

Abschlussarbeit

im Rahmen der Weiterbildung
Wundmanagement

am

Ausbildungszentrum West für Gesundheitsberufe in
Innsbruck

vorgelegt von

Denise Rameshan

Innsbruck, im September 2013

Wirkungsweise der Licht- und Lasertherapie in der Wundheilung

INHALTSVERZEICHNIS

<u>Einleitung</u>	4
<u>1 Lichttherapie</u>	6
1.1 Geschichtlicher Rückblick	6
1.2 Das Wellenlängenspektrum	7
1.3 Therapeutische Wirkung der Sonne	8
1.4 Aufbau der Haut	9
1.5 Die Photoprotektion	12
1.6 Lichttherapiegerät	13
1.7 Einsatzmöglichkeiten von Lichttherapiegeräten	14
1.8 Bioptron AG - High - Tech und Wissenschaftliche Forschung	16
1.8.1 Studie	16
1.8.2 Studie	17
1.9 Anwendung	18
1.10 Befragung	18
<u>2 Lasertherapie</u>	20
2.1 Der Begriff Laser	21
2.2 Grundprinzip eines Lasers	21
2.3 Gefahren durch Laserstrahlung	22
2.4 Wirkung an der Hautoberfläche	23
2.5 Biologische Wirkung des Laserlichts	24
2.6 Indikationen	2526
2.7 Allgemeine Bestrahlungsrichtlinien	27
2.7.1 Wundflächen	27
2.7.2 Allgemeine Bestrahlungsrichtlinien am LKH Innsbruck	28
2.8 Kontraindikationen	29
2.9 Bestrahlungsformen – Anwendung	29
2.9.1 Studie	32
2.9.2 Beobachtung	33
<u>3 Resümee</u>	35
<u>4 Zusammenfassung</u>	36
<u>5 Verzeichnis</u>	37
5.1 Literaturverzeichnis	37
5.2 Internetverzeichnis	38
5.3 Bilderverzeichnis	38
5.4 Abkürzungsverzeichnis	39

EINLEITUNG

Vorab habe ich mir folgende Frage gestellt, welche ich im Zuge dieser Arbeit beantworten werde: „In wieweit beeinflusst die Licht- und Lasertherapie die Wundheilung?“

In der Ihnen vorliegenden Abschlussarbeit wird das Thema Wirkungsweise der Lichttherapie sowie der Lasertherapie in der Wundheilung behandelt.

Am Beginn meiner Abschlussarbeit steht die Suche nach einem Pflegeproblem. Für die Betreuung der Patienten ist es wichtig, Pflegeprobleme zu erkennen und Lösungen zu suchen. In dieser Arbeit wird die Frage nach der Wirksamkeit der Licht- und Lasertherapie in der Wundheilung gestellt und beantwortet.

Heutzutage ist es wichtig zu erkennen, dass es nicht mehr nur eine einzige Behandlungsmethode im modernen Wundmanagement gibt. Es sollten viele Komponenten zusammenwirken, um eine schnellst mögliche Wundheilung zu gewährleisten.

Im ersten Kapitel gehe ich auf die Grundbegriffe im Zusammenhang mit Lichttherapie ein. Die positive Wirkung der Sonne auf den menschlichen Körper und die Psyche des Menschen ist erwiesen. Dies versucht die moderne Medizin heute in Form von Lichttherapie zu nutzen. In weiterer Folge erkläre ich die Wirkungsweise und Einsatzmöglichkeit eines Lichttherapiegerätes genauer und vergleiche dieses in einem späteren Kapitel mit dem Laser. Im Unterpunkt 1.8 beziehe ich mich auf zwei wissenschaftliche Publikationen, um der umstrittenen Wirksamkeit etwas entgegen zu setzen. Untermauert wird dies durch die Befragung von Frau Dr. Sztankay, Ärztin an der Strahlentherapieabteilung der Klinik Innsbruck.

Im zweiten Kapitel wird explizit auf die Lasertherapie eingegangen. Vorab werden wiederum Begrifflichkeiten des Lasers erklärt. Die Unterpunkte 2.3 bis 2.5 beschäftigen sich mit möglichen Gefahren und der Wirkung des Lasers. Die Einsatzmöglichkeiten der Lasertherapie finden Sie unter 2.6 und 2.7. Das Unterkapitel 2.7.2 behandelt mögliche Anwendungen im klinischen Bereich.

Anschließend soll eine Publikation der Medizinischen Universität Graz die Wirksamkeit der Lasertherapie belegen. Die von mir durchgeführte Beobachtung am Patienten wird im Unterpunkt 2.9.2 erläutert und wurde fotografisch dokumentiert. Resümee und Zusammenfassung schließen die Arbeit ab. Das Kapitel „Verzeichnisse“ gibt einen Überblick über verwendete Literatur und beinhaltet ein Bilder und Abkürzungsverzeichnis.

Ziel der Abschlussarbeit ist es, anwendbare Informationen für die Pflege, anzubieten.

1 Lichttherapie

An den Beginn möchte ich einen kurzen historischen Abriss stellen.

1.1 Geschichtlicher Rückblick

Bereits in der Bibel steht: "Es werde Licht". Licht hat in Kontext mit der Entwicklung allen Lebens eine primäre Bedeutung. Bereits Römer, Griechen, Ägypter sowie frühe Hochkulturen setzten Licht für medizinische Zwecke ein. Die Griechen waren Vorreiter, von denen es schriftliche Dokumente im Zusammenhang mit Theorie und Praxis von Sonnentherapie gibt. Man weiß, dass ägyptische Ärzte auch Farbtherapien anwendeten. Sie hatten bereits die Möglichkeit, die verschiedenen Spektralfarben zu filtern und für diverse Krankheiten anzuwenden.¹

Heliopolis, die griechische Sonnenstadt, war berühmt für ihre Tempel der Heilung, in denen das Sonnenlicht in die verschiedenen Spektralfarben zerlegt wurde, so dass jeder Bestandteil zur Verfügung stand. Herodot, der Vater der Heliotherapie (dt.: Sonnentherapie), schrieb:

„Menschen, die sich von einer Krankheit erholen oder an Gewicht zunehmen müssen, brauchen unbedingt die Strahlung der Sonne. Im Winter, Frühling und Herbst sollte der Patient sich der vollen Strahlung der Sonne aussetzen, im Sommer allerdings sollte diese Methode wegen der übermäßigen Hitze nicht zur Behandlung schwacher Patienten eingesetzt werden.“²

¹ Vgl. Lieberman 1996, S. 28 f

² Liberman 1996, S. 28 ff

1.2 Das Wellenlängenspektrum

Um die Lichttherapie besser verstehen zu können, werde ich an dieser Stelle näher auf das Wellenspektrum unseres Lichts eingehen:

„Die Sonne emittiert Strahlung eines breiten Wellenlängenspektrums. Es reicht von Radiowellen, dem Infrarot bis weit über den ultravioletten Bereich hinaus zur Röntgen- und Gammastrahlung.“³

Zu den bekanntesten Wellenlängen zählen UVA, UVB und UVC. Diese werden wie folgt klassifiziert und befinden sich in dem in der Tabelle angegebenen Spektrum.

Zur Unterteilung

UVC	< 280 nm
UVB	280 – 320 nm
UVA	320 – 400 nm

Ohne „Schutzschild“ um die Erde ergäbe sich folgendes Problem:

„Würde elektromagnetische Strahlung ungefiltert auf die Erde treffen, könnte kein Leben existieren, da besonders die kurzwelligen Anteile ein hohes Schädigungspotential haben. Die Atmosphäre der Erde wirkt als Schutzschild, indem ein sehr breiter Frequenzbereich der eintreffenden Strahlung absorbiert wird. Ein besonders wichtiger Absorber ist das Ozon in der Stratosphäre, welches den größten Teil der UVB - Strahlung (280 - 320 nm) herausfiltert.“⁴

³ Hammes et al. 2002, S. 1

⁴ ebda S. 1f

Die folgende Abbildung stellt das komplette Spektrum vom Licht dar:

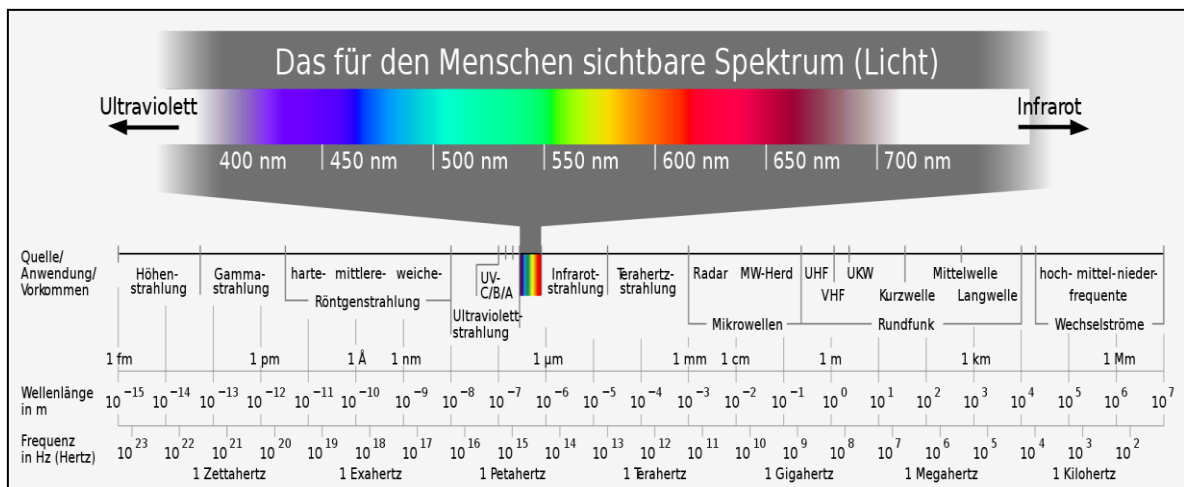


Abbildung 1 Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

1.3 Therapeutische Wirkung der Sonne

Die therapeutische Wirkung der Sonne ist unbestritten.

„Neben den negativen Wirkungen hat die Sonne unbestritten auch positive Aspekte. Zum einen auf die Haut selbst, zum anderen auf die Psyche und andere Organsysteme. Schon Hippokrates empfahl Sonnenstrahlungen zur „Korrektur krankhafter Säftemischungen [...]“⁵

In weiterer Folge möchte ich kurz beschreiben, wie die menschliche Haut aufgebaut ist.

⁵Hammes et al. 2002, S.10

1.4 Aufbau der Haut

Vorab ist es relevant den Aufbau der Haut zu kennen. Hierbei möchte ich mich auf Voggenreiter und Dold beziehen, welche ein ausgezeichnetes Buch zum Thema Wundtherapie verfasst haben:

a. Epidermis

Die Epidermis bildet die Zellen der Haut innerhalb der basalen Schichten immer neu. Diese Zellen wandern innerhalb von vier Wochen an die Hautoberfläche. An der Hautoberfläche manifestieren sie sich als Hornschuppe welche später abgestoßen werden. Die Epidermis ist nicht überall gleich dick. Die Dicke schwankt zwischen 0,04 mm und 1,5 mm. An der Stirn ist sie sehr dünn, dick hingegen an der Fußsohle und der Hohlhand. Die Epidermisdicke ist nicht mit der Hautdicke (1,4 mm) zu verwechseln. Hierbei ist zu beachten, dass die Hautdicke am Augenlid am dünnsten ist, hingegen am Rücken, den Hand- und Fußflächen am dicksten. Örtlich lassen sich basal und appikalapikal unterscheiden, wobei sich die Hautschichten nochmals in folgende fünf Schichten untergliedern lassen.⁶

- *Stratum basale (Basalzellschicht)*
- *Stratum spinosum (Stachelzellschicht)*
- *Stratum granulosum (Körnerzellschicht)*
- *Stratum lucidum (Glanzschicht)*
- *Stratum corneum (Hornschicht)*

⁶ Vgl. Voggenreiter/Dold 2009, S. 5

Die folgende Abbildung stellt die Hautschichten gut dar.

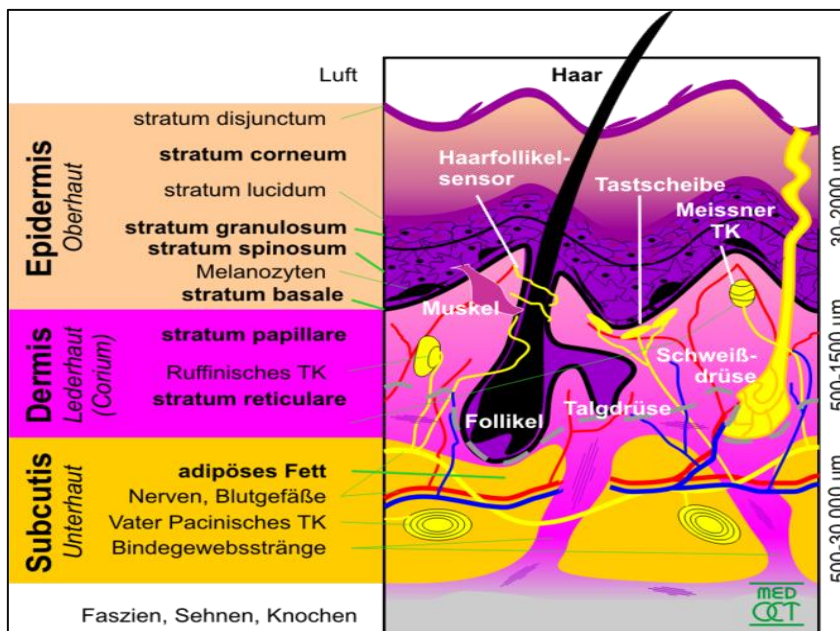


Abbildung 2 Die verschiedenen Hautschichten

„Im Stratum basale befinden sich Melanozyten, welche das Pigment Melanin enthalten und damit Einfluss auf die Farbe der Haut haben. Das Pigment dient dem Schutz des Organismus vor ultraviolettem Licht (Sonnenschirm der Haut).“⁷

b. Dermis

Die Dermis befindet sich zwischen der Epidermis und der Subkutis. Sie stabilisiert die Haut und zeichnet sich durch ihre hohe Reißfestigkeit aus. Leder ist Dermis von gegerbter Tierhaut. Die Dermis hat viele wichtige Funktionen. Sie dient der immunologischen Abwehr sowie der Thermo- und Kreislaufregulation. Sie gehört zu einem der wichtigsten Sinnesorgane, da hier viele Nervenendungen liegen. Die Dermis wird unterteilt in:

- *Stratum papillare*
- *Stratum reticulare*

⁷ Voggenreiter/Dold 2009, S. 6

Das *Stratum papillare* befindet sich direkt unterhalb der Epidermis. Der Name lässt sich auf die Papillen zurückführen, die sich zapfenförmig gegen die Epidermis vorwölben.⁸

Der Aufbau der „Papillarschicht weist eine hohe Zahl an Zellen der Immunabwehr (Lymphozyten, Plasmazellen, Monozyten, Makrophagen, Mastzellen), Nervenendkörperchen, Nerven und Kapillaren auf.“⁹

Diese Hautschicht ist besonders wichtig im Kontext der Licht- und Lasertherapie, da die Wundheilung durch die Aktivierung der Zellen in dieser Schicht besonders angeregt wird.

Das *Stratum reticulare* liegt unter dem Stratum papillare und besteht hauptsächlich aus dicken Kollagenfaserbündel. Mit zunehmendem Alter verändert sich die Haut und verliert an Elastizität und Dehnbarkeit.

c. Subkutis

Diese Schicht besteht aus lockerem Bindegewebe und ist die Verbindung zur Faszie, der Muskulatur und der Knochenhaut, abhängig vom Ernährungszustand, Geschlecht und Körperregion variiert die Dicke des Fettgewebes in der Subkutis. Funktionell wirkt diese Fettschicht als Wärmeisolator und Druckpolster, sie besitzt unter anderem Drüsen, Haarwurzeln, Nerven und Gefäße.¹⁰

⁸ Vgl. Voggenreiter/ Dold, 2009, S. 6

⁹ ebda S. 6

¹⁰ Vgl. Voggenreiter/ Dold, 2009 S. 6

Im folgenden Absatz möchte ich näher auf die natürliche Schutzfunktion der Haut eingehen.

1.5 Die Photoprotektion

der Haut im endogenen Bereich:

Die Menschliche Haut hat mehrere endogene Protektionsmechanismen, um sich zu schützen. Durch die Einstrahlung von UV kommt er zu einer epidermalen DNA-Stimulation, die wiederum die Teilungsrate der Epidermiszellen fördert. Es tritt eine Hyperplasie des Stratum corneum (Hornschicht) ein. Es gibt verschiedene Aminosäuren (Histidin, Tyrosin und Tryptophan) welche die UV-Strahlung, abhängig von der Hornschichtdicke, abschwächen. Sie werden durch Reflexion, Absorption und Streuung verringert.¹¹

Lichttherapie imitiert Sonnenlicht ohne UV-Strahlung. Wie auf Abb. 1 ersichtlich kann das menschliche Auge nur einen Auszug des gesamten Spektrums wahrnehmen. Die Lichttherapie fungiert auf dem Prinzip die „guten Wellen“ herauszufiltern welche im Frequenzbereich zwischen 480 nm und 3400 nm liegen um damit Wundheilung anzuregen.

„UV - Strahlung stimulieren die Melanozyten zur vermehrten Melaninbildung. Das in der Epidermis vorhandene Melanin schützt den Zellkern der Keratinozyten ebenfalls durch Reflexion, Absorption und Streuung. Melanin wirkt aber auch als Radikalfänger photoprotektiv. Die indirekte (verzögerte) Pigmentierung durch UVB - Strahlung ist charakteristisch durch eine enzymatische Neusynthese von Melanin, im Gegensatz zur direkten Pigmentierung durch UVA – Strahlung, die in der Epidermis bereits vorhandene farblose Melaninvorstufen zu Melanin oxidiert.“¹²

¹¹ Vgl. Hammes 2002, S.12

¹² Hammes et al. 2002, S. 12

Im medizinischen Bereich werden Lichttherapiegeräte angeboten. Ich möchte auf eines etwas näher eingehen, wobei aber darauf hinzuweisen ist das es auch andere Geräte gibt die genauso gut wirken. Die Informationen wurden zum Teil aus Broschüren entnommen, da sehr wenig Fachliteratur vorhanden ist.

1.6 Lichttherapiegerät

Für die therapeutische Anwendung im medizinischen Bereich gibt es verschiedene Geräte von unterschiedlichen Herstellern, welche jedoch nach demselben Prinzip funktionieren.¹³

„Licht muss absorbiert werden, um eine biologische Reaktion auszulösen. Die verschiedenen Gewebe und Zellen des Körpers haben unterschiedliche lichtabsorbierende Eigenschaften (optische Eigenschaften), die bestimmen, welche Wellenlängen des Lichts absorbiert werden, um einen bestimmten therapeutischen Effekt zu erzielen [...]“¹⁴, so die Werbebroschüre der Firma Bioptron.

Die Lichttherapie setzt erwiesenermaßen folgende Prozesse in Gang:

Sie hilft die Mikrozirkulation zu verbessern. Weiters stärkt sie das menschliche Immunsystem. Darüber hinaus werden regenerative und reparative Prozesse im gesamten Organismus angeregt. Außerdem wird die Kollagenproduktion und Hautqualität verbessert. Die Lichttherapie ist förderlich für die Wundheilung und lindert Schmerzen.¹⁵

¹³ o.A. Bioptron 2012, S. 3

¹⁴ ebda S. 3

¹⁵ Vgl. o.A. Bioptron 2012, S. 3

In der folgenden Abbildung ist die Lichtabsorption dargestellt, das heißt die Eindringtiefe in die Haut ist ersichtlich.

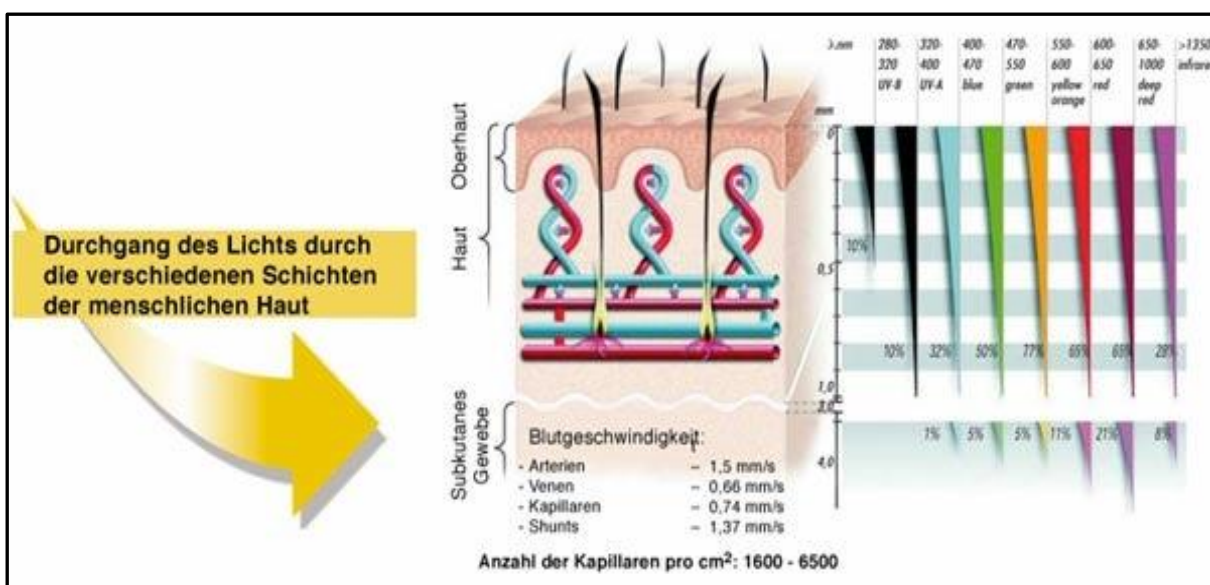


Abbildung 3 Lichtabsorption der Haut

1.7 Einsatzmöglichkeiten von Lichttherapiegeräten

Die therapeutischen Indikationen von Lichttherapie sind weit gefächert. Wie bereits im Unterpunkt 1.6 erwähnt hat diese Therapieform eine stark analgetische Wirkung. Sie kann die Struktur von geschädigtem Gewebe verbessern und das Immunsystem stärken. Auch die positive Wirkung auf die Psyche ist nicht zu unterschätzen.¹⁶ In weiterer Folge möchte ich auf die verschiedenen Anwendungsgebiete eingehen.

A – Einsatz in der Wundheilung:

- Postoperative Wundversorgung
- Wundversorgung nach Verletzungen
- Verbrennungen
- Wundliegen (Dekubitus)
- Beingeschwüre

¹⁶ Vgl. Bioptron 2012, S. 3

B – Einsatz bei Schmerzen:

- *Rheumatologie: Arthrose*
- *Physiotherapie: Verletzungen des Bewegungsapparates => Schmerzen in den Schultern, im Nacken und im unteren Rücken*
Karpaltunnelsyndrom => Narbengewebe
- *Sportmedizin und Verletzungen des Weichteilgewebes =>Tennisarm, Sehnenscheidenentzündung, Muskelzerrung*

C – Einsatz bei Hautproblemen:

- *Akne*
- *Atopische Dermatitis*
- *Schuppenflechte*
- *Oberflächliche Bakterieninfektion*
- *Herpes simplex und zoster*
- *Schleimhautverletzungen*

D – Einsatzmöglichkeit in der Pädiatrie:

- *Hautkrankheiten*
- *Endogenes Ekzem*
- *Infektion der oberen Atemwege*
- *Erkrankungen des Bewegungsapparats*
- *Neurologische Krankheiten und Störungen*

E – Verwendung bei Säuglingen:

- *Hautkrankheiten wie Venenentzündungen, Dekubitus und Wundreiben (Wolf)¹⁷*

Weitere Anwendungsmöglichkeiten finden sich in der Therapie gegen saisonal abhängige Depressionen (SAD). Trotz der Aktualität der Thematik möchte ich an

¹⁷ Vgl. o. A. Bioptron 2012, S. 3

dieser Stelle auf die mögliche Therapieform nicht näher eingehen, da sie den Rahmen meiner Arbeit sprengen würde.

1.8 Bioptron AG - High - Tech und Wissenschaftliche Forschung

Die Bioptron AG beschäftigt sich bereits seit über zwei Jahrzehnte mit der klinischen Forschung im Kontext mit Lichttherapie. Sie verfügt über eigene Labore welche permanent an der Verbesserung und Optimierung der Geräte beschäftigt sind. Wissenschaftliche Studien von unabhängigen Institutionen belegen die Zertifizierung.¹⁸

1.8.1 Studie

Bereits 1989 hat man anhand einer Studie bewiesen, dass Lichttherapie die Reaktionsfähigkeit der Makrophagen beeinflusst.

Zellen wurden in einer Kultur mit einer Wellenlänge von 660 nm, 820 nm, 870 nm und 880 nm bestrahlt. Das Licht war kohärent und polarisiert bei 820 nm. Bei 660 nm, 870 nm und bei 880 nm war es nicht kohärent.

Bereits zwölf Stunden nach der Bestrahlung waren Fibroblasten ausgebaut und platziert.

Das Ergebnis zeigt, dass gewisse Wellenlängen eine wirkungsvolle Therapie zur Anregung der Wundheilung darstellen.¹⁹

¹⁸ Vgl. o.A. Bioptron 2012, S.12

¹⁹ Vgl. Young et al. 1989, S. 1 (Anm. aus dem Englischen von Denise Rameshan)

1.8.2 Studie

In einer griechischen Studie von 2002 wurde der Effekt von polarisiertem Licht (Bioptron) in der Wundheilung bei Druckgeschwüren überprüft.

Es wurden Druckgeschwüre mit Grad eins, zwei und drei beobachtet. Die Patienten hatten zwei Druckgeschwüre, wobei einer mit dem polarisierten Licht behandelt wurde. Der zweite Patient wurde zur Kontrolle nicht mit Licht behandelt. Die Untersuchung dauerte zwei Wochen lang. Die Lichttherapie dauerte jeden Tag fünf Minuten (zur selben Tageszeit), an den Wochenenden wurde pausiert. Die beiden Dekubitalulcera wurden bei der Aufnahme in die Klinik, nach jeder Woche und vor der Entlassung nach einem standardisierten Verfahren bewertet und neu kategorisiert. 55 Patienten zwischen 37 und 85 Jahren wurden untersucht.

Der Studie ging folgende Hypothese voran, welche bestätigt wurde: Die Druckgeschwüre mit Grad eins, zwei und drei unter Anwendung der Lichttherapie hatten bereits zwischen der ersten und der zweiten Evaluierung einen erhöhten Wert an Gewebeszunahme, zwischen der zweiten und dritten Evaluierung ebenso. Die nicht mit der Lichttherapie behandelten Ulcera hatten eine deutlich langsamere Wundheilung.

Schlussendlich zeigt sich, dass die Lichttherapie eine gute unterstützende Maßnahme in der Wundheilung ist.²⁰

²⁰ Vgl. Iordanou et al. 2002, S. 49ff (Anm. aus dem Englischen von Denise Rameshan)

1.9 Anwendung

Eine Lichtbehandlung ist für den Patienten im Praxisalltag sehr unkompliziert. Vorab wird die offene Hautstelle gereinigt. Anschließend wird die Wunde zehn Minuten pro Sitzung bestrahlt. Hierbei beträgt die Entfernung zur Lichtquelle ca. zehn Zentimeter. Die Behandlung ist absolut schmerzfrei. Je nachdem in welcher Heilungsphase sich die geschädigte Geweberegion befindet, wird sie am Ende mit modernen Wundauflagen (z. B. Hydrofaser, Silberprodukten oder Kollagen versetzten Verbänden,...) verbunden.²¹

1.10 Befragung

Diese Befragung wurde mit Oberärztin Dr. Sztankay Judit durchgeführt – Strahlentherapie LKH Innsbruck

Sie arbeitet nun seit ca. vier Jahren mit einem Lichtgerät und therapiert mit diesem Patienten. (Stand 13.06.2013)

Frage 1: Wie wirkt die Lichttherapie auf die Wundheilung?

„Die Lichttherapie greift in die Granulation ein. Es stimuliert die Mitochondrien, die Phagozytose, viele Zellabläufe werden stimuliert, sie reduziert Ödeme und lokale Schmerzen.“

Frage 2: Für welche Wunden verwenden Sie die Lichttherapie?

„Vorwiegend für Strahlenschäden zum Beispiel wenn offene Stellen unter der Brust entstehen oder im Genitalbereich. Die Schmerzen sind für den/die Patienten/in beeinträchtigend und die Lichttherapie kann diese lindern. Auch bei Transplantationsentnahmestellen sieht man eine deutlich schnellere Wundheilung.“

²¹ Vgl. Lahnsteiner 2011, S. 74

Ich verwende es auch bei Radiodermatitis, Hämatomen, Lymphödeme aber auch bei Dekubitus, Ulcus oder PAVK.

Auch bei Kreuzschmerzen kann es verwendet werden. Die Einsatzmöglichkeiten sind wirklich sehr vielfältig.“

Frage 3: Wird dadurch die Wundheilung verkürzt?

„Ja, wenn man die entsprechende Wundversorgung anschließend durchführt.“

Frage 4: Wie nehmen die Patienten die Lichttherapie an? Hat diese einen Einfluss auf die Psyche der Patienten?

„Ich erlebe viele positive Reaktionen. Die Patienten nehmen es gerne an, sind offen für Hilfe, man hat einfach eine intensivere Betreuung rund um den/die Patienten/in und das spürt dieser. Man kümmert sich mehr um einen.“

2 LASERTHERAPIE

Ich möchte nun das zweite große Kapitel mit einem historischen Abriss eröffnen.

Die Forschung und Entwicklung von Lasern geht zurück bis in die Zeit um 1920. Erste Grundlagenforschungen zur stimulierten Emission wurden bereits 1917 von Einstein erarbeitet. Die ersten Beobachtungen von Lasereffekten gelangen jedoch erst 1960 durch einen Physiker namens Maiman an einem Rubinlaser.

Nachfolgend einige wichtige Daten zur Entwicklung des Lasers:

1960 erster Rubinlaser durch Maiman

1961 erster Glaslaser mit einer Helium - Neon - Gasfüllung durch Bennett
(Physiker)

1964 erster Co2 - Laser Publikation von E. Mester über Ulcera - Therapie mittels
Rubinlaser

1970 Einführung des Neodymlasers in der Medizin zur Blutstillung

1975 erstmaliger Lasereinsatz in Österreich durch Kaplan und Kyrle²²

²² Heltschl 2009, S. 1

2.1 Der Begriff Laser

Der Begriff Laser ist eine Abkürzung und setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der folgenden Wörter zusammen:

LASER = **L**IGHT **A**MPLIFICATION BY **S**TIMULATED **E**MISSION OF
RADIATION

(Lichtverstärkung durch stimulierte (erzwungene) Emission von Strahlung)

2.2 Grundprinzip eines Lasers

Hierbei beziehe ich mich auf die Erklärung, welche mir ein Physiker freundlicherweise gab.

Ein Laser ist vereinfacht ein „Energieumwandler“ für elektromagnetische Schwingungen im Bereich der Lichtwellen. Ein Laser strahlt Licht aus.

In Grundzügen kann man die Funktionsweise eines Lasers mit der einer Glühlampe vergleichen.

Dem Glühfaden der Glühlampe wird elektrische Energie zugeführt. Ergebnis: Es entstehen Lichtwellen mit ganz unterschiedlichen Wellenlängen (Frequenzen). Diese Frequenzen nehmen das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichtes ein. Das Gemisch aller Farben im Bereich des sichtbaren Lichtes empfindet unser Auge als weiß. Die Glühlampe erzeugt durch die Energiezufuhr Lichtwellen, die sich nach allen Seiten ausbreiten, ganz im Gegensatz zum Laser.

Der Unterschied zwischen Glühlampe und Laser besteht darin, dass der Laser ein paralleles Lichtbündel erzeugt (d.h. alle Lichtstrahlen werden in die gleiche Richtung ausgesendet), das nur aus einer einzigen Farbe besteht (es ist „**monochromatisch**“). Die Wellenlänge dieses, vom Laser ausgesandten, Lichtbündels variiert von infrarot bis ultraviolett. Die einzelnen Wellen dieses parallelen Lichtbündels schwingen zusammenhängend (sie sind „**kohärent**“). Die Intensität der Strahlung ist zudem viel höher als bei normalem Mischlicht.²³

²³ Vgl. Rameshan 2013

Die folgende Skizze zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Lasers.

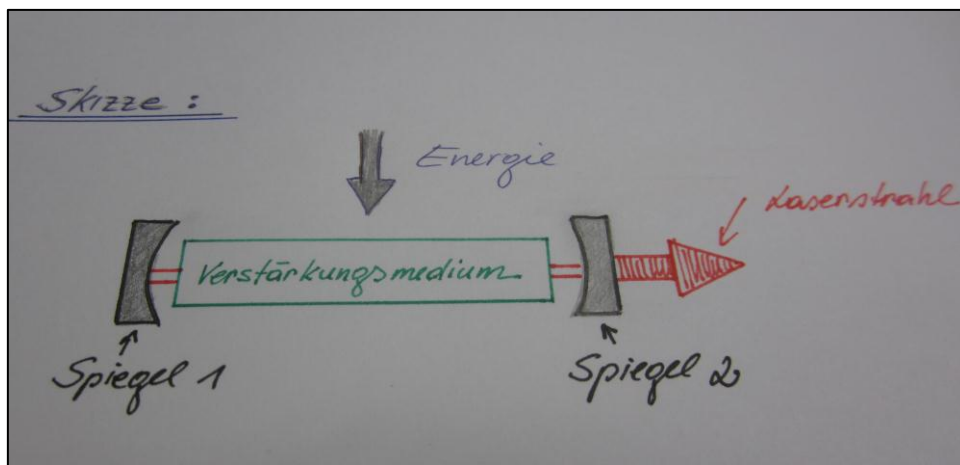


Abbildung 4 Grundprinzip eines Lasers

2.3 Gefahren durch Laserstrahlung

„Laserlicht ist schon bei kleinsten Leistungen und kurzer Einwirkungsdauer für das Auge schädlich. Im Gegensatz zu UV - Strahlung oder ferner Infrarot - Strahlung (ab 3000 nm), die durch das Auge bereits an der Hornhaut bzw. an der Linse vollständig absorbiert werden, dringt sichtbare Laserstrahlung und nahes Infrarot ungehindert bis zur Netzhaut in das Auge ein. Durch die hohe Parallelität fokussierter Laserstrahlung und die zusätzliche Fokussierung durch das Auge, entsteht auf der Netzhaut ein sehr kleiner Strahlendurchmesser von einigen μm , mit einer sehr hohen Leistungsdichte (bis zu 500.000 Mal höher als beim Pupilleneintritt). Die Folgen sind eine Erwärmung des Gewebes und eine fotochemische Reaktionen auf der Netzhaut. Bei genügend starker Erwärmung erfolgt eine Koagulation des Zelleiweißes, sodass eine irreversible Schädigung die Folge ist.

Laserstrahlung im UV- bzw. IR - Bereich führt zu Entzündungen der Bindehaut und Hornhaut des Auges sowie zur Trübung der Augenlinse (grauer Star).“²⁴

²⁴ Heltschl 2009, S. 7f

Gefahr durch Streuung und Reflexion:

„Speziell bei nässenden Wunden oder im Dentalbereich, ist die Gefährdung durch reflektierende Strahlung besonders zu berücksichtigen. Messungen haben ergeben, dass bis zu 30% der Laserstrahlung reflektieren. Dies wären z. B. bei einem 30 mW – Laser 9 mW. Daher sind von allen - im Raum anwesenden - Personen unbedingt Laserschutzbrillen zu tragen.“²⁵

2.4 Wirkung an der Hautoberfläche

Im Folgenden wird von Fuchsberger - Klink, Zeileis und Heltschl erklärt was passiert, wenn der Laser auf die Hautoberfläche auftrifft.

„**Reflexion:** Bis zu 20% der Strahlung dringt gar nicht in das Gewebe ein, sondern wird reflektiert. Die geringste Reflexion tritt bei senkrechter Bestrahlung auf. Die Reflexion wird an jeder Gewebsschicht wiederholt, so dass das Ausmaß der Gesamtreflexion auch von der Zusammensetzung des Gewebes abhängt. Je mehr verschiedenen Gewebsschichten, desto mehr Reflexion und desto weniger Energie dringt in die Tiefe ein.

Streuung: Sie entsteht durch Brechung und Reflexion im Gewebe. Erkennbar am helleren Ring um den zentralen Bereich des Laserlichts (Halo). Je größer die Streuung ist, desto geringer ist die Tiefenwirkung. Auch die Streuung ist bei senkrechter Bestrahlung am geringsten.

Absorption: die eingebrachte Lichtenergie wird im Gewebe aufgenommen und in den Zellen in andere Energieformen umgewandelt. Daraus ergeben sich die beschriebenen biologischen Wirkungen.“²⁶

²⁵ Heltschl 2009, S. 7f

²⁶ Fuchsberger – Klink et al. 2009, S. 8

An der folgenden Tabelle erkennen Sie, dass die zunehmende Wellenlänge des Lasers mit der Eindringtiefe in die Haut abnimmt.²⁷

Eindringtiefe von Laserlicht in die Haut bei verschiedenen Lasertypen:

Lasertyp	Wellenlänge	Eindringtiefe
He - Ne	632,8 nm	7,2 nm
GaAlAs Laserdiode	780 nm	8,3 nm
GaAlAs Laserdiode	830 nm	5,5 nm
GaAs Laserdiode	904 nm	2,5 nm

2.5 Biologische Wirkung des Laserlichts

Das Laserlicht hat auf den menschlichen Körper diverse Auswirkungen, welche im Zusammenhang mit der Wundheilung positiv genutzt werden können. Ich möchte diese Aspekte - nach Fuchsberger - Klink, Zeileis und Heltschl - an dieser Stelle aufzählen.

- „Förderung der Energiegewinnung und Energiebereitstellung in der Zelle (ATP – Synthese)
- Aktivierung des Zellstoffwechsels und der Teilungsrate von Bindegewebszellen und Epithelzellen
- Schnellere Bildung von Bindegewebsfasern und Reepithelisation vom Stratum germinativum (Keimschicht) ausgehend
- Beeinflussung von Substanzen im Körper (Biomediatoren wie Histamin oder Serotonin oder Bradykinin), die in der Entzündungsreaktion und der Schmerzentstehung eine Rolle spielen
- Förderung der Phagozytose, d.h. Förderung des Abbaus von geschädigtem oder bereits abgestorbenem Gewebe
- Entzündungshemmung durch Förderung der Bildung körpereigener, entzündungshemmender Stoffe (Umwandlung von entzündungsfördernden in entzündungshemmende Prostaglandine)²⁸

²⁷ Vgl. Fuchsberger – Klink et al. 2009, S. 8

Zu den Relevantesten Reaktionen zählen: Schmerzlinderung, Verminderung von Ödemen und Schwellungen, Entzündungshemmung, Beschleunigung der Heilung sowie Verminderung des Infektionsrisikos.²⁹

Die Low - Level - Lasertherapie (LLL) weist eine Menge Vorteile auf, welche ich hier anführen möchte:

- „Durch die schnelle Schmerzfreiheit bei Lasertherapie wird eine Steigerung der Lebensqualität bei den Patienten erreicht.
- Die Lasertherapie ist eine nebenwirkungsfreie Therapieform, die von den Patienten gut vertragen wird und die Patienten nicht belastet.
- Durch die Lasertherapie kann Schmerzfreiheit oft schon nach einmaliger Behandlung erlangt werden. (z.B. Mamillenbestrahlung)
- Durch die Low - Level - Lasertherapie erreicht man auch bei den Patienten, die auf übliche Standardtherapien nicht oder nur schlecht ansprechen, meist sehr gute Behandlungsergebnisse.“³⁰

Eine Lasertherapie kann sowohl eine ergänzende Zusatztherapie, als auch eine alleinige Therapie darstellen. Wird diese Therapie richtig angewendet, so kann der Verlauf der Heilung enorm beschleunigt werden. Dies wiederum verkürzt die Dauer der Erkrankung. Darüber hinaus wird meist eine wesentliche Schmerzlinderung erreicht, was bewirkt, dass die Gabe von Schmerzmitteln verringert werden kann oder diese gar abgesetzt werden können. Vorab muss allerdings immer eine exakte Diagnose gestellt werden, um den Einsatz des Low - Level - Lasers zu rechtfertigen.³¹

2.6 Indikationen

Bei folgenden Unfallfolgen bzw. Erkrankungen kann der Laser eingesetzt werden:

²⁸ Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 9

²⁹ Vgl. ebda, S. 9

³⁰ Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 8ff

³¹ Vgl. Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 8ff

Erkrankungen des Muskel- und Skelettsystems

Die eigentliche Verletzung wird mit einer höheren Dosis (z. B. mit 4 - 8 Joule/cm²) bestrahlt, das gesamte betroffene Gebiet (Schwellung, Bluterguss,...) mit einer etwas geringeren Dosis (z. B. mit 2 Joule/cm²). Bestrahlungsbeginn ist so früh wie möglich. Bei ganz akuten Verletzungen können während der ersten Behandlungen Schmerzen auftreten, die durch die verstärkte Durchblutung bedingt sind. In solchen Fällen muss die Dosis angepasst werden.³²

- Prellungen
- Verstauchungen
- Quetschungen
- Blutergüsse
- Muskelfasereintrisse
- Bänderzerrungen
- Sehnenscheidenentzündungen
- Schleimbeutelentzündungen
- Zerrungen oder Reizungen der Gelenkkapsel
- Arthritis
- Arthrose

³² Fuchsberger – Klink et al. 2009, S. 11

2.7 Allgemeine Bestrahlungsrichtlinien

Man bestrahlt:

1-2 Mal täglich stationär und mindestens 2-3 mal wöchentlich ambulant. Bestrahlt wird die verletzte oder schmerzhafteste Stelle.

Bei Muskeln wird entlang der Faserrichtung bestrahlt.

Bei Schleimbeutelentzündungen kann flächig im gesamten entzündeten Bereich behandelt werden.

Zusätzliche Therapiemaßnahmen nach dem Abschluss der Lasertherapie gestalten sich wie folgt.

Bei **akuten Verletzungen** behandelt man folgendermaßen. Nach der Bestrahlung wird pausiert, dann kann Eis aufgelegt werden, es folgt eine Kompression und das Hochlagern schließt die Behandlung bei gegebenen Krankheitsbildern ab. Es können Salbenverbände angelegt werden. Durch Tapeverbänden, Stützverbände, Schienen oder einen Gips kann eine Ruhigstellung gewährleistet werden. Auch die Physikalische Therapie ist in manchen Fällen ratsam.³³

2.7.1 Wundflächen

„Bei der Bestrahlung von Wundflächen werden meist Dosierungen von 2 - 4 J/cm² verwendet. Eine Steigerung der Bestrahlungsdosis auf 6 - 8 J/cm² empfiehlt sich bei Diabetes – Patienten.

Eine sorgfältige Wundreinigung vor Beginn der Low - Level - Lasertherapie ist Voraussetzung. Idealerweise kann die Lasertherapie in der Trockenphase der Wundbehandlung durchgeführt werden. Manche modernen Verbandstoffe ermöglichen eine Bestrahlung bei liegendem Verband. Eine Liste über die

³³ Vgl. Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 11

Laserdurchlässigkeit vieler Verbandstoffe kann bei Heltschl Medizintechnik angefordert werden.“³⁴

Besonderen Einsatz in der Wundtherapie findet der Laser vor allem bei folgenden Erkrankungen:

- *Ulcus cruris (arteriell, venös)*
- *Diabetische Ulcera (Malum perforans)*
- *Dekubitus*
- *Druckstellen von Prothesen*
- *Schlecht heilende Wunden z. B. nach Wundinfektion*
- *Abschürfungen*
- *Verbrennungen*
- *Verätzungen*

2.7.2 Allgemeine Bestrahlungsrichtlinien am LKH Innsbruck

- man bestrahlt zwei Mal täglich oder bei jedem Verbandswechsel
- möglichst den gesamten Wundbereich gleichmäßig und senkrecht zur Hautoberfläche (gilt auch für Wundtaschen)
- bei stark sezernierenden Wunden ist die Bestrahlungsdosis zu erhöhen, da vermehrt reflektiert wird
- sobald die ersten Rötungen auftreten
- am besten bevor ein Ulcus oder ein Dekubitus oder Strahlenschäden entstehen

³⁴ Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 19

Zusätzliche Therapiemaßnahmen:

Vorab ist eine gründliche Wundreinigung erforderlich. Ein Wundabstrich mit bakteriologischer Keimbestimmung sollte bei gegebenen Indikationen durchgeführt werden. Adäquate Verbandstoffe werden nach der Therapie wieder angebracht.

Ebenso ist zu beachten, dass eine gute Stoffwechseleinstellung zu erfolgen hat da es sehr wichtig ist eine optimale Ernährung des Patienten zu gewährleisten. Auch hat eine Druckentlastung durch entsprechende Lagerung bei Dekubitus zu erfolgen.³⁵

2.8 Kontraindikationen

Absolute Kontraindikationen:

Wenn keine sichere Diagnose gestellt wurde. Es darf nicht im Augenbereich oder der Hoden bestrahlt werden. Ebenso ist absolut untersagt, Fontanellen bei Säuglingen zu bestrahlen.

Relative Kontraindikationen:

Es darf nicht im Unterbauch oder im Lendenbereich bei Schwangeren bestrahlt werden. Ebenso darf man die Epiphysenfuge bei Kindern und Jugendlichen nicht bestrahlen. Die direkte Schilddrüsenbestrahlung bei bekannter Fehlfunktion ist zu berücksichtigen.³⁶

2.9 Bestrahlungsformen – Anwendung

Hier beziehe ich mich wiederum auf Fuchsberger - Klink, Zeileis und Heltschl.

Punktförmige Bestrahlung:

- a. „ Laserakupunktur

³⁵ Vgl. Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 19

³⁶ Vgl. Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 10

- b. Bestrahlung von Triggerpunkten
- c. Bestrahlung von Gelenken mittels Hand gehaltenem Therapielaser

Bestrahlungszeit: ca. 30 – 120 Sekunden pro Punkt
Bestrahlungsrichtung: senkrecht zur Hautoberfläche
Bestrahlungsabstand: direkter Hautkontakt oder wenige mm Abstand zur Oberfläche, kegelförmiger Aufsatz mit Fokussierlinse

Flächige Bestrahlung:

- a. Bestrahlung von Wundflächen
- b. Bestrahlung von Schmerzarealen
- c. Bestrahlung von Gelenken mittels Flächenlaser

Bestrahlungsdosis: ca. 2 – 6 Joule/cm² (eventuell bis 8 J/cm²)
Bestrahlungsrichtung: senkrecht zur Hautoberfläche
Bestrahlungsabstand: ca. 1-2 cm bei Handgeräten, ca. 1-2 cm für Flächenlasergeräte bei Gelenksbestrahlungen
 ca. 10-15 cm für flächige, homogene Ausleuchtung bei der Wundbehandlung mit dem Flächenlaser. Den Flächenlaser nicht direkt auf die Haut aufsetzen!

Je tiefer die zu bestrahlende Struktur liegt, desto höher muss die Dosis gewählt werden. Bei sehr langer Bestrahlungszeit kann die tägliche Dosis auf 2-3 Sitzungen aufgeteilt werden. Wenn irgendwie möglich sollten Wunden immer komplett flächig bestrahlt werden.³⁷

³⁷ Fuchsberger - Klink et al. 2009, S. 5f

Sicherheitsmaßnahmen beim Betrieb eines medizinischen Lasers.

Bei der Anwendung sind vom Benutzer einige Kriterien zu beachten welche ich nun näher beschreibe.

- Wichtig ist die Sicherung des Laserbereiches durch entsprechende Laserwarnschilder oder Laserwarnleuchten an der Außenseite der Türen des Laserraumes oder des Zimmers. Das Betreten des Laserraumes durch Unbefugte ist zu verhindern.
- Ein Schutz vor diffuser und reflektierter Laserstrahlung ist erforderlich. Wie unter 3.4 beschrieben, verursachen nässende Oberflächen, Zahnoberflächen und Zahnfüllungen, aber auch die meisten zahntechnischen Instrumente starke Reflexionen. Während der Anwendung muss eine Schutzbrille von jedem im Raum getragen werden.
- Es müssen geeignete und geprüfte Laserschutzbrillen für das entsprechende Gerät vorhanden sein.
- Die Aufbewahrung des Schlüssels für den Schlüsselschalter (z. B. beim Lasersicherheitsbeauftragten) ist wichtig.
- Bei den regelmäßigen Wartungsarbeiten sind die entsprechenden Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen.
- Wichtig ist ebenso die Ernennung und Schulung eines Laserschutzbeauftragten. Der Laserschutzbeauftragte wird durch die verschiedenen Laser ab der Klasse 3B dringend empfohlen. Die Ausbildung hat durch geeignete Personen und Institutionen zu erfolgen. Dem Laserschutzbeauftragten obliegt die Kontrolle der Laserschutzmaßnahmen und die regelmäßige Schulung und Information des Personals.³⁸

³⁸ Vgl. Heltschl 2009, S. 9f

2.9.1 Studie

Die folgende Studie untersucht ob die LLL - Therapie effektiver ist als die symptomatische Behandlung bei Radiodermatitis.

Vor allem im Hals-Nasen-Ohren Bereich sind unter Strahlentherapie Dermatitis und Mucositis schwere Nebenwirkungen. Diese führen zu Schmerzen, Dysphagie und Gewichtsverlust. Es kann sogar zu einem Therapieabbruch von Seiten des Patienten führen. Die Low - Level - Lasertherapie kann diese Nebenwirkungen positiv beeinflussen.³⁹

„Es ist durch zahlreiche physikalische, biologische und experimentelle Studien belegt, dass die Wirkung von LLL auf drei Effekten beruht:

- **Biostimulatorische Wirkung:** geförderte Wundheilung und beschleunigte Gewebsregeneration, diesem Prozess liegt auf molekularer Ebene eine Steigerung der ATP - Synthese zugrunde, die zu vermehrter Fibroblastenbildung und Reepitheliasierung führt.
- **Analgetisch und antiinflammatorische Effekte:** durch die Beeinflussung von Biomediatoren wie Serotonin, Endorphine, Histamin, Bradykinin, Substanz P.“⁴⁰

Bei 18 Patienten (zwei weiblichen und sechzehn männlichen) mit Kopf - Hals - Tumoren wurde die LLL - Therapie zur Prophylaxe und Therapie der Radiodermatitis unter Strahlentherapie durchgeführt.

Die verwendete Behandlungstärke („Energiedichte“ = „Dosis“) betrug $3\text{J}/\text{cm}^2$. Die Behandlungszeit betrug pro Patient und Sitzung ca. 15 Minuten. Um den Effekt dieser Methode zu objektivieren wurden alle Probanden ausschließlich unilateral behandelt. Wobei bei neun Patienten mit der Laserung am ersten Tag bzw. 16. Tag der Radiotherapie begonnen wurde.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Low - Level - Lasertherapie eine sichere atraumatische Methode zur Reduktion und Prophylaxe der Radiodermatitis im Kopf- Halsbereich ist. Der Einsatz vom Laser wurde von allen Patienten subjektiv

³⁹ Vgl. Partl et al. o. T. S. 1

⁴⁰ Partl et al. o. T. S. 1

als symptomlindernd empfunden. Objektiv zeigt die prophylaktische Behandlung ab dem ersten Bestrahlungstag einen günstigeren Einfluss auf die Hauttoxizität und war der symptomatischen Behandlung klar überlegen, dies sowohl im behandelten als auch unbehandelten kontralateralen Bestrahlungsareal. ⁴¹

2.9.2 Beobachtung

Hierbei handelt es sich um eine im stationären Bereich durchgeführte Beobachtung. Ich habe Hautreaktionen nach Bestrahlung bei HNO Tumoren unter Anwendung von der Low Level Lasertherapie und bei herkömmlicher Wundversorgung ohne Lasertherapie dokumentiert.

Es handelt sich um eine Frau im Alter von 74 Jahre mit der Diagnose Oropharynx Tumor. Hier sieht man den Zustand der Haut 3 Tage nach der abgeschlossenen Bestrahlungstherapie **ohne** Low – Level – Lasertherapie.



Abbildung 35 HNO Klinik Innsbruck 2013

⁴¹ Vgl. Partl et al. o.T. S. 1

Es handelt sich um einen männlichen Patient im Alter von 77 Jahre. Die Diagnose ist ebenfalls Oropharynx Tumor.

Das Bild zeigt den Patienten eine Woche nach abgeschlossener Radio Therapie - LLL Therapie wurde einmal täglich zu je 10 min an der Halsseite links und rechts verwendet. Beginn am Tag der ersten Bestrahlung auch an den Wochenenden.

Es ist deutlich ersichtlich wie sehr die LLL - Therapie auf das betroffene Hautgebiet positiv wirkt.



Abbildung 46 HNO Klinik Innsbruck 2013

3 RESÜMEE

Die Anwendung der Lichttherapie am Patienten konnte ich im Wundfusionszentrum Innsbruck gut beobachten. Es steht für mich außer Frage, dass durch eine professionelle Anwendung die Heilungsprozesse beschleunigt werden.

Beeindruckend ist die psychologische Wirkung: Der/Die Patient/in fühlt sich unter dieser Behandlung wohl. Die Zeit in der die Lichttherapie läuft, kann man gut für Gespräche nutzen. Der/Die Patient/in wird einfach für kurze Zeit abgelenkt. Nach dem oftmals unangenehmen, schmerzhaften Entfernen des Verbandes und der Wundreinigung hat der/die Patient/in unter der Lichttherapie eine kleine Erholungsphase.

Auf meiner Station (HNO West - Landesklinik Innsbruck) wird die Lasertherapie nun seit ca. drei Jahren angewendet. Verglichen mit früheren Behandlungen von Strahlenschäden bietet die Low - Level - Lasertherapie eine beachtliche Verbesserung der Wundheilung (siehe Abb. 5 verglichen mit Abb. 4!). Man kann den Patienten Nebenwirkungen reduzieren, den Therapieverlauf verkürzen und die Lebensqualität steigern.

Die Wundbehandlung wird verkürzt und somit kann der allgemeine Aufenthalt in Krankenhäusern von Patienten minimiert werden.

Die Anwendung erfordert gewisse Sicherheitsmaßnahmen und Schulungen. Diese sind - meines Erachtens - in einer Klinik gut umsetzbar. Positive Rückmeldungen seitens der Patienten sprechen für eine Anwendung beider Therapieformen.

Ein negativer Aspekt ist jedoch das Preis – Leistung - Verhältnis der Geräte. Die Kosten für ein Gerät zur lichttherapeutischen Nutzung belaufen sich auf ca. 2000 Euro und ein durchschnittliches Lasergerät kostet ca. 15.000 Euro. Es sollte erschwinglicher für Kliniken (Laser) und Private Ordinationen oder Privatpersonen (Licht) sein. So könnte der Einsatz von Geräten vielen betroffenen Personen ermöglicht werden.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Das Thema „Wirkungsweise der Lichttherapie sowie der Lasertherapie in der Wundheilung“ wurde von mir gewählt, um Aufklärung für Pflegepersonen anzubieten.

Es war mir ein Anliegen, mehr Hintergrundwissen für diese Therapiemöglichkeiten bereitzustellen. Hierbei handelt es sich um nachweisbar wundheilungssteigernde Verfahren.

In der Fachsprache finden sich häufig Begrifflichkeiten, die technisch hoch komplexen Wirkungsmechanismen, welche auch versiertes klinisches Personal vor unüberwindbare Verständnisprobleme stellen. Um das Gerät anzuwenden bedarf es des Verständnisses der zu Grunde liegenden Technik allerdings nicht. Dennoch war es mir wichtig, diese im Zuge des Verfassens der vorliegenden Arbeit verständlich zu machen. Dies brachte mich häufig an die Grenzen meines Wissens in Bezug auf schwierige physikalische Gegebenheiten, bei welchen mir mein Bruder Raffael - ein Physiker - helfend zur Seite stand. Für seine Unterstützung möchte ich mich an dieser Stelle bedanken.

Firmen nützen Unwissenheit aus, um Produkte besser erscheinen zu lassen, doch erklärt man die beiden Verfahren, erkennt man, dass einfache Prinzipien genützt werden.

Beide Anwendungen erzielen positive Effekte, auf welche in dieser Arbeit ausführlich hingewiesen wird: Die Wundheilung wird gesteigert und der Patient hat eine verkürzte Therapiezeit.

5 VERZEICHNIS

5.1 Literaturverzeichnis

Fuchsberger M., Klink M., Zeileis M., Heltschl A. (2009) Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten der Low – Level – Lasertherapie 5/2009 S. 8 - 19

Heltschl A. (2009) Lasersicherheit für Low – Level – Laser In: Ausbildungsunterlagen gemäß ÖNORM S1100- 2 Rev.2: 11/ 2008 S. 1 - 10

Iordanou P., Baltopoulos G., Giannakopoulou M., Bellou P., Ktenas E., (2002) Effekt of polarized light in the healing process of pressure ulcers – International Journal of Nursing Practice, Greece S. 49 - 55

Lahnsteiner E.(2011). Heilendes Licht hilft bei chronischen Wunden. In: Die ganze Woche Nr. 36/2011. S 74

Lieberman J. (1996) Die heilende Kraft des Lichts. Der Einfluss des Lichts auf Psyche und Körper. München. Piper S. 28 - 29

Partl R., Öttl M., Kapp KS. (o. T.) Low – Level – Lasertherapie: Prophylaktische vs. Symptomatische Behandlung zur Reduktion der Radiodermatitis im HNO Bereich - was ist effektiver? Medical University of Graz, Austria S. 1

Rameshan Raffael, Physiker an der Universität Innsbruck (Gespräch vom 15.05.2013)

Voggenreiter G., Dold C. (2009) Wundtherapie. Wunden professionell beurteilen und erfolgreich behandeln. Stuttgart. Thieme Verlag, S. 5 - 6

Young S., Bolton P., Dyson M., Hervey W., Diamantopoulos C. (1989) Macrophage Responiveness to Light Therapie – Anatomy Departmernt. London S. 497 - 505

(o.A (2012). Schweiz, Informationsbroschüre. Bioptron AG In Procure 2012, S.3 - 12)

(o.A.) (o.T.) Schweiz. Beschleunigte Wundheilung und Schmerzlinderung. Bioptron. Flayer. S. 3)

5.2 Internetverzeichnis

Hammes St., Hartschu W., Raulin C. (2002). Sonnen(-licht) unter(dermato-)logischer Aspekten S. 1 - 13

<http://www.laserklinik.de/fileadmin/userupload/laserklinik/pub/dermsonnenlicht.pdf>

5.3 Bilderverzeichnis

Abbildung 1 Die verschiedenen Hautschichten

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HautAufbau.png> (10.07.2013)

Abbildung 2 Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung [Bildquelle: Wikipedia].

<http://www.vitatec.com/grundlagen/daten-vitalfeld/5> (11.05.2013)

Abbildung 3 - Lichtabsorption der Haut, (Bioptron, 24.05.2013)

<http://www.bioptron.de/?m=408> (24.05.1013)

Abbildung 4 Grundprinzip eines Lasers

Gezeichnet von Denise Rameshan (Juni 2013)

Abbildung 5 HNO Klinik Innsbruck 2013 (05.05.2013)

Abbildung 6 HNO Klinik Innsbruck 2013 (05.05. 2013)

5.4 Abkürzungsverzeichnis

ATP	Energiewandler
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
Co ₂	Kohlenstoffdioxid
d.h.	das heißt
DNA	Desoxyribonukleinsäure
He – Ne	Helium Neon
HNO	Hals Nasen Ohren
IR	Infrarot
J	Joule
LLL	Low – Level – Laser
Lux	Einheit der Beleuchtungsstärke
min	Minute
mm	Millimeter
mW	Milliwatt
nm	Nanometer
SAD	Saisonal abhängige Depression
v.a.	vor allem
UV	Ultraviolette Strahlung
µm	Mikrometer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet wurden. Diese Arbeit wurde noch nicht anderweitig eingereicht.

Innsbruck, im September 2013

Denise Rameshan