenin signaling is involved in hair growth-promoting effect of 655-nm red light and LED in in vitro culture model. *Lasers Med Sci* 2018; 33(3): 637–645.
- ²²Blume-Peytavi U, et al.: S1 guideline for diagnostic evaluation in androgenetic alopecia in men, women and adolescents. *Br J Dermatol* 2011; 164(1): 5–15.
- ²³Hamblin MR: Photobiomodulation for the management of alopecia: mechanisms of action, patient selection and perspectives. *Clin Cosmet Investig Dermatol* 2019; 12: 669–678.
- ²⁴Leavitt M, et al.: HairMax LaserComb laser phototherapy device in the treatment of male androgenetic alopecia: A randomized, double-blind, sham device-controlled, multicentre trial. *Clin Drug Investig* 2009; 29(5): 283–292.
- ²⁵Ghanaat M: Types of hair loss and treatment options, including the novel low-level light therapy and its proposed mechanism. *South Med J* 2010; 103(9): 917–921.
- ²⁶Katzer T, et al.: Physiopathology and current treatments of androgenetic alopecia: Going beyond androgens and anti-androgens. *Dermatol Ther* 2019; 32(5): e13059.
- ²⁷Galadari H, et al.: Low-level laser therapy and narrative review of other treatment modalities in androgenetic alopecia. *Lasers Med Sci* 2020; 35(6): 1239–1244.
- ²⁸De Oliveira MF, et al.: Low-intensity LASER and LED (photobiomodulation therapy) for pain control of the most common musculoskeletal conditions. *Eur J Phys Rehabil Med* 2022; 58(2): 282–289.
- ²⁹Oyebode O, et al.: Photobiomodulation in diabetic wound healing: A review of red and near-infrared wavelength applications. *Cell Biochem Funct* 2021; 39(5): 596–612.
- ³⁰Elessawy HA, et al.: Effect of Light-Emitting Diode Irradiation on Chronic Nonhealed Wound After Below-Knee Amputation. *Int J Low Extrem Wounds* 2021; 20(3): 251–256.
- ³¹Kumar P, et al.: Light-emitting diode phototherapy for unconjugated hyperbilirubinaemia in neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; 2011(12): CD007969.
- ³²Jo H, et al.: Effects of Organic Light-Emitting Diodes on Circadian Rhythm and Sleep. *Psychiatry Investig* 2021; 18(5): 471–477.