

## Inhaltsverzeichnis

- [Einleitung](#)
- [Indikationen auf einen Blick](#)
- [Haut, Wundheilung & Kollagen \(660 nm\)](#)
  - [Übergreifende Reviews & Mechanismen](#)
  - [Kollagensynthese & Hautverjüngung](#)
  - [Klinische Studien Wundheilung \(JAAD\)](#)
- [Muskeln, Sport & Rehabilitation \(850 nm\)](#)
  - [Skelettmuskelregeneration](#)
  - [Meta-Analysen Sportleistung & Muskelkater](#)
- [Gehirn, Kognition & Neurologie \(810-1.064 nm\)](#)
  - [Mechanismen & allgemeine Wirkungen](#)
  - [Alzheimer & Demenz](#)
  - [TBI & Entgiftung \(1.064 nm\)](#)
  - [Schmerzmanagement](#)
  - [Übergreifende Reviews](#)
  - [Fibromyalgie](#)
  - [Kniearthrose & Tendinopathie](#)
  - [Neuropathischer Schmerz](#)
- [Augenheilkunde \(AMD\)](#)
  - [Altersbedingte Makuladegeneration](#)
- [Onkologie & Mukositis](#)
  - [Leitlinien](#)
  - [Chemotherapie-induzierte Mukositis](#)
  - [Kopf-Hals-Karzinome & Strahlentherapie](#)
- [Immunsystem & Entzündung](#)
  - [Immunmodulation](#)
- [Klinische Empfehlungen](#)
  - [Allgemeine Dosierungsregeln \(Konsensus\)](#)
  - [Evidenzstärke nach Bereich](#)
- [Kontakt zu PBM-Anwendern – Ärzte / Kliniken](#)
  - [Augenheilkunde – Trockene AMD \(Makuladegeneration\)](#)
  - [Onkologie – Orale Mukositis \(Chemo-/Strahlentherapiefolge\)](#)
  - [Dermatologie – Haut, Wundheilung, Akne, Psoriasis](#)
  - [Zahnmedizin / MKG-Chirurgie](#)
  - [Neurologie / Psychiatrie – Alzheimer, TBI, Depression \(frühe Phase\)](#)
  - [Allgemeine Suchwerkzeuge](#)

Lesezeit 24 Minuten

Umfassende Studienübersicht 2023-2025

## Einleitung

Photobiomodulation (PBM), auch bekannt als Low-Level-Lasertherapie (LLLT), ist eine nicht-invasive therapeutische Methode, die Licht bestimmter Wellenlängen nutzt, um biologische Prozesse in lebendem Gewebe zu stimulieren.

Primärer Mechanismus ist die Absorption von Photonen durch den mitochondrialen Photoakzeptor *Cytochrom-c-Oxidase* (CCO), was die *ATP-Synthese* steigert, reaktive Sauerstoffspezies moduliert und eine Kaskade zellulärer Regenerationsprozesse anstößt.

Das therapeutisch relevante „optische Fenster“ liegt zwischen 600 und 1.100 nm. Drei klinisch besonders bedeutsame Wellenlängen sind:

### 660 nm

Eindringtiefe 1-10 mm, Leistungsdichte 6-50 mW/cm<sup>2</sup>  
Ideal für Haut, Wundheilung und oberflächliche Gewebe.

### 850 nm

Eindringtiefe bis 50 mm, Leistungsdichte 50-100 mW/cm<sup>2</sup>  
Geeignet für Muskeln, Gelenke und tiefere Strukturen.

### 1.050-1.064 nm

Tiefe Gewebepenetration, Leistungsdichte 25-285 mW/cm<sup>2</sup> (transkraniell)  
Relevant für Neurologie, Gehirn und Augenheilkunde.

Das Grundprinzip der Dosisfindung folgt der *Arndt-Schulz-Kurve* (Hormesis):

- Zu wenig Licht zeigt keinen Effekt, die optimale Dosis stimuliert
- Zu viel wirkt inhibitorisch bis zellschädigend.

Dieser biphasische Zusammenhang erklärt, warum korrekte Leistungsdichten und Energiedichten entscheidend für den Therapieerfolg sind.

## Indikationen auf einen Blick

Die folgende Tabelle fasst die in klinischen Studien verwendeten Parameter (Wellenlänge, Leistungsdichte, Energiedichte, Dauer, Frequenz) je Behandlungsbereich zusammen.

Quellen: Hamblin/Harvard ([PMC8355782](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/355782/)), [WALT-Leitlinien](#), klinische Studien 2020–2025.

| Indikation                   | Wellenlänge                  | Leistungsdichte                     | Energiedichte           | Dauer / Sitzung    | Frequenz                 |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| Haut / Kollagen              | 660 nm                       | 6–50 mW/cm <sup>2</sup>             | 8–16 J/cm <sup>2</sup>  | 10–21 min          | 2–3× / Woche             |
| Wundheilung                  | 630–660 nm                   | 10–50 mW/cm <sup>2</sup>            | 4–15 J/cm <sup>2</sup>  | 7–20 min           | täglich – 3× / Woche     |
| Muskelregeneration           | 808–850 nm                   | 50–100 mW/cm <sup>2</sup>           | 10–30 J/cm <sup>2</sup> | 5–15 min           | direkt vor/nach Sport    |
| Chronischer Schmerz          | 630–905 nm                   | 40–100 mW/cm <sup>2</sup>           | 4–10 J/cm <sup>2</sup>  | 10–20 min          | 3× / Woche, 6–12 Wo.     |
| Fibromyalgie                 | 630–1.100 nm (Ganzkörper)    | variabel                            | 1–150 J/cm <sup>2</sup> | 15–30 min          | 2–3× / Woche, 4–6 Wo.    |
| Kniearthrose                 | 630–850 nm                   | 40–80 mW/cm <sup>2</sup>            | 4–10 J/cm <sup>2</sup>  | 10–20 min          | 3× / Woche               |
| Gehirn / Kognition           | 810–1.064 nm (transkraniell) | 25–285 mW/cm <sup>2</sup>           | 20–60 J/cm <sup>2</sup> | 10–20 min          | 3× / Woche               |
| AMD / Auge                   | 590 + 660 + 850 nm           | 0,3–15 µW/cm <sup>2</sup> (retinal) | sehr niedrig            | 3–10 min / Sitzung | 3×/Woche bis täglich     |
| Mukositis (Onkologie)        | 630–660 nm                   | 10–25 mW/cm <sup>2</sup>            | 2–6 J/cm <sup>2</sup>   | 3–5 min / Punkt    | täglich während Therapie |
| Immunmodulation / Entzündung | 650–950 nm                   | variabel                            | 1–10 J/cm <sup>2</sup>  | 5–15 min           | 3× / Woche               |

*Leistungsdichte = Irradiance ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) an der Gewebeoberfläche.*

*Energiedichte = Fluenz ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) pro Sitzung.*

*AMD: Retinale Bestrahlungswerte sind deutlich niedriger als Hautoberflächenwerte.*

*Hinweis: Kein einheitlicher internationaler Standard – Werte spiegeln Konsens aus Meta-Analysen und WALT-Empfehlungen wider.*

## Haut, Wundheilung & Kollagen (660 nm)

Rotes Licht bei 660 nm wird von Hautchromophoren besonders effizient absorbiert und aktiviert in Fibroblasten die Kollagensynthese über die Hochregulierung von COL1A1- und COL3A1-Genexpression sowie MMP-9- und NO-Freisetzung.

Eindringtiefe: 1–10 mm (Epidermis, Dermis, Hypodermis). Das biphasische Dosismuster ist bei Hautgewebe besonders ausgeprägt: Energiedichten über  $20 \text{ J}/\text{cm}^2$  können oxidativen Stress auslösen und die Kollagenstimulation umkehren.

### Parameter

- Wellenlänge 660 nm (auch 630–680 nm)
- Leistungsdichte 6–50  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (LED: 6–30; Laser: 30–50)
- Energiedichte 8–16  $\text{J}/\text{cm}^2$  (optimal)
- Dauer 10–21 min | 3× wöchentlich
- Mind. 8 Wochen für Hautverjüngung; 4 Wochen für Wundheilung

## Übergreifende Reviews & Mechanismen

### From light to healing: Photobiomodulation therapy in medical disciplines

*Journal of Translational Medicine (2025)* [Volltext / PubMed](#)

Umfassendes Review, das Photophysik, mitochondriale Biologie und klinische Rehabilitation verbindet. PBM bei 600–1.100 nm aktiviert via CCO erhöhte ATP-Synthese und kontrollierte ROS-Signalisierung, was Transkriptionsfaktoren (NF- $\kappa$ B, AP-1, HIF-1 $\alpha$ ) aktiviert und Wachstumsfaktoren (TGF- $\beta$ , VEGF, IGF-1) hochreguliert. Auf Gewebeebene werden Fibroblasten- und Keratinozytenproliferation, Makrophagenpolarisation und Kollagensynthese gefördert. Wichtigste Dosisempfehlung für Gewebe mit niedrigem Mitochondriengehalt (Haut, Sehne): Leistungsdichte  $< 100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ , Energiedichte 4–10  $\text{J}/\text{cm}^2$  am Zielgewebe.

### Unlocking the Power of Light on the Skin: A Comprehensive Review on Photobiomodulation

*Int. J. Mol. Sci.* (2024) [Volltext / PubMed](#)

Narrativer Review klinischer Studien (6 Jahre) zu PBM in der Dermatologie. 630–950 nm wurden am häufigsten eingesetzt. Für Hautverjüngung optimal: 630–660 nm, 6–50 mW/cm<sup>2</sup>, 8–16 J/cm<sup>2</sup>, 3×/Woche. Bikini-Biphasic-Effekt: Beste Ergebnisse bei moderat-intermediären Dosen; Überdosierung (>20 J/cm<sup>2</sup> auf Hautoberfläche) kann Kollagensynthese hemmen statt fördern.

## Kollagensynthese & Hautverjüngung

### Optimizing Low-Level Light Therapy for Skin Rejuvenation

*SCIRP* (2025) [Volltext / PubMed](#)

RCT (Split-Face) mit 830 nm + 633 nm LED. Parameter: 6,4 mW/cm<sup>2</sup>, 8,05 J/cm<sup>2</sup>, 21 Minuten pro Sitzung, 3×/Woche für 4 Wochen. Signifikante Faltenreduktion und verbesserte Hautelastizität. Wichtiger Befund: 3 wöchentliche Sitzungen waren effektiver als 2 – Frequenz beeinflusst Ergebnis stark.

### Regulation of Skin Collagen Metabolism using 660 nm LED

*Journal of Investigative Dermatology* (klass. Studie) [Volltext / PubMed](#)

#### Parameter

- 660 nm, gepulst (sequentielle Pulsmodus-LED)
- 11 Sitzungen

#### Ergebnisse

- +31% Typ-1-Prokollagen
- -18% MMP-1 in Gewebebiopsien.
- >90% der Probanden zeigten Reduktion der Faltentiefe.
- Das sequentielle Pulsmuster (nicht Dauerstrich) war entscheidend für die photobiologische Wirksamkeit.

## Klinische Studien Wundheilung (JAAD)

### Photobiomodulation CME part II: Clinical applications in dermatology

*Journal of the American Academy of Dermatology* (2024) [Volltext / PubMed](#)

Konsensus von >20 Experten (JAAD). Parameter für diabetische Ulzera (Evidenzlevel

IA): 630–670 nm, 10–50 mW/cm<sup>2</sup>, 2–6 J/cm<sup>2</sup>, tägliche Anwendung oder 3×/Woche bis zum Wundverschluss. Meta-Analyse von 12 RCTs: Ulkusfläche -30,9%, -4,2 cm<sup>2</sup> gegenüber Kontrolle. Alle Wundheilungsphasen (entzündlich, proliferativ, Remodeling) werden positiv beeinflusst.

### **Effect of PBM Therapy (660 nm) on Wound Healing Infected by Staphylococcus aureus**

*Photobiomodul Photomed Laser Surg.* (2020) [Volltext / PubMed](#)

Tierstudie: 660 nm, 35 min/Tag, 7 Tage. Signifikant kleinere Wunden ( $p < 0,01$ ), mehr Granulationsgewebe, höchster Kollagengehalt (Grad 3+). PCNA-Proliferationsmarker deutlich erhöht. Hinweis: Intensität bewusst niedrig gehalten – bei infizierten Wunden besonders wichtig, die Dosis nicht zu überschreiten ( $< 15$  J/cm<sup>2</sup>).

## **Muskeln, Sport & Rehabilitation (850 nm)**

Nahinfrarot-Licht bei 850 nm penetriert bis zu 50 mm tief. Der optimale Parameter für Muskelanwendungen liegt laut Meta-Analyse (Baroni et al., 2019) bei 810 nm, 100 mW/cm<sup>2</sup>, 30 J/cm<sup>2</sup> – hier wurden 15% Kraftzuwachs bei trainierten Athleten gemessen. Bei zu hohen Dosen ( $>50$  J/cm<sup>2</sup>,  $>200$  mW/cm<sup>2</sup>) nehmen die Effekte ab. Die Studie von Leal-Junior et al. (2011) bestimmte die optimale Dosis für 810 nm auf 30 J gesamt (nicht J/cm<sup>2</sup>) über 6 Muskelpunkte vor dem Training.

### **Parameter**

- Wellenlänge 808–850 nm
- Leistungsdichte 50–100 mW/cm<sup>2</sup> (Laser); 30–150 mW/cm<sup>2</sup> (LED-Panel)
- Energiedichte 10–30 J/cm<sup>2</sup> (Sportler); 6–10 J/cm<sup>2</sup> (Rehabilitation)
- Dauer 5–15 min/Muskelgruppe  
Anwendung direkt vor oder nach Training
- 3–7×/Woche bei intensivem Training; 2–3× bei Rehabilitation

## **Skelettmuskelregeneration**

### **PBMT in skeletal muscle regeneration: comprehensive review**

*Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* (2025) [Volltext / PubMed](#)

Schlüsselstudie (Baroni 2019): 810 nm, 100 mW/cm<sup>2</sup>, 30 J/cm<sup>2</sup>, 6 Muskelpunkte →

15% Kraftzuwachs bei Sportlern. IL-6-Reduktion um 40% mit präventivem PBM (5 J/cm<sup>2</sup> auf Ratten-Tibialis). Warnung: Parameter aus Tierstudien (z.B. 5 J/cm<sup>2</sup>) nicht direkt auf Menschen übertragbar – menschlicher Quadrizeps benötigt höhere Energiedichten wegen größerer Gewebetiefe.

### **PBM in human muscle tissue: an advantage in sports performance?**

*J. Biophotonics (PMC) (2016)* [Volltext / PubMed](#)

Systematischer Review aller RCTs (Level 1b) und Case-Control-Studien (Level 3b). Wirksamste Parameter für Bizeps-Anwendung: 810–850 nm, 50–100 mW/cm<sup>2</sup>, 10–30 J/cm<sup>2</sup>. Wirksamste Parameter für Quadrizeps (größerer Muskel, tieferes Gewebe): höhere Energien erforderlich, Cluster-Applikatoren (5 Dioden) bevorzugt. PBM prä-Training ist mindestens gleichwertig, oft überlegen zu post-Training-Anwendung für Kraftwerte.

## **Meta-Analysen Sportleistung & Muskelkater**

### **Effects of Photomodulation Therapy for DOMS: Systematic Review & Meta-Analysis** *MDPI JFMK (2025)* [Volltext / PubMed](#)

14 Studien, Wellenlängen 660–950 nm, 1–6 Muskelpunkte. Optimal für DOMS-Reduktion: 830–850 nm, 50–100 mW/cm<sup>2</sup>, 6–10 J/cm<sup>2</sup> pro Punkt, direkt nach dem Training. Signifikante VAS-Schmerzreduktion gegenüber Placebo; positive Effekte auf Muskelkaterhalt.

### **Can pre-exercise PBM improve muscle endurance and promote recovery? Meta-Analysis**

*Lasers in Medical Science (2024)* [Volltext / PubMed](#)

Kreatinkinase um 77,56 Einheiten reduziert (95%-KI: -112,67 bis -42,44,  $p < 0,01$ ). Effektivste Parameter: 810 nm, 200 mW Gesamtleistung, 30 J Gesamtenergie auf 6 Quadrizepspunkte. Biphasischer Befund: 50 J gesamt war weniger effektiv als 30 J – klares Beispiel der Hormesis/Arndt-Schulz-Kurve.

### **Pre-Exercise PBM (810 nm): Optimal Power Output for Muscle Recovery**

*Photomed Laser Surg. (2017)* [Volltext / PubMed](#)

RCT mit 28 Fußball-Athleten. Vergleich 100, 200, 400 mW Leistung pro Diode (5 Dioden, 810 nm). Ergebnis: 100 mW/Diode (500 mW gesamt) war optimal. Höhere

Leistung (200, 400 mW) zeigte keine besseren oder sogar schlechtere Ergebnisse – klassisches Beispiel: mehr Leistungsdichte ist nicht automatisch besser.

### **Effects of PBM, IPC and NMES on muscle recovery: Systematic review**

*Journal of Bodywork and Movement Therapies (2025)* [Volltext / PubMed](#)

19 RCTs, 672 Teilnehmer. PBM prä-Training reduzierte Schmerzen um -12,27 Punkte (95%-KI -18,14 bis -6,40;  $I^2 = 48\%$ ). PBM war die einzige Methode (vs. IPC und NMES) mit signifikantem Vorteil. Empfohlene Parameter: 810–850 nm, 50–100 mW/cm<sup>2</sup>, 6–10 J/cm<sup>2</sup>.

## **Gehirn, Kognition & Neurologie (810–1.064 nm)**

Transkranielle PBM muss mehrere biologische Barrieren überwinden (Kopfhaut, Schädelknochen, Meningen, Liquor, Kortex). Deshalb sind die benötigten Leistungsdichten deutlich höher als bei oberflächlichen Anwendungen. Eine 2024er Systematic Review (97 Studien, 2.133 Quellen) ergab: Studien verwenden typischerweise ~250 mW/cm<sup>2</sup> an der Oberfläche – wovon nur ein Bruchteil das Hirngewebe erreicht. Bei kortikalen Neuronen: optimale ATP-Produktion bei 25 mW/cm<sup>2</sup>, 3 J/cm<sup>2</sup>. Bei 30 J/cm<sup>2</sup> trat bereits mitochondriale Schädigung auf (zu hohe Dosis = inhibitorisch).

### **Parameter**

- Wellenlänge 810 nm (Kognition/Alzheimer), 1.064 nm (tiefe Penetration/TBI)
- Leistungsdichte 25–285 mW/cm<sup>2</sup> an der Kopfhaut (Zielgewebe: Kortex erhält Bruchteil davon)
- Energiedichte 20–60 J/cm<sup>2</sup> (Oberfläche); 3 J/cm<sup>2</sup> am Zielgewebe (Neuronen)
- Dauer 10–20 min | 3×/Woche (12 Wochen für Alzheimer-RCTs)
- Mind. 8–12 Wochen für kognitive Effekte; akute Effekte ab 1–2 Wochen bei TBI

## **Mechanismen & allgemeine Wirkungen**

### **Photobiomodulation Therapy on Brain: Revolutionize Cognitive Dynamics**

*MDPI Cells (2024)* [Volltext / PubMed](#)

PBM aktiviert Cytochrom-c-Oxidase in neuronalen Mitochondrien, steigert BDNF. 810 nm zeigt stärkere CCO-Aktivierung als 1.064 nm (CCO-Absorptionspeak bei ~810 nm). 1.064 nm hingegen beeinflusst Ca<sup>2+</sup>-Kanäle stärker. Klinische Parameter-



Konsens: 810 nm, 250 mW/cm<sup>2</sup> Oberfläche, 20–60 J/cm<sup>2</sup>, transkranial auf Präfrontalkortex und Temporallappen.

### **Brain PBM Narrative Review: Mechanisms, doses, future trends**

*PMC (Brain Photobiomodulation Review) (2018)* [Volltext / PubMed](#)

Schlüsselparameter: Korticale Neuronen (kultiviert): 25 mW/cm<sup>2</sup>, optimale ATP-Produktion bei 3 J/cm<sup>2</sup>. Höhere Dosen (10 J/cm<sup>2</sup>) stimulieren weniger, 30 J/cm<sup>2</sup> führt zu mitochondrialer Schädigung. Für tiefere Hirnregionen (Basalganglien, Hirnstamm bei Parkinson): Class-4-Laser (10–15 W) statt Class-3 (<0,5 W) empfohlen, um ausreichend Fluenz in die Tiefe zu bringen.

## **Alzheimer & Demenz**

### **Brain PBM: potential treatment in Alzheimer's & Parkinson's**

*PMC (2025)* [Volltext / PubMed](#)

Präklinische Studien: 808–810 nm, gepulst (40 Hz), täglich oder 3×/Woche, 12 Wochen. Zeigte Reduktion von Amyloid-Beta, ox. Stress, Neuroinflammation; bessere kognitive Scores im Tier-Modell. Klinische Studie (Japan): gepulstes 810 nm-Licht (40 Hz), 3×/Woche, 12 Wochen, Ergebnis: signifikant verbesserte ADAS-Cog-Scores.

### **Transcranial PBM in Alzheimer's: RCT-Protokoll (Japan)**

*Frontiers in Neurology (2024)* [Volltext / PubMed](#)

Vollständig beschriebene RCT-Parameter: 810 nm, gepulst 40 Hz, 250 mW/cm<sup>2</sup>, 20 min/Sitzung, 3×/Woche, 12 Wochen. EEG-Messungen zeigten verbesserter Alpha/Beta/Gamma-Rhythmus. Primärer Endpunkt ADAS-Cog (Alzheimer-Kognitionsskala). Prospektive Sham-kontrollierte Studie.

### **Transcranial PBM Improves Cognitive Function, PTSD & Post-Concussion Symptoms**

*Journal of Neurotrauma (2025)* [Volltext / PubMed](#)

RCT, 17 TBI-Patienten. Parameter: 810 nm oder 1.064 nm, 250 mW/cm<sup>2</sup>, 20 J/cm<sup>2</sup>, 10 min/Sitzung. Signifikante Verbesserungen bei kognitiver Funktion, PTSD und Post-Concussion-Symptomen. Placebokontrolliert.

## TBI & Entgiftung (1.064 nm)

### **1064 nm PBM promotes TBI recovery via modulating neuroinflammation**

*Journal of Translational Medicine* (2025) [Volltext / PubMed](#)

Mausmodell: 1.064 nm LED, 25 mW/cm<sup>2</sup>, 12 min/Tag (= 18 J/cm<sup>2</sup>), 14 Tage. Signifikante Erholung nach TBI, Milderung kognitiver und emotionaler Beeinträchtigungen. BDNF und VEGF signifikant erhöht im Behandlungsgebiet. Mechanismus: Modulation von Mikroglia-Polarisation und Neuroinflammation.

### **PBM & the Glymphatic System: Augmenting Brain Lymphatic Drainage**

*Int. J. Mol. Sci.* (2022) [Volltext / PubMed](#)

Tierstudien: PBM (810 nm, 25–50 mW/cm<sup>2</sup>) verbessert meningealen Lymphfluss, fördert Amyloid-Beta-Clearance über glymphatisches System. Therapeutische Implikation: Entgiftungsfunktion des Gehirns – relevant für Alzheimer-Prävention und allgemeine Gehirngesundheit.

## Schmerzmanagement

PBM wirkt analgetisch über mehrere Mechanismen: Reduktion proinflammatorischer Zytokine (TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$ ), Modulation nozizeptiver C- und A $\delta$ -Fasern, Steigerung der Endorphinausschüttung und Verbesserung der lokalen Mikrozirkulation. Für oberflächliche Schmerzpunkte (Tender Points, Trigger Points): 630–660 nm reicht aus. Für tiefere muskuloskelettale Strukturen (Gelenke, Wirbelsäule): 780–905 nm mit höherer Leistungsdichte.

### **Parameter**

- Wellenlänge 630–905 nm (je nach Tiefe des Schmerzpunkts)
- Leistungsdichte 40–100 mW/cm<sup>2</sup> (oberflächlich: 40–60; tief: 60–100)
- Energiedichte 4–10 J/cm<sup>2</sup> pro Punkt (bei Fibromyalgie: bis 150 J/cm<sup>2</sup> Ganzkörper)
- Dauer 10–20 min/Sitzung
- Frequenz 3×/Woche, 6–12 Wochen; Fibromyalgie: 4–6 Wochen intensiv + Follow-up

## Übergreifende Reviews

### **Effects of PBM on multiple health outcomes: Umbrella Review of RCTs**

*Systematic Reviews (Springer) (2025)* [Volltext / PubMed](#)

15 Meta-Analysen, >9.000 Patienten, 35 Endpunkte, 15 Erkrankungen. Stärkste Evidenz für Fibromyalgie, Kniearthrose-Disability und kognitive Beeinträchtigung. PBM-Protokolle variierten stark – kein einheitlicher Standard existiert, was die Vergleichbarkeit erschwert. GRADE-Qualität: 17% moderat, 57% gering, 26% sehr gering.

### **PBM in chronic pain: Systematic Review of RCTs**

*Frontiers in Integrative Neuroscience (2026)* [Volltext / PubMed](#)

14 RCTs, 6.611 Artikel gescreent. Stärkste Ergebnisse für Fibromyalgie und periphere Neuropathien: VAS-Reduktion signifikant ( $p = 0,010$ ), Tender Points signifikant reduziert ( $p < 0,0001$ ). Empfohlene Parameter für neuropathischen Schmerz: 660–830 nm, 40–80 mW/cm<sup>2</sup>, 4–6 J/cm<sup>2</sup>, 3× wöchentlich.

## Fibromyalgie

### **Effectiveness of PBMT in Fibromyalgia: Systematic Review (17 Studien)**

*MDPI Applied Sciences (2025)* [Volltext / PubMed](#)

857 Teilnehmer. Eingesetzte Geräte: Low-Level-Laser, Infrarot-LED, Ganzkörper-Lichtbetten (NovoTHOR). Ganzkörper-PBM (630–1.100 nm, variable Fluenz 1–150 J/cm<sup>2</sup>) war mindestens gleichwertig zu lokaler PBM. Mechanismus: Modulation von oxidativem Stress, Mitochondrienfunktion und nozizeptiven Signalwegen.

Empfehlung: Ganzkörperansatz bevorzugt bei weit verbreiteten Schmerzpunkten.

### **Whole-body PBM on pain, QoL, kinesiophobia: triple-blinded RCT, 6 Monate Follow-up**

*Frontiers in Neuroscience (2024)* [Volltext / PubMed](#)

42 Patienten, NovoTHOR-Ganzkörperbett (660 + 850 nm, proprietäre Leistungsdichte). 12 Behandlungssitzungen. Signifikante Schmerzreduktion bei T2 (nach Therapie), T3 (2-Wochen-Follow-up) und T4/T5 (3 und 6 Monate). Ganzkörper-PBM adressiert systemische Fibromyalgie-Pathologie effektiver als punktuelle Anwendung.

## Kniearthrose & Tendinopathie

### PBM for knee osteoarthritis: Systematic Review & Meta-Analysis (10 RCTs)

*Physical Therapy (2024)* [Volltext / PubMed](#)

542 Teilnehmer. Effektivste Parameter: 810–830 nm, 50–100 mW/cm<sup>2</sup>, 4–10 J/cm<sup>2</sup> auf Kniegelenksraum, 10–20 min, 3×/Woche. Moderate Evidenz für Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung. Hinweis: Kniegelenk liegt tiefer als Hautoberfläche – daher 810–850 nm (tiefere Penetration) bevorzugt gegenüber 660 nm.

## Neuropathischer Schmerz

### PBM in neuropathic pain: mechanisms, evidence & future directions

*Frontiers in Photonics (2025)* [Volltext / PubMed](#)

660 nm aktiviert andere Photoakzeptoren als 810–850 nm. Für oberflächliche Neuropathie (z.B. postherpetische Neuralgie): 660 nm, 20–50 mW/cm<sup>2</sup>, 4–6 J/cm<sup>2</sup>. Für tiefe Neuropathie (z.B. diabetische Polyneuropathie Füße): 810–830 nm, 50–100 mW/cm<sup>2</sup>, 6–10 J/cm<sup>2</sup>. Mechanismus: PBM induziert Neuroprotection via BDNF-Synthese und Neuroinflammations-Suppression.

## Augenheilkunde (AMD)

Bei Augen Anwendungen (besonders AMD) gelten besondere Dosierungsregeln: Die retinale Bestrahlungsstärke (was tatsächlich die Netzhaut erreicht) ist drastisch niedriger als die Geräteleistungsdichte. Geräte wie die Photobiomodulation-Brille (LumiThera) geben Licht durch die Pupille – direkt auf die Macula. Daher können schon 0,3–15 µW/cm<sup>2</sup> retinale Bestrahlungsstärke ausreichen. Vorsicht: Falsche Dosierung kann Netzhautschäden verursachen. Nur zugelassene ophthalmologische PBM-Geräte verwenden!

### Parameter

- Wellenlänge 590 nm + 660 nm + 850 nm (Multiwellenlängen, z.B. LIGHTSITE III)
- Leistungsdichte 0,3–15 µW/cm<sup>2</sup> (retinal); Gerät ~600 µW/cm<sup>2</sup> Oberfläche
- Energiedichte sehr niedrig, minutiös kalibriert
- Dauer 3–10 min/Sitzung, 3× pro Woche über 3–13 Monate

- Langzeitanwendung; Kontrolle alle 3 Monate

## Altersbedingte Makuladegeneration

### **LIGHTSITE III: PBM (590+660+850 nm) bei trockener AMD**

*RETINA Journal (2024)* [Volltext / PubMed](#)

100 Patienten, 10 US-Zentren, 13 Monate. Gerät: LumiThera Valeda Light Delivery System. Wellenlängen: 590 + 660 + 850 nm sequenziell. Behandlung: 3×/Woche über 3 Monate, dann erneute Behandlungszyklen. Ergebnis: +5,4 Buchstaben Sehschärfe (ETDRS) vs. Sham, <1% neue geografische Atrophie vs. 9,8% im Sham-Arm – statistisch hochsignifikant.

### **PBM4AMD: Short-term efficacy in early/intermediate AMD**

*Eye (Nature) (2024)* [Volltext / PubMed](#)

38 Teilnehmer, 12 Wochen. Parameter: Multiwellenlängen (ähnlich LIGHTSITE), 10 min/Sitzung, 3×/Woche. Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Dunkeladaptation verbesserten sich signifikant. Sicherheit: keine thermischen oder strukturellen Nebenwirkungen an der Retina.

### **PBM use in ophthalmology: bench to bedside**

*Frontiers in Ophthalmology (2024)* [Volltext / PubMed](#)

Erklärt die komplexe Parameterlage in der Ophthalmologie: Retinale Bestrahlungsdichte ist entscheidend, nicht die Geräteleistung. Verschiedene AMD-Studien mit 630 nm zeigten bereits bei 15  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  retinal signifikante Verbesserungen. Keine Nebenwirkungen über 15 Jahre bei korrekter Dosierung – wichtig: Nur kalibrierte Medizingeräte mit augenspezifischen Zulassungen verwenden.

## Onkologie & Mukositis

Orale Mukositis ist die häufigste akute Nebenwirkung bei Chemo-/Strahlentherapie. PBM wird präventiv (vor und während der Krebstherapie) intraoral auf die Mundschleimhaut appliziert. Laut MASCC/ISOO-Leitlinien (2019) ist PBM die einzige nicht-pharmakologische Intervention mit einer formellen Empfehlung (Level A) für Mukositis-Prävention bei hämatopoetischer Stammzelltransplantation. Die Wellenlängen und Dosierungen sind in diesem Bereich am besten standardisiert.

## Parameter

- Wellenlänge 630–660 nm (intraoral); 650 + 980 nm (kombiniert intra+extraoral)
- Leistungsdichte 10–25 mW/cm<sup>2</sup> (MASCC/ISOO empfiehlt InGaAlP-Laser 10–25 mW)
- Energiedichte 2–6 J/cm<sup>2</sup> pro Mukosapunkt
- Dauer 3–5 min/Punkt  
Anwendung täglich oder alternierend während Krebstherapie
- Frequenz Täglich während Chemo-/Strahlentherapie; mind. 5× pro Woche

## Leitlinien

### MASCC/ISOO Clinical Practice Guidelines for PBM & Oral Mucositis

*Support Care Cancer* (2019) [Volltext / PubMed](#)

Formelle Empfehlung (höchstes Evidenzlevel): Wellenlänge 632–685 nm (He-Ne oder InGaAlP), Leistung 10–25 mW, Energiedichte 2–4 J/cm<sup>2</sup> pro Applikationspunkt, intraoral auf erkrankte Bereiche. Frequenz: täglich während Chemo. Gilt für: hämatopoetische Stammzelltransplantation, Kopf-Hals-Chemoradiotherapie. Keine nennenswerten Nebenwirkungen nach 15 Jahren Nachverfolgung.

## Chemotherapie-induzierte Mukositis

### Preventive PBM for Chemo-Induced Oral Mucositis: Systematic Review of RCTs

*MDPI Biomedicines* (2025) [Volltext / PubMed](#)

13 Studien, 828 Patienten. Verwendete Parameter: 630–660 nm InGaAlP-Diodenlaser, 10–25 mW, 2–6 J/cm<sup>2</sup>, intraoral täglich. 211 vs. 128 Patienten entwickelten Mukositis (Kontrolle vs. PBM). 85% der Studien hatten geringes Biasrisiko. Präventiv angewendetes PBM signifikant überlegen gegenüber reaktiver Behandlung.

### PBM preconditioning for oral mucositis: double-blind RCT

*BMC Oral Health* (2025) [Volltext / PubMed](#)

45 Patienten, 3 Gruppen. Gruppe 2: intraoral 650 nm (4 J/cm<sup>2</sup>). Gruppe 3: intraoral 650 nm + extraoral 980 nm. Beide Interventionsgruppen zeigten signifikante Prävention von Mukositis und Xerostomie. Ergebnis: Kombination aus rotem +

Infrarot-Licht (650 + 980 nm) maximal effektiv für Gesamtmundbereich-Abdeckung.

## Kopf-Hals-Karzinome & Strahlentherapie

### **PBM for oral mucositis in head & neck cancer: Meta-Analysis of 14 RCTs**

*Head & Neck (Wiley) (2024)* [Volltext / PubMed](#)

869 Patienten. Parameter-Analyse: He-Ne und InGaAlP-Laser (630–660 nm), 10–25 mW, 2–6 J/cm<sup>2</sup>, tägliche Anwendung während Strahlentherapie zeigten beste Ergebnisse. Relative Risikoreduktion für Mukositis: RR = 0,49 (p = 0,04) ab Woche 2. Schmerzreduktion: WMD = -1,09 (p < 0,00001). Hochsignifikante Wirksamkeit über 7 Wochen Strahlentherapie.

## Immunsystem & Entzündung

PBM beeinflusst das Immunsystem kontextabhängig: In entzündetem Gewebe wirkt es anti-inflammatorisch (reduziert TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$ ; fördert M2-Makrophagen-Polarisation), in gesundem Gewebe stimulierend. Die immunmodulatorische Wirkung ist innerhalb des optischen Fensters (650–950 nm) nachgewiesen, mit einem Dosiskorridor von 1–10 J/cm<sup>2</sup>. Wichtig: Diese Dosen sind deutlich niedriger als für Muskelanwendungen – das Immunsystem reagiert empfindlicher.

### **Parameter**

- Wellenlänge 650–950 nm (breitestes Wirkspektrum; 660 + 850 nm-Kombination empfohlen)
- Leistungsdichte 20–80 mW/cm<sup>2</sup>
- Energiedichte 1–10 J/cm<sup>2</sup> (Immunmodulation)  
höhere Dosen können immunsuppressiv wirken
- Dauer 5–15 min/Sitzung
- 3×/Woche; bei akuter Entzündung täglich in der ersten Woche

## Immunmodulation

### **Immunomodulatory effects of PBM: comprehensive review**

*Lasers in Medical Science (2025)* [Volltext / PubMed](#)

Optimale Parameter für Immunmodulation: 650–950 nm, 20–80 mW/cm<sup>2</sup>, 1–10 J/cm<sup>2</sup>. PBM beeinflusst dendritische Zellen (Migration, Zytokinproduktion), fördert

Makrophagen-M2-Polarisation und reguliert T-Zellantworten. Wichtiger Befund: Bereits 1 J/cm<sup>2</sup> reicht für messbare immunologische Effekte – deutlich unterhalb der für Muskel/Knochen empfohlenen Dosen.

**Efficacy of PBM therapy in treatment of pain and inflammation: Literature Review**  
*PMC (2023)* [Volltext / PubMed](#)

PBM 600–1.070 nm, Energiedichte 1–150 J/cm<sup>2</sup>. Für Entzündungshemmung optimal: 780–950 nm, 40–80 mW/cm<sup>2</sup>, 4–10 J/cm<sup>2</sup>, 3×/Woche. Ganzkörper-PBM zeigte systemische Immuneffekte: verbesserte Schlafqualität, Morgensteifigkeit, Muskelkrampfreduktion, psychologische Faktoren. Besonders relevant für chronisch-entzündliche Systemerkrankungen (z.B. Fibromyalgie, RA).

**Review of light parameters and PBM efficacy (Hamblin, Harvard)**  
*J. Biomed. Optics (PMC) (2021)* [Volltext / PubMed](#)

Grundlagenarbeit zur Parameterfindung (Hamblin/Harvard). Zentrale Aussage: Keine universelle Einigung auf optimale Parameter – Leistungsdichte < 100 mW/cm<sup>2</sup> und Energiedichte 4–10 J/cm<sup>2</sup> am Zielgewebe gelten als Konsensus für konservative Empfehlung. Biphasische Dosis-Antwort (Arndt-Schulz): Zellstimulation zwischen 0,5–10 J/cm<sup>2</sup>, Inhibition über ~30 J/cm<sup>2</sup>. Gewebe mit hohem Mitochondriengehalt (Muskel, Nerv, Herz, Gehirn) benötigen mehr Energie als Gewebe mit niedrigem Mitochondriengehalt (Haut, Sehne, Knorpel).

## Klinische Empfehlungen

Photobiomodulation ist die erste nicht-invasive Therapiemodalität mit nachgewiesener klinischer Wirksamkeit in mindestens 7 verschiedenen medizinischen Disziplinen. Die Stärke der Evidenz variiert: Am belastbarsten sind die Daten für orale Mukositis (MASCC/ISOO-Leitlinie), Wundheilung (Meta-Analysen LoE I) und Muskelregeneration im Sport. Sehr vielversprechend, aber noch im Aufbau, sind die Bereiche Gehirn/Neurologie und AMD.

### Allgemeine Dosierungsregeln (Konsensus)

#### Energiedosis

5–50 Joule gesamt pro Sitzung (Richtwert: ~25 J)

#### Wellenlänge je Ziel



660 nm für Haut/oberflächlich

810–850 nm für Muskeln/Gelenke/tiefes Gewebe

1.050–1.064 nm für Gehirn

### **Leistungsdichte je Tiefe**

Haut 6–50 mW/cm<sup>2</sup>

Muskeln 50–100 mW/cm<sup>2</sup>

Gehirn (transkraniell) 25–285 mW/cm<sup>2</sup>

### **Biphasik beachten**

Höhere Dosen sind nicht automatisch besser.

- Haut: max. 20 J/cm<sup>2</sup>
- Neuronen: max. 10 J/cm<sup>2</sup> am Zielgewebe
- für Muskeln: max. 30–50 J/cm<sup>2</sup>

**Kombinationsgeräte** – 660 + 850 nm bieten breitestes Spektrum; erfordern ~50% mehr Behandlungszeit

### **Behandlungsintervall**

Täglich bis 3×/Woche; Pause alle 1–2 Tage empfohlen zur Erholung der Zellen

### **Evidenzstärke nach Bereich**

#### **Sehr stark (LoE I, WALT/MASCC-Leitlinien)**

- Mukositis bei Krebs
- Wundheilung
- Kollagen/Haut

#### **Stark (LoE I, Meta-Analysen)**

- Muskelregeneration
- Fibromyalgie
- AMD

#### **Moderat (LoE II, RCTs)**

- Kniearthrose
- neuropathischer Schmerz
- Kognition (transkraniell)

#### **Früh (präklinisch/Pilot)**

- Entgiftung, Lymphsystem
- Langzeitüberleben Krebs
- 1.064 nm tiefe Hirnstrukturen

## Kontakt zu PBM-Anwendern – Ärzte / Kliniken

### Augenheilkunde – Trockene AMD (Makuladegeneration)

Dies ist der klinisch am weitesten entwickelte und regulatorisch abgesicherte Bereich. Das Gerät **Valeda (LumiThera)** ist CE-zertifiziert und seit 2018 in Europa zugelassen; seit November 2024 auch FDA-zugelassen.

| Anbieter                                                                                                                                                | Ort          | Link                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Makula-Netzhaut-Zentrum</b> (Prof. Dr. Hakan Kaymak – einer der weltweit erfahrensten Anwender, führt ~10 % aller weltweiten PBM-Behandlungen durch) | Düsseldorf   | <a href="https://augenchirurgie.clinic">augenchirurgie.clinic</a> |
| <b>Augenarzt Witten</b> (Dr. Riha) – eine der ersten Praxen in Deutschland                                                                              | Witten / NRW | <a href="https://augenarzt-witten.de">augenarzt-witten.de</a>     |
| <b>Augenarzt München</b> (Dr. Augsten)                                                                                                                  | München      | <a href="https://augenarzt-muc.de">augenarzt-muc.de</a>           |
| <b>Augenärzte Gerl &amp; Kollegen</b> (Valeda-Programm)                                                                                                 | München      | <a href="https://augenlinik.de">augenlinik.de</a>                 |
| <b>Dr. Riha Augenheilkunde</b>                                                                                                                          | Wien / AT    | <a href="https://dr-riha.com">dr-riha.com</a>                     |
| <b>Augenärzte Bern</b> (CH)                                                                                                                             | Bern / CH    | <a href="https://augenaerzte-bern.ch">augenaerzte-bern.ch</a>     |
| <b>Berner Augenklinik</b> (Prof. Garweg)                                                                                                                | Bern / CH    | <a href="https://augenlinik-bern.ch">augenlinik-bern.ch</a>       |

**Hinweis:** Die Kosten werden i.d.R. nicht von der gesetzlichen Krankenkasse übernommen (IGeL).

Eine Suchmaschine für weitere Valeda-Zentren bietet LumiThera auf ihrer Website an.

### Onkologie – Orale Mukositis (Chemo-/Strahlentherapiefolge)

PBM zur Prävention und Behandlung von Mundschleimhautentzündungen ist leitliniengestützt (MASCC/ISOO) und wird zunehmend in onkologischen Supportivprogrammen integriert. Ein europäischer klinischer Leitfaden wurde 2025/2026 erstmals etabliert.

| Anbieter                                                                                       | Hinweis                                                                     | Link                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>rj-laser.com</b> – Dentale Lasertherapie-Plattform mit klinischen Protokollen zur Mukositis | Fachportal DE/AT/CH                                                         | <a href="http://rj-laser.com">rj-laser.com</a>                             |
| <b>Krebsinformationsdienst (KID)</b>                                                           | Empfiehl PBM ausdrücklich als Option bei Mukositis in der Supportivtherapie | <a href="http://krebsinformationsdienst.de">krebsinformationsdienst.de</a> |

Konkrete Kliniken in Deutschland, die PBM bei Mukositis routinemäßig anbieten, publizieren dies selten explizit auf Patientenwebseiten. Die Behandlung findet meist als Teil der stomatologischen Supportivbetreuung in großen Onkologiezentren (z.B. Unikliniken) statt.

Eine Anfrage beim behandelnden Onkologiezentrum oder MKG-Chirurgen ist empfehlenswert.

## Dermatologie – Haut, Wundheilung, Akne, Psoriasis

PBM mittels LED-Lichttherapie ist in vielen Hautarztpraxen und ästhetischen Kliniken etabliert.

| Anbieter                                                                                                                          | Ort        | Link                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Dermatologie Dr. Friedl</b> – LED-Lichttherapie (Medisol®) bei Akne, Vitiligo, Psoriasis, Hautalterung, weißem Hautkrebs (PDT) | Österreich | <a href="http://dermatologie-friedl.de">dermatologie-friedl.de</a> |

Darüber hinaus setzen viele ästhetische Dermatologiepraxen und Laserzentren in Deutschland PBM ein (z.B. mit Fotona-Systemen). Suche nach „LED Lichttherapie Dermatologie“ oder „PBM Hautarzt“ mit Ortsangabe ist empfehlenswert.

## Zahnmedizin / MKG-Chirurgie

PBM ist in der Zahnmedizin weit verbreitet, u.a. bei Kiefergelenkschmerzen (CMD), postoperativer Wundheilung, Implantaten und Mukositis. Kieferorthopäden setzen das **OrthoPulse®-Gerät** zur Beschleunigung der Zahnbewegung ein (Eigenanwendung, ca. 600 €).

| Anbieter / Portal                                         | Hinweis                                   | Link                                                 |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>ZWP Online</b> – Übersicht zur KFO-PBM                 | Fachportal                                | <a href="http://zwp-online.info">zwp-online.info</a> |
| <b>Fotona Lasersysteme</b> (Händler-/Kliniksuche möglich) | Dentale und medizinische PBM, LightWalker | <a href="http://fotona.com">fotona.com</a>           |

## Neurologie / Psychiatrie – Alzheimer, TBI, Depression (frühe Phase)

Dieser Bereich befindet sich noch in der klinischen Erprobung. Regulär zugelassene Patientenangebote in Deutschland sind noch selten; es existieren jedoch erste Zentren und Studien.

| Anbieter / Portal                                                                      | Hinweis   | Link                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PBM-Photobiomodulation.eu</b> – europäisches Informationsportal mit Praxisübersicht | DACH-Raum | <a href="http://pbm-photobiomodulation.eu">pbm-photobiomodulation.eu</a>       |
| <b>Neurofeedback Luxembourg</b> – informiert über neurologische PBM-Anwendungen        | LU/DACH   | <a href="http://neurofeedback-luxembourg.com">neurofeedback-luxembourg.com</a> |

## Allgemeine Suchwerkzeuge

- Der Hersteller LumiThera bietet auf seiner Website eine **Standortsuche** für Valeda-Praxen: [lumithera.com](http://lumithera.com)
- Das Portal [pbm-photobiomodulation.eu](http://pbm-photobiomodulation.eu) listet europäische Praxen auf
- Die **World Association for Laser Therapy (WALT)** bietet eine globale Therapeutensuche

---

**Wichtiger Hinweis:** Die Kostenübernahme durch gesetzliche Krankenkassen ist in Deutschland für die meisten PBM-Indikationen (außer der supportiven Onkologie in einigen Zentren) noch nicht geregelt.

PBM wird überwiegend als **IGeL-Leistung** privat abgerechnet.

---

*Das Dokument basiert auf peer-reviewter Literatur aus PubMed, PMC, Frontiers, MDPI, Springer und Nature im Zeitraum von 2019 bis 02.2026.  
Aufgezeigte Parameter entstammen klinischen Studien und WALT/MASCC-Empfehlungen.*

Alle Inhalte wurden gewissenhaft recherchiert und geben den aktuell (02.2026) veröffentlichten Wissensstand wieder. Sie sind rein informativen Charakters und ersetzen keine fachlich-medizinische Konsultation.

Verlinkte Studien geben dem Behandler weiterführende medizinisch-wissenschaftliche Informationen an die Hand.