

Cutaris Zentrum für Laserforschung in der Dermatologie, München
Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie der Technischen
Universität München
Am Biederstein

(Leitung: Priv.-Doz. Dr. M. Drosner)

Vergleich aktueller Epilationssysteme und Beurteilung deren Effektivität

Sabine Stangl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:	Univ.-Prof. Dr. D Neumeier
Prüfer der Dissertation:	1. Priv.-Doz. Dr. M. Drosner 2. Univ.-Prof. Dr. H. Behrendt

Die Dissertation wurde am 08.12.2003 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 04.02.2004 angenommen.

Photo-Epilation

Vergleich aktueller Epilationssysteme und Beurteilung deren Effektivität

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	2
2. Einige der Ergebnisse dieser Dissertationsarbeit sind publiziert worden in.....	4
3. Einleitung	5
3.1. Allgemeines zur Epilation.....	5
3.2. Physikalische Grundlagen	5
3.3. Aufgabenstellung	6
4. Material und Methoden.....	7
4.1. Studiendesign	7
4.2. Probanden	7
4.2.1. Alters- und Geschlechtsverteilung	7
4.2.2. Aufklärung und Studieneinweisung	8
4.2.3. Definition Hirsutismus und Hypertrichose.....	8
4.2.4. Hauttyp-Bestimmung	8
4.3. Haarzählmethode.....	8
4.4. Lasergeräte und IPL-Systeme	10
4.4.1. Alexandritlaser.....	10
4.4.2. Diodenlaser	11
4.4.3. IPL-Systeme.....	11
4.4.4. Kühlverfahren	12
4.5. Auswertung	12
4.6. Probanden und Versuchsanordnungen bei den jeweiligen Untersuchungen hinsichtlich der Enthaarungswirkung	12
4.6.1. Haarzählmethode	12
4.6.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“	13
4.6.3. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20 –25 J/cm ²	13
4.6.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2.....	14
4.6.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm ²	14
4.6.6. Vergleichende Untersuchung zur Epilationswirkung niedrigerer Energiedichten im Vergleich zu normalen Energiedichten bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1	14
4.6.7. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 und der Blitzlampe 1.....	14
4.6.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe (IPL 1) und eines Diodenlasers	15
4.6.9. Vergleich des Alexandritlaser 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen (IPL 1 und 2)	17
5. Ergebnisse hinsichtlich der Effizienz der verschiedenen Untersuchungen.....	17
5.1. Haarzählmethode.....	18
5.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“	18
5.3. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ²	20
5.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2).....	22
5.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm ²	28
5.6. Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm ² mit einem Alexandritlaser 1	31
Nach 2. Behandlung.....	33
5.7. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung	34
5.7.1. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit dem Alexandritlaser 1	34

5.7.2. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit IPL 1	37
5.7.3. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden verwendeten Photo-Epilationsystemen (Alexandritlaser 1 und IPL 1).....	39
5.7.4. Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden verwendeten Photo-Epilationsystemen (Alexandritlaser 1 und IPL 1)	41
5.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe (IPL 1) und eines Diodenlasers	45
5.9. Vergleichende Untersuchung eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 1), eines Diodenlasers und zweier IPL-Systeme (IPL 1 und 2)	55
6. Diskussion	63
6.1. Vergleich zweier Alexandritlaser im „low-dose-Bereich“	63
6.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ²	64
6.3. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2).....	64
6.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2	65
6.5. Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm ²	65
6.6. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Kühlung auf den Erfolg der Behandlung	66
6.7. Vergleich der Effektivität eines Diodenlasers und der Blitzlampe 1 (IPL 1)	67
6.8. Vergleichende Untersuchung über die unterschiedliche Effektivität des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier IPL-Systeme (IPL 1 und 2).....	68
6.9. Methode	70
6.9.1. Vergleich der Epilationsmethoden erst nach 2-3 Wiederholungsbehandlungen sinnvoll	70
6.9.2. Warum brechen Probanden die Studie ab	70
6.9.3. Welcher Abstand zwischen den Behandlungen ist sinnvoll	71
6.9.4. Haarzählmethode	72
7. Zusammenfassung	73
7.1. Allgemeines	73
7.2. Material und Methoden	73
7.3. Ergebnisse	73
7.3.1. Haarzählmethode	73
7.3.2. Vergleich zweier Alexandritlaser im „Low-dose-Bereich“	73
7.3.3. Vergleich zweier Alexandritlaser im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ²	73
7.3.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2.....	73
7.3.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm ²	73
7.3.6. Vergleichende Untersuchung zur Epilationswirkung niedriger Energiedichten im Vergleich zu normalen Energiedichten bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser	74
7.3.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe	74
7.3.9. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers, zweier Blitzlampen und eines Alexandritlasers	74
7.4. Diskussion.....	74
8. Literaturangaben	75
9. Abbildungsverzeichnis.....	78
10. Tabellenverzeichnis.....	81
11. Verzeichnis der verwendeten Begriffe und Abkürzungen	83
12. Danksagung	83
13. Lebenslauf	84

2. Einige der Ergebnisse dieser Dissertationsarbeit sind publiziert worden in

Hertenberger B, Stangl S, Drosner M.: Epilation: Vergleich Blitzlicht (EpiLight®) – Diodenlaser (LightSheer®) Lasermedizin 15 (1999/2000) 3 p V

Schmoeckel I, Stangl S, Drosner M.: Kühlung kontraproduktiv? Lasermedizin 15 (1999/2000) 3 p V

Stangl S, Drosner M: Epilation: Alexandrit = Alexandrit? Lasermedizin 15 (1999/2000) 3 p IV

Drosner M, Stangl S, Hertenberger B.: Comparative study between hair removal systems. JEADV 14, Suppl. 1 (2000) 81

Stangl S, Drosner M, Hertenberger B.: Epilation: Comparison of flash light and diode laser. Lasers in Surgery and Medicine, Suppl. 12 (2000) 56

Drosner M, Stangl S: Epilation with alexandrite lasers. Is a low dose treatment feasible? In: Simunovic Z (Ed.) Lasers in surgery and dentistry. Vitagraf Rijeka (2001) 635-41

Drosner M, Stangl S: Does cooling with cold air influence the efficiency of foto epilation? Medical Laser Application 16 (2001) 161

Drosner M, Stangl S: Low dose epilation by alexandrite laser: A dose response study. Medical Laser Application 16 (2001) 160-1

Drosner M, Stangl S, Hertenberger B: Clinical comparison of different hair removal systems. IMCAS (2001) 49

Drosner M, Stangl S, Hertenberger B, Klimek H, Pettke-Rank C: Low dose epilation by alexandrite laser: A dose response study. Medical Laser Application 16 (2001) 293-8

Stangl S, Drosner M, Hertenberger B: Epilation with a diode laser compared to a flash light: Quicker and more permanent? Lasers in Surgery and Medicine, Suppl. 13 (2001) 54

Drosner M, Stangl S, Hertenberger B, Pettke-Rank C: Effective photo epilation with low fluences: first long term results. Lasers in Surgery and Medicine, Suppl. 14 (2002) 43

Stangl S, Drosner M: Comparison of different methods of photo epilation. Medical Laser Application 17 (2002) im Druck

3. Einleitung

3.1. Allgemeines zur Epilation

Die Marketingstrategien in den industrialisierten Ländern besitzen einen prägenden Einfluss auf die Definition des Schönheitsideals in der Gesellschaft. Die daraus resultierenden Vorstellungen des Mode- und Schönheitsmarktes zur Hülle des Menschen verlangen nach einer makellosen Haut, die zudem haarlos sein muss. War die Haarfreiheit bislang auf Gesicht, Achseln und Beine der Frauen beschränkt, reihen sich zunehmend auch Männer unter die Interessenten für Epilationsbehandlungen. Mit dem Wegfall der Körperbehaarung als Männlichkeitsideal stören Haare nicht nur im Bereich der Brust und Rücken, es werden auch Korrekturen der Haarlinien im Gesicht gewünscht.

Es gibt viele Methoden störende Körperbehaarung zu entfernen. Dazu zählen die Rasur, die jedoch durch die häufige Wiederholung der Prozedur lästig ist und zudem bei vielen Menschen Irritationen und Pseudofollikulitiden gerade im Bikinibereich verursacht, und die Wachsepilation, die über viele Jahre hinweg betrieben, Tendenzen zur Abnahme der Haardichte erzielt, jedoch auch regelmäßig wiederholt werden muss und schmerzhaft ist. Die Elektroepilation als weitere Alternative ist ebenfalls mit Nebenwirkungen wie Entzündungen, Hypo- und Hyperpigmentierungen behaftet und zudem sehr aufwendig und schmerzhaft. Ein dauerhafter Verlust der unerwünschten Haare lässt sich mit der Elektroepilation auch nur durch Konsequenz und Durchhaltevermögen erreichen (# 38). Eine neue Alternative scheint ein Wirkstoff (Eflornithin) aus der Therapie der Schlafkrankheit zu sein. Eflornithin ist ein irreversibler katalytischer Hemmer der Ornithindecaboxylase, welche den ersten und limitierenden Schritt bei der Synthese von Polyaminen wie Putrescin, Spermidin und Spermin enzymatisch reguliert. Diese Biopolyamine sind wichtig für die Regulation und Differenzierung von Haarfollikeln. Die so erzielte Hemmung des Haarwuchses setzt jedoch eine lebenslange, regelmäßige (tägliche) Anwendung der wirkstoffhaltigen Creme voraus (# 29, # 40).

Die Einführung der Photoepilation versprach das Problem unerwünschter Behaarung effektiv, langandauernd und nebenwirkungsarm zu beseitigen. Inzwischen wird von vielen Dermatologen und in zunehmendem Maß auch in Kosmetikinstituten die Photo-Epilation mit verschiedensten Geräten angeboten.

Wenn man alle diese Methoden und ihre Nachteile betrachtet, scheint eine permanente Zerstörung der unerwünschten Körperbehaarung mittels Licht (Laser- oder Blitzlampe) wünschenswert. Doch inwieweit treffen die Versprechungen der verschiedenen Gerätehersteller zu? Gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Geräten? Welches Gerät bringt den besten Erfolg? Beeinflusst Kühlung das Ergebnis der Behandlung? Sind Parameter, wie Pulslänge und Energiedichte entscheidend? Diese Fragen sollen in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden.

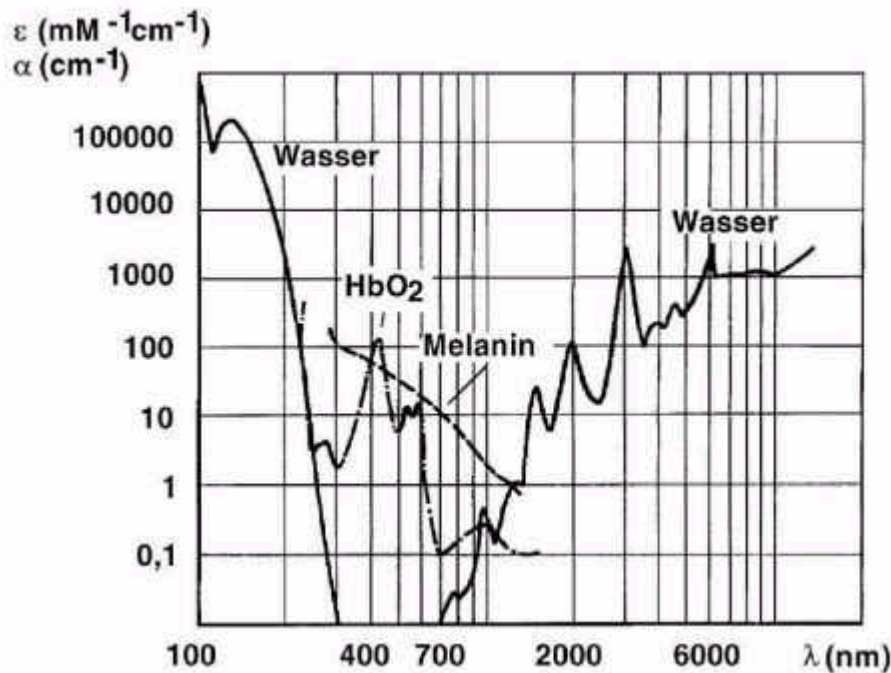
3.2. Physikalische Grundlagen

Das Wort LASER ist ein Kunstausdruck (Acronym), der sich aus den Anfangsbuchstaben der Wörter **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation zusammensetzt. Die wichtigsten Kennzeichen eines Lasers sind Monochromasie, geringe Divergenz und die Erzeugung ultrakurzer Pulse (# 32). Monochromasie bedeutet „Einfarbigkeit“; ein Laser stellt Licht einer einzigen Wellenlänge bereit. Das ist eine wichtige Voraussetzung zum Erzielen einer möglichst großen Selektivität beim Treffen bestimmter Zielstrukturen.

„Alle“ Gewebe des menschlichen Körpers absorbieren Licht eines bestimmten Wellenlängenbereichs und stellen somit Chromophoren, also Licht absorbierende Strukturen dar.

Licht und die damit verbundene Energie wird von den jeweiligen Gewebsstrukturen in unterschiedlichem Maße aufgenommen (selektive Photo-Absorption). So absorbiert Melanin Wellenlängen von ca. 400 nm bis 1500 nm. Die Kenntnis dieser Tatsache erlaubt die theoretische Überlegung der sogenannten selektiven Photothermolyse. Diese Theorie geht von einer relativ großen Selektivität bei der Absorption der jeweiligen organischen Strukturen aus und damit von der Möglichkeit einer selektiven Erhitzung und nachfolgenden Destruktion der gewünschten Zielstrukturen. Diese Überlegungen wurden zuerst im Jahr 1983 von Anderson und seiner Arbeitsgruppe vorgestellt (# 1). Übertragen auf die Photo-Epilation bedeutet selektive Photothermolyse eine isolierte Erhitzung des durch den Melanin Gehalt dunkel gefärbten Haares. Die umgebenden, nicht pigmentierten Gewebsstrukturen werden durch eine selektive Absorption des Melanin kaum erhitzt und somit geschont. Durch Fortleitung der thermischen Energie von den pigmentierten Haaranteilen werden jedoch auch die unmittelbar anliegenden nicht pigmentierten Follikelgewebe (unter anderem auch das germinative Epithel, das für die Neubildung der Haare verantwortlich ist) thermisch geschädigt und schließlich zerstört.

Abbildung 1: Absorptionsverhalten verschiedener Chromophore für Licht



Die Erzeugung ultrakurzer Pulse ermöglicht eine gezielte Erwärmung der Zielstrukturen über einen nur sehr kurzen Zeitraum. Das ist gerade im Hinblick auf mögliche Nebenwirkungen durch die Erwärmung weiterer Chromophoren neben den Zielstrukturen sehr wichtig.

Es gibt verschiedene Laser, die aufgrund ihrer emittierten Wellenlängen geeignet sind von Melanin absorbiert zu werden. Dazu zählen Alexandritlaser, Diodenlaser, Rubinlaser und Nd:YAG-Laser. Zur Epilationsbehandlung eignen sich jedoch auch Blitzlampen, auch IPL, intense pulsed light sources, genannt, die ein unterschiedlich großes Wellenlängenspektrum zwischen 500 nm und 1200 nm emittieren, das ebenfalls im Absorptionsspektrum von Melanin liegt (# 21).

3.3. Aufgabenstellung

Die Verschiedenartigkeit der auf dem Markt befindlichen Epilationssysteme in physikalischer Hinsicht sowie die Neuheit der Methode, die Unkenntnis der Behandlungsparameter sowie der Einfluss verschiedener Größen wie beispielsweise die Kühlung und die unterschiedliche Handhabung der Geräte veranlasste zu einer vergleichenden Untersuchung. Die Vergleichsstudien bezogen sich nicht nur auf Unterschiede hinsichtlich der Geräte selbst, sondern auch auf Daten wie Energiedichte und Pulslänge, die für den Erfolg der Therapie entscheidend sind. Diese Untersuchungen sollten Fragestellungen nach der Unterschiedlichkeit der Systeme klären und die Wirksamkeit dieser recht neuen Methode in der Dermatologie feststellen. Weiter sollten Benutzer und Anbieter dieser Therapieformen eine Hilfestellung hinsichtlich der Wahl der Geräte und Behandlungsparameter erhalten.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, Unterschiede zwischen verschiedenen, auf dem Markt erhältlichen Photo-Epilationssystemen, also Lasern und IPL-Systemen, die zur Enthaarungsbehandlung zugelassen sind, aufzuzeigen und deren Wirkung zu messen. Weiterhin ist der Einfluss verschiedener Geräteparameter wie Pulslänge und Energiedichte und deren Auswirkung auf den Erfolg der Behandlung Ziel der Studien. Die Kühlung stellte einen weiteren Themenkomplex dar, der von großer Bedeutung ist.

4. Material und Methoden

4.1. Studiendesign

In dieser Arbeit wurden verschiedene Untersuchungen zusammengefasst. Es handelt sich um vergleichende Untersuchungen, die zum einen verschiedene Geräte miteinander und zum anderen verschiedene Geräteeinstellungen beim selben Gerät erfassen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen und die verwendeten Epilationssysteme

Verwendete Epilationssysteme	Studiendesign	
Zwei Alexandritlaser	Vergleich	Low-dose Bereich (<20 J/cm ²)
Zwei Alexandritlaser	Vergleich	Im Bereich 20-25 J/cm ²
Alexandritlaser	Vergleich	Pulslänge
Alexandritlaser	Dosimetriestudie	Energiedichte im Bereich 10-40 J/cm ²
Alexandritlaser	Dosimetriestudie	Energiedichten im Bereich 5-20 J/cm ²
Alexandritlaser	Vergleich	Einfluss der Kühlung auf den Erfolg der Behandlung
IPL-System	Vergleich	Einfluss der Kühlung auf den Erfolg der Behandlung
Diodenlaser und IPL-System	Vergleich	Vergleich der Effektivität
Diodenlaser, Alexandritlaser und zwei IPL-Systeme	Vergleich	Vergleich der Effektivität

Es wurden zwei Alexandritlaser verschiedener Hersteller in zwei verschiedenen Energiedichtenbereichen, dem sogenannten Low-dose-Bereich, also bei 20 J/cm² und bei einer Energiedichte von 20-25 J/cm² miteinander verglichen. Weiterhin wurden Auswirkungen von Pulslänge im Bereich zwischen 10 und 40 ms und Energiedichte zum einen im Bereich zwischen 5 und 20 J/cm² und zum anderen im Bereich von 10 und 40 J/cm² auf den Behandlungserfolg mit beiden Alexandritlasern untersucht. Eine weitere Studienreihe beschäftigte sich mit den Auswirkungen der verschiedenen Kühlungsmethoden Gel und Kaltluft und einer Kombination der beiden genannten Methoden auf den Erfolg der Haarreduktion. Diese Untersuchungen wurden mit dem IPL-System 1 und dem Alexandritlaser 1 durchgeführt. Abschließend wurden zwei Vergleiche verschiedener Epilationssysteme untereinander vorgestellt. Es handelt sich dabei einerseits um den Vergleich eines Diodenlasers und einer Blitzlampe, die auch auf das Ansprechen in verschiedenen Körperlokalisationen hin analysiert wurden und zum anderen um eine Gegenüberstellung zweier IPL-Systeme (IPL 1 und 2), eines Diodenlasers und des Alexandritlasers 1. Bei den unterschiedlichen Vergleichsuntersuchungen wurden soweit möglich Nachbeobachtungen nach Therapieende angeschlossen, um die einzelnen Methoden und Geräteeinstellungen hinsichtlich des langfristigen Erfolgs beurteilen zu können.

4.2. Probanden

4.2.1. Alters- und Geschlechtsverteilung

Als Probanden wurden weibliche und männliche Personen aller Altersgruppen gewählt, die sich in der Sprechstunde einer Hautarztpraxis mit Schwerpunkt Lasertherapie vorstellten und über vermehrte unerwünschte Behaarung klagten. In die Studie wurden insgesamt 149 Personen einbezogen. 83 der Studienteilnehmer waren weiblichen und 66 männlichen Geschlechts. Das mittlere Alter aller Probanden lag bei 31,8 Jahren. Die Altersspanne reichte von 21 Jahren bis zu 60 Jahren.

4.2.2. Aufklärung und Studieneinweisung

Die Probanden wurden über spezielle Versuchsbedingungen aufgeklärt: bei jedem Patienten wurden mindestens 2 Testfelder angelegt, die unterschiedlich behandelt werden sollten. Ein daraus resultierendes unterschiedlich starkes Nachwachsen der Haare in den verschiedenen Testfeldern wurde vorab besprochen. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass jegliche chemische und physikalische Epilation, wie Enthaarung mit Enthaarungscremes, Zupfen oder die Verwendung elektrischer Geräte zu unterbleiben hatte. Ein Rasieren der nachwachsenden und störenden Haare mit Nass- oder Trockenrasierern war erlaubt. Die Haare sollten bei Wiedervorstellung sichtbar nachgewachsen sein, damit sie zählbar waren.

Die Patienten wurden sorgfältig über Nebenwirkungen aufgeklärt. Dazu zählen vor allem Änderungen in der Hautpigmentierung, also Hyper- und Hypopigmentierungen, Narben, Erytheme unterschiedlicher Ausprägung und Zeitdauer, perifollikuläre Ödeme, eine nicht vollständige Epilation und ein Nachwachsen hellerer und dünnerer Haare, die möglicherweise nicht mehr mit Hilfe eines Lasers oder einer Blitzlampe behandelt werden können. Alle Patienten wurden weiterhin über die Notwendigkeit der Anwendung von Sonnenschutz mit hohem Lichtschutzfaktor (LSF 60 bis 100) bei Sonnenexposition informiert. Direkte Sonnenbestrahlung sowie Solariumsbesuche sollten sowohl 2 Wochen vor, als auch 6 Wochen nach der letzten Epilationsbehandlung nicht erfolgen.

Regelmäßige Wiederholungsbehandlungen wurden im Gesicht in 4-wöchigem Turnus, am Körper in 6- bis 8-wöchentlichem Abstand durchgeführt.

Der Zeitpunkt des Behandlungsendes wurde von den Probanden subjektiv beurteilt. Ausschlaggebend war eine subjektiv erfolgreiche und zufriedenstellende Enthaarung.

4.2.3. Definition Hirsutismus und Hypertrichose

Die Probanden konnten alle unter die Diagnose Hypertrichose eingeordnet werden, da eine hormonelle Störung durch Gynäkologen in allen Fällen ausgeschlossen war. Bei einer übermäßigen Behaarung sind zwei verschiedene Termini zu unterscheiden: Hirsutismus und Hypertrichose. Beim Hirsutismus handelt es sich um eine pathologisch vermehrte Behaarung bei Frauen und Kindern gemäß einem männlichen Behaarungstyp an den spezifisch geschlechtsgebundenen Behaarungsarealen ohne weitere Virilisierungszeichen. Da Hirsutismus stets mit einer Erhöhung des Androgenspiegels verbunden ist, spielt zum einen die Ursache dieser Erhöhung, also eine endokrine (polyzystische Ovarien, Nebennierenhyperplasie), medikamentöse (Anabolika, ACTH, Minoxidil und andere) oder nicht-endokrine Störungen (Anorexia nervosa, neurologische Erkrankungen und Porphyrrien) eine Rolle, zum anderen aber auch die genetisch und ethnisch determinierte Empfindlichkeit der Haarfollikel auf Androgene besonders bei Patienten aus dem Mittelmeerraum. Dagegen ist die Hypertrichose abzugrenzen. Hierbei handelt es sich um eine lokale oder generalisierte unspezifische Vermehrung von Behaarung bei beiden Geschlechtern, wobei ein Übergang von nicht-pigmentierten feinen Vellushaaren in pigmentierte, dicke, markhaltige und längere Terminalhaare auftritt. Da das normale Behaarungsmuster sehr individuell ist und geprägt ist durch familiäre, alters- und geschlechtsabhängige Faktoren sowie ethnische Einflüsse lässt sich die Diagnose häufig nur durch eine genaue Anamnese stellen und hängt zum Teil auch vom Schönheitsideal der Patienten ab.

4.2.4. Hauttyp-Bestimmung

Nach der Einteilung der Hauttypen nach Fitzpatrick ließen sich alle Patienten je nach ihrer Pigmentbildung in die Gruppen 1 bis 3 einordnen. Dunkelhäutige Menschen mit Hauttyp 4 oder höher nahmen nicht an den Untersuchungen teil. Des Weiteren wurden in die Studie nur Patienten mit dunkler Behaarung, also dunkelbraunen und schwarzen Haaren, aufgenommen. Blonde wurden von den Untersuchungen ausgeschlossen.

4.3. Haarzählmethode

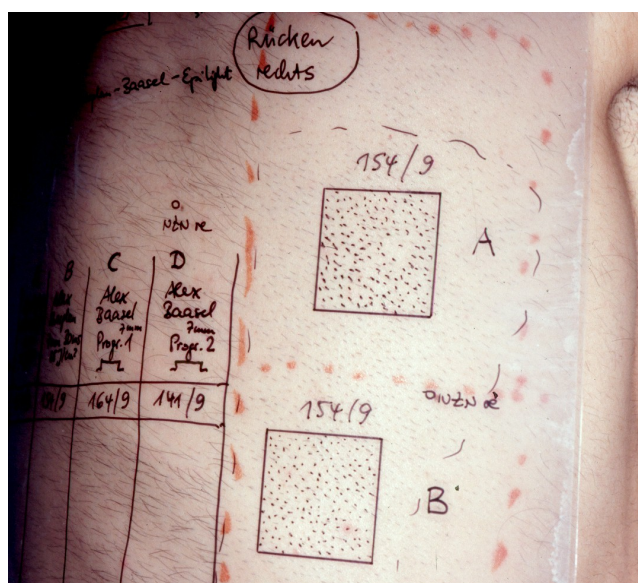
Die Haare wurden manuell ausgezählt. Dazu wurde eine Methode mit transparenten Folien (transparent sheet method, TSM) entwickelt. Bei dieser Zählmethode werden zunächst Areale mit möglichst ähnlicher Haardichte in symmetrischer Anordnung ausgewählt. Nach elektrischer Rasur (Braun exact 6 universal oder Babylliss Rasierer) der mindestens 2 Monate unbehandelten Fläche auf 1 mm Haarlänge wurde auf das Testareal eine transparente Folie aufgelegt. Die Orientierung und exakte Platzierung der Zählfolie erfolgte mittels Kennzeichnung von eindeutigen Hautmerkmalen wie Nävi, Narben oder anatomischer Gegebenheiten, wie Nase, Augenbrauen, Lippen, Knochenvorsprünge usw.. Die Folien wurden in ihrer Position zum Körper des Probanden durch Markierung von mindestens drei Hautmerkmalen eindeutig ausgerichtet. Die Größe der Testareale lag zwischen 2,5 cm x 2,5 cm (6,25 cm²) und maximal 4,0 cm x 4,0 cm (16,0 cm²) und betrug in den meisten Fällen 3 cm x 3,0 cm (9,0

cm²). Die Testareale waren entweder quadratisch oder rechteckig. Die Versuchsareale wurden auf der Folie über dem Testareal aufgezeichnet und mit der jeweiligen Methode beschriftet. Auf die Haut übertragen wurden die Felder mit einem weißen Fettstift (Kajalstift Marke Kron). Die Folie diente nachfolgend als Auszählshablone. Wurde diese in eine transparente Klarsichthülle geschoben, konnten auf der Hülle die Haare innerhalb der Zählfelder mit einem feinen Filzstift (Marke Stilo) ausgezählt werden. Dabei verhinderte die Markierung der gezählten Haare ein Mehrfachauszählen der selben Haare. Die Zählung wurde immer vom gleichen Untersucher vorgenommen, um eine möglichst hohe Reproduzierbarkeit der Methode zu erzielen und eine interpersonelle Ungenauigkeit zu minimieren. So war eine individuelle Übereinstimmung bei der Auszählung der Haare gewährleistet, wenn Entscheidungen getroffen werden mussten, ob schwarze Punkte in Haarfollikelöffnungen gezählt oder weggelassen werden sollten. Die Anzahl der Haare wurde in Tabellen festgehalten und umgerechnet in die Haardichte pro Flächeneinheit, also pro cm². Bei den Wiederholungszählungen wurde durch eine Verhältnisbildung mit dem Ausgangswert, der als 100 % angesehen wurde, eine prozentuale Haarreduktion berechnet. Die so errechnete Haardichte wurde vor Beginn der Behandlung, vor jeder Wiederholungsbehandlung und nach 3- oder 6-monatiger Nachbeobachtungszeit bestimmt. Der Koeffizient der Reproduzierbarkeit dieser Methode der Haarzählung wurde durch eine zehnmahlige Zählung ein und desselben Studienfeldes bei einem Probanden erfasst.

Abbildung 2: Vorgehen beim Haarezählen mit der Transparent-Sheet-Methode



Abbildung 3: Folie mit Zählfeldern am Rücken eines Patienten



4.4 Lasergeräte und IPL-Systeme

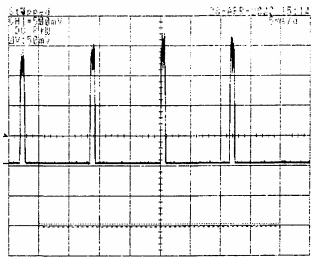
Zur Behandlung wurden nur Laser und Blitzlampen eingesetzt, die von der FDA (Food and Drug Administration) eine Zulassung zur Epilationsbehandlung erhalten hatten.

4.4.1 Alexandritlaser

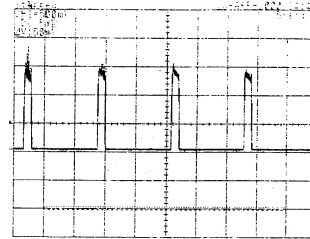
Alexandritlaser emittieren ein monochromatisches Licht der Wellenlänge 755 nm. Die Pulslänge wird entweder in einem sogenannten cw-Modus (continuous wave-Modus) oder in einem Burst-Puls abgegeben. Cw-Modus bedeutet, dass eine konstante Energie über die gesamte Pulslänge emittiert wird. Ein Burst-Puls beinhaltet eine diskontinuierliche Abgabe der Energie. Die Pulslänge ist also über unterschiedliche On- und Off-Zeiten charakterisiert. Diese On- und Off-Zeiten sind bei unterschiedlichen Alexandritlasern verschieden. Dabei hängt die maximal pro Zeiteinheit (ON-Zeit) emittierte Energie und die Anzahl und Dauer der jeweiligen On- und Off-Zeiten vom Gerät ab. Das Integral über der Zeit-Energieachse der Pulsmuster ergibt die Gesamtenergie, die im definierten Zeitraum freigesetzt wird. Sie wird als Energiedichte (fluence) mit der Benennung J/cm^2 angegeben. Bei den hier verwendeten Geräten handelt es sich um den Alexandritlaser EpiLase® der Firma Lumenis (vormals ESC Sharplan) und EpiXan XL® der Firma WaveLight (vormals Baasel). In Abbildung 4 sind die verschiedenen Pulsmuster der beiden Geräte bei einer gleichen Pulsdauer von 20 ms und der identischen Energiedichte von $20 J/cm^2$ dargestellt. In wie weit diese Unterschiede in der Pulscharakteristik die Effektivität dieser Alexandritlaser beeinflussen, ist bislang nicht untersucht worden und ist daher unter anderem Gegenstand dieser Arbeit.

Abbildung 4: Jeweiliges Pulsmuster der Burst-Puls der beiden in der vorliegenden Studie verwendeten Alexandritlaser EpiLase® (linke Abbildung) und EpiXan XL® (rechte Abbildung) bei einer Pulsdauer von 20 ms und einer Energiedichte von $20 J/cm^2$

Alexandritlaser EpiLase® (Fa. Lumenis)



Alexandritlaser EpiXan XL® (Fa. WaveLight)



Die Geräte werden gekoppelt mit einem Kaltluftgerät bei der Behandlung. Diese Art der Kühlung vermindert thermische Nebenwirkungen der Therapie und erhöhen so den Behandlungskomfort. Beide Systeme können Mithilfe eines Scanners angewendet werden. Das bedeutet, dass der Laser rasterartig mit einer bestimmten Frequenz ein definiertes Areal behandelt, dessen Größe ein Mehrfaches der Spotgröße des Laserstrahls darstellt. Die einzelnen Laserspots werden durch die Scanner in einer Reihenfolge abgegeben, die nie benachbarte Spots hintereinander trifft. Dies verhindert eine Kumulation der Randwärme neben den Laserimpulsen. Beide Lasersysteme verfügen über eine gewisse Überlappung der einzelnen Spots, die nach Anforderungen in mehr oder weniger große Überlappungsbereiche eingestellt werden können. Bei der Behandlung im Rahmen der Studie wurde mit einer mittleren Überlappung (20%) gearbeitet. Das Kaltluftgerät ist über einen Schlauch an den Scanner bzw. das Einzelhandstück angeschlossen und kühlt die gesamte Fläche, die behandelt wird.

Abbildung 5: Scannerhandstück des Alexandritlasers der Firma WaveLight (ehemals Baasel)



Auf Grund der oben beschriebenen Unterschiede von Alexandritlasern hinsichtlich des Pulsmusters der Burst-Puls wurde in vorliegender Arbeit die Enthaarungseffizienz zweier Alexandritlaser in verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht. Dosimetriestudien zum einen im „Low-dose-Bereich“ und im Bereich von Energiedichten zwischen 20 und 25 J/cm² wurden durchgeführt. Der Begriff „Low-dose“ wurde von uns geprägt und umfasst Behandlungen, die mit niedrigen Energiedichten, also Energiedichten unter 20 J/cm², durchgeführt wurden.

4.4.2. Diodenlaser

Der Diodenlaser emittiert kohärentes, monochromatisches Licht der Wellenlängen 800 nm, 810 nm oder 930 nm. Als Lichtquelle dienen Dioden (Halbleiter), die Photonen elektrisch erzeugen. In den Studien wurde das Gerät LightSheer[®] von der Firma Lumenis verwendet, das eine Wellenlänge von 800 nm emittiert. Dieser Laser hat eine Spotgröße von 9 x 9 mm und verfügt über zwei Einstellmöglichkeiten für die Pulslänge: 30 ms als Fixeinstellung und eine variable Pulslänge (AUTO-Modus). Diese Pulslänge ändert sich proportional mit der Energiedichte. Das bedeutet, dass im AUTO-Modus bei einer Energiedichte von 40 J/cm² die Pulslänge ungefähr 20 ms beträgt. Die Kühlung der Haut wird durch eine Kontaktkühlung gewährleistet. Der Hersteller nennt dieses Kühlprinzip, das auf einer mit Wasser gekühlten Saphirspitze beruht, „Chill Tip“.

Bei der Behandlung ist die Applikation eines farblosen Ultraschallgels vorteilhaft. Zum einen wird dadurch die Transparenz des Stratum corneum der Haut erhöht, zum anderen die Verschieblichkeit des Handstücks auf der Haut verbessert und drittens wird die Wärmeableitung (bzw. Abkühlung) der oberen Hautschichten dadurch verbessert.

Diodenlaser werden von verschiedenen Herstellern vertrieben. Die Geräte unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihrer Leistung, der Spotgröße und der Pulslängenbereiche, aber auch hinsichtlich der Wellenlänge.

4.4.3. IPL-Systeme

IPL-System bedeutet „intense pulsed light source“. Die Lichtquelle ist bei IPL-Systemen eine Blitzlampe, deren Wellenlängenspektrum zwischen 500 nm und 1200 nm liegt. Das Licht ist nicht monochromatisch, das heißt, es wird ein breites Spektrum verschiedener Wellenlängen freigesetzt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Emissionsspektrum exakter zu begrenzen. Bei dem in der Studie verwendeten Gerät Ellipse[®] der Firma DDD wird das Spektrum nach oben (in Richtung längerer infraroter Wellenlängen) durch eine Vorlaufstrecke durch Wasser bei 950 nm begrenzt. Dadurch wird die Absorption in Wasser minimiert und somit die thermischen Nebenwirkungen durch den Wegfall der Absorption im Gewebwasser vermieden (# 7). Die Begrenzung des Wellenlängenspektrums im kurzwelligen Bereich liegt bei 600 nm. Die Pulsdauer des Gerätes kann variiert werden zwischen 1 ms und 50 ms pro Puls. Es kann eine Energiedichte von bis zu 22 J/cm² abgegeben werden. Die Applikation eines Gels ist zur Vermeidung von Nebenwirkungen und zum Erreichen eines besseren Hautkontak-

tes erforderlich und schützt zudem das Handstück und besonders den Glasapplikator vor eventuell noch auf der Haut befindlichen Haaren, die sich im Kristall einbrennen und somit eine permanente Verunreinigung darstellen.

Das zweite in den Studien verwendete IPL-Gerät heißt EpiLight® und wurde für diese Studien von der Firma Lumenis (ehemals ESC Sharplan) zur Verfügung gestellt. Diese Blitzlampe ist ebenfalls mit Filtersystemen ausgestattet, welche das Wellenlängenspektrum folgendermaßen eingrenzen: die kurzwellige Strahlung im UV-Bereich wird mit verschiedenen „cut-off“-Filtern bei 595 nm, 615 nm, 645 nm und 695 nm ausgeblendet, die längeren Wellenlängen im infraroten Spektrum sind ab 1200 nm ausgeblendet. Das hier bei der Behandlung ebenfalls notwendige Ultraschallgel muss in diesem Fall gekühlt (vorzugsweise tiefgekühlt) sein, um die Erwärmung des Gewebes durch das IPL-Licht durch dessen Absorption im Gewebswasser zu kompensieren.

Bei beiden Geräten wird die gesamte Pulsdauer durch doppelte oder dreifache (Triplet) Applikation von kürzeren Pulsen mit kurzen Intervallen dazwischen erreicht.

4.4.4. Kühlverfahren

Die in den Studien verwendeten Epilationssysteme sind mit verschiedenen Kühlsystemen und Kühlmethoden kombiniert. Zur Anwendung kommen kalte Luft und Gel. Das verwendete Gel ähnelt durchsichtigem Ultraschallgel, welches jedoch bezüglich Absorption und Streuung von Licht optimiert wurde. Kaltluft zur Kühlung wird bei den beiden in der Studie verwendeten Alexandritlasern benutzt. Das Kaltluftgebläse Cryo 5® der Firma Zimmer wurde bislang vor allem in der Physiotherapie eingesetzt und wurde speziell für den Einsatz in Kombination mit Lasern mit einem speziellen Aufsatz versehen, der eine Kopplung an das Handstück des Lasers ermöglicht. Die beiden Laser besitzen an den Handstücken Vorrichtungen, an die der Schlauch des Kaltluftgebläses eingerastet werden kann. Durch die Kopplung der beiden Geräte ist eine exakte Applikation der Kaltluft in den gerade behandelten Hautarealen möglich. Bei der Epilationsbehandlung wurde eine Ventilationsstärke der Kaltluftgeräte zwischen Stufe 2 und 4 je nach Empfinden der Probanden gewählt. Ultraschallgel zur Kühlung und zum Schutz der Epidermis wird sowohl mit dem Diodenlaser als auch mit beiden Blitzlampen verwendet. Bei diesen Gerätetypen findet im Gegensatz zu den Alexandritlasern ein direkter Kontakt zwischen Haut und Handstück statt. Das Gel vermittelt hier zusätzlich zur Kühlung und Schutzfunktion der Haut noch einen guten Kontakt zwischen Handstück und Haut und vermindert das Verschmutzen und die Beschädigung der Auflageflächen durch verbrannte Haare. Durch den fehlenden Infrarotanteil im Strahlenspektrum benötigt man bei der Blitzlampe Ellipse® außer Gel keine zusätzliche Kühlung der Epidermis, während bei der Blitzlampe EpiLight® die Epidermis entweder durch vorgekühltes Gel oder durch Kühlelemente, die das Quarz an der Kontaktfläche zur Hautoberfläche kühlen, geschützt wird. Das Gel wird dazu im Gefrierfach eingefroren und kurz vor der Behandlung im Mikrowellenofen ange-taut, so dass noch kleine Eisstückchen im Gel enthalten sind. Durch die Erwärmung auf der Hautoberfläche sind diese Eisstückchen bis zum Behandlungsbeginn dann gerade aufgetaut.

4.5. Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe der SPSS Statistiksoftware in Zusammenarbeit mit Frau Dr. Raymonde Busch vom IMSE, TU München, durchgeführt. Je nach Studiendesign wurden unterschiedliche Tests verwendet, bei Vergleichsstudien zweier Geräte der Wilcoxon-Rank-Test für gepaarte Stichproben, bei Untersuchungen mehrerer Geräte der Friedman-Test. Ergab der Friedman-Test ein statistisch signifikant unterschiedliches Ergebnis, wurden die Gruppen paarweise einzeln mit dem Wilcoxon-Rank-Test verglichen. Es wurden mit Ausnahme des Vergleichs zweier Alexandritlaser und des IPL-Diodenlaservergleichs für verschiedenen Lokalisationen nur gepaarte Tests durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,01$ als statistisch signifikant unterschiedlich definiert.

4.6. Probanden und Versuchsanordnungen bei den jeweiligen Untersuchungen hinsichtlich der Enthaarungswirkung

Bei den unterschiedlichen durchgeführten Studien wurden unterschiedliche Probandenkollektive und verschiedene Versuchsanordnungen verwendet. Nachfolgend sollen die Probandenkollektive und Versuchsanordnungen dargestellt werden.

4.6.1. Haarzählmethode

Zur Überprüfung der Haarzählmethode wurde ein nach den unter Kapitel 2.3. dargelegten Kriterien ausgewähltes Studienfeld beim selben Patienten 10 mal im Abstand von 5 Minuten gezählt. Das Feld war 3,0 cm x 3,0 cm groß und befand sich in einem Areal mit gleichmäßiger Haardichte im Bereich der Brust des 35-jährigen Probanden mit der Diagnose Hypertrichose.

4.6.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“

In diesen Vergleich wurden 25 Patienten, 9 weibliche und 16 männliche einbezogen.

Die Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 wurde mit einem durchschnittlichen Spottdurchmesser von 9,2 mm (zwischen 9 und 10 mm), einer durchschnittlichen Pulslänge von 7,6 ms (7 ms oder 17 ms) und einer Energiedichte von 10 J/cm² durchgeführt.

Zum Vergleich herangezogen wurden die Ergebnisse von Probanden, die im Rahmen der Dosimetrie-studie mit dem Alexandritlaser 2 behandelt wurden. Zur Auswertung wurden alle Testfelder, die mit 10 J/cm² behandelt worden waren, verwendet. Da bei dieser Studie Kombinationen aus Energiedichten zwischen 10 und 40 J/cm² mit Pulslängen zwischen 10 ms und 40 ms gebildet wurden, wurde zur Auswertung der jeweilige Mittelwert aus den Pulslängen errechnet, der 25 ms beträgt. Die Auswertung basierte auf Mittelwerten der prozentualen Haarabnahme aus den für jeden Patienten vorhandenen 4 Feldern, die jeweils mit einer anderen Pulslänge behandelt worden waren.

Tabelle 2: Übersicht über Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung der Probanden des Alexandritlaservergleichs im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#)

Wiederholungs- behandlung	Alexandritlaser 1				Alexandritlaser 2			
	n	w	m	Ø Alter	n	w	m	Ø Alter
1. #	16	7	9	30,1 (23-39)	9	2	7	32,3 (23-43)
2. #	13	7	6	31,7 (24-39)	9	2	7	32,3 (23-43)
3. #	10	6	4	30,0 (24-35)	8	2	6	32,9 (23-43)
4. #	8	4	4	29,8 (24-35)	4	0	4	34,3 (32-41)
5. #	6	3	3	29,8 (24-35)	2	0	2	36,5 (32-41)

Die statistische Auswertung wurde mit dem Mann-Whitney-Test als nicht-parametrischem Test für zwei unabhängige Gruppen durchgeführt.

4.6.3. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20 – 25 J/cm²

An der Untersuchung nahmen insgesamt 11 Probanden teil. Davon waren 4 weiblich und 7 männlich. Das Durchschnittsalter betrug 33,8 Jahre und erstreckte sich von 25 bis zu 53 Jahren.

Die Patienten wurden im Halbseitenversuch behandelt, das heißt eine Körperhälfte erhielt eine Behandlung mit Alexandritlaser 1, die andere mit Alexandritlaser 2. Die Behandlung mit Alexandritlaser 2 wurde mit einem mittleren Spottdurchmesser von 8,5 mm (7-10 mm), einer mittleren Pulslänge von 31,0 ms (30-40 ms) und einer mittleren Energiedichte von 22,3 J/cm² (20–25 J/cm²) durchgeführt. Die Behandlungsparameter bei Alexandritlaser 1 waren folgende: mittlerer Spottdurchmesser 8,2 mm (7-9 mm), Pulsdauer 38 ms bei allen Probanden und mittlere Energiedichte 22,3 J/cm² (20-25 J/cm²). Als Lokalisationen wurden die Bikinizone und der Bauch bei jeweils einer Patientin, die Unterschenkel bei 2 Patientinnen und der Rücken bei 7 Patienten behandelt.

Tabelle 3: Übersicht über Anzahl (n gesamt), Alter und Geschlechtsverteilung der Probanden des Alexandritlaservergleichs im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm² im Verlauf zunehmender Wiederholungsbehandlungen (#)

Wiederholungsbehandlung	n gesamt	w	m
1. #	11	4	7
2. #	11	4	7
3. #	8	4	4
4. #	5	1	4
5. #	3	0	3

4.6.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2

9 Patienten, 2 Frauen und 7 Männer, mit durchschnittlichem Alter von 32,7 Jahren (23-45 Jahre), wurden zur Epilation mittels Alexandritlaser mit verschiedenen Parameterkombinationen mehrfach behandelt. Aus je vier verschiedenen Pulslängen (10, 20, 30 und 40 ms) und Energiedichten (10, 20, 30 und 40 J/cm²) entstanden 16 verschiedene Kombinationsfelder. Die Größe der untersuchten Felder betrug 2,5 x 2,5 cm (6,25 cm²). Die Felder wurden nach einem festgelegten Muster auf größeren Körperpartien wie Rücken oder Beinen aufgetragen. Der Abstand der jeweiligen Felder betrug stets 1 cm nach allen Seiten. Es wurden durchschnittlich 4,4 Wiederholungsbehandlungen (3-6 Behandlungen) durchgeführt. Zwei Probandinnen wurden an den Beinen behandelt, alle anderen Patienten am Rücken. Die Behandlungen wurden mit dem Alexandritlaser 2 durchgeführt. Der Spottdurchmesser betrug für alle Behandlungen 10 mm.

Die Auswertung wurde mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen durchgeführt. Im Fall dass $p < 0,01$ war, wurde eine weitere Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen hinsichtlich aller möglichen Gruppierungen durchgeführt.

4.6.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm²

In der Dosimetriestudie wurden 9 Patienten (2 Frauen und 7 Männer), durchschnittliches Alter 32,7 Jahre (23-45 Jahre) in 16 Feldern mit Kombinationen aus den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² mit den Pulslängen 10, 20, 30 und 40 ms behandelt. Auf dem Hintergrund der Auswertungsergebnisse des Pulslängenvergleichs, der keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der verwendeten Pulslängen ergab, wurde bei der Auswertung dieser Studie ein Mittelwert der Pulslängen gebildet und in dieser Hinsicht eine Auswertung der Energiedichten durchgeführt.

Die hier angegebenen Werte der prozentualen Haarreduktion sind also Mittelwerte der mit 10, 20, 30 und 40 ms und den jeweiligen Energiedichten behandelten Felder. Es wurden durchschnittlich 4,4 (3-6) Wiederholungsbehandlungen durchgeführt. Die 16 Felder waren 2,5 x 2,5 cm groß (6,25 cm²) und waren in einer fest definierten Anordnung an den betreffenden Körperstellen (Beine, Rücken) in einem Raster mit jeweils 1 cm Abstand zu allen Seiten angebracht. Die Behandlung wurde mit dem Alexandritlaser 2 mit einem Spottdurchmesser von 10 mm durchgeführt.

Die Auswertung wurde mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen durchgeführt. Im Fall dass $p < 0,01$ war wurde eine weitere Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen hinsichtlich aller möglichen Gruppierungen durchgeführt.

4.6.6. Vergleichende Untersuchung zur Epilationswirkung niedrigerer Energiedichten im Vergleich zu normalen Energiedichten bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1

An der Untersuchung nahmen 14 Probanden, 7 weibliche und 7 männliche, teil. Die Behandlungen fanden an den Beinen, der Bikinizone, der Brust, dem Rücken und der Wange statt. Das mittlere Alter betrug 31,4 Jahre (23-39 Jahre).

Die Patienten wurden in 4 verschiedenen Feldern mit den jeweiligen Energiedichten 5 J/cm², 10 J/cm², 15 J/cm² und 20 J/cm² behandelt. Die Therapie fand mit dem Alexandritlaser 1 mit einer mittleren Pulslänge von 7,7 ms (7 ms und 17 ms) und einem mittleren Spottdurchmesser von 9,2 mm (9mm und 10 mm) statt.

Tabelle 4: Übersicht über die Verteilung auf Geschlecht und Lokalisationen der Probanden der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich 5-20 J/cm²

N gesamt	w	m	Lokalisationen				
			Beine	Bikinizone	Brust	Rücken	Wange
14	7	7	4	1	1	7	1

4.6.7. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 und der Blitzlampe 1

In diese Studie wurden 19 Probanden aufgenommen. 8 Probanden, 2 weibliche und 6 männliche wurden mit dem Alexandritlaser 1 und 11 Probanden (7 weibliche und 4 männliche) mit dem IPL-System 1 behandelt. Die mit dem Alexandritlaser 1 behandelten Probanden hatten ein durchschnittliches Alter von 32,6 Jahren (28-45 Jahre) und ließen sich an Bauch, Rücken und Unterschenkeln behandeln. Das mittlere Alter der mit der Blitzlampe epiliierten Patienten lag bei 33,7 Jahren (29-53 Jahre). In die-

ser Gruppe waren folgende Lokalisationen vertreten: Axilla, Oberarm, Oberschenkel, Rücken und Unterschenkel.

Das mittlere Alter des Gesamtkollektivs, das mit einem der beiden Photo-Epilationssysteme behandelt worden war, betrug 33,3 Jahre (28-53 Jahre). Tabelle 5 zeigt einen Überblick über die Verteilung der Lokalisationen und das Alter der jeweiligen Gruppen.

Tabelle 5: Übersicht über das Probandenkollektiv der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung

	n	w	m	Ø Alter	Axilla	Bauch	Bein	Oberarm	Rücken
Blitzlampe	11	7	4	33,7 (29-53)	1	0	6	2	2
Alexandritlaser	8	2	6	32,6 (28-45)	0	2	2	0	4
Gesamtkollektiv	19	9	10	33,3 (28-53)	1	2	8	2	6

Die Patienten wurden jeweils in vier verschiedenen Feldern mit verschiedenen Kühlmethoden mit den jeweiligen Photo-Epilationssystemen therapiert. Ein Feld wurde ohne Kühlung in der höchsten gerade noch erträglichen Energiedosis, ein Feld nur mit Einsatz von kalter Luft, ein Feld nur mit transparentem Ultraschallgel und ein Feld in Kombination von Ultraschallgel und kalter Luft epiliiert. Die applizierte Energiedichte richtete sich nach derjenigen Dosis, die im ungekühlten Feld verwendet worden war. Die Felder wurden so angelegt, dass die beiden luftgekühlten Areale auf einer Körperseite zusammen lagen und die beiden Felder ohne Luftkühlung sich auf der anderen Körperseite befanden, so dass kein störender Einfluss durch die Luftkühlung bewirkt wurde.

Die Geräteeinstellungen waren ein mittlerer Spottedmesser von 8,6 mm (7-10 mm), eine mittlere Pulslänge von 22,4 ms (7-38 ms) und eine Energiedichte von durchschnittlich 19,1 J/cm² (15-28 J/cm²) bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser. Bei der Therapie mit der Blitzlampe wurden cut-off-Filter von 645 nm und 695 nm verwendet. Pulslängen von 2-3 x 3,2-6,0 ms mit einem Delay von durchschnittlich 20,5 ms (15-30 ms) und eine mittlere Energiedichte von 31,6 J/cm² (25-38 J/cm²) kamen zum Einsatz.

Die statistische Auswertung wurde mit der SPSS Software durchgeführt mittels eines nicht-parametrischen Tests für mehrere verbundene Stichproben, dem Friedman-Test, und wenn der p-Wert < 0,01 war, mit einem nicht-parametrischen Test für zwei verbundene Stichproben, dem Wilcoxon-Rank-Test.

Bei dieser Untersuchung wurde eine Nachbeobachtung 3 Monate und 6 Monate nach der letzten Behandlung ohne weitere Therapie durchgeführt. 5 Probanden, die mit dem Alexandritlaser 1 behandelt worden waren und 8 Patienten, die eine Therapie mit der Blitzlampe (IPL 1) erhalten hatten, stellten sich zur Verfügung. Von diesen insgesamt 13 Patienten wurde ein Proband am Oberarm, 7 am Bein, 4 am Rücken und einer am Bauch behandelt. Das mittlere Alter der Patienten betrug 34,5 Jahre (28-53 Jahre). 7 Frauen und 6 Männer nahmen an der follow-up-Untersuchung teil für die 3 Monatsnachbeobachtung und 3 Frauen und 2 Männer, also insgesamt 5 Probanden, unterzogen sich der 6 Monatsnachbeobachtung. 2 Probandinnen erklärten sich bereit ihre Testareale über insgesamt 12 Monate nachverfolgen zu lassen und in diesen Körperpartien auf eine weitere Therapie außer Rasieren in diesem Zeitraum zu verzichten. Bei diesen beiden Probandinnen wurden auch Zählungen 9 Monate und 12 Monate nach der letzten Behandlung durchgeführt.

4.6.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe (IPL 1) und eines Diodenlasers

Als Diodenlaser wurde das Gerät LightSheer® der Firma Lumenis verwendet und als Blitzlampe kam das IPL-System 1 zum Einsatz.

In die Studie wurden insgesamt 89 Probanden aufgenommen. Von diesen 89 Teilnehmern haben allerdings nur 50 die Studie gemäß den Studienkriterien abgeschlossen, das heißt bis zu einer subjektiven Zufriedenheit mit dem Epilationsresultat. Dabei bedeutete das Behandlungsende der Wiederholungsbehandlungen entweder ein subjektiv optimales Enthaarungsergebnis oder ein Zählergebnis, das weniger als 10 Haare pro gezähltem Feld umfasste.

Die Probanden wurden im Halbseitenvergleich mit den beiden Geräten behandelt, das bedeutet, jeder Proband hatte auf einer Körperhälfte das Behandlungsareal mit dem Diodenlaser und möglichst sym-

metrisch dazu ein Behandlungsfeld mit der Blitzlampe auf der anderen Körperhälfte. Gezählt wurden die jeweils mindestens 9 cm² großen Felder vor der ersten und jeder wiederholten Behandlung. Die Patienten wurden mit einer mittleren Pulslänge von 25,1 ms (12,5-30 ms) und einer durchschnittlichen Energiedichte von 33,2 J/cm² (20-50 J/cm²) mit dem Diodenlaser behandelt. Als Behandlungsparameter kamen bei der Epilation mit der Blitzlampe folgende Parameter zum Einsatz: Filter 590 nm, 615 nm, 645 nm, 695 nm und 755 nm, Pulsdauer 2-6 x 2,5-7 ms mit einem Delay von durchschnittlich 19,7 ms (5-30 ms) und eine durchschnittliche Energiedichte von 38,7 J/cm² (27-55 J/cm²). 50 Probanden von den ursprünglich 89 in die Studie aufgenommenen Probanden schlossen wie oben beschrieben die Studie vollständig ab. Diese 50 Probanden bildeten die Grundlage für die hier ausgeführten Auswertungen. 41 der Probanden waren weiblich, 9 männlich. Das mittlere Alter betrug 31,1 Jahre mit einer Streuung zwischen 21 und 60 Jahren. Die behandelten Körperlokalisierungen waren Arm, Axilla, Bauch, Bikinizone, Brust, Hals, Kinn, Mamma, Mons pubis, Oberlippe, Oberschenkel, Rücken, Unterschenkel und Wange. Die Verteilung der Probanden über die genannten Lokalisierungen ergab sich wie in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht über die Zuordnung der Studienteilnehmer zu den verschiedenen Körperlokalisierungen bei der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe und eines Diodenlasers

	Arm	Axilla	Bauch	Bikini	Brust	Hals	Kinn
N	2	2	3	10	1	4	8
W	2	2	2	10	0	2	8
m	0	0	1	0	1	2	0
	Mamma	Mons pubis	Oberlippe	Beine	Rücken	Wange	
N	1	1	2	10	4	2	
W	1	1	2	10	0	1	
m	0	0	0	0	4	1	

Die statistische Auswertung wurde mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen durchgeführt. Nach Behandlungsende wurden die Patienten gebeten, sich 3 und 6 Monate nach der zuletzt durchgeführten Behandlung zur Kontrolle wieder vorzustellen. Bei diesen Terminen wurden die mit den jeweiligen Methoden behandelten Testfelder noch einmal gezählt, jedoch nicht behandelt, so dass eine Nachbeobachtung über einen Zeitraum von 6 Monaten stattfinden konnte. Wenn die Probanden dies wünschten, wurde die übrige Lokalisation außerhalb des Studienfeldes mit der jeweils besseren Methode weiter behandelt. Dabei wurde darauf geachtet, ein größeres Areal als das Testfeld selbst bei der Behandlung auszusparen. Zu diesem Vorgehen konnten 28 Probanden gewonnen werden. Die übrigen Patienten wollten eine Behandlung mit der für sie besseren Methode zur Vereinheitlichung des Erscheinungsbildes und waren nicht bereit, die Studienfelder in dieser Nachbeobachtungsuntersuchung ohne weitere Behandlung zu belassen. Das mittlere Alter betrug 30,9 Jahre (25- 60 Jahre). 24 der Teilnehmer der Nachuntersuchung waren weiblich und 4 männlich. Die untersuchten Körperlokalisierungen waren Axilla, Bauch, Bikinizone, Brust, Hals, Kinn, Mamma, Oberlippe, Unterschenkel, Rücken und Wange. Die Probanden hatten durchschnittlich 6,1 (3-12) Behandlungen erhalten.

Eine weitere Auswertung bezieht sich auf das unterschiedliche Ansprechen verschiedener Körperlokalisierungen. Dazu wurden drei Körperlokalisierungen, in denen mehr als 5 Probanden behandelt worden waren, ausgewählt. Diese Lokalisierungen waren Bikinizone, Kinn und Unterschenkel. Tabelle 7 zeigt eine Übersicht über die Patientinnen der ausgewählten Lokalisierungen.

Tabelle 7: Übersicht über die Probandinnen der einzeln untersuchten Lokalisierungen der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe

	Bikini	Kinn	Beine
N	10	8	10
Ø Alter	29,1	35,5	31,6
Ø Anzahl an Behandlungen	5,9	7,5	4,5

Die statistische Auswertung dieser Lokalisationsuntersuchung wurde mit dem Kruskal-Wallis-Test als nicht-parametrischem Test für mehrere nicht verbundene Stichproben durchgeführt. Wenn der p-Wert < 0,01 war, wurde eine weitere statistische Auswertung mit dem nicht-parametrischen Mann-Whitney-Test für zwei unverbundene Gruppen durchgeführt.

4.6.9. Vergleich des Alexandritlaser 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen (IPL 1 und 2)

In die Studie wurden insgesamt 30 Probanden (20 weibliche und 10 männliche) aufgenommen. Nach den Kriterien, entweder subjektive Zufriedenheit des Probanden oder ein Zählergebnis, das weniger als 10 Haare pro Feld ergab, hatten diese Studie 12 Probanden abgeschlossen. 9 dieser Probanden unterziehen sich weiterhin regelmäßigen Wiederholungsbehandlungen, 7 Patienten haben die Studie aufgrund zu geringen subjektiven Erfolgs abgebrochen und 2 aufgrund von privaten Problemen, wie länger andauernde Krankheit.

Zur Auswertung wurden nur die Ergebnisse der 12 Patienten herangezogen, die die Studie abgeschlossen haben und entweder subjektiv zufriedenstellende oder objektiv befriedigende Ergebnisse erzielt hatten. Diese Patienten hatten sich durchschnittlich 4,5 (3-6 Behandlungen) Wiederholungsbehandlungen unterzogen und wiesen ein mittleres Alter von 32,2 Jahren (28-40 Jahre) auf. Die Behandlungen wurden in 4- bis 6-wöchentlichem Abstand durchgeführt. Zählungen wurden vor der ersten und jeder folgenden Behandlung durchgeführt.

Bei der Behandlung wurden folgende Behandlungsparameter eingesetzt: IPL 2: Pulslänge 4-8 x 1,5ms mit 5 ms Delay und eine Energiedichte zwischen 12-22 J/cm², IPL 1: 645 oder 695 nm cut-off-Filter, 2-3 x 3,2-6,9 ms und Delay zwischen 10-80 ms mit einer Energiedichte von 30-40 J/cm², Diodenlaser: 30 ms Pulslänge und eine Energiedichte zwischen 15-40 J/cm² und für den Alexandritlaser 1 7-10 mm Spotgröße, 10-38 ms Pulslänge, 15-25 J/cm² Energiedichte.

Tabelle 8 zeigt einen Überblick über die im Vergleich behandelten Körperstellen.

Tabelle 8: Übersicht über die im Vergleich eines Alexandritlasers, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen behandelten Lokalisationen sowie Darstellung der Geschlechtsverteilung

	Arm	Bauch	Bikini	Rücken	Unterschenkel
W	1	0	1	0	8
M	0	1	0	1	0
Gesamt	1	1	1	1	8

Die statistische Auswertung wurde mit dem Friedman-Test als nicht-parametrischem Test für mehrere verbundene Gruppen durchgeführt.

Eine Nachbeobachtung wurde nach 3 Monaten und nach 6 Monaten ohne Behandlung der Testfelder durchgeführt. Die Patienten durften in diesem Nachbeobachtungszeitraum von 6 Monaten nur rasieren. Keine andere Form der Epilation, wie Zupfen oder Wachsen, war erlaubt. 8 Probanden stellten sich zu einer 3- Monatsnachbeobachtung zur Verfügung und 6 zu einer Nachbeobachtung über den Halbjahreszeitraum. Die Patienten hatten durchschnittlich 4,6 (3-6) Behandlungen erhalten und hatten ein mittleres Alter von 33,0 Jahren (28-40 Jahre). 7 der Probanden waren an den Unterschenkeln behandelt worden und einer am Bauch. Ein Proband war männlich, die übrigen Teilnehmer (7 Probandinnen) weiblich.

Die statistische Auswertung wurde mit dem Friedman Test als nicht-parametrischem Test für mehrere gepaarte Gruppen durchgeführt. Bei p < 0,01 wurde eine weitere paarweise Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test durchgeführt.

5. Ergebnisse hinsichtlich der Effizienz der verschiedenen Untersuchungen

Im nachfolgenden Ergebnisteil werden die Resultate hinsichtlich prozentualer Haarreduktion und statistischer Auswertung sowohl grafisch als auch in tabellarischer Übersicht der verschiedenen Untersuchungen dargestellt.

5.1. Haarzählmethode

Die zehnmahlige Zählung des Feldes ergab eine mittlere Haardichte von 30,93 Haaren pro cm² mit einer minimalen Haardichte von 30,1 Haaren pro cm² und einer maximalen Haardichte von 31,7 Haaren pro cm². Eine Standardabweichung von 0,5870 sowie ein Standardfehler des Mittelwerts von 0,1856 ergab sich in der statistischen Auswertung mit dem T-Test. Ein p von 0,737 beim Sequenztest ließ sich ermitteln. Die absolute Haaranzahl bewegte sich zwischen 271 Haaren und 285 Haaren im 9 cm² großen Versuchsareal. Eine mittlere absolute Haaranzahl von 278,4 Haaren resultierte aus den Zählergebnissen. Hier ergab sich eine Standardabweichung von 5,1683 bei einem Standardfehler des Mittelwerts von 1,6344. Ein p von 0,737 ergab sich bei der absoluten Haarzahl.

5.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“

Eine Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Auswertung im Verlauf der verschiedenen Wiederholungsbehandlungen ist in Tabelle 9 aufgeführt. Bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,01$ sind in diesem Fall die Werte der prozentualen Haarreduktion nach der 3. und 4. Behandlung signifikant unterschiedlich.

Tabelle 9: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und Darstellung der Ergebnisse des statistischen Vergleichs mit dem Mann-Whitney-Test der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#)

Anzahl der Wiederholungsbehandlungen	Prozentuale Haarreduktion		p-Wert (Mann-Whitney-Test)
	Alexandritlaser 1	Alexandritlaser 2	
1. #	34,9	19,2	0,079
2. #	47,3	20,2	0,015
3. #	69,0	42,9	0,002
4. #	72,2	13,5	0,006
5. #	76,2	15,3	0,046

Abbildung 6: Darstellung der prozentualen Haarreduktion der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen

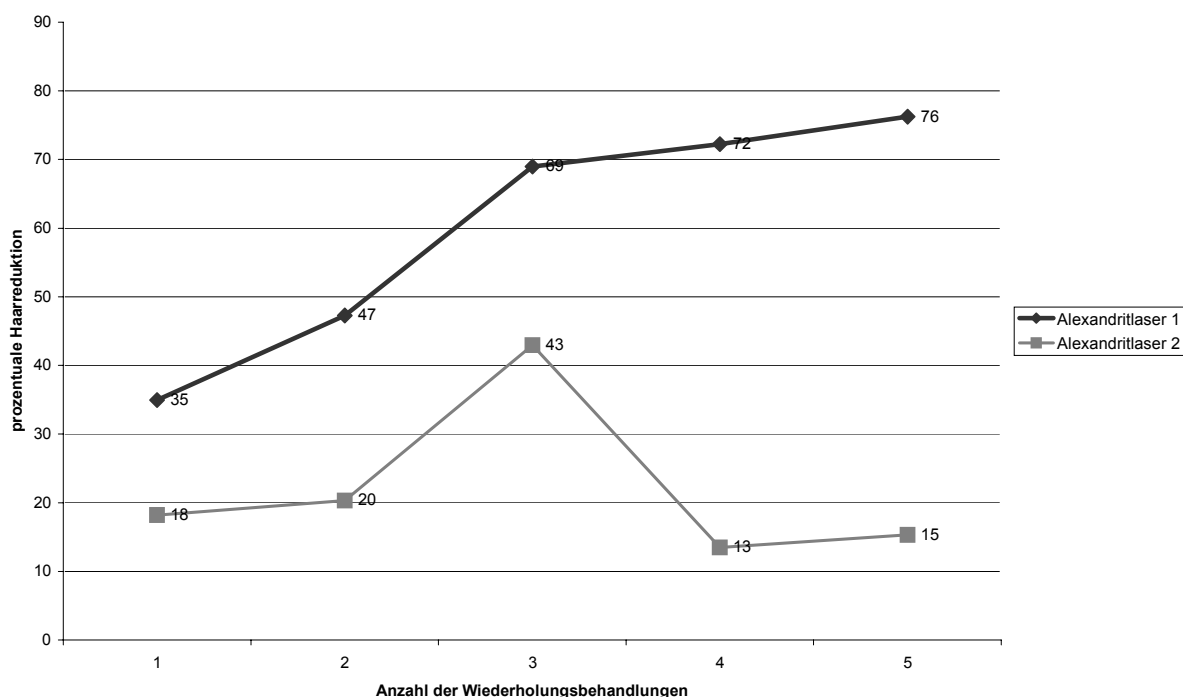
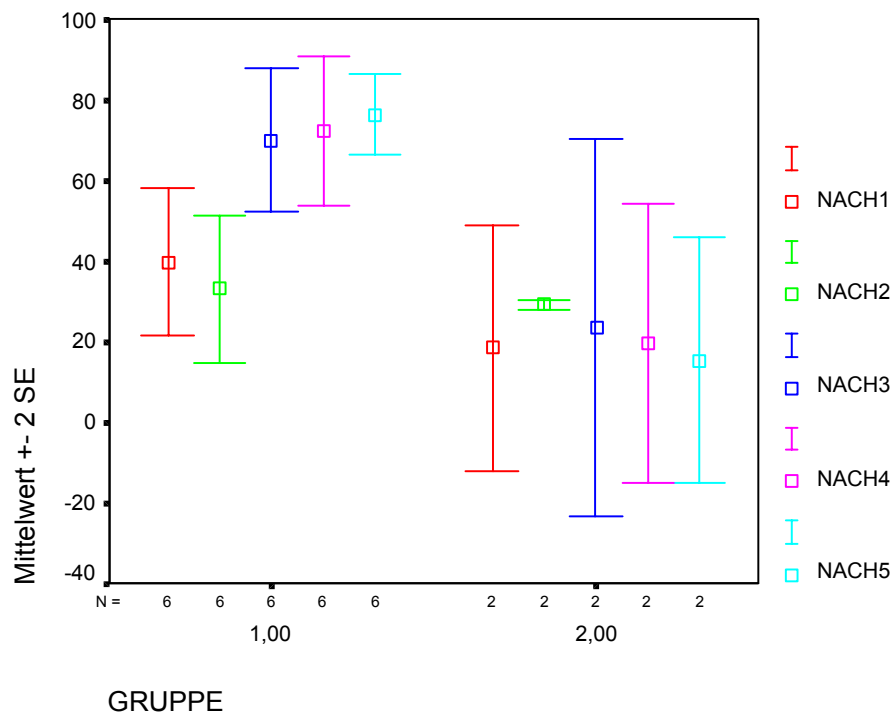


Abbildung 6 zeigt den Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum von 5 Wiederholungsbehandlungen. Die durchschnittliche Anzahl der Wiederholungsbehandlungen betrug 4,5 (Alexandritlaser 1) bzw. 4,6 (Alexandritlaser 2) Behandlungen. Eine kontinuierliche Zunahme der Haarreduktion bis auf ca. 75 % nach 5 Behandlungen konnte bei der Therapie mit Alexandritlaser 1 festgestellt werden; bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 ist nach einer Zunahme der Enthaarung bis auf 43 % Haarreduktion nach 3 Behandlungen ein Absinken bis auf 13 % nach 4 bzw. 15 % nach 5 Behandlungen festgestellt wurden. Insgesamt war das Resultat der Enthaarung mit dem Alexandritlaser 1 besser. Ein statistisch signifikanter Unterschied in den Enthaarungsergebnissen ließ sich nach der 3. und 4. Behandlung feststellen. Nach der 3. Wiederholungsbehandlung betrug die Haarreduktion bei Alexandritlaser 1 69 %, während eine Therapie mit Alexandritlaser 2 nur 42,9 % der Haare entfernte, was statistisch signifikant unterschiedlich war mit einem p-Wert von 0,002. Die Haarreduktion nach 4 Wiederholungsbehandlungen betrug bei Alexandritlaser 1 72,2 %, bei Alexandritlaser 2 13,5 %. Die statistische Signifikanz betrug $p=0,006$.

Abbildung 7: Standardabweichung, Median und Quartile der prozentualen Haarreduktion der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen



Legende zu Abb. 7:

Gruppe 1,00: Alexandritlaser 1

Gruppe 2,00: Alexandritlaser 2

nach1: Haarreduktion nach der ersten Behandlung

nach2: Haarreduktion nach der zweiten Behandlung

nach3: Haarreduktion nach der dritten Behandlung

nach4: Haarreduktion nach der vierten Behandlung

nach5: Haarreduktion nach der fünften Behandlung

x-Achse: jeweilige Wiederholungsbehandlung aufgeteilt nach Gruppen 1,00 (Alexandritlaser 1) und 2,00 (Alexandritlaser 2)

y-Achse: prozentuale Haarreduktion

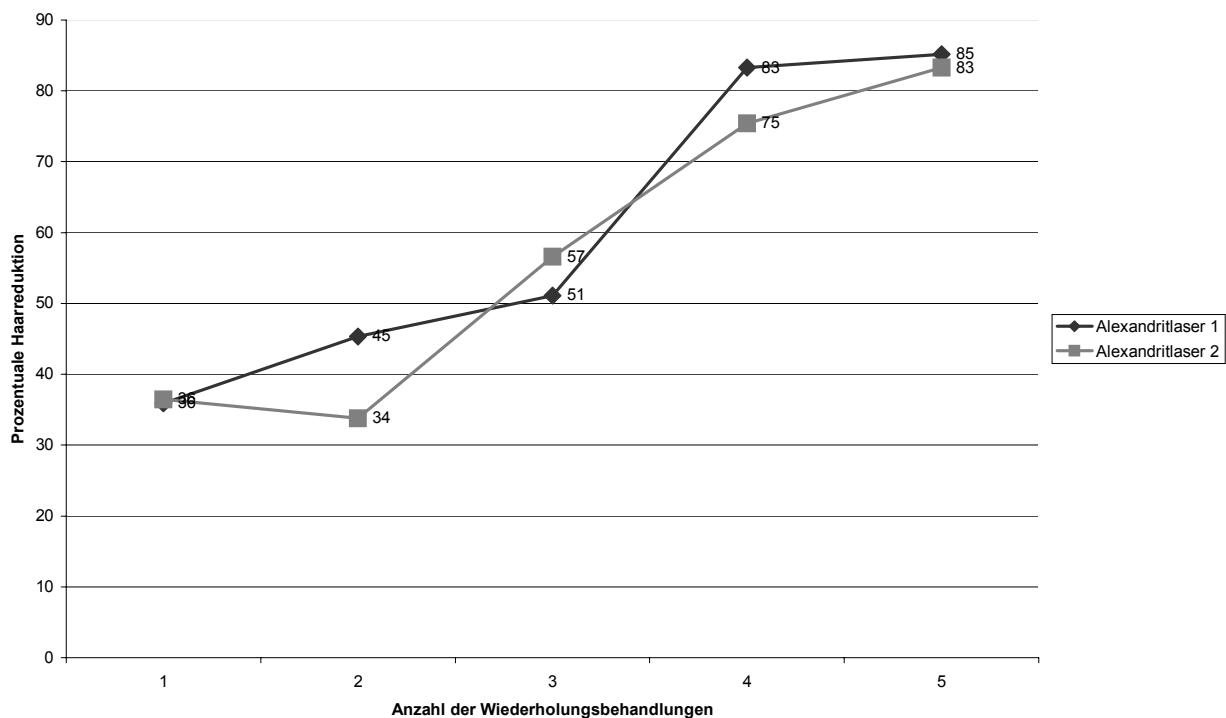
In Abbildung 7 sind die jeweiligen Standardabweichungen dargestellt. Die Kästchen stellen den jeweiligen Mittelwert der prozentualen Haarreduktion nach den jeweiligen Wiederholungsbehandlungen dar. Bei Alexandritlaser 1 findet sich eine relativ gleichmäßige Streuung der Ergebnisse, während die

Standardabweichungen bei Alexandritlaser 2 eine größere Spannweite aufweisen mit Ausnahme des Ergebnisses nach der zweiten Behandlung. Demnach ist ein gleichmäßigeres Enthaarungsergebnis bei den Feldern der Probanden, die mit Alexandritlaser 1 behandelt worden sind, zu verzeichnen, Im Gegensatz zu den Feldern, die mit Alexandritlaser 2 epiliiert wurden.

5.3. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm²

Die 11 Probanden erhielten durchschnittlich 5,0 Behandlungen (3-8 Behandlungen).
Nachfolgend werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung und die jeweilige Haarreduktionsrate aufgezeigt.

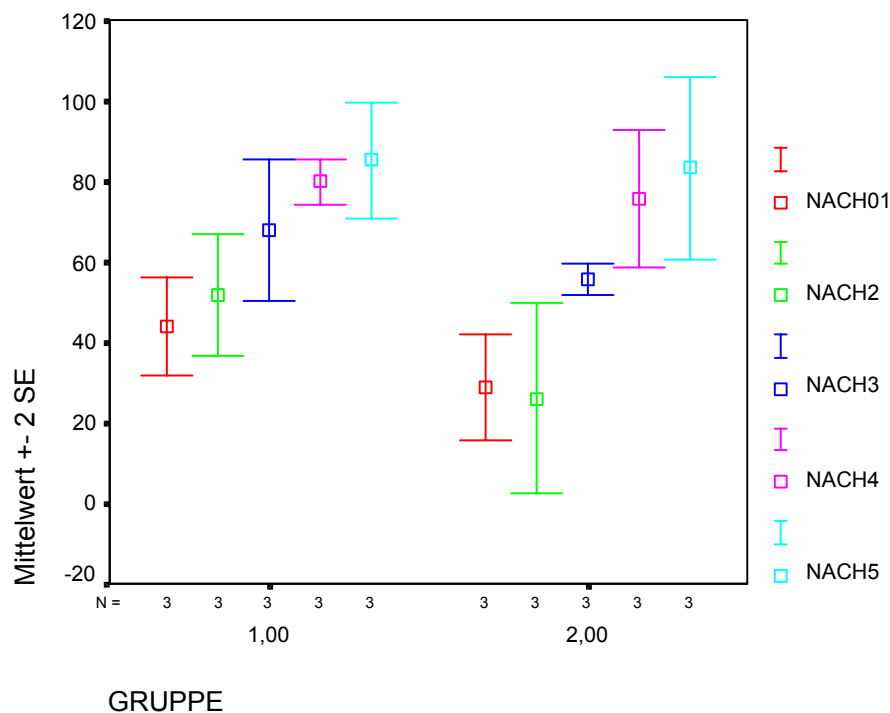
Abbildung 8: Darstellung der prozentualen Haarreduktion der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm² über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen



Eine konstante Zunahme der Haarreduktion war im Verlauf der Wiederholungsbehandlungen mit Ausnahme der zweiten Wiederholungsbehandlung bei Alexandritlaser 2 bei beiden Photo-Epilationssystemen festzustellen. Nach 5 Wiederholungsbehandlungen konnte eine Haarreduktion von 85 % mit Alexandritlaser 1 gegenüber einer Haarreduktion von 83 % mit Alexandritlaser 2 erzielt werden. Alle Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Eine relativ geringe Streuung findet sich vor allem beim Einsatz des Alexandritlaser 1. Eine größere Standardabweichung findet sich bei der Behandlung mit Alexandritlaser 2. Eine Ausnahme bildet allerdings die 2. Wiederholungsbehandlung. Hier findet sich eine außergewöhnlich geringe Standardabweichung. Ein homogeneres Behandlungsergebnis aller Probanden, die mit Alexandritlaser 1 behandelt worden sind, kann damit festgestellt werden im Gegensatz zu einem etwas unterschiedlicheren Abschneiden der Probanden, die eine Behandlung mit Alexandritlaser 2 erhalten haben.

Abbildung 9: Darstellung der Standardabweichung der prozentualen Haarreduktion der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm² über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen



Legende zu Abb. 9:

Gruppe1: Alexandritlaser 1

Gruppe 2: Alexandritlaser 2

nach1: Haarreduktion nach der ersten Behandlung

nach2: Haarreduktion nach der zweiten Behandlung

nach3: Haarreduktion nach der dritten Behandlung

nach4: Haarreduktion nach der vierten Behandlung

nach5: Haarreduktion nach der fünften Behandlung

x-Achse: jeweilige Wiederholungsbehandlung aufgeteilt nach Gruppe 1 (Alexandritlaser 1) und Gruppe 2 (Alexandritlaser 2)

y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Tabelle 10: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und Darstellung der Ergebnisse des statistischen Vergleichs mit dem Mann-Whitney-Test der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm² im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#)

Wiederholungsbehandlungen	1. #	2. #	3. #	4. #	5. #	
P (Mann-Whitney-Test)	0,773	0,429	0,965	0,251	0,827	
Prozentuale Haarreduktion	Alexandritlaser 1	35,9	45,4	50,2	78,9	80,6
	Alexandritlaser 2	36,5	39,5	58,4	73,5	72,5

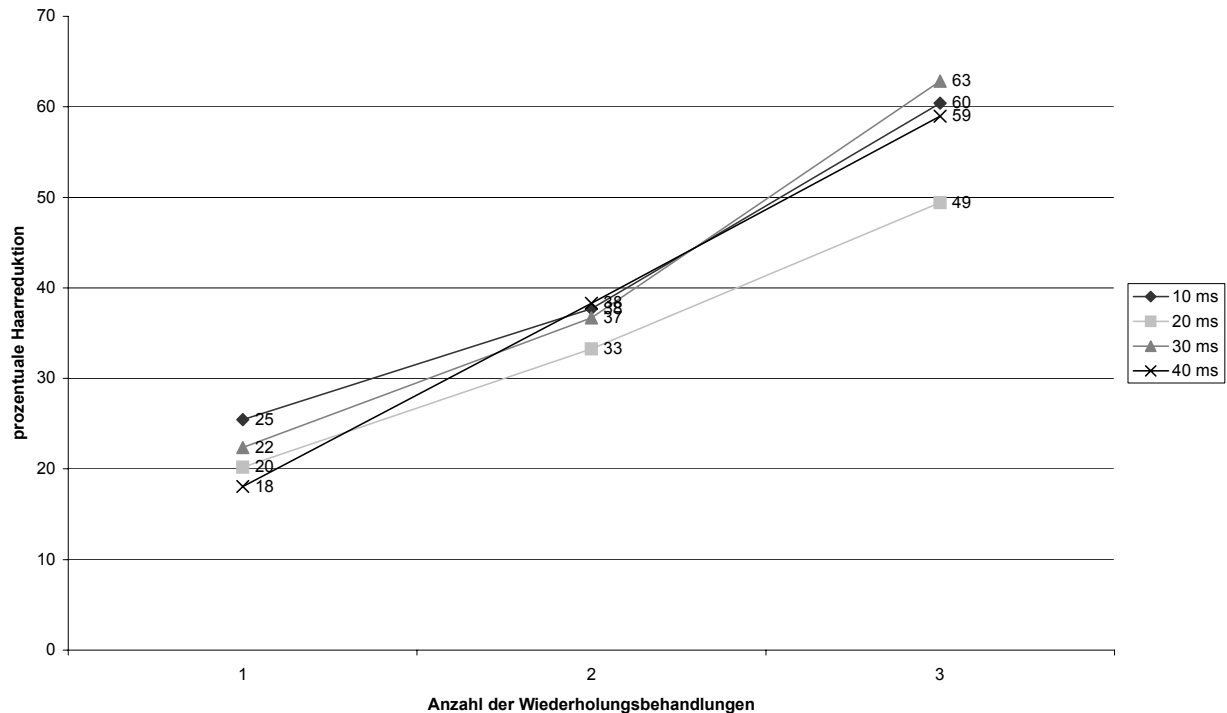
Die grafische Darstellung in Abbildung 8 sowie die Übersicht in Tabelle 6 zeigen ein Ansteigen der Haarreduktion im Verlauf der Zunahme der Wiederholungsbehandlungen mit beiden Lasern. Mit beiden Geräten ließen sich Haarreduktionen von über 80 % mit 5 Behandlungen erzielen. Keine der Wiederholungsbehandlungen zeigte ein statistisch signifikant unterschiedliches Abschneiden eines der beiden Alexandritlasergeräte (Tabelle 10).

Eine Übersicht über die Standardabweichung gibt Abbildung 9. Eine relativ gleichmäßige Streuung der Haarreduktionsergebnisse vor allem mit Alexandritlaser 1 war zu erkennen. Die Spannbreite der Enthaarungsergebnisse bei Alexandritlaser 2 war etwas größer.

5.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2)

Abbildung 10 zeigt den Verlauf der prozentualen Haarabnahme abhängig von der verwendeten Pulslänge. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte über die verschiedenen Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² zugeordnet den jeweiligen Pulslängen 10, 20, 30 und 40 ms dargestellt.

Abbildung 10: Verlauf der prozentualen Haarreduktion bei einer dreimaligen Wiederholungsbehandlung mit einem Alexandritlaser 2 aufgeteilt nach den unterschiedlichen verwendeten Pulslängen (10, 20, 30 und 40 ms) bei 9 Probanden



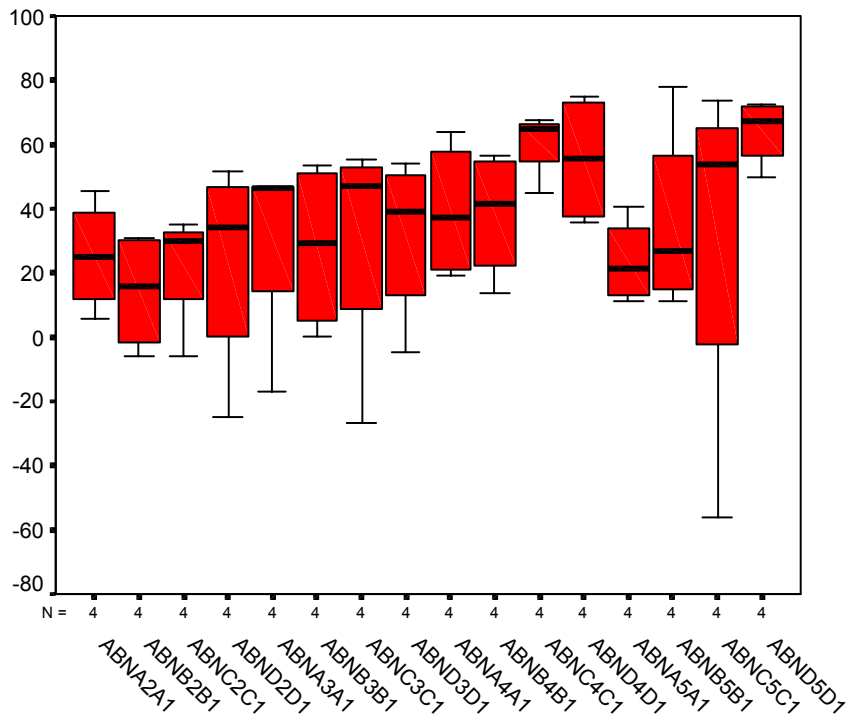
Es zeigte sich eine kontinuierliche Zunahme der Haarreduktion mit zunehmender Anzahl an Wiederholungsbehandlungen. Es ließen sich mit 3 Wiederholungsbehandlungen Haarreduktionsraten zwischen 49 und 63 % erreichen. Eine tabellarische Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und die Ergebnisse der statistischen Auswertung zeigt Tabelle 11.

Alle p-Werte der Auswertung mittels des nicht-parametrischen Friedman-Tests für mehrere verbundene Stichproben waren $p > 0,01$, so dass auf eine detailliertere, paarweise Auswertung verzichtet wurde. Diesem Ergebnis zufolge hatte eine Veränderung der Pulslänge über einen Bereich von 10 bis 40 ms keinen Einfluss auf das Resultat der Behandlung.

Tabelle 11: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test bei einer dreimaligen Wiederholungsbehandlung (#) mit einem Alexandritlaser 2 aufgeteilt nach den unterschiedlichen verwendeten Pulslängen (10, 20, 30 und 40 ms) bei 9 Probanden

Energiedichte (J/cm ²)	Pulslänge (ms)	Prozentuale Haarreduktion			P (Friedman-Test)		
		1. #	2. #	3. #	1. #	2. #	3. #
Wiederholungsbehandlung		1. #	2. #	3. #	1. #	2. #	3. #
10	10	25,6	27,2	49,5	0,254	0,506	0,062
	20	11,4	15,6	19,2			
	30	13,1	17,8	41,1			
	40	14,2	24,0	40,2			
20	10	15,9	38,3	52,7	0,896	0,532	0,165
	20	19,0	32,5	46,2			
	30	20,5	34,4	63,1			
	40	15,9	34,4	65,3			
30	10	25,4	41,0	70,9	0,586	0,254	0,256
	20	26,6	39,1	59,4			
	30	20,9	46,1	70,1			
	40	17,4	38,6	57,6			
40	10	34,8	44,3	68,5	0,334	0,014	0,522
	20	23,8	46,0	72,8			
	30	34,9	48,5	77,2			
	40	24,8	56,2	72,9			

Abbildung 11: Boxplot Darstellung aller Einzelergebnisse der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 10 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² sind in der Abbildung enthalten)



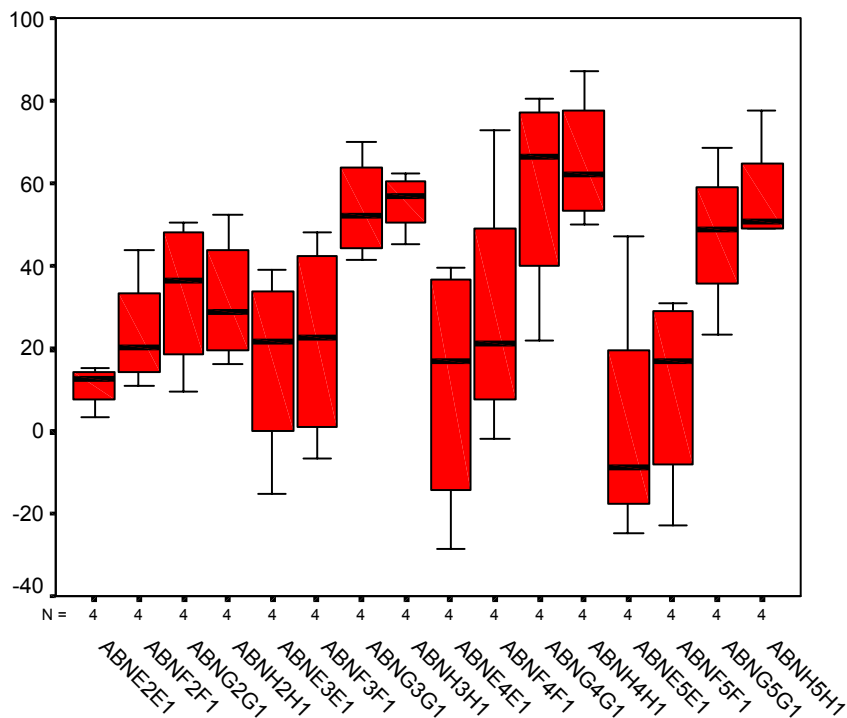
Legende zu Abb.11:

ABNA2A1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 10 J/cm ²	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
ABNA3A1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 10 J/cm ²	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
ABNA4A1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 10 J/cm ²	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
ABNA5A1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 10 J/cm ²	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung
ABNB2B1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 20 J/cm ²	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
ABNB3B1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 20 J/cm ²	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
ABNB4B1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 20 J/cm ²	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
ABNB5B1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 20 J/cm ²	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung
ABNC2C1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 30 J/cm ²	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
ABNC3C1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 30 J/cm ²	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
ABNC4C1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 30 J/cm ²	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
ABNC5C1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 30 J/cm ²	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung
ABND2D1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 40 J/cm ²	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
ABND3D1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 40 J/cm ²	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
ABND4D1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 40 J/cm ²	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
ABND5D1:	Prozentuale Haarreduktion in der Gruppe 10 ms und 40 J/cm ²	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung

Die Boxplot-Darstellung zeigt vor allem im Bereich der vierten Wiederholungsbehandlung eine relativ große Streuung der Standardabweichung. Alle anderen Darstellungen lassen eine geringere Standardabweichung erkennen und zeigen ein homogeneres Abschneiden aller Probanden.

Gerade im Bereich der ersten Wiederholungsbehandlung waren die Resultate der Epilationsbehandlung sehr homogen. Es gab eine relativ kleine Standardabweichung, so dass ein relativ gleichmäßiges Abschneiden der Probanden vermutet werden konnte. Im Bereich der weiteren Wiederholungsbehandlungen waren größere Standardabweichungen festzustellen. Das Resultat der einzelnen Behandlungen variierte demnach relativ stark zwischen den verschiedenen Probanden.

Abbildung 12: Boxplot Darstellung der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 20 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² sind in der Abbildung enthalten)



Legende:

- ABNE25E1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 10 J/cm²
- ABNE3E1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 10 J/cm²
- ABNE4E1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 10 J/cm²
- ABNE5E1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 10 J/cm²

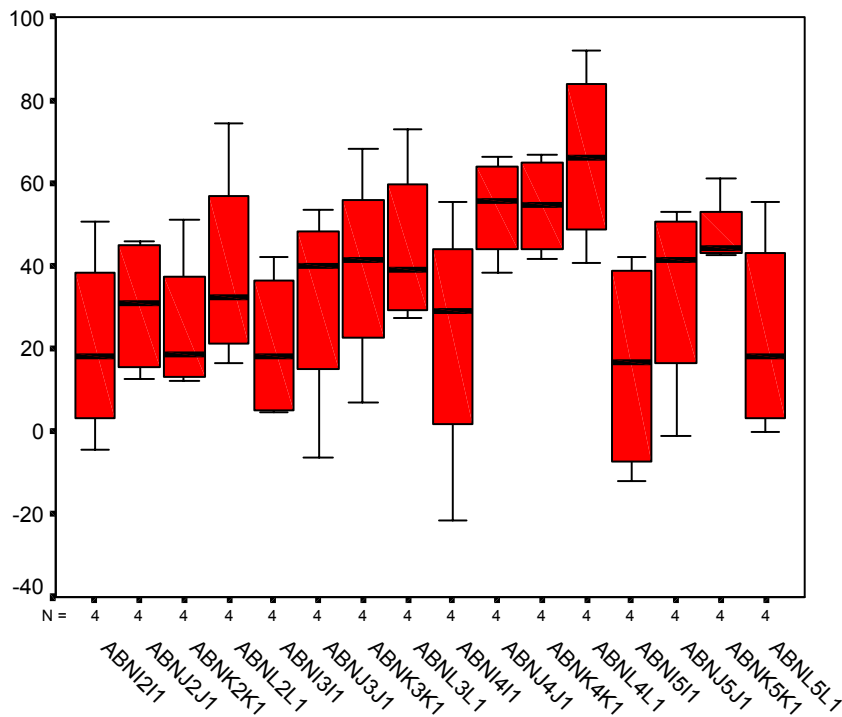
- ABNF2F1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 20 J/cm²
- ABNF3F1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 20 J/cm²
- ABNF4F1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 20 J/cm²
- ABNF5F1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 20 J/cm²

- ABNG2G1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 30 J/cm²
- ABNG3G1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 30 J/cm²
- ABNG4G1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 30 J/cm²
- ABNG5G1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 30 J/cm²

- ABNH2H1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 40 J/cm²
- ABNH3H1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 40 J/cm²

ABNH4H1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 40 J/cm²
 ABNH5H1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 20 ms und 40 J/cm²

Abbildung 13: Boxplot Darstellung der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 30 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² sind in der Abbildung enthalten)



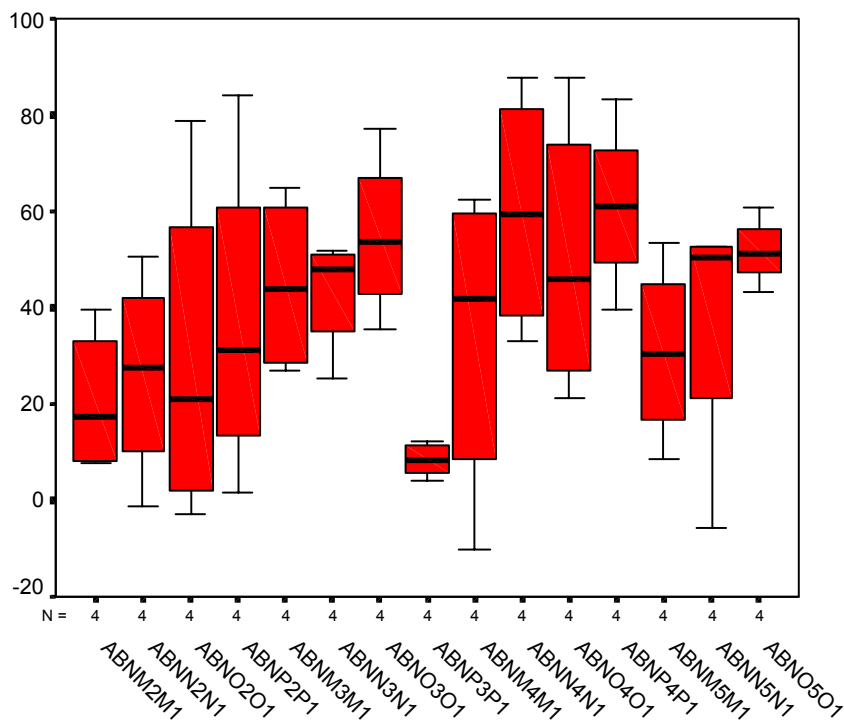
Legende zu Abb 13:

ABNI2I1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 10 J/cm²
 ABNI3I1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 10 J/cm²
 ABNI4I1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 10 J/cm²
 ABNI5I1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 10 J/cm²
 ABNJ2J1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 20 J/cm²
 ABNJ3J1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 20 J/cm²
 ABNJ4J1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 20 J/cm²
 ABNJ5J1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Wiederholungsbehandlung in der Gruppe 30 ms und 20 J/cm²

ABNK2K1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 30 J/cm ²			
ABNK3K1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 30 J/cm ²			
ABNK4K1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 30 J/cm ²			
ABNK5K1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 30 J/cm ²			
ABNL2L1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der ersten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 40 J/cm ²			
ABNL3L1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der zweiten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 40 J/cm ²			
ABNL4L1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der dritten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 40 J/cm ²			
ABNL5L1:	Prozentuale Haarreduktion	nach der vierten	Wiederholungsbehandlung
in der Gruppe 30 ms und 40 J/cm ²			

Eine sehr geringe Standardabweichung war gerade im Bereich der ersten Wiederholungsbehandlung im Bereich der Energiedichten 20 und 30 J/cm², im Bereich der dritten Wiederholungsbehandlung im Bereich der Energiedichten 20 und 30 J/cm² und im Bereich der vierten Wiederholungsbehandlung bei einer Energiedichte von 30 J/cm² zu verzeichnen. Alle anderen Ergebnisse wiesen eine größere Streuung auf. Damit war gerade in den oben genannten Probandengruppen ein besonders homogenes Behandlungsergebnis festzustellen.

Abbildung 14: Boxplot Darstellung der Einzelergebnisse der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 40 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm² sind in der Abbildung enthalten)



Legende zu Abb. 14:

ABNM2M1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 10 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	ersten	Behandlung	in	der
ABNM3M1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 10 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	zweiten	Behandlung	in	der
ABNM4M1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 10 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	dritten	Behandlung	in	der
ABNM5M1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 10 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	vierten	Behandlung	in	der
ABNN2N1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 20 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	ersten	Behandlung	in	der
ABNN3N1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 20 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	zweiten	Behandlung	in	der
ABNN4N1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 20 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	dritten	Behandlung	in	der
ABNN5N1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 20 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	vierten	Behandlung	in	der
ABNO2O1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 30 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	ersten	Behandlung	in	der
ABNO3O1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 30 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	zweiten	Behandlung	in	der
ABNO4O1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 30 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	dritten	Behandlung	in	der
ABNO5O1: Prozentuale Gruppe 40 ms und 30 J/cm ²	Haarreduktion	nach	der	vierten	Behandlung	in	der
ABNP2P1: Prozentuale Haarreduktion nach der ersten Behandlung in der Gruppe 40 ms und 40 J/cm ²							
ABNP3P1: Prozentuale Haarreduktion nach der zweiten Behandlung in der Gruppe 40 ms und 40 J/cm ²							
ABNP4P1: Prozentuale Haarreduktion nach der dritten Behandlung in der Gruppe 40 ms und 40 J/cm ²							
ABNP5P1: Prozentuale Haarreduktion nach der vierten Behandlung in der Gruppe 40 ms und 40 J/cm ²							

Ein stark abweichendes Ergebnis der prozentualen Haarreduktion war im Rahmen der zweiten Wiederholungsbehandlung im Bereich einer Energiedichte von 40 J/cm² zu verzeichnen. Es fiel eine außerordentlich geringe Standardabweichung auf. Der Mittelwert der Behandlung fiel allerdings sehr stark ab. Die Standardabweichungen gerade im Bereich der Pulslänge 40 ms streute stärker als in den oben bereits besprochenen und dargestellten Pulslängenbereichen.

5.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm²

Tabelle 12 zeigt einen Überblick über die prozentuale Haarreduktion zu den verschiedenen Behandlungszeitpunkten abhängig von den verwendeten Energiedichten sowie eine Aufstellung der Ergebnisse der statistischen Auswertung.

Statistisch signifikant unterschiedlich war beim nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen die prozentuale Haarreduktion nach der zweiten und dritten Behandlung. In diesen Fällen ($p < 0,01$) wurde zusätzlich eine paarweise Auswertung mittels Wilcoxon-Rank-Test durchgeführt.

Tabelle12: Übersicht über die Ergebnisse der prozentualen Haarreduktion und der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10-40 J/cm² bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen (#)

Energiedichte (J/cm ²)	Prozentuale Haarreduktion		
	1. #	2. #	3. #
10	16,1	21,1	37,5
20	15,9	38,3	52,7
30	19,0	32,5	46,2
40	20,5	34,4	63,1
P (Friedman-Test)	0,204	0,000	0,000

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Paare.

Tabelle 13: Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test derjenigen Fälle, in denen der Friedman-Test $p < 0,01$ ergeben hatte, der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10-40 J/cm² bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen (#)

Energiedichtepaar (J/cm ²)	P (Wilcoxon-Rank-Test)	
	2. #	3. #
10 ↔ 20	0,051	0,017
10 ↔ 30	0,008	0,012
10 ↔ 40	0,008	0,012
20 ↔ 30	0,086	0,069
20 ↔ 40	0,038	0,012
30 ↔ 40	0,058	0,017

Als statistisch signifikant unterschiedlich wurden diejenigen p-Werte eingestuft, die kleiner 0,01 waren. In diesem Fall traf das für die Vergleichspaare 10 J/cm² gegen 30 J/cm² beziehungsweise 40 J/cm² nach der 2. Behandlung zu. Alle anderen Vergleichspaare waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Damit ließ sich nur ein statistisch signifikant unterschiedliches Abschneiden der verschiedenen Energiedichten nach der zweiten Behandlung zwischen den Energiedichten 10 J/cm² und 30 J/cm² bzw. 40 J/cm² feststellen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit, dass eine der beiden verglichenen Energiedichten ein besseres Resultat der Epilationsbehandlung erbringt, liegt damit unter 1 %. Die prozentuale Haarreduktion nach der 2. Wiederholungsbehandlung betrug bei 10 J/cm² 21,1 %, wohingegen die Behandlung mit 30 J/cm² eine Haarreduktion von 32,5 % und die Behandlung mit 40 J/cm² eine prozentuale Haarabnahme von 34,4 % ergab.

Die Grafik zeigt die prozentuale Haarreduktion über den Zeitraum von 3 Behandlungen (in einem Mittelwert über die verschiedenen Pulslängen gemittelt). Die prozentuale Haarreduktion war bei niedrigeren Energiedichten geringer als bei höheren. Nach drei Behandlungen konnte eine Haarreduktion zwischen 37 % und 63 %, erreicht werden mit 10 J/cm² bzw. 40 J/cm². Mit höheren Energiedichten war somit eine höhere Haarreduktion möglich. Jedoch war auch mit einer Energiedichte von 10 J/cm² ein Haarverlust von mehr als einem Drittel (37 %) mit nur drei Wiederholungsbehandlungen erreichbar. Statistisch signifikant unterschiedlich waren nur die Energiedichtepaare 10 J/cm² gegen 30 J/cm² und 10 J/cm² gegen 40 J/cm² nach der zweiten Wiederholungsbehandlung. Die Grafik zeigt zudem eine zunehmende Haarreduktion mit zunehmender Anzahl an Wiederholungsbehandlungen erkennen, so dass eine Verbesserung des Enthaarungsergebnisses mit weiteren Behandlungen durchaus möglich erscheint.

Abbildung 15: Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen der Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10 und 40 J/cm² mit einem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden

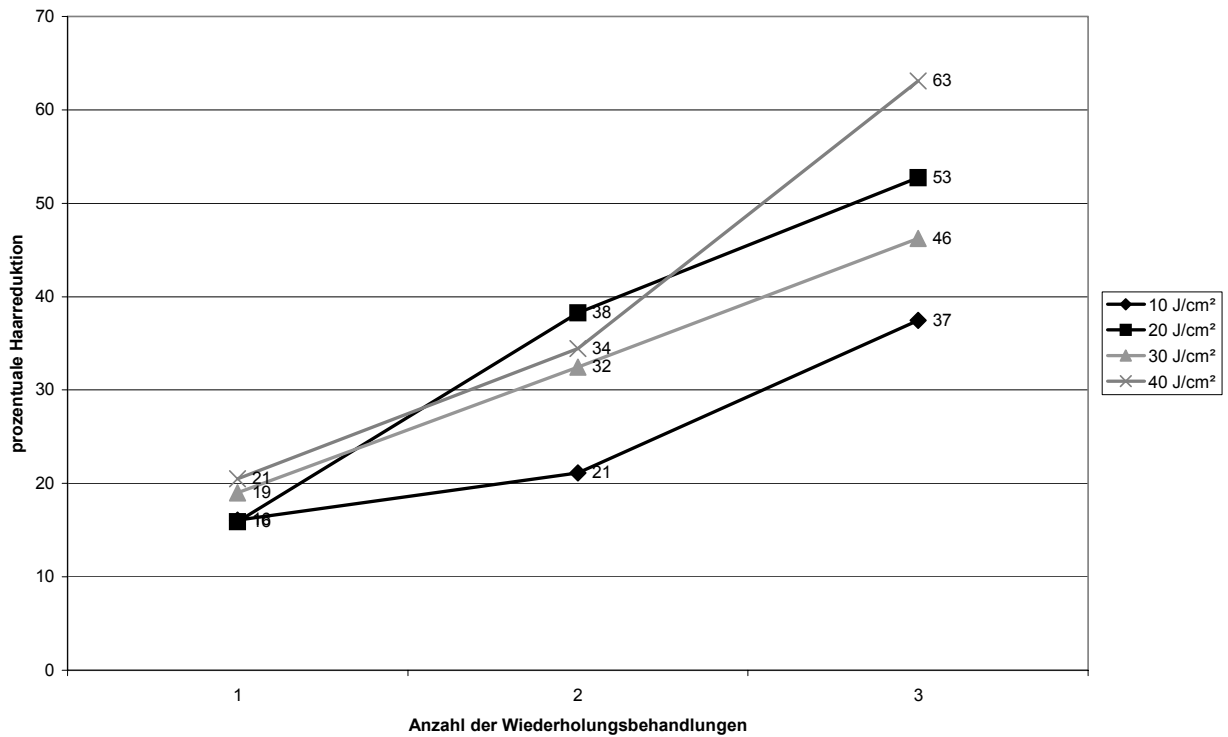
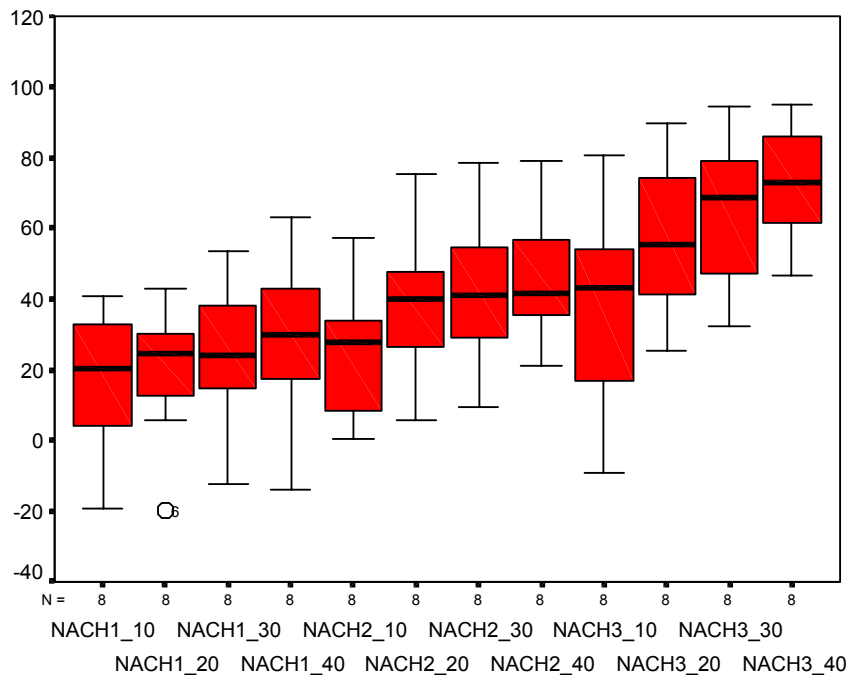


Abbildung 16: Boxplot-Darstellung der Standardabweichungen der prozentualen Haarreduktion der 9 Probanden der Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10 und 40 J/cm² mit einem Alexandritlaser 2



Legende zu Abb. 16:

x-Achse: prozentuale Haarreduktion bezogen auf die jeweilige Energiedichte nach den unterschiedlichen Wiederholungsbehandlungen

y-Achse: prozentuale Haarreduktion

nach110J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 10 J/cm ² nach der ersten Behandlung
nach 210J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 10 J/cm ² nach der zweiten Behandlung
nach 310J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 10 J/cm ² nach der dritten Behandlung
nach120J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 20 J/cm ² nach der ersten Behandlung
nach 220J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 20 J/cm ² nach der zweiten Behandlung
nach 320J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 20 J/cm ² nach der dritten Behandlung
nach130J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 30 J/cm ² nach der ersten Behandlung
nach230J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 30 J/cm ² nach der zweiten Behandlung
nach330J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 30 J/cm ² nach der dritten Behandlung
nach140J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 40 J/cm ² nach der ersten Behandlung
nach240J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 40 J/cm ² nach der zweiten Behandlung
nach340J:	Haarreduktion bei einer Energiedichte von 40 J/cm ² nach der dritten Behandlung

In Abbildung 16 sind die jeweiligen Standardabweichungen dargestellt. Die Kästchen stellen den jeweiligen Mittelwert der prozentualen Haarreduktion nach den jeweiligen Wiederholungsbehandlungen dar. Die Linien zeigen die zugehörige Standardabweichung in beide Richtungen im Rahmen der prozentualen Haarreduktion an. Es fand sich eine relativ gleichmäßige Streuung der Ergebnisse, so dass von einem relativ gleichmäßigen Ansprechen aller Probanden im Rahmen der Behandlung ausgegangen werden konnte. Eine größere Streuung der Ergebnisse fand sich nach der dritten Behandlung bei einer Energiedichte von 10 J/cm² und zeigte ein weniger gleichmäßiges Behandlungsergebnis in diesem Bereich an.

5.6. Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm² mit einem Alexandritlaser 1

Durchschnittlich erhielten die Patienten 4,7 Behandlungen (2-8 Behandlungen) bis ein subjektiv zufriedenstellendes Resultat von den Probanden festgestellt werden konnte. In Abbildung 17 wird der Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum der 5 Wiederholungsbehandlungen der 14 Probanden skizziert.

Es zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der Haarreduktion mit zunehmender Anzahl an Wiederholungsbehandlungen mit Ausnahme der Energiedichtengruppe 20 J/cm², die im Bereich der fünften Wiederholungsbehandlung eine Verschlechterung der Haarreduktion auf den Wert der dritten Wiederholungsbehandlung erfährt (siehe Abbildung 17). Mit einer fünfmaligen Wiederholungsbehandlung konnte eine Haarreduktion zwischen 70 % (5 J/cm²) und 86 % (15 J/cm²) erreicht werden.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem nichtparametrischen Friedman-Test für mehrere verbundenen Gruppen dargestellt.

Statistisch signifikant unterschiedliche Ergebnisse ($p < 0,01$) wurden nach der zweiten, dritten und vierten Wiederholungsbehandlung festgestellt. In diesen Fällen wurde eine paarweise Auswertung aller möglichen Gruppierungen mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen durchgeführt. Tabelle 14 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse.

Abbildung 17: Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum von 5 Wiederholungsbehandlungen bei 14 Probanden der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich 5-20 J/cm²

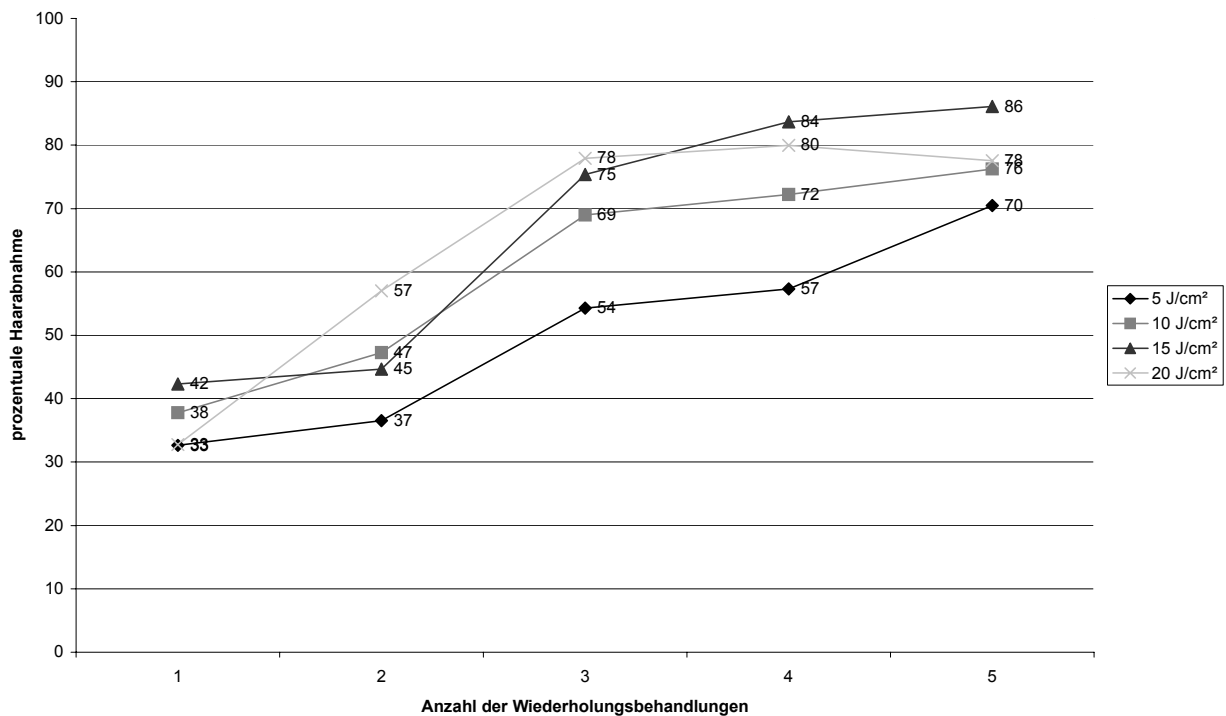


Tabelle 14: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test der vergleichenden Untersuchung der Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm² über den Zeitraum von 4 Wiederholungsbehandlungen (#)

		Prozentuale Haarreduktion	P (Friedman-Test)
1. #	5 J/cm ²	32,6	0,050
	10 J/cm ²	37,8	
	15 J/cm ²	42,3	
	20 J/cm ²	32,8	
2. #	5 J/cm ²	36,6	0,002
	10 J/cm ²	47,3	
	15 J/cm ²	44,7	
	20 J/cm ²	57,0	
3. #	5 J/cm ²	54,3	0,001
	10 J/cm ²	69,0	
	15 J/cm ²	75,4	
	20 J/cm ²	77,9	
4. #	5 J/cm ²	57,3	0,006
	10 J/cm ²	72,2	
	15 J/cm ²	83,7	
	20 J/cm ²	80,0	

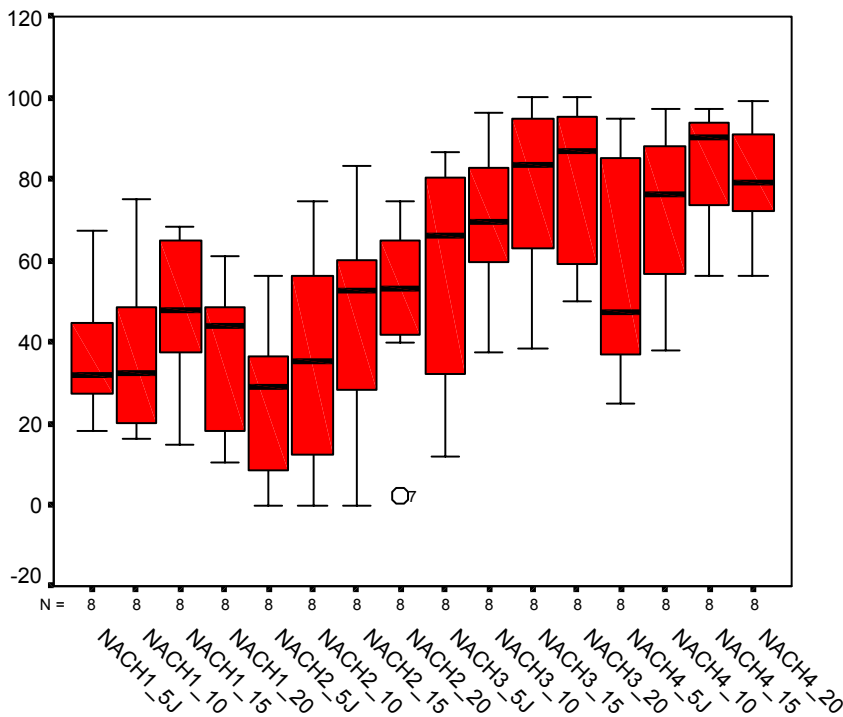
Als statistisch signifikant unterschiedlich bewertet wurden alle p-Werte, die kleiner als 0,01 waren. In diesem Fall trifft das auf die Vergleichsgruppen 5 J/cm² gegen 20 J/cm² nach der zweiten Behandlung, 5 J/cm² gegen 10 J/cm² und 5 J/cm² gegen 15 J/cm² nach der dritten Behandlung zu. Alle anderen Ergebnisse sind größer 0,01 und damit statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Die nachfolgende Abbildung (Abbildung 18) gibt die Standardabweichungen in Form von Boxplots wieder, die den Median und die Quartile der Gruppen in die grafische Darstellung miteinbeziehen.

Tabelle 15: Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test aller möglichen Energiedichtenpaare nach der zweiten, dritten und vierten Wiederholungsbehandlung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm²

Nach 2. Behandlung	P (Wilcoxon-Rank-Test)
5 J/cm ² ↔ 10 J/cm ²	0,060
5 J/cm ² ↔ 15 J/cm ²	0,209
5 J/cm² ↔ 20 J/cm²	0,001
10 J/cm ² ↔ 15 J/cm ²	0,814
10 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,075
15 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,075
Nach 3. Behandlung	
5 J/cm² ↔ 10 J/cm²	0,005
5 J/cm² ↔ 15 J/cm²	0,005
5 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,013
10 J/cm ² ↔ 15 J/cm ²	0,169
10 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,093
15 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,594
Nach 4. Behandlung	
5 J/cm ² ↔ 10 J/cm ²	0,036
5 J/cm ² ↔ 15 J/cm ²	0,012
5 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,036
10 J/cm ² ↔ 15 J/cm ²	0,017
10 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,208
15 J/cm ² ↔ 20 J/cm ²	0,575

Abbildung 18: Darstellung der Ergebnisse der statistischen Auswertung des Vergleichs der Energiedichten zwischen 5 und 20 J/cm² mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2) in Form von Boxplots, die Standardabweichungen, Median und die Quartile der Gruppen miteinbeziehen



Legende zu Abb. 18:

Nach1_5J: Gruppe mit einer Energiedichte von 5 J/cm² nach der ersten Behandlung
Nach2_5J: Gruppe mit einer Energiedichte von 5 J/cm² nach der zweiten Behandlung
Nach3_5J: Gruppe mit einer Energiedichte von 5 J/cm² nach der dritten Behandlung
Nach4_5J: Gruppen mit einer Energiedichte von 5 J/cm² nach der vierten Behandlung

Nach1_10J: Gruppe mit einer Energiedichte von 10 J/cm² nach der ersten Behandlung
Nach2_10J: Gruppe mit einer Energiedichte von 10 J/cm² nach der zweiten Behandlung
Nach3_10J: Gruppe mit einer Energiedichte von 10J/cm² nach der dritten Behandlung
Nach4_10J: Gruppe mit einer Energiedichte von 10 J/cm² nach der vierten Behandlung

Nach1_15J: Gruppe mit einer Energiedichte von 15 J/cm² nach der ersten Behandlung
Nach2_15J: Gruppe mit einer Energiedichte von 15 J/cm² nach der zweiten Behandlung
Nach3_15J: Gruppe mit einer Energiedichte von 15 J/cm² nach der dritten Behandlung
Nach4_15J: Gruppe mit einer Energiedichte von 15 J/cm² nach der vierten Behandlung

Nach 1_20J: Gruppe mit einer Energiedichte von 20 J/cm² nach der ersten Behandlung
Nach2_20J: Gruppe mit einer Energiedichte von 20J/cm² nach der zweiten Behandlung
Nach3_20J: Gruppe mit einer Energiedichte von 20 J/cm² nach der dritten Behandlung
Nach4_20J: Gruppe mit einer Energiedichte von 20 J/cm² nach der vierten Behandlung

x-Achse: verschiedene Gruppen

y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Vor allem im Bereich der ersten und zweiten Wiederholungsbehandlung fiel eine relativ große Streubreite der Ergebnisse der prozentualen Haarreduktion auf. Mit zunehmender Anzahl an Wiederholungsbehandlungen zeigte sich eine zunehmend geringere Streuung der Einzelergebnisse der Probanden ebenso wie bei höheren Energiedichtegruppen. Eine Beurteilung der Effektivität war also erst nach mehreren Behandlungen sinnvoll, da dann ein homogeneres Enthaarungsergebnis aller Probanden beobachtet werden konnte.

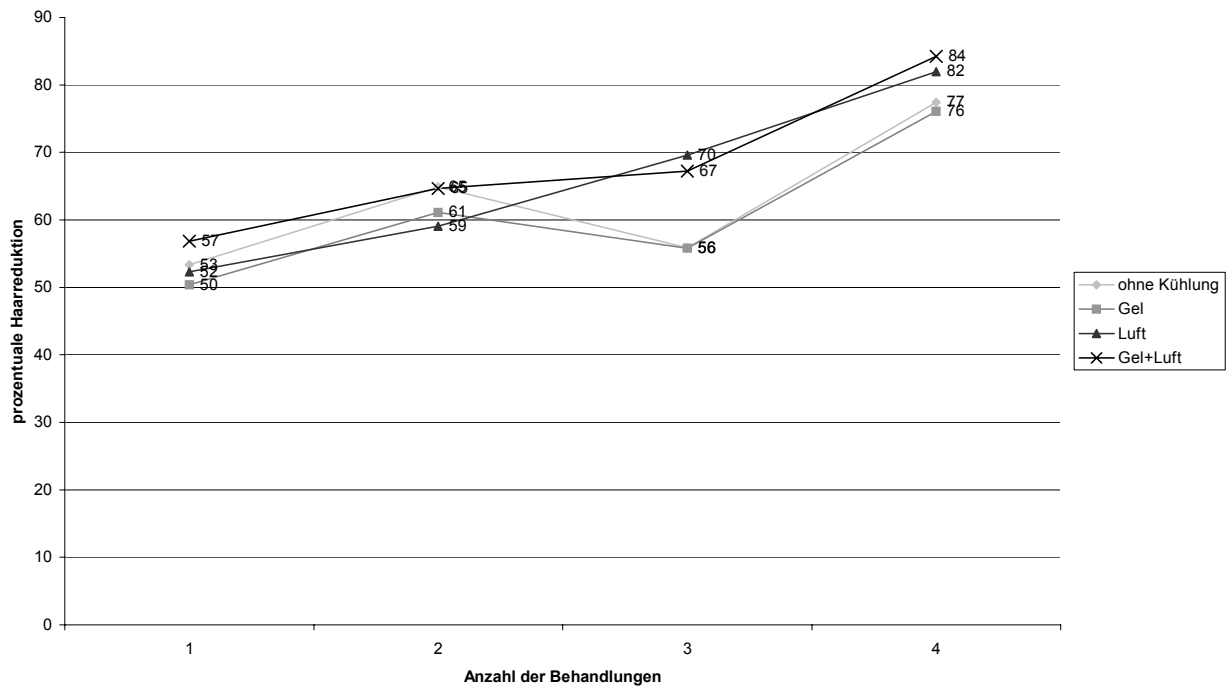
5.7. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung

Nachfolgend sollen zuerst die Ergebnisse der Probandengruppe, die mit dem Alexandritlaser 2 behandelt wurde, und danach die Ergebnisse der Gruppe, die mit dem IPL-System 1 behandelt wurde, und anschließend zusammenfassend beide Gruppen zusammen ausgewertet dargestellt werden.

5.7.1. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit dem Alexandritlaser 1

Die Patienten wurden durchschnittlich 4,5 mal (2-7) behandelt, bis sich eine subjektive Zufriedenheit bezüglich des Epilationsgrades eingestellt hatte. Abbildung 19 zeigt den Verlauf der durchschnittlichen Haarreduktion über den Zeitraum von durchschnittlich 4 Behandlungen.

Abbildung 19: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 8 Probanden und 4 Wiederholungsbehandlungen



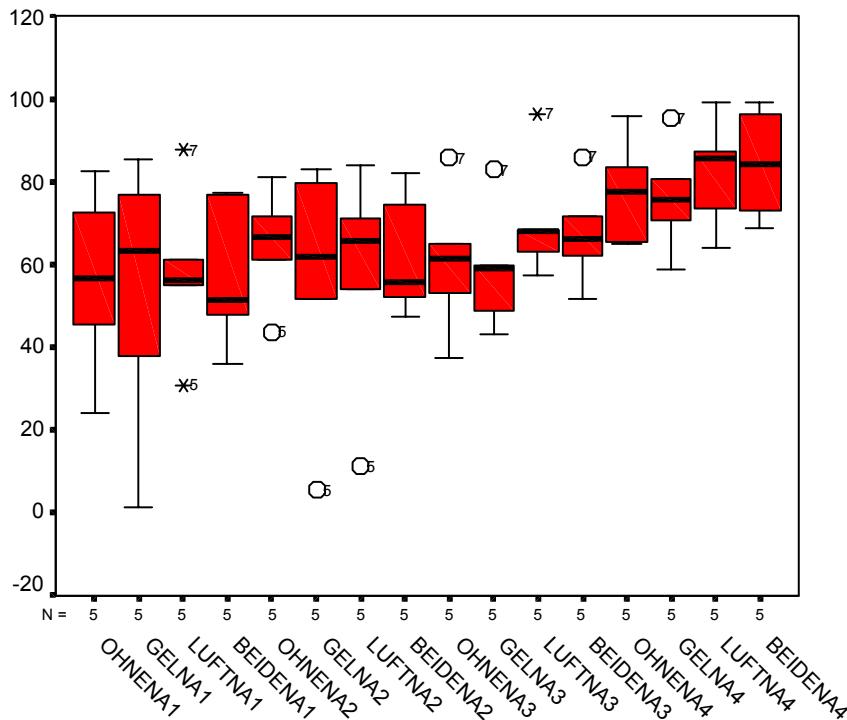
Der Graph verdeutlicht den Verlauf der Haarreduktion unter Nutzung der verschiedenen Kühlmethoden. Es stellte sich eine zunehmende Haarreduktion mit ansteigender Anzahl von Wiederholungsbehandlungen dar, in der nur mit Luft gekühlten Gruppe und in der Gruppe, die mit Gel und Luft gekühlt behandelt wurde. Eine Absinken der prozentualen Haarreduktion ließ sich bei der ungekühlten Gruppe und der nur mit Gel gekühlten Gruppe nach der zweiten Behandlung feststellen, ein Ansteigen war aber nach der dritten Behandlung zu sehen. Nach 4 Behandlungen konnte eine durchschnittliche Haarreduktion zwischen 76% (Kühlung nur mit Gel) und 84 % (Kühlung mit Gel und Luft) erreicht werden.

Tabelle 16: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit dem Alexandritlaser 1 bei 8 Probanden und 4 Wiederholungsbehandlungen (#)

Anzahl der Wiederholungsbehandlungen		Prozentuale Haarreduktion	P (Friedman)
1. #	Ohne Kühlung	53,35	0,789
	Gelkühlung	50,40	
	Luftkühlung	52,30	
	Gel + Luft	56,88	
2. #	Ohne Kühlung	64,88	0,934
	Gelkühlung	61,13	
	Luftkühlung	59,06	
	Gel + Luft	64,64	
3. #	Ohne Kühlung	55,85	0,134
	Gelkühlung	55,81	
	Luftkühlung	69,63	
	Gel + Luft	67,24	
4. #	Ohne Kühlung	77,41	0,782
	Gelkühlung	76,09	
	Luftkühlung	81,93	
	Gel + Luft	84,23	

Die oben dargestellten Ergebnisse der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 zeigen, dass sich in statistischer Hinsicht kein Unterschied zwischen den verschiedenen Kühlmethoden ergab bei $p > 0,01$ und vor allem, dass sich kein Unterschied zwischen den ohne Kühlung behandelten Feldern und den verschiedenartig gekühlten Arealen zeigte. Da für viele Probanden subjektiv die Behandlung ohne Kühlung schmerzhafter war als in den gekühlten Vergleichsfeldern, gibt es keine Bedenken hinsichtlich der Effektivität, eine für die Behandlung angemessene Kühlmethode einzusetzen.

Abbildung 20: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einem Alexandritlaser 1



Legende zu Abb. 20:

OHNENA1: ohne Kühlung nach erster Behandlung
 OHNENA2: ohne Kühlung nach zweiter Behandlung
 OHNENA3: ohne Kühlung nach dritter Behandlung
 OHNENA4: ohne Kühlung nach vierter Behandlung

GELNA1: Kühlung mittels Gel nach erster Behandlung
 GELNA2: Kühlung mittels Gel nach zweiter Behandlung
 GELNA3: Kühlung mittels Gel nach dritter Behandlung
 GELNA4: Kühlung mittels Gel nach vierter Behandlung

LUFTNA1: Luftkühlung nach erster Behandlung
 LUFTNA2: Luftkühlung nach zweiter Behandlung
 LUFTNA3: Luftkühlung nach dritter Behandlung
 LUFTNA4: Luftkühlung nach vierter Behandlung

BEIDENA1: Luft- und Gelkühlung nach erster Behandlung
 BEIDENA2: Luft- und Gelkühlung nach zweiter Behandlung
 BEIDENA3: Luft- und Gelkühlung nach dritter Behandlung
 BEIDENA4: Luft- und Gelkühlung nach vierter Behandlung

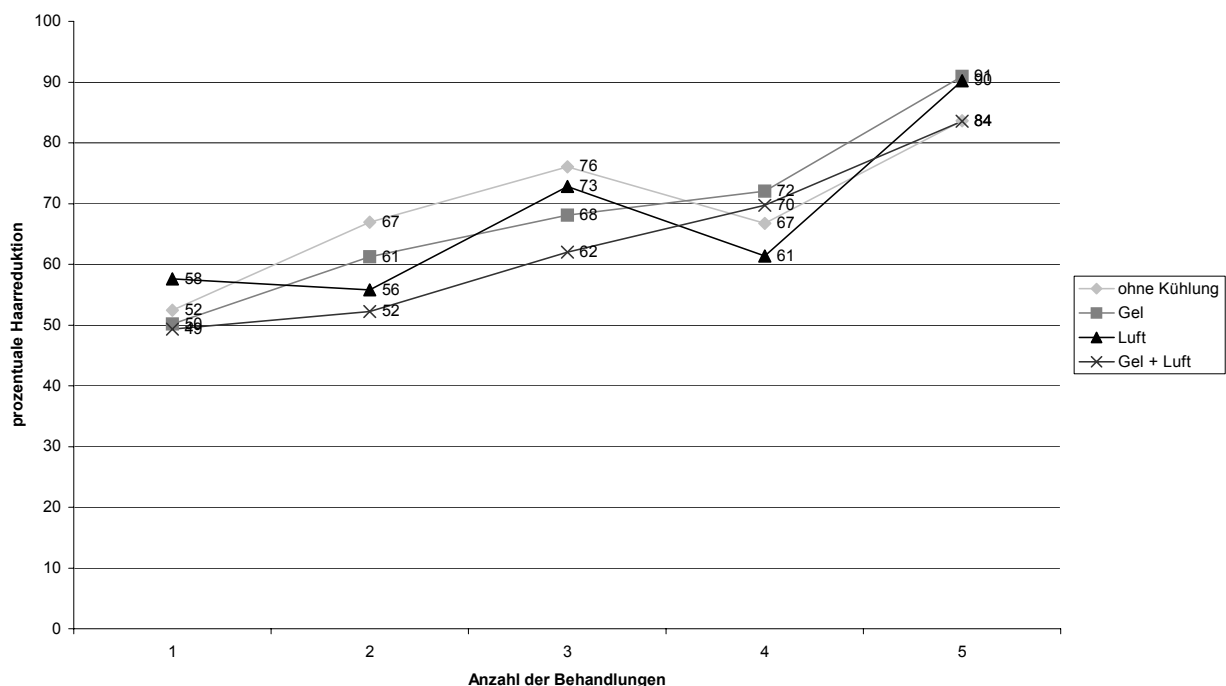
In der Darstellung fällt auf, dass eine relativ große Standardabweichung im Bereich der ersten Behandlung besteht mit Ausnahme des Probefeldes, das nur mit Luft gekühlt wurde. Dieses Ergebnis enthält bis auf zwei Ausreißer eine äußerst geringe Streuung. Im Verlauf weiterer Wiederholungsbe-

handlungen war insgesamt eine geringere Streuung der einzelnen Ergebnisse der Photo-Epilationsbehandlung mit einzelnen Ausreißern zu verzeichnen. Ein relativ gleichmäßiges Abschneiden hinsichtlich des Epilationsergebnisses bei vielen Probanden und über alle verwendeten Kühlmethode n kann daraus gefolgert werden.

5.7.2. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethode n auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit IPL 1

Die Patienten wurden durchschnittlich 5,0 (2-8) mal behandelt, bis sich ein subjektiv zufriedenstellender Erfolg einstellte. Abbildung 21 zeigt den Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum der 5 Wiederholungsbehandlungen.

Abbildung 21: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit der Blitzlampe der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethode n auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 11 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen



Es zeigte sich auch bei dieser Untersuchung ein Ansteigen der prozentualen Haarreduktion mit Zunahme der Wiederholungsbehandlungen. Nach einer fünfmaligen Behandlung konnten zwischen 84 und 91 % Haarreduktion erreicht werden. Es fällt auf, dass der Verlauf der Haarreduktion im mit Gel gekühlten und im doppelt gekühlten Feld langsamer, aber konstant ansteigt, wohingegen bei den anderen beiden Feldern ein vermehrtes Nachwachsen der Haare (Rückgang der Haarreduktion) nach der 3. Behandlung festgestellt werden kann, das sich aber bis zur 5. Behandlung wieder ausgleicht. Die am Ende erreichte prozentuale Haarreduktion ist bei den Feldern, die mit Gel und mit Luft gekühlt wurden, höher, aber nicht statistisch signifikant unterschiedlich, als bei den beiden nicht gekühlten Feldern. Tabelle 17 zeigt die Übersicht über die statistischen Ergebnisse.

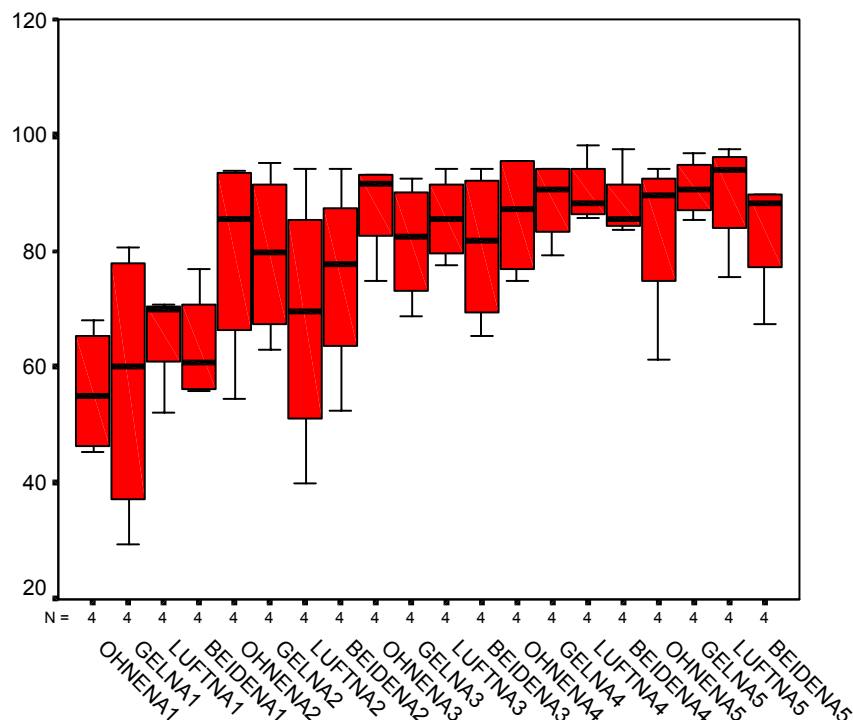
Die Tabelle gibt eine Übersicht über die statistischen Ergebnisse der Auswertung mit dem nichtparametrischen Friedman Test für mehrere verbundene Stichproben. Keiner der p-Werte lag unterhalb des Signifikanzniveaus von $p < 0,01$. Damit erschien es nicht notwendig einen paarweisen Vergleich mittels des Wilcoxon-Rank-Test durchzuführen. Alle Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Somit lässt sich als Schlussfolgerung aufstellen, dass die Behauptung, Kühlung habe keinen Einfluss auf die Effektivität der IPL 1-Behandlung, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 % gilt.

Tabelle 17: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit der Blitzlampe bei 11 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen (#)

Wiederholungsbehandlung	Kühlverfahrengruppe	Prozentuale Haarreduktion	P (Friedman-Test)
1. #	Ohne Kühlung	52,4 %	0,726
	Gelkühlung	50,2 %	
	Luftkühlung	57,6 %	
	Gel + Luft	49,3 %	
2. #	Ohne Kühlung	66,9 %	0,082
	Gelkühlung	61,3 %	
	Luftkühlung	55,8 %	
	Gel + Luft	52,2 %	
3. #	Ohne Kühlung	76,1 %	0,086
	Gelkühlung	68,1 %	
	Luftkühlung	72,9 %	
	Gel + Luft	62,0 %	
4. #	Ohne Kühlung	66,7 %	0,478
	Gelkühlung	72,0 %	
	Luftkühlung	61,4 %	
	Gel + Luft	69,7 %	
5. #	Ohne Kühlung	83,7 %	0,044
	Gelkühlung	90,9 %	
	Luftkühlung	90,2 %	
	Gel + Luft	83,6 %	

Abbildung 22: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe



Legende zu Abb. 22:

OHNENA1: ohne Kühlung nach erster Behandlung
OHNENA2: ohne Kühlung nach zweiter Behandlung
OHNENA3: ohne Kühlung nach dritter Behandlung
OHNENA4: ohne Kühlung nach vierter Behandlung

GELNA1: Kühlung mittels Gel nach erster Behandlung
GELNA2: Kühlung mittels Gel nach zweiter Behandlung
GELNA3: Kühlung mittels Gel nach dritter Behandlung
GELNA4: Kühlung mittels Gel nach vierter Behandlung

LUFTNA1: Luftkühlung nach erster Behandlung
LUFTNA2: Luftkühlung nach zweiter Behandlung
LUFTNA3: Luftkühlung nach dritter Behandlung
LUFTNA4: Luftkühlung nach vierter Behandlung

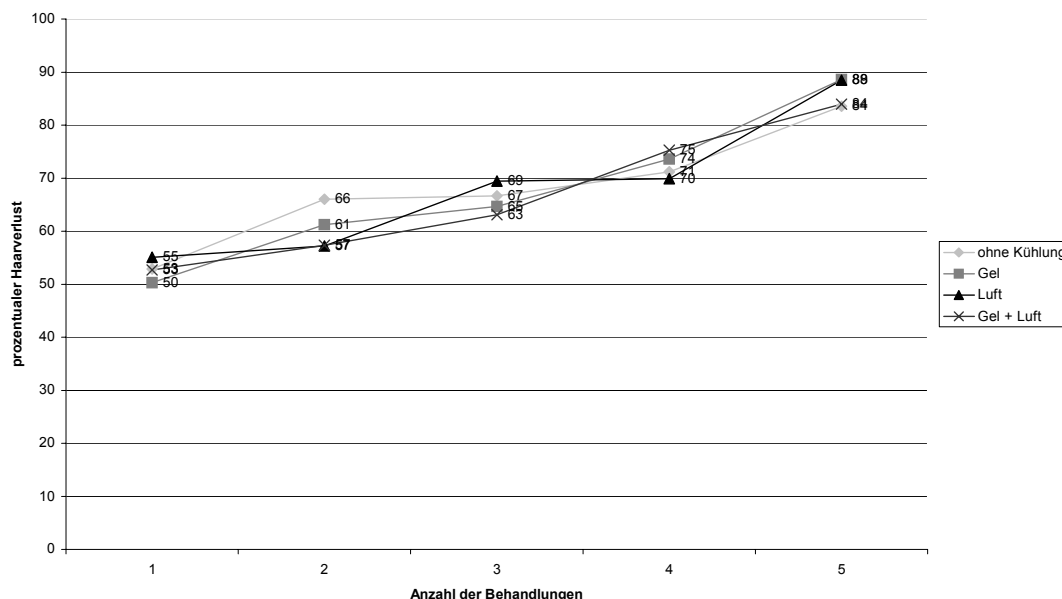
BEIDENA1: Luft- und Gelkühlung nach erster Behandlung
BEIDENA2: Luft- und Gelkühlung nach zweiter Behandlung
BEIDENA3: Luft- und Gelkühlung nach dritter Behandlung
BEIDENA4: Luft- und Gelkühlung nach vierter Behandlung

Gerade im Bereich der ersten und zweiten Behandlung bzw. Wiederholungsbehandlung lässt die Boxplot-Darstellung eine relativ große Standardabweichung erkennen, die jedoch mit Zunahme der Wiederholungsbehandlungen abnimmt, um bei der fünften Wiederholungsbehandlung wieder eine größere Streuung aufzuweisen. Daraus lässt sich ein immer homogeneres Abschneiden der einzelnen Probanden hinsichtlich des einzelnen Epilationsresultats im Laufe zunehmender Wiederholungsbehandlungen vor allem nach der dritten und vierten Wiederholungsbehandlung im Bereich aller verwendeten Kühlmethoden ableiten.

5.7.3. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden verwendeten Photo-Epilationsystemen (Alexandritlaser 1 und IPL 1)

Die insgesamt 19 Probanden aus beiden unterschiedlich behandelten Gruppen erhielten durchschnittlich 4,7 Behandlungen (2-8) bis zur subjektiven Zufriedenheit mit dem Epilationsergebniss.

Abbildung 23: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit beiden Photo-Epilationsystemen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 19 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen

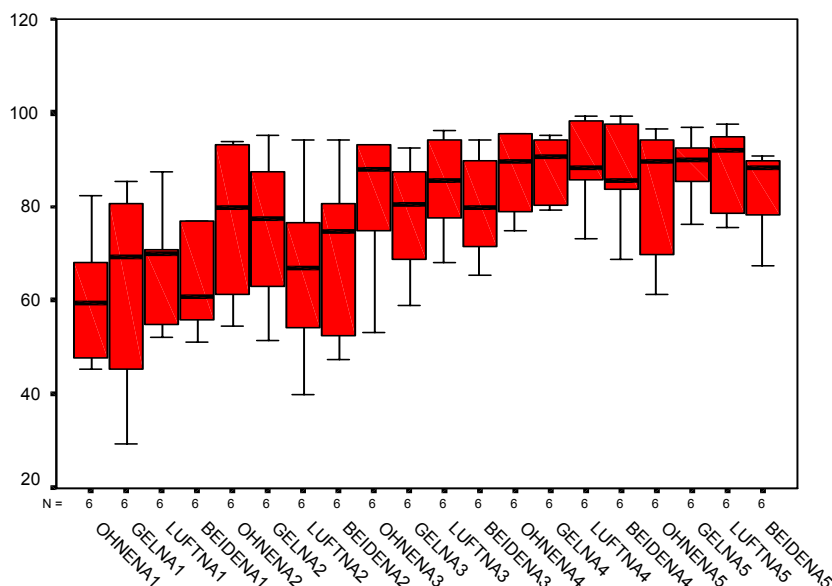


Die Grafik stellt den Verlauf der Haarreduktion über den Zeitraum von durchschnittlich 5 Wiederholungsbehandlungen dar. Erkennbar ist bei allen Feldern eine kontinuierliche Zunahme des Haarverlustes mit zunehmender Anzahl an Wiederholungsbehandlungen. Als Endpunkt der Behandlungen konnte eine Haarreduktion zwischen 84 % und 89 % erreicht werden. Tabelle 18 zeigt einen Überblick über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem nichtparametrischen Friedman Test für mehrere verbundene Stichproben.

Tabelle 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden Photo-Epilationsystemen bei 19 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen (#)

Wiederholungsbehandlungen	Kühlmethodengruppen	Prozentuale Haarreduktion	P (Friedman Test)
1. #	Ohne Kühlung	52,9	0,656
	Gelkühlung	50,3	
	Luftkühlung	55,1	
	Gel + Luft	52,7	
2. #	Ohne Kühlung	66,0	0,161
	Gelkühlung	61,2	
	Luftkühlung	57,2	
	Gel + Luft	57,3	
3. #	Ohne Kühlung	66,7	0,277
	Gelkühlung	64,7	
	Luftkühlung	69,5	
	Gel + Luft	63,1	
4. #	Ohne Kühlung	71,2	0,873
	Gelkühlung	73,6	
	Luftkühlung	69,9	
	Gel + Luft	75,3	
5. #	Ohne Kühlung	83,5	0,066
	Gelkühlung	88,6	
	Luftkühlung	88,5	
	Gel + Luft	83,9	

Abbildung 24: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe und dem Alexandritlaser 1 zusammen



Legende zu Abb. 24:

OHNENA1: ohne Kühlung nach erster Behandlung
OHNENA2: ohne Kühlung nach zweiter Behandlung
OHNENA3: ohne Kühlung nach dritter Behandlung
OHNENA4: ohne Kühlung nach vierter Behandlung
OHNENA5: ohne Kühlung nach fünfter Behandlung

GELNA1: Kühlung mittels Gel nach erster Behandlung
GELNA2: Kühlung mittels Gel nach zweiter Behandlung
GELNA3: Kühlung mittels Gel nach dritter Behandlung
GELNA4: Kühlung mittels Gel nach vierter Behandlung
GELNA5: Kühlung mittels Gel nach fünfter Behandlung

LUFTNA1: Luftkühlung nach erster Behandlung
LUFTNA2: Luftkühlung nach zweiter Behandlung
LUFTNA3: Luftkühlung nach dritter Behandlung
LUFTNA4: Luftkühlung nach vierter Behandlung
LUFTNA5: Luftkühlung nach fünfter Behandlung

BEIDENA1: Luft- und Gelkühlung nach erster Behandlung
BEIDENA2: Luft- und Gelkühlung nach zweiter Behandlung
BEIDENA3: Luft- und Gelkühlung nach dritter Behandlung
BEIDENA4: Luft- und Gelkühlung nach vierter Behandlung
BEIDENA5: Luft- und Gelkühlung nach fünfter Behandlung

Da die p-Werte der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test alle größer 0,01 waren, wurde kein weiterer paarweiser Vergleich durchgeführt. Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen feststellen. Somit können alle Kühlmethoden untereinander und mit dem ungekühlten Vergleichsfeld als gleichwertig angesehen werden, unabhängig von der Behandlungsmethode.

Besonders im Bereich der ersten drei Wiederholungsbehandlungen ist eine relativ große Standardabweichung festzustellen. Die Streuung der Einzelergebnisse der Photo-Epilationsbehandlung nahm mit zunehmender Anzahl an Behandlungen ab. Damit lässt sich im Verlauf zunehmender Behandlungen ein homogeneres Epilationsresultat bei den einzelnen Probanden feststellen.

5.7.4. Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden verwendeten Photo-Epilationsystemen (Alexandritlaser 1 und IPL 1)

Ein Nachbeobachtungszeitraum schloss sich an die oben angeführte Untersuchung an. Die Probanden wurden nach 3 und 6 Monaten wiedereinbestellt und die Haarreduktion erneut ermittelt. Zwei Probanden konnten über den Zeitraum von 12 Monaten in Abständen von 3 Monaten nachbeobachtet werden. Die folgende Tabelle 19 stellt den Verlauf der Haardichte pro cm² und den Verlauf der prozentualen Haarreduktion, bezogen auf den Ausgangswert (als Beginn in der Tabelle bezeichnet) dar. Außerdem gibt Tabelle 19 einen Überblick über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem nichtparametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Stichproben.

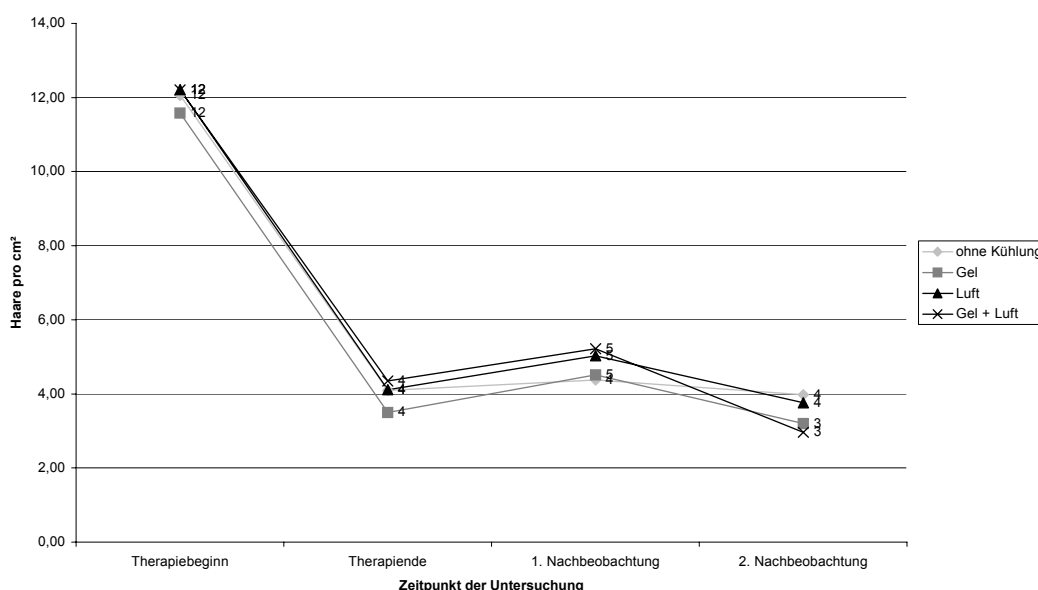
Tabelle 19: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Nachbeobachtung nach 3 Monaten (1. Nachbeobachtung, n=13) und 6 Monaten (2. Nachbeobachtung, n=6) mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden Photo-Epilationsystemen

		Ohne Kühlung	Gelkühlung	Luftkühlung	Gel + Luft	p-Wert (Friedman-Test)
Haardichte in Haare pro cm ²	Beginn	12,1	11,6	12,2	12,2	0,211
	Therapieende	4,1	3,5	4,1	4,4	
Prozentuale Haarreduktion		67,8 %	73,0 %	68,5 %	66,6 %	
Haardichte in Haare pro cm ²	Nach 3 Monaten	4,4	4,5	5,0	5,2	0,356
	Prozentuale Haarreduktion	61,8 %	58,5 %	40,0 %	59,1 %	
Haardichte in Haare pro cm	Nach 6 Monaten	4,0	3,2	3,8	3,0	0,668
	Prozentuale Haarreduktion	57,6 %	68,1 %	56,4 %	68,7 %	

Nach durchschnittlich 5,5 (3-8) Behandlungen wurde eine Haarreduktion zwischen 66,6 % und 73,0 % erreicht. 3 Monate nach der letzten Behandlung betrug die Reduktion der Haardichte immerhin noch zwischen 40,0 % und 61,8 %. Der Wert der prozentualen Haarreduktion erhöhte sich sogar 6 Monate nach der letzte Behandlung und wies Werte zwischen 56,4 % und 68,7% auf. Keiner der p-Werte des Friedman-Tests war statistisch signifikant unterschiedlich. Das legt eine von der jeweiligen Kühlmethode unbeeinflusste Epilationswirkung auch in der Nachbeobachtungsphase nahe. Auf einen paarweisen Vergleich wurde verzichtet, da die p-Werte des Friedman-Tests in keinem Fall kleiner 0,01 waren.

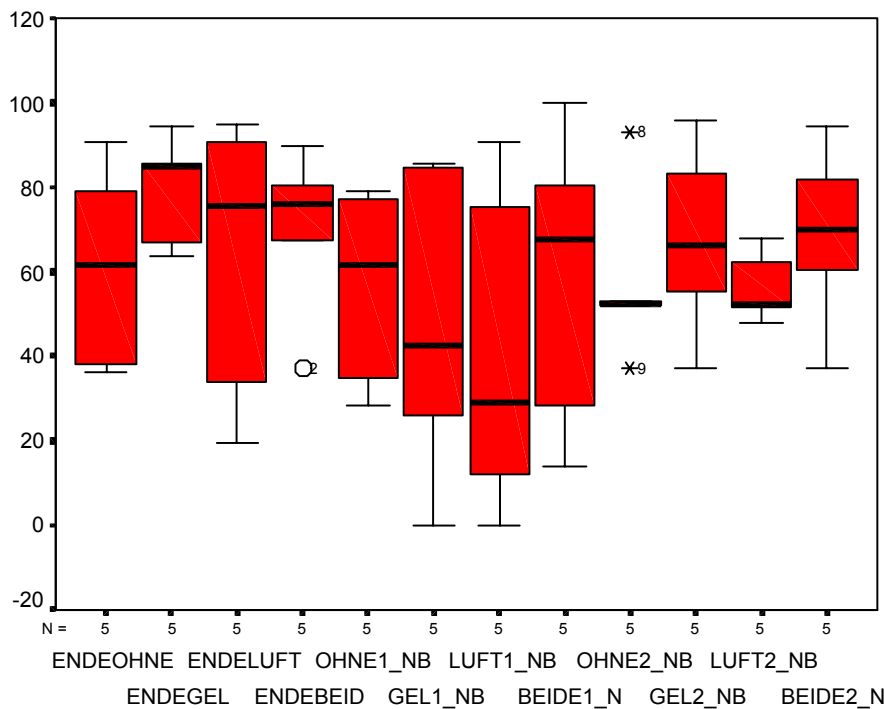
Abbildung 25 zeigt einen Überblick über den Verlauf der Haardichte zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten Therapiebeginn, Therapieende, 3 Monate nach Therapieende und 6 Monate nach Therapieende.

Abbildung 25: Verlauf der Haardichte in Haare pro cm² über den Nachbeobachtungszeitraum von 6 Monaten (1. Nachbeobachtung nach 3 Monaten und 2. Nachbeobachtung nach 6 Monaten) der vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung



Der Graf macht den Anstieg der Haardichte zum Zeitpunkte 3 Monate nach der letzten Therapie bei allen Versuchsmodalitäten deutlich. Zum Zeitpunkt 6 Monate nach der Behandlung ist ein Absinken der Werte unter den Wert bei Therapieende zu verzeichnen.

Abbildung 26: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe und dem Alexandritlaser 1 zusammen



Legende zu Abb. 26:

ENDEOHNE: ohne Kühlung am Ende der Wiederholungsbehandlungen
 ENDEGEL: Kühlung mittels Gel am Ende der Wiederholungsbehandlungen
 ENDELUFT: Luftkühlung am Ende der Wiederholungsbehandlungen
 ENDEBEID: Luft- und Gelkühlung am Ende der Wiederholungsbehandlungen

OHNE1_NB: erste Nachbeobachtung in der Gruppe ohne Kühlung
 OHNE2_NB: zweite Nachbeobachtung in der Gruppe ohne Kühlung

GEL1_NB: erste zweite Nachbeobachtung in der Gruppe mit Gelkühlung
 GEL2_NB: zweite Nachbeobachtung in der Gruppe mit Gelkühlung

LUFT1_NB: erste Nachbeobachtung in der Gruppe mit Luftkühlung
 LUFT2_NB: zweite Nachbeobachtung in der Gruppe mit Luftkühlung

BEIDE1_NB: erste Nachbeobachtung in der Gruppe mit Luft- und Gelkühlung
 BEIDE2_NB: zweiter Nachbeobachtung in der Gruppe mit Luft- und Gelkühlung

Gerade im Bereich der ersten Nachbeobachtung zeigte sich eine relativ große Standardabweichung in allen Kühlgruppen. Eine geringere Standardabweichung zeigte sich im Bereich der zweiten Nachbeobachtung. Daraus lässt sich eine homogenere Verteilung der Ergebnisse während der zweiten Nachbeobachtung entnehmen.

Der Verlauf der Haarreduktion und der Haardichte der beiden Probanden, die ein Jahr nach der letzten Behandlung sich noch einmal zu einer Kontrolle vorstellten, soll nachfolgend skizziert werden. Die

Nachbeobachtungen wurden jeweils im Abstand von 3 Monaten, also 3 Monate, 6 Monate, 9 Monate und 12 Monate nach der letzten Behandlung, durchgeführt.

Tabelle 20 zeigt den Verlauf der Haardichte, sowie die Ergebnisse der prozentualen Haarreduktion.

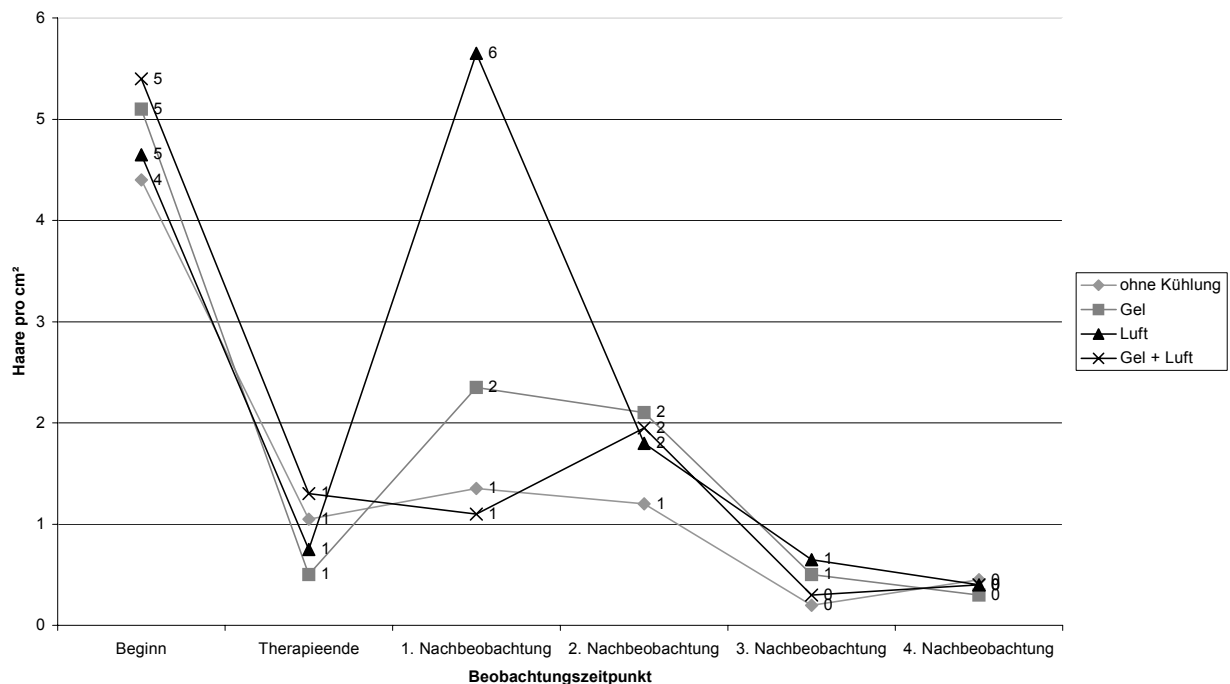
Tabelle 20: Prozentuale Haarreduktion nach durchschnittlich 5,5 Behandlungen am Rücken und Unterschenkel mit einer Blitzlampe unter verschiedenen Kühlmethoden im Rahmen einer Langzeitnachsuntersuchung (bis 1 Jahr) bei 2 Probanden (1w., 1 m.)

		Ohne Kühlung	Gelkühlung	Luftkühlung	Gel + Luft	p-Wert (Friedman-Test)
Haardichte in Haare pro cm ²	Beginn	4,4	5,1	4,7	5,4	0,187
	Therapieende	1,1	0,5	0,8	1,3	
Prozentuale Haarreduktion		76,1	89,9	85,2	78,8	
Haardichte in Haare pro cm ²	3 Monate	1,4	2,4	4,7	1,1	0,753
		Prozentuale Haarreduktion	69,3	55,7	0,0	
Haardichte in Haare pro cm	6 Monate	1,2	2,1	1,8	2,0	
		Prozentuale Haarreduktion	72,7	60,2	60,2	65,2
Haardichte in Haare pro cm ²	9 Monate	0,2	0,5	0,7	0,3	0,241
		Prozentuale Haarreduktion	95,5	90,4	85,6	
Haardichte in Haare pro cm ²	12 Monate	0,5	0,3	0,4	0,4	
		Prozentuale Haarreduktion	89,8	94,1	91,2	92,6

Die prozentuale Haarreduktion der beiden Probanden belief sich am Ende der durchschnittlich 5,5 (5-6) Wiederholungsbehandlungen zwischen 76,1 % (ohne Kühlung) und 89,9 % (Gelkühlung). Bei der ersten Nachbeobachtung 3 Monate nach der letzten Therapie konnten prozentuale Haarreduktionen zwischen 0 % (Luftkühlung) und 83,8 % festgestellt werden. Eine Haarreduktion von 0 % würde ein vollständiges Wiederwachsen aller Haare bedeuten und ist deshalb wahrscheinlich im Rahmen einer Zählungenauigkeit zu interpretieren. Bei der zweiten Nachbeobachtung konnten Werte zwischen 60,2 % (Gelkühlung und Luftkühlung) und 72,7 % (ohne Kühlung), bei der dritten zwischen 85,6 % (Luftkühlung) und 95,6 % (Gel + Luft) und bei der vierten Nachbeobachtung nach einem Jahr prozentuale Haarreduktionen zwischen 89,8 % (ohne Kühlung) und 94,1 % (Gelkühlung) festgestellt werden. Alle Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Abbildung 27 zeigt den Verlauf der Haardichte in Haare pro cm² im Verlauf des Beobachtungszeitraums.

Abbildung 27: Verlauf der Haardichte in Haaren pro cm² über den Nachbeobachtungszeitraum von 12 Monaten (Nachbeobachtungen jeweils nach 3 Monaten) der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 2 Probanden mit der Blitzlampe



Es ließ sich eine Tendenz zu einer Stabilisierung der Haarreduktion im Zeitraum zwischen 9 und 12 Monaten nach der letzten Behandlung feststellen. Die Haardichte nahm Werte zwischen 0 und 1 Haar pro cm² bei allen Therapiegruppen an.

Die Studie zeigte, dass sich durch eine Kühlung keine negativen Effekte hinsichtlich der Effektivität der Photo-Epilation ergeben. Dies gilt in gleichem Maß für beide Epilationssysteme (Alexandritlaser- und Blitzlicht-Epilation).

5.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe (IPL 1) und eines Diodenlasers

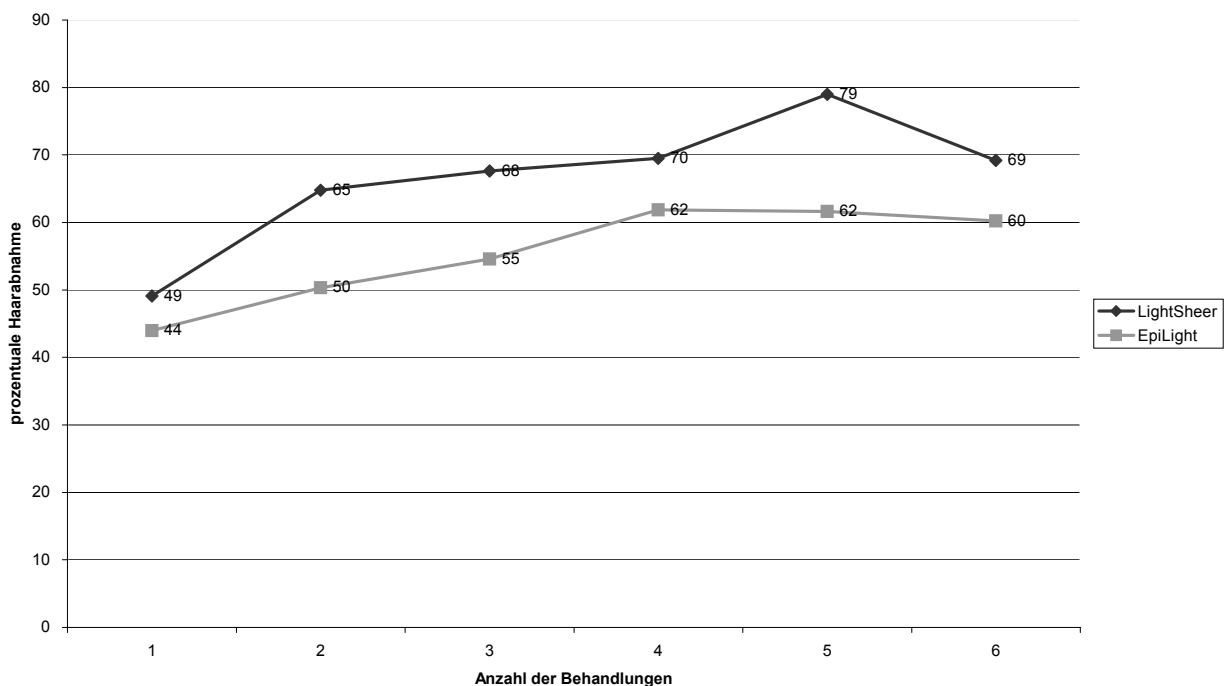
Nachfolgend soll die Effektivität hinsichtlich der Epilation mit einer Blitzlampe und einem Diodenlaser untersucht werden.

Tabelle 21: Übersicht über die statistischen Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe und eines Diodenlasers über den Verlauf von 6 Wiederholungsbehandlungen bei 50 Probanden und durchschnittlich 6,0 Wiederholungsbehandlungen (#) mit dem Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen

	n	weiblich	männlich	Haarverlust %		p
				LightSheer©	EpiLight©	
1. #	50	41	9	49,1	44,0	0,125
2. #	49	40	9	64,8	50,4	0,000
3. #	43	35	8	67,6	54,6	0,001
4. #	35	27	8	69,5	61,9	0,029
5. #	25	19	6	79,0	61,6	0,006
6. #	13	9	4	69,2	60,2	0,221

Die Epilation mittels Diodenlaser zeigte im Verlauf der 6 Wiederholungsbehandlungen eine kontinuierliche Zunahme der Haarreduktion bis zur fünften Wiederholungsbehandlung. Bei der sechsten Behandlung fand sich eine Abnahme der Haarreduktion im Vergleich zur fünften Behandlung um circa 10 %. Ein ähnliches Verhalten ließ sich bei der Epilation mit dem IPL-System 1 feststellen. Eine Zunahme der Haarreduktion bis zur fünften Behandlung und ein Absinken der Haarreduktion allerdings nur um circa 1 % bis zur sechsten Wiederholungsbehandlung war auch hier zu bemerken. Statistisch signifikant unterschiedliche Werte bei der Auswertung ergaben sich für die zweite, dritte und fünfte Behandlung. Es ergab sich damit eine Irrtumswahrscheinlichkeit, die Effizienz des Diodenlasers besser einzuschätzen, von kleiner 1 %. Nach 5 Epilationsbehandlungen mit dem Diodenlaser konnte eine maximale Haarreduktion von 79 % erzielt werden, während die Behandlungsfelder der IPL 1-Methode nur knapp 62 % Haarreduktion zeigten.

Abbildung 28: Verlauf der prozentualen Haarabnahme in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe bei 50 Probanden über den Zeitraum von 6 Wiederholungsbehandlungen



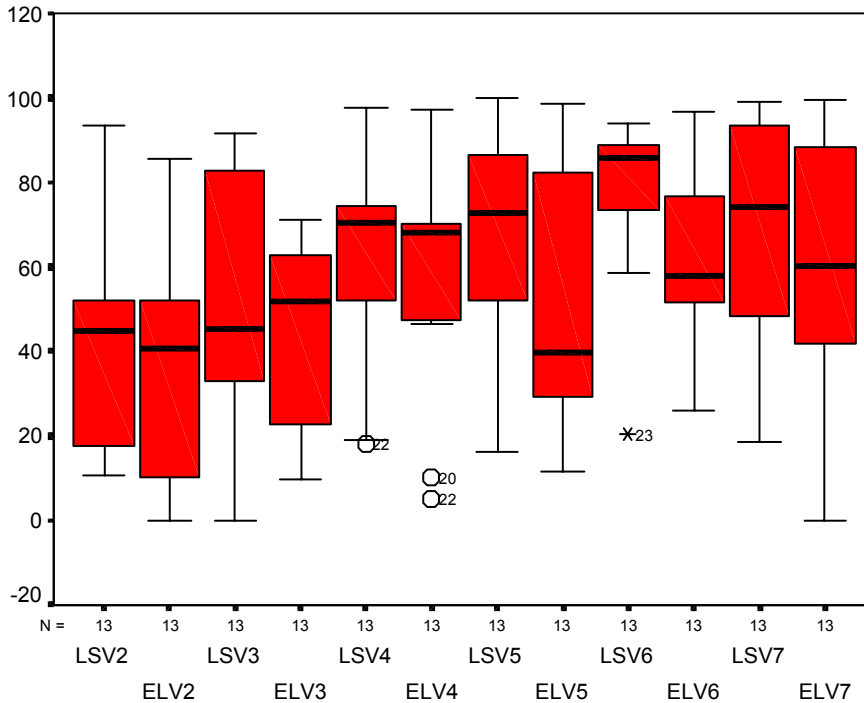
Die durchschnittliche Anzahl der Wiederholungsbehandlungen betrug 5,98 (2-12) Behandlungen. Deshalb erfolgte in der grafischen Darstellung der Ergebnisse eine Berücksichtigung der ersten sechs Wiederholungsbehandlungen.

Die p-Werte des Wilcoxon-Rank-Tests für verbundene gepaarte Stichproben ergaben bei der Auswertung der prozentualen Haarreduktion nach der ersten, zweiten, dritten und fünften Behandlung statistisch signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Aussage, eine der beiden Methoden sei besser als die andere liegt also unter 1 %. Damit kann mit einer Sicherheit von 99 % behauptet werden, dass der Diodenlaser im Rahmen der Studienbedingungen bessere Epilationsresultate erbrachte. Der p-Wert der Haarreduktion nach der ersten, vierten und sechsten Behandlung war statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Abbildung 28 zeigt den Verlauf der prozentualen Haarabnahme über den Zeitraum von 6 Wiederholungsbehandlungen. Dabei fällt ein relativ paralleles Ansteigen des Haarverlustes über den Zeitraum bis zu 4 Wiederholungsbehandlungen auf. Das IPL-System 1 schnitt schlechter ab und erreichte ab der fünften Behandlung ein Plateau. Der Haarverlust von ungefähr 60 % wurde über einen Zeitraum von 3 weiterhin durchgeführten Behandlungsfolgen aufrecht erhalten. Dagegen stieg der prozentuale Haarverlust beim Diodenlaser weiterhin an, um nach der 5. Behandlung von fast 80 % auf unter 70 % zu fallen.

Die folgende Boxplot-Darstellung zeigte neben Median und Mittelwert auch die Standardabweichungen der oben dargestellten Untersuchung.

Abbildung 29: Boxplot Darstellung von Median, Mittelwert und Standardabweichung der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität der Photo-Epilationsbehandlung bei einer Blitzlampe und einem Diodenlaser bei 50 Probanden über 6 Wiederholungsbehandlungen



Legende zu Abb. 29:

x-Achse: verschiedene Behandlungsgruppen zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten
y-Achse: prozentuale Haarreduktion

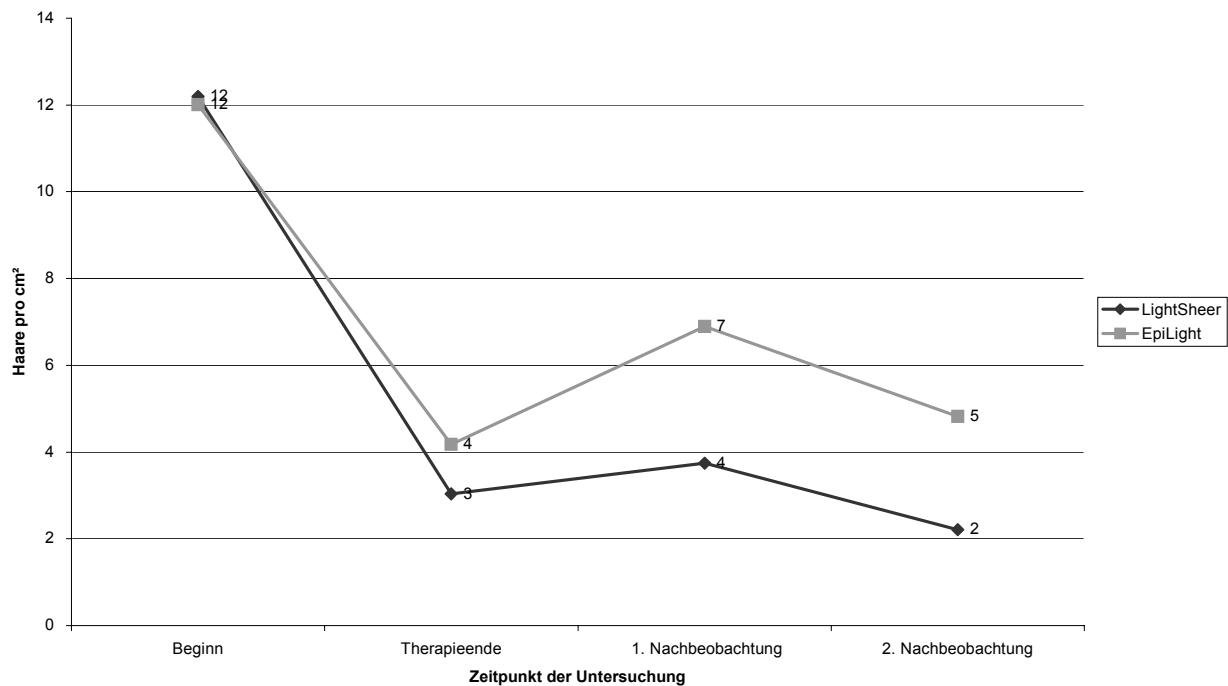
LSV2: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der ersten Behandlung
LSV3: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der zweiten Behandlung
LSV4: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der dritten Behandlung
LSV5: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der vierten Behandlung
LSV6: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der fünften Behandlung
LSV7: Behandlungsgruppe mit dem Diodenlaser nach der sechsten Behandlung

ELV2: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der ersten Behandlung
ELV3: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der zweiten Behandlung
ELV4: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der dritten Behandlung
ELV5: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der vierten Behandlung
ELV6: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der fünften Behandlung
ELV7: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der sechsten Behandlung

Die Darstellung lässt eine relativ gleichmäßige Verteilung der jeweiligen Standardabweichungen erkennen. Beide Behandlungsgruppen sind gleichermaßen von den Streuungen betroffen. Deshalb ist ein relativ gleichmäßig verteiltes Ansprechen aller Probanden auf die Photo-Epilationsbehandlung in beiden Untersuchungsgruppe festzustellen.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Nachbeobachtung über den Zeitraum von bis zu 6 Monaten dargestellt. Die Probanden hatten durchschnittlich 6,1 (3-12) Behandlungen bis zum Beginn der Nachbeobachtung erhalten.

Abbildung 30: Verlauf der Haardichte (in Haare pro cm²) über den Studienzeitraum mit Nachbeobachtung über 6 Monate (Nachbeobachtung jeweils nach 3 Monaten) der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe bei 28 Probanden



Bei Therapieende nach durchschnittlich 6,1 Behandlungen war die Haardichte bei der Behandlung mit dem Diodenlaser auf 3 Haare pro cm² abgesunken. Dies entsprach einer Haardeduktion von 77 % (Tabelle 22). Dagegen konnte in diesem speziellen Kollektiv der nachbeobachteten Patienten mit dem IPL-System 1 die Haardichte nur auf 4 Haare pro cm² gesenkt werden. P beträgt in diesem Fall 0,0, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0 % entspricht; eines der beiden Photo-Epilationssysteme ist als das bessere zu beurteilen und somit die Aussage zu treffen, dass der Diodenlaser besser abschneidet als das IPL-System 1. Im weiteren Verlauf über einen Nachbeobachtungszeitraum von 3 Monaten (ohne weitere Behandlungen) stieg die Haardichte in den mit dem Diodenlaser behandelten Arealen um 1 Haar pro cm² und in den IPL 1-Feldern um 3 Haare pro cm² wieder an. Nach weiteren 3 Monaten, also einer gesamten Nachbeobachtungszeit von 6 Monaten, fiel die Haardichte wieder auf einen durchschnittlichen Wert von 2 Haaren pro cm², also unter den bei Therapieende erreichten Wert, bei den mit dem Diodenlaser behandelten Feldern ab. Die Haardichte fiel bei den mit IPL 1 behandelten Feldern zwar auch wieder ab, erreichte jedoch nicht wieder den bei Therapieende erzielten Wert und lag damit um 3 Haare pro cm² über den Resultaten des Diodenlasers.

Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung.

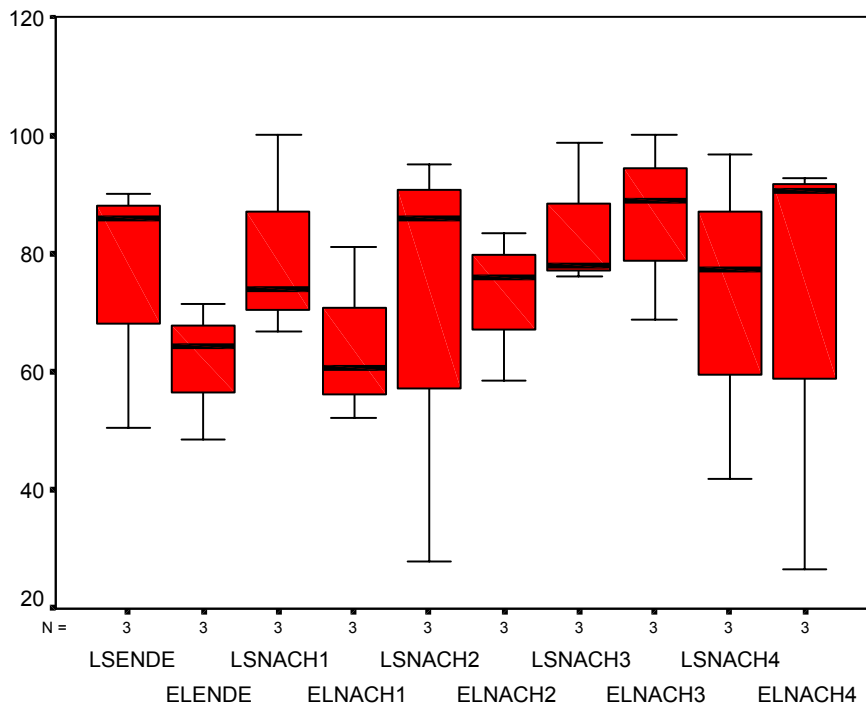
Tabelle 22: Übersicht über die statistische Auswertung des Nachbeobachtungskollektivs der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe von 28 Probanden über den Zeitraum von 4 Nachbeobachtungszeitpunkten (#) im jeweiligen Abstand von 3 Monaten (3, 6, 9 und 12 Monate nach der letzten Behandlung)

		Therapieende	1. #	2. #	3. #	4. #
N		28	28	11	3	3
P		0,000	0,008	0,041	1,000	0,593
Haarreduktion (%)	Diodenlaser	77,1	67,8	78,7	84,4	72,1
	Blitzlampe	63,6	53,4	60,5	86,6	70,1

Die statistische Auswertung mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen ergab signifikant unterschiedliche Werte bei Therapieende mit einem hochsignifikanten p-Wert von 0,000 und bei der 1. Nachbeobachtung 3 Monate nach Therapieende mit einem p-Wert von

0,008. Die weiteren Werte waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich und betragen beim zweiten Nachbeobachtungszeitpunkt 0,041, 9 Monate nach der letzten Behandlung (3. Nachbeobachtungszeitpunkt) 1,000 und nach einem Jahr (4. Nachbeobachtungszeitpunkt) 0,593. Ein hochsignifikanter Unterschied der beiden Behandlungsmethoden lässt sich im Rahmen dieses speziellen Nachbeobachtungskollektivs bei Therapieende und bei der ersten Nachbeobachtung feststellen.

Abbildung 31: Boxplot-Darstellung des Nachbeobachtungskollektivs (n = 28) der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe über den Zeitraum von 4 Nachbeobachtungen im jeweiligen Abstand von 3 Monaten (3, 6, 9 und 12 Monate nach der letzten Behandlung)



Legende zu Abb. 31:

LSENDE: Behandlungsgruppe Diodenlaser am Ende der Wiederholungsbehandlungen
 LSNACH1: Behandlungsgruppe Diodenlaser bei der ersten Nachbeobachtung
 LSNACH2: Behandlungsgruppe Diodenlaser nach der zweiten Nachbeobachtung
 LSNACH3: Behandlungsgruppe Diodenlaser nach der dritten Nachbeobachtung
 LSNACH4: Behandlungsgruppe Diodenlaser nach der vierten Nachbeobachtung

ELENDE: Behandlungsgruppe Blitzlampe am Ende der Wiederholungsbehandlungen
 ELNACH1: Behandlungsgruppe Blitzlampe bei der ersten Nachbeobachtung
 ELNACH2: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der zweiten Nachbeobachtung
 ELNACH3: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der dritten Nachbeobachtung
 ELNACH4: Behandlungsgruppe Blitzlampe nach der vierten Nachbeobachtung

x-Achse: Behandlungsgruppen zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten
 y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Eine geringe Standardabweichung ergab sich vor allem am Ende der Wiederholungsbehandlungen, bei der zweiten und dritten Nachbeobachtung in der Blitzlampengruppe und bei der dritten Nachbeobachtung in der Diodenlasergruppe. Alle anderen Gruppen wiesen eine größere Standardabweichung auf.

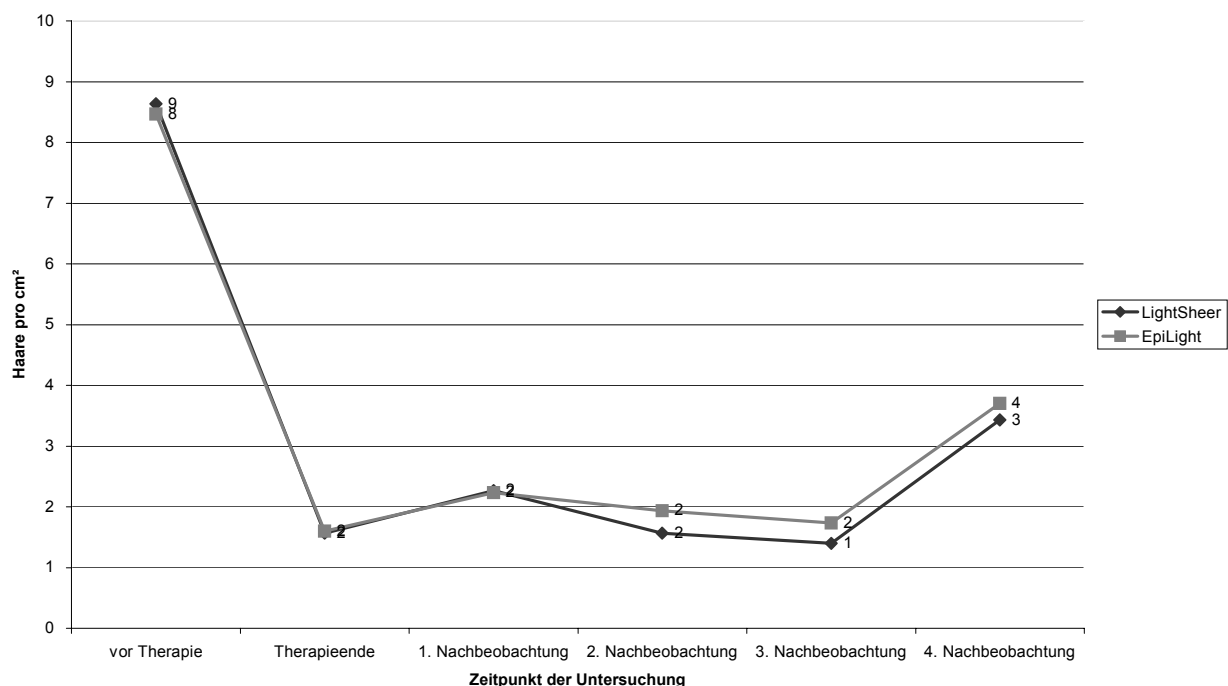
Eine Übersicht über den Verlauf der Haarreduktion des speziellen Probandenkollektivs (n = 3), das bis zu einem Jahr nachbeobachtet wurde zeigt Tabelle 23.

Tabelle 23: Verlauf der prozentualen Haarreduktion jeweils bezogen auf die Ausgangshaardichte des Kollektivs n=3, das über den Zeitraum von 12 Monaten im Abstand von jeweils 3 Monaten nach der letzten Behandlung nachbeobachtet wurde in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe

		Therapieende	1. #	2. #	3. #	4. #
P		1,000	1,000	1,000	1,000	0,593
% Haarreduktion	Diodenlaser	76,1	74,9	69,8	84,4	72,1
	Blitzlampe	79,3	76,2	72,6	85,6	70,1

Dieses spezielle Kollektiv von 3 Probanden zeigte keinerlei statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsmethoden. P betrug bei Therapieende und den ersten 3 Nachbeobachtungen 1,000, was eine gleichwertige Effizienz beider Photo-Epilationssysteme zeigte. Ein p von 0,593 bei der vierten Nachbeobachtung deutet ebenfalls ein gleichwertiges Behandlungsergebnis bei der vierten Nachbeobachtung an.

Abbildung 32: Verlauf der Haardichte in cm² jeweils bezogen auf die Ausgangshaardichte des Kollektivs n = 3, das über den Zeitraum von 12 Monaten im Abstand von jeweils 3 Monaten nach der letzten Behandlung nachbeobachtet wurde in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe



Dieses Kollektiv zeigte im Gegensatz zum Gesamtkollektiv überraschenderweise einen parallelen Verlauf der Abnahme der Haardichte mit beiden Photo-Epilationssystemen und eine Haarreduktion von 76 % (IPL 1) bzw. 79 % (Diodenlaser). Im Gegensatz zum Gesamtkollektiv, bei dem das IPL-System 1 eine deutlich schlechtere prozentuale Haarreduktion aufwies, zeigte sich hier ein gleich gutes Abschneiden beider Photo-Epilationssysteme. Dieser Verlauf der Haarreduktion erklärt auch die statistisch nicht signifikant unterschiedlichen p-Werte. Die Haardichte verläuft auf einem relativ konstanten Niveau über einen Zeitraum von 9 Monaten nach der letzten Behandlung mit einer mittleren Haardichte von 2 Haaren pro cm² und rangiert damit zwischen 70 % und 86 % prozentualer Haarreduktion, um nach weiteren 3 Monaten, also einem gesamten Zeitraum von 12 Monaten wieder anzu- steigen auf einen Wert um 3,5 Haare pro cm², was einer prozentualen Haarreduktion zwischen 70 % und 72 % entspricht. Dieser Anstieg ist bei beiden Feldern zu verzeichnen und fällt bei dem mit der Blitzlampe behandelten Feld höher aus als beim Vergleichsfeld, das mit dem Diodenlaser therapiert wurde.

Eine weitere Auswertung bezogen auf die unterschiedlichen behandelten Lokalisationen wurde für diejenigen Körperstellen an denen mehr als 5 Probanden behandelt worden waren, also Beine, Kinn und Bikinizone, getrennt durchgeführt.

Tabelle 24 zeigt die Ergebnisse der prozentualen Haarreduktion an den verschiedenen Lokalisationen.

Tabelle 24: Übersicht über die Ergebnisse in den unterschiedlichen Lokalisationen Bikinizone, Beine und Kinn der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe über den Zeitraum von 6 Wiederholungsbehandlungen (#)

#	Bikini			Kinn			Beine		
		Haarreduktion %			Haarreduktion %			Haarreduktion %	
	n	Diodenlaser	IPL 1	n	Diodenlaser	IPL 1	n	Diodenlaser	IPL 1
1. #	10	41,9	38,4	8	41,9	43,0	10	77,5	64,4
2. #	10	59,9	41,5	8	60,2	52,9	10	78,4	69,6
3. #	10	65,9	56,5	7	57,8	49,9	8	83,1	78,4
4. #	9	71,1	65,3	6	63,0	52,0	5	85,1	74,7
5. #	6	76,4	70,6	6	70,5	52,0	2	75,7	84,0
6. #	1	51,0	69,0	5	57,3	38,9	0	--	--

Eine kontinuierliche Zunahme der Haarreduktion in allen Körperlokalisationen bis zur 4. Wiederholungsbehandlung konnte festgestellt werden. Mit 4 Behandlungen ließen sich zwischen 85 % (Diodenlaser an den Beinen) und 52 % (Blitzlampe am Kinn) der Haare entfernen. Im Verlauf der weiteren Wiederholungsbehandlungen ergab sich teilweise ein Abnehmen der Haarreduktion. So fand sich sowohl in der Bikinizone als auch am Kinn und an den Beinen ein Absinken der prozentualen Haarreduktion im Verlauf weiterer Wiederholungsbehandlungen. Ein Abnehmen von 76 % auf 51 % in der Lokalisation Bikini beim Diodenlaser und zwischen 71 % und 69 % bei der Blitzlampe zwischen der 5. und 6. Wiederholungsbehandlung konnte beobachtet werden. Das Wiedernachwachsen von Haaren (entspricht einer Abnahme der prozentualen Haarreduktion) konnte auch am Kinn festgestellt werden. Hier sank die Haarreduktion von 71 % auf 57 % (Diodenlaser) und von 52 % auf 39 % (IPL) zwischen der 5. und 6. Wiederholungsbehandlung. Das Absinken der Haarreduktion konnte in der Lokalisation Beine schon zwischen der 4. und 5. Wiederholungsbehandlung festgestellt werden. Hier sank die prozentuale Haarreduktion von 85 % auf 76 % (Diodenlaser), stieg allerdings bei der Behandlung mit der Blitzlampe weiter von 75 % auf 84 % an.

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung bezogen auf die Lokalisationsunterschiede.

Tabelle 25: Ergebnisse der statistischen Auswertung der vergleichenden Untersuchung der Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe hinsichtlich verschiedener Lokalisationen mit dem Kruskal-Wallis-Test für mehrere nicht verbundene Gruppen über den Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen (#)

	1. #		2. #		3. #	
	Diodenlaser	IPL 1	Diodenlaser	IPL 1	Diodenlaser	IPL 1
p-Wert	0,005	0,044	0,092	0,022	0,018	0,019

Die p-Werte der Auswertung lagen bis auf den Vergleich der Lokalisationen bei der Behandlung mit dem Diodenlaser über dem Signifikanzniveau von $p < 0,01$. Das bedeutet, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit größer 1 % ist, eine Lokalisation als besser auf die Behandlung ansprechend zu interpretieren. Die p-Werte lagen zwischen 0,092 und 0,018. Eine weitere statistische Auswertung mit dem Mann-Whitney-Test für mehrere unverbundene Stichproben hinsichtlich verschiedener Lokalisationspaare wurden für die einzige statistisch signifikant unterschiedliche Gruppe durchgeführt.

Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse des Vergleichs.

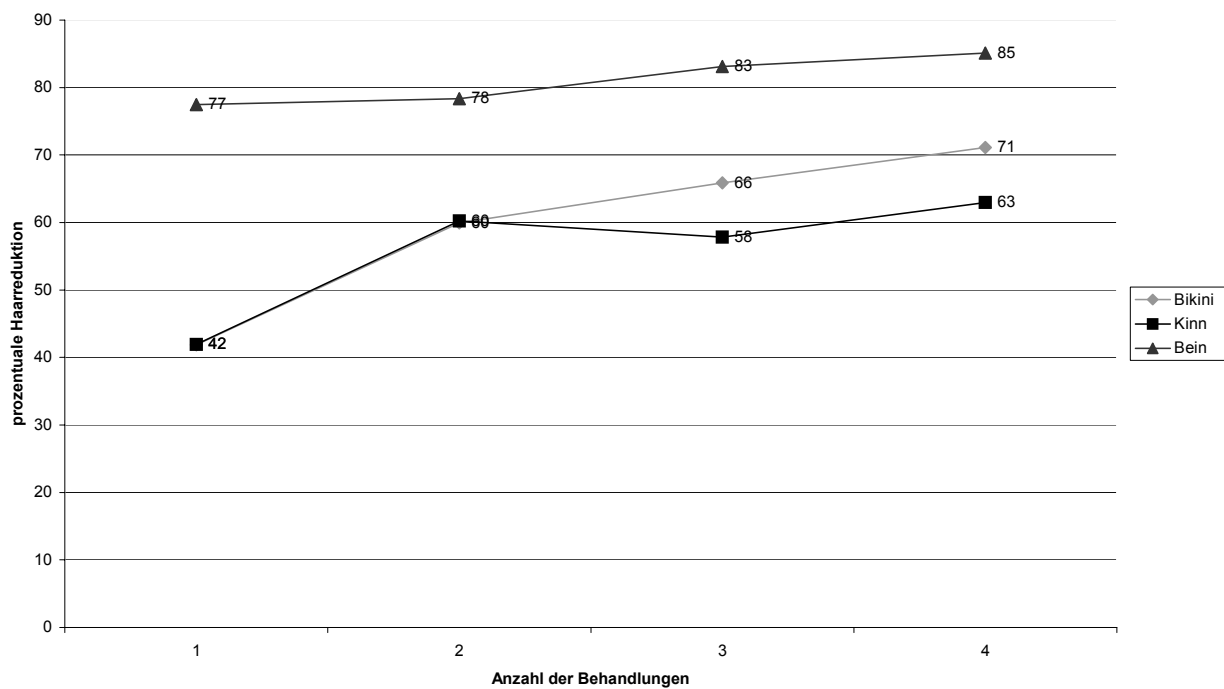
Tabelle 26: Übersicht über die Ergebnisse des Mann-Whitney-Test nach der ersten Behandlung mit dem Diodenlaser hinsichtlich verschiedener Lokalisationspaare

Paare	p-Wert
Bein-Bikini	0,002
Bein-Kinn	0,012
Bikini-Kinn	0,897

Der statistischen Auswertung zufolge war also nur beim Paar Bein-Bikini ein statistisch signifikant unterschiedlicher Wert feststellbar. Alle anderen Paare waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Das bedeutet, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit, eine Lokalisation als besser auf die Epilationsbehandlung ansprechend zu bewerten, nur für das Paar Beine-Bikini nach der ersten Behandlung mit dem Diodenlaser kleiner als 1 % war.

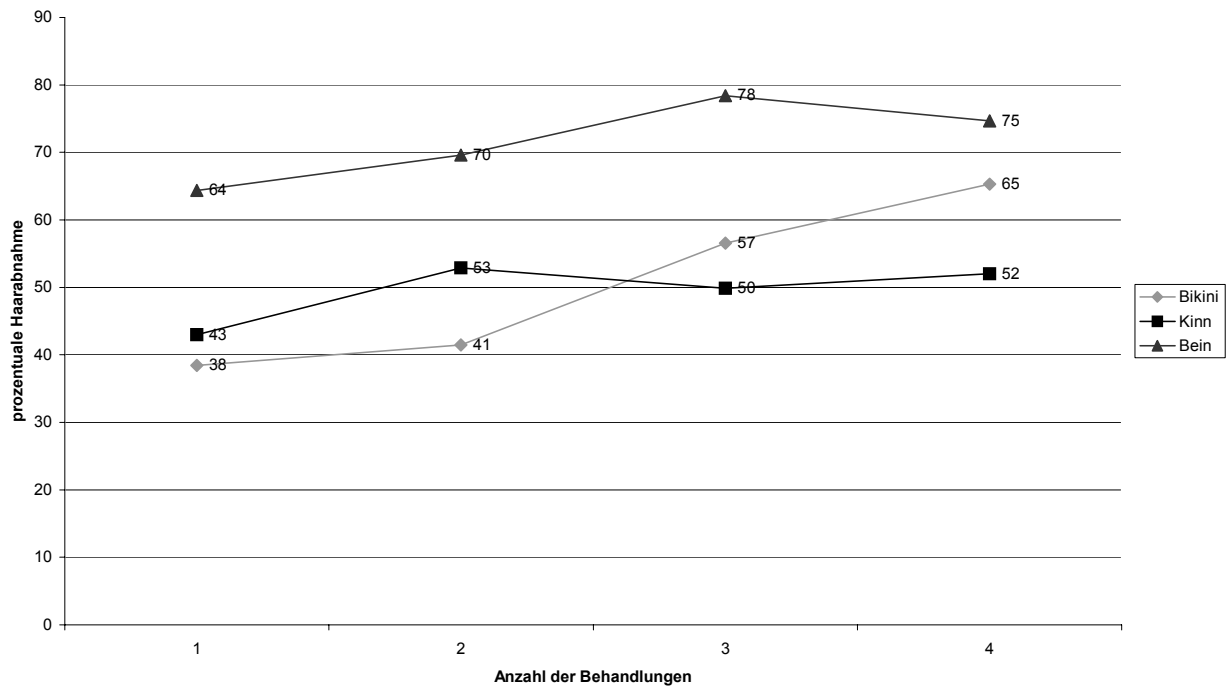
Die folgenden grafischen Darstellungen zeigen den Verlauf der Haarreduktion der verschiedenen Lokalisationen mit den jeweiligen Photo-Epilationsystemen.

Abbildung 33: Verlauf der prozentualen Haarreduktion mit dem Diodenlaser in den Lokalisationen Bikini, Bein und Kinn über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen



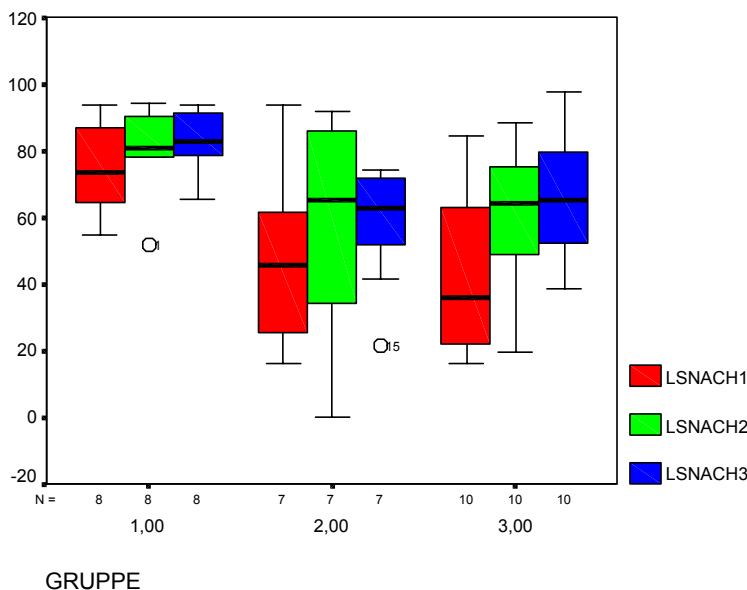
Die Untersuchung hat zu den Ergebnissen geführt, dass mit einer zunehmenden Anzahl von Behandlungen an allen Lokalisationen Haarreduktionen zwischen 63 % (Kinn) und 85 % (Bein) erreicht werden können. Die Resultate nach der ersten Behandlung sind an den Beinen besonders gut, so dass nach einer einzigen Behandlung 77 % der Haare entfernt sind. An dieser Stelle war auch ein statistisch signifikant unterschiedlicher Wert beim Kruskal-Wallis-Test aufgefallen. Alle weiteren Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Abbildung 34: Verlauf der prozentualen Haarreduktion mit der Blitzlampe in den Lokalisationen Bikini, Bein und Kinn über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen



Wie in der Abbildung dargestellt, ergibt sich bei der Untersuchung eine prozentuale Haarreduktion zwischen 52 % (Kinn) und 75 % (Bein) nach 4 Wiederholungsbehandlungen. Die prozentuale Haarreduktion nahm nur in der Lokalisation Bikinizone kontinuierlich zu. In den anderen Lokalisationen fand sich nach der zweiten Behandlung (Kinn) ein Absinken der prozentualen Haarreduktion von 63 % auf 60 % bzw. ein Abnehmen von 78 % auf 75 % zwischen der dritten und vierten Wiederholungsbehandlung in der Lokalisation Beine. Alle Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Nachfolgend werden die Grundlagen der statistischen Auswertung in Form von Boxplots abgebildet, die Median, Quartile, und Standardabweichung darstellen.

Abbildung 35: Boxplots der statistischen Auswertung der drei Lokalisationsgruppen bei der Behandlung mit dem Diodenlaser im Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen gegen die prozentuale Haarreduktion auf der y-Achse



Legende zu Abb. 35:

- 1,00 Lokalisation Bikinizone
- 2,00 Lokalisation Kinn
- 3,00 Lokalisation Beine

x-Achse: Anzahl der Wiederholungsbehandlungen in den verschiedenen Lokalisationsgruppen
y-Achse: prozentuale Haarreduktion

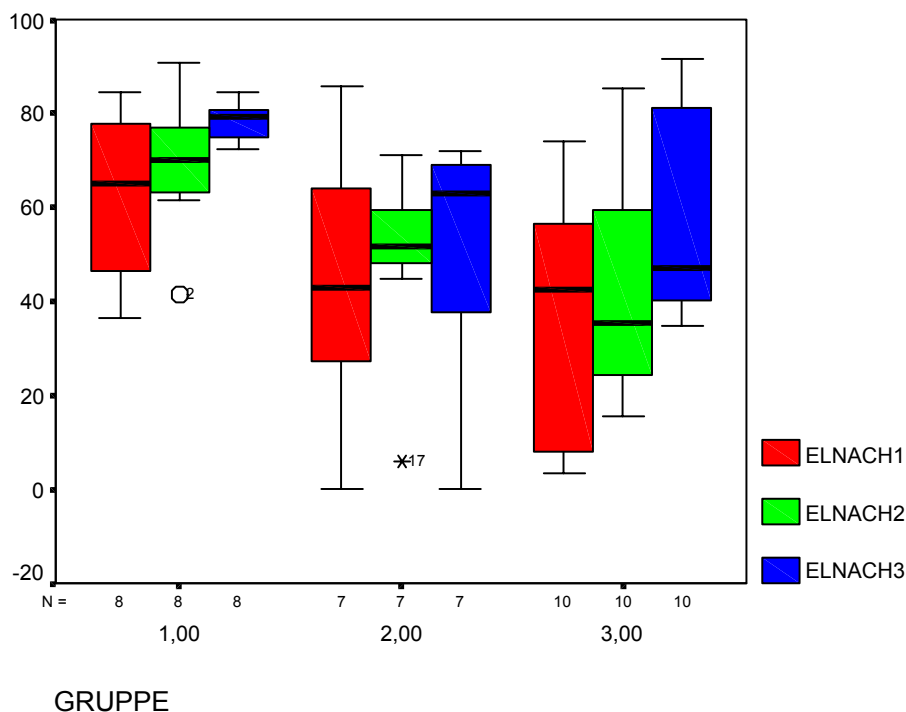
rot: nach der ersten Behandlung
grün: nach der zweiten Behandlung
blau: nach der dritten Behandlung

Die Standardabweichungen sind in der Lokalisation Bikinizone sehr gering, was eine relativ homogene Haarreduktion aller Probanden gleichermaßen bedeutet. Im Bereich der Lokalisationsgruppe Kinn dagegen ist die Standardabweichung besonders nach der ersten und zweiten Behandlung relativ groß. Ein sehr unterschiedliches Abschneiden hinsichtlich der prozentualen Haarreduktion in dieser Lokalisation kann daraus abgeleitet werden.

Eine etwas homogenere Gruppe bildet die Lokalisation Beine, wobei hier aber auch die Standardabweichung größer ist als in der Gruppe Bikini.

In der Gruppe Bikini und Kinn findet sich jeweils ein Ausreißer dargestellt als Kreis. Diese Ausreißer sind Probanden, die eine außergewöhnlich niedrige prozentuale Haarreduktion aufweisen und deshalb im Rahmen der Standardabweichung nicht mehr enthalten sind.

Abbildung 36: Boxplots der statistischen Auswertung der drei Lokalisationsgruppen bei der Behandlung mit der Blitzlampe im Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen gegen die prozentuale Haarreduktion auf der y-Achse



Legende zu Abb. 36:

- 1,00 Lokalisation Bikinizone
- 2,00 Lokalisation Kinn
- 3,00 Lokalisation Beine

x-Achse: Anzahl der Wiederholungsbehandlungen in den verschiedenen Lokalisationsgruppen
y-Achse: prozentuale Haarreduktion

rot: nach der ersten Behandlung
 grün: nach der zweiten Behandlung
 blau: nach der dritten Behandlung

Die Standardabweichungen in den Lokalisationen, die mit der Blitzlampe behandelt worden sind, sind größer als die Standardabweichungen der Diodenlasergruppe. Daraus lässt sich ein gleichmäßigeres Ansprechen über alle Probanden hinweg bei der Behandlung mit dem Diodenlaser ableiten. Auch hier findet sich eine relativ geringe Standardabweichung in der Lokalisationsgruppe Bikinizone, wohingegen die Standardabweichungen in den Gruppen Kinn und Beine größer sind. Zwei Ausreißer finden sich auch hier, dargestellt durch einen Kreis und ein Kreuz. Diese beiden Ausreißer entsprechen wohl den beiden auch in der Diodenlasergruppe vorhandenen und sind wahrscheinlich Probanden, bei denen die Behandlung weniger gut anspricht.

5.9. Vergleichende Untersuchung eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 1), eines Diodenlasers und zweier IPL-Systeme (IPL 1 und 2)

Nachfolgend soll eine Darstellung der Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung zur unterschiedlichen Effektivität des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen (IPL 1 und 2) erfolgen. In Tabelle 27 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen dargestellt.

Tabelle 27: Übersicht über die statistischen Ergebnisse mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen des Vergleichs des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen nach 5 Wiederholungsbehandlungen (#) bei 12 Probanden

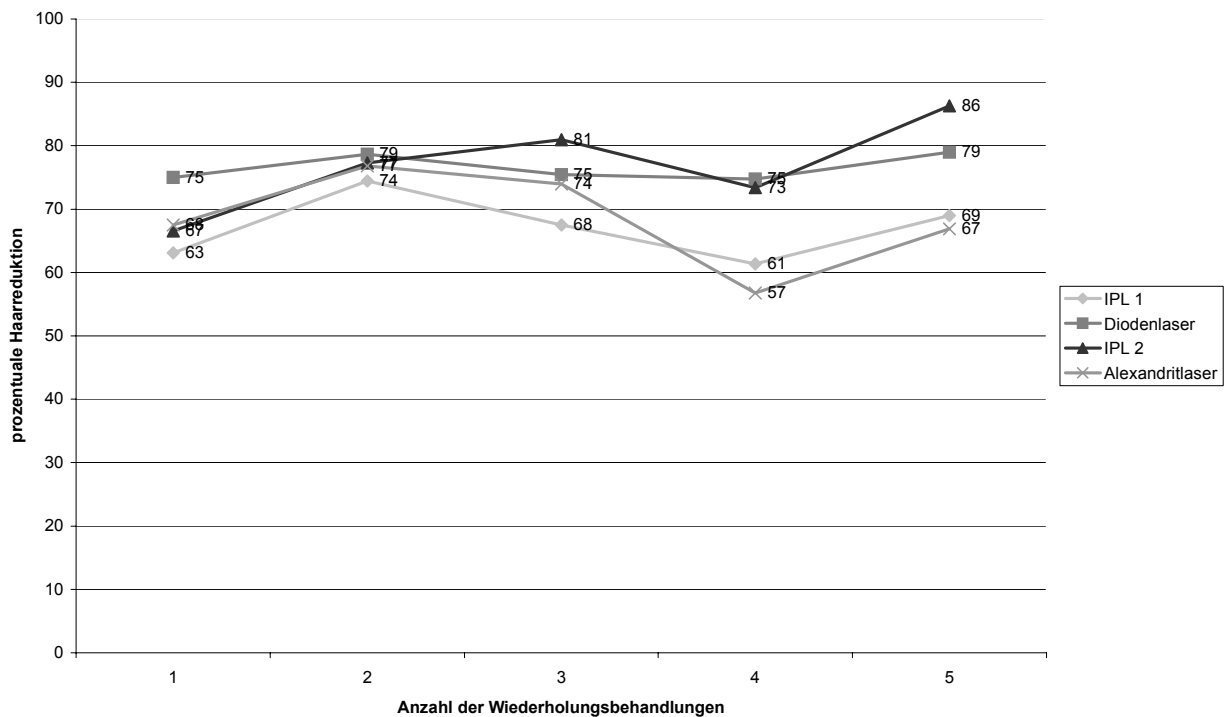
	N	w	m	p	Haarreduktion (%)			
					Friedman	IPL 1	Diodenlaser	IPL 2
1. #	12	10	2	0,296	63,1	75,0	66,5	67,5
2. #	12	10	2	0,423	74,4	78,7	77,3	76,8
3. #	8	7	1	0,440	67,5	75,4	81,0	74,0
4. #	7	6	1	0,034	61,4	74,7	73,4	56,8
5. #	3	2	1	0,532	69,0	78,9	86,3	66,9

Mit einer fünfmaligen Wiederholungsbehandlung ließen sich zwischen 67 % und 86 % der Haare mit einem der im Rahmen der Studie verwendeten Photo-Epilationssysteme entfernen. Die Haarreduktion nahm bei IPL 2 und dem Alexandritlaser 1 im Lauf von 3 Wiederholungsbehandlungen kontinuierlich zu, fällt nach der dritten Behandlung wieder ab, um anschließend wieder anzusteigen. Bei IPL 1 und dem Diodenlaser war ein Wiedernachwachsen der Haare bereits nach der zweiten Wiederholungsbehandlung festzustellen. Bei diesen beiden Photo-Epilationssystemen zeigte sich ebenfalls ein Wiederanstiegen der Haarreduktion nach der dritten (Diodenlaser) bzw. vierten (IPL 1) Behandlung. Es waren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Photo-Epilationssystemen festzustellen.

Da der p-Wert des Friedman-Tests in allen Fällen > 0,01 war, wurde auf eine weitergehende paarweise Untersuchung der verschiedenen Gruppen mit dem Wilcoxon-Rank-Test verzichtet.

Abbildung 37 zeigt den Verlauf der Haarreduktion mit verschiedenen Geräten während der Behandlungsphase.

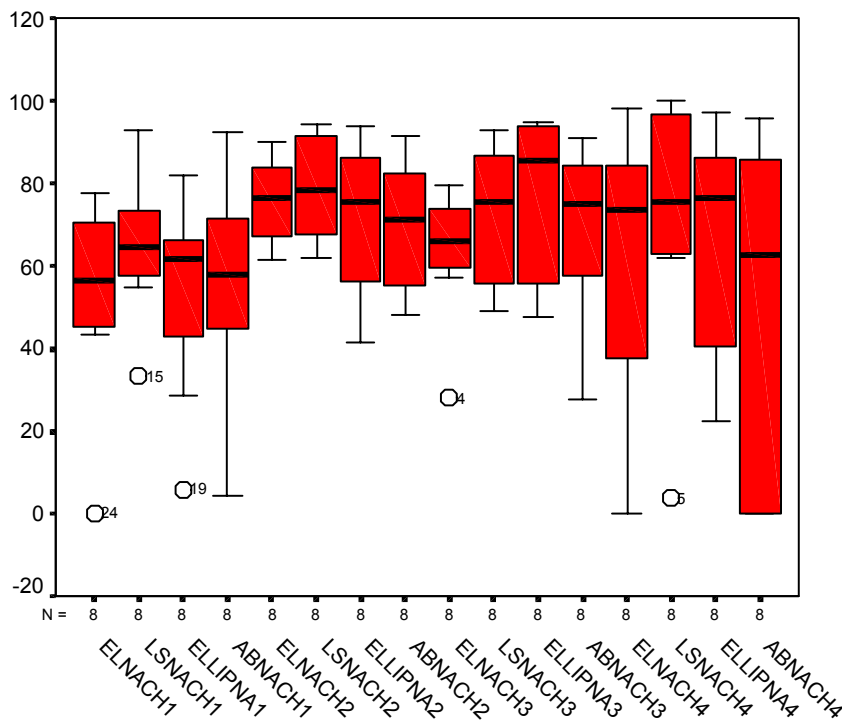
Abbildung 37: Übersicht über die Haarreduktion über den Zeitraum von 5 Wiederholungsbehandlungen der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers, des Alexandritlasers 1 und zweier Blitzlampen bei 12 Probanden



Aus dieser Darstellung lassen sich die unterschiedlichen Verläufe der Haarreduktion gut erkennen. Es zeigte sich ein gleichmäßiges Ansteigen der Enthaarung über die ersten beiden Behandlungen. Danach war ein weiteres Ansteigen der Haarreduktion mit IPL 2 und dem Diodenlaser zu verzeichnen, wogegen die Haarreduktion mit den beiden anderen Geräten abfiel bis zur vierten Behandlung, um zur fünften Behandlung wieder anzusteigen. Das Epilationsergebnis mit dem Diodenlaser hielt sich relativ konstant über den Zeitraum der zweiten, dritten und vierten Wiederholungsbehandlung und stieg zur fünften Behandlung nochmals um ca. 5 % Haarreduktion an. Die prozentuale Haarreduktion des IPL 2 sank bei der vierten Behandlung auf 73 % ab, um danach wieder auf 86 % anzusteigen.

Die nachfolgenden Boxplot Darstellungen zeigen die Verteilung der prozentualen Haarreduktion hinsichtlich Standardabweichung, Median und Quartile.

Abbildung 38: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen mit 12 Probanden



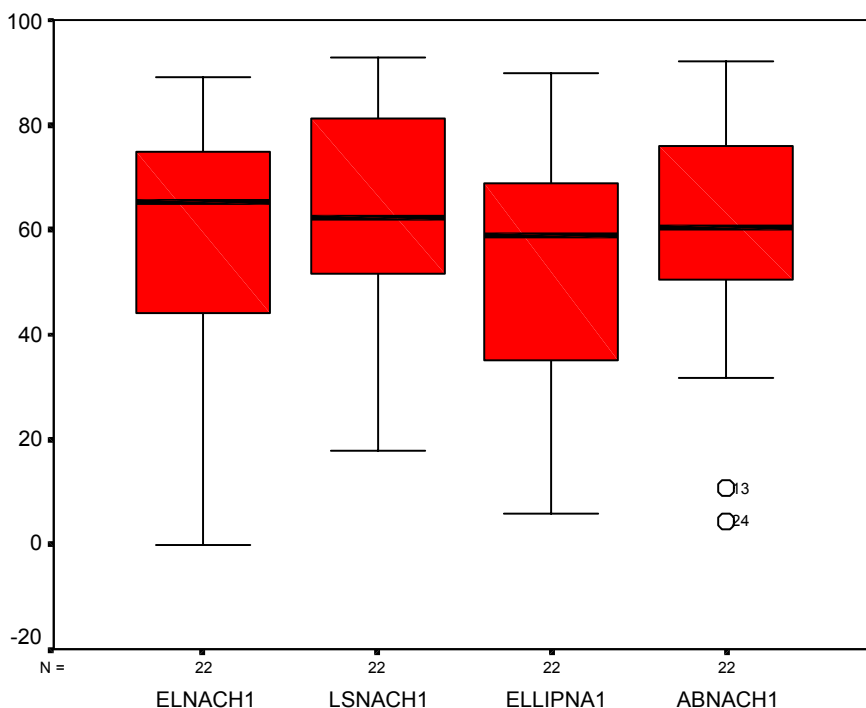
Legende zu Abb. 38:

- | | |
|-------------|--|
| ELNACH1: | IPL 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung |
| ELNACH2: | IPL 1 nach der zweiten Wiederholungsbehandlung |
| ELNACH3: | IPL 1 nach der dritten Wiederholungsbehandlung |
| ELNACH4: | IPL 1 nach der vierten Wiederholungsbehandlung |
| LSNACH1: | Diodenlaser nach der ersten Wiederholungsbehandlung |
| LSNACH2: | Diodenlaser nach der zweiten Wiederholungsbehandlung |
| LSNACH3: | Diodenlaser nach der dritten Wiederholungsbehandlung |
| LSNACH4: | Diodenlaser nach der vierten Wiederholungsbehandlung |
| ELLIPNACH1: | IPL 2 nach der ersten Wiederholungsbehandlung |
| ELLIPNACH2: | IPL 2 nach der zweiten Wiederholungsbehandlung |
| ELLIPNACH3: | IPL 2 nach der dritten Wiederholungsbehandlung |
| ELLIPNACH4: | IPL 2 nach der vierten Wiederholungsbehandlung |
| ABNACH1: | Alexandritlaser 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung |
| ABNACH2: | Alexandritlaser 1 nach der zweiten Wiederholungsbehandlung |
| ABNACH3: | Alexandritlaser 1 nach der dritten Wiederholungsbehandlung |
| ABNACH4: | Alexandritlaser 1 nach der vierten Wiederholungsbehandlung |

x-Achse: verschiedenen Photo-Epilationssysteme nach den jeweiligen Wiederholungsbehandlungen
y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Dieser Boxplot zeigt eine Übersicht über alle Photo-Epilationssysteme, die in der Studie verwendet wurden über den Verlauf von vier Wiederholungsbehandlungen. Eine besonders große Standardabweichung war bei der ersten und vierten Behandlung festzustellen. Eine geringere Streuung fand sich im Bereich der zweiten und dritten Behandlung. Eine Ausnahme stellte die größere Standardabweichung des Alexandritlasers 1 bei der dritten Behandlung dar. Das würde bedeuten, dass vor allem im Bereich der zweiten und dritten Wiederholungsbehandlung ein relativ homogenes Epilationsergebnis bei allen verwendeten Photo-Epilationssystemen festgestellt werden kann, wohingegen die Resultate der Epilation nach der ersten und vierten Behandlung stärker differieren. Einzelne Ausreißer aus den Gruppen sind zu sehen, die als Kreise dargestellt werden.

Abbildung 39: Boxplot Darstellung Standardabweichung, Quartile und Mittelwert aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der ersten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden

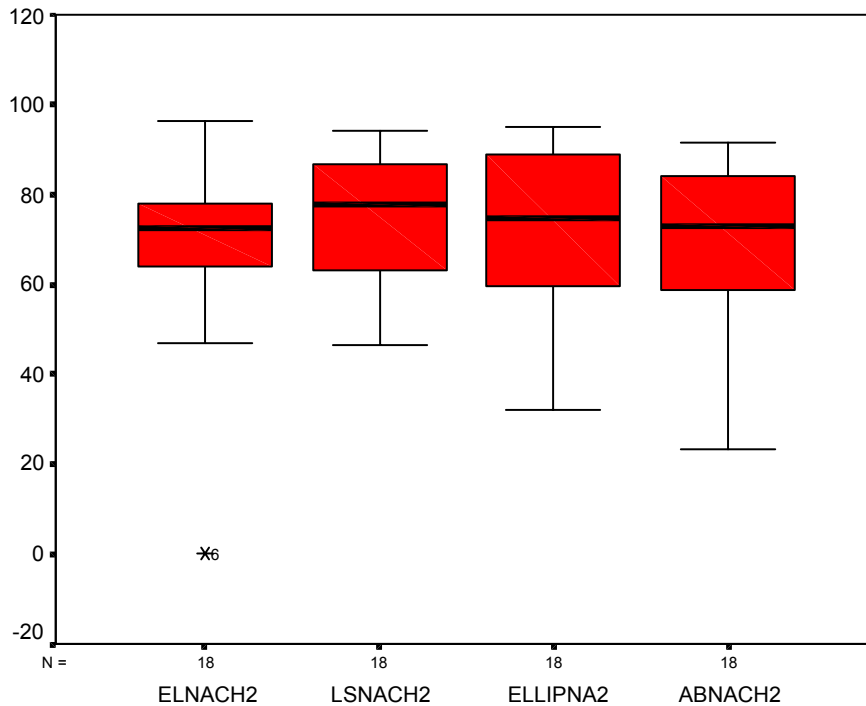


Legende zu Abb. 39:

- ELNACH1: IPL 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- LSNACH1: Diodenlaser nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ELLIPNACH1: IPL 2 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ABNACH1: Alexandritlaser 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- x-Achse: einzelne Gruppen
- y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Dieser Boxplot zeigt die Ergebnisse aller verwendeten Photo-Epilationssysteme nach der ersten Behandlung. Eine relativ große Standardabweichung bei allen Systemen war zu verzeichnen. Die Standardabweichung zeigte vor allem im Bereich der schlechteren Epilationsresultate eine große Streuung. Zwei einzelne Ausreißer waren beim Alexandritlaser 1 zu sehen; dagegen war die Standardabweichung gerade beim Alexandritlaser 1 geringer, als bei den anderen verwendeten Epilationssystemen.

Abbildung 40: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der zweiten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden

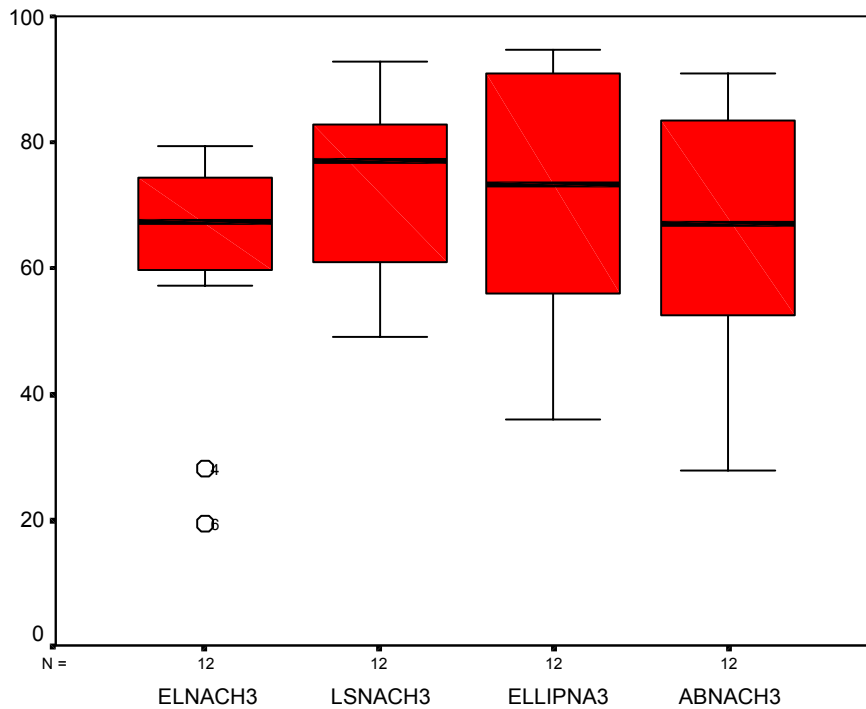


Legende zu Abb. 40:

- ELNACH2: IPL 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- LSNACH2: Diodenlaser nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ELLIPNACH2: IPL 2 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ABNACH2: Alexandritlaser 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- x-Achse: einzelne Gruppen
- y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Dieser Boxplot zeigte die Ergebnisse aller verwendeten Photo-Epilationssysteme nach der zweiten Behandlung. Die Standardabweichung bei allen Systemen ist deutlich geringer als bei der ersten Behandlung. Eine besonders geringe Standardabweichung zeigt sich bei IPL 1 und dem Diodenlaser. Die einzelnen Ergebnisse der jeweiligen Haarreduktion der einzelnen Probanden liegen also in einem relativ engen Bereich und unterscheiden sich nur gering.

Abbildung 41: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der dritten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden

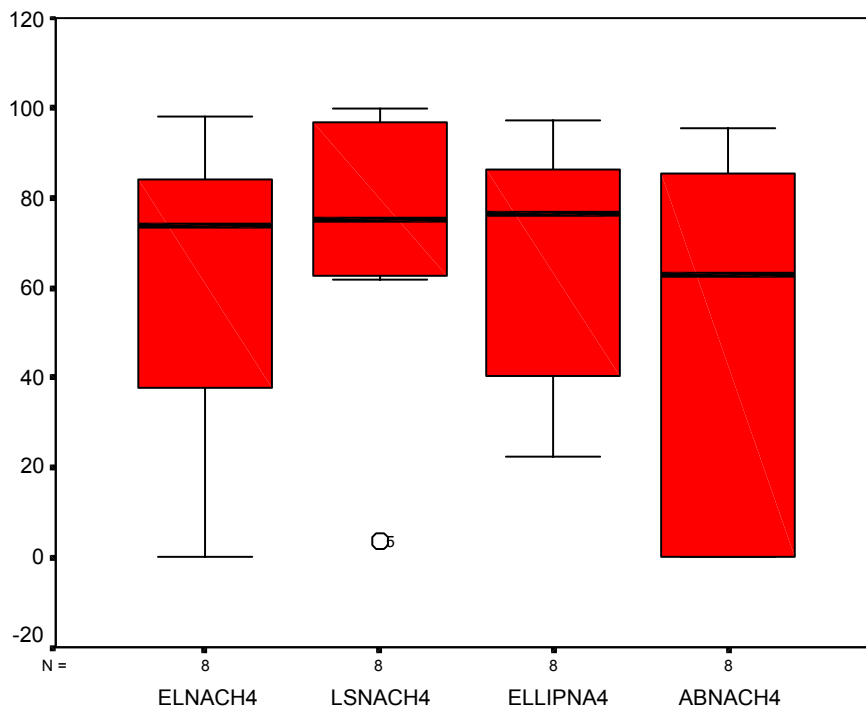


Legende zu Abb. 41:

- ELNACH3: IPL 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- LSNACH3: Diodenlaser nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ELLIPNACH3: IPL 2 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ABNACH3: Alexandritlaser 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- x-Achse: einzelne Gruppen
- y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Dieser Boxplot zeigt die Ergebnisse aller verwendeten Photo-Epilationssysteme nach der dritten Behandlung. Die Standardabweichung ist mit Ausnahme des IPL 1 größer als bei der zweiten Behandlung. IPL 1 weist allerdings auch zwei Ausreißer auf, die mit Kreisen dargestellt sind. Die größere Standardabweichung bedeutet eine größere Streuung der Ergebnisse und ein stärkeres Differieren der einzelnen Enthaarungsergebnisse.

Abbildung 42: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der vierten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden



Legende zu Abb. 42:

- ELNACH4: IPL 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- LSNACH4: Diodenlaser nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ELLIPNACH4: IPL 2 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- ABNACH4: Alexandritlaser 1 nach der ersten Wiederholungsbehandlung
- x-Achse: einzelne Gruppen
- y-Achse: prozentuale Haarreduktion

Dieser Boxplot zeigt die Ergebnisse aller verwendeten Photo-Epilationssysteme nach der vierten Behandlung. Die Standardabweichung ist besonders bei IPL 1 relativ groß. Eine besonders geringe Standardabweichung findet sich beim Diodenlaser, der allerdings auch einen Ausreißer aufweist.

Tabelle 28 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse des statistischen Vergleichs und eine Übersicht über die prozentuale Haarreduktion der verschiedenen Geräte zu den verschiedenen Behandlungszeitpunkten.

Tabelle 28: Übersicht über die statistischen Ergebnisse der Auswertung mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test und Darstellung der prozentuale Haarreduktion zu den verschiedenen Behandlungszeitpunkten 3 und 6 Monate nach der letzten Behandlung bei den verschiedenen Photo-Epilationssystemen Diodenlaser, Alexandritlaser 1 und zwei Blitzlampen bei 8 Probanden

		Therapieende	1. Nachbeobachtung	2. Nachbeobachtung
N gesamt		8	8	6
W		7	7	5
M		1	1	1
P (Friedman-Test)		0,522	0,027	0,087
Haarverlust (%)	IPL 1	71,54	63,95	46,61
	Diodenlaser	77,04	86,23	79,94
	IPL 2	80,41	82,49	74,75
	Alexandritlaser 1	77,19	77,86	68,40

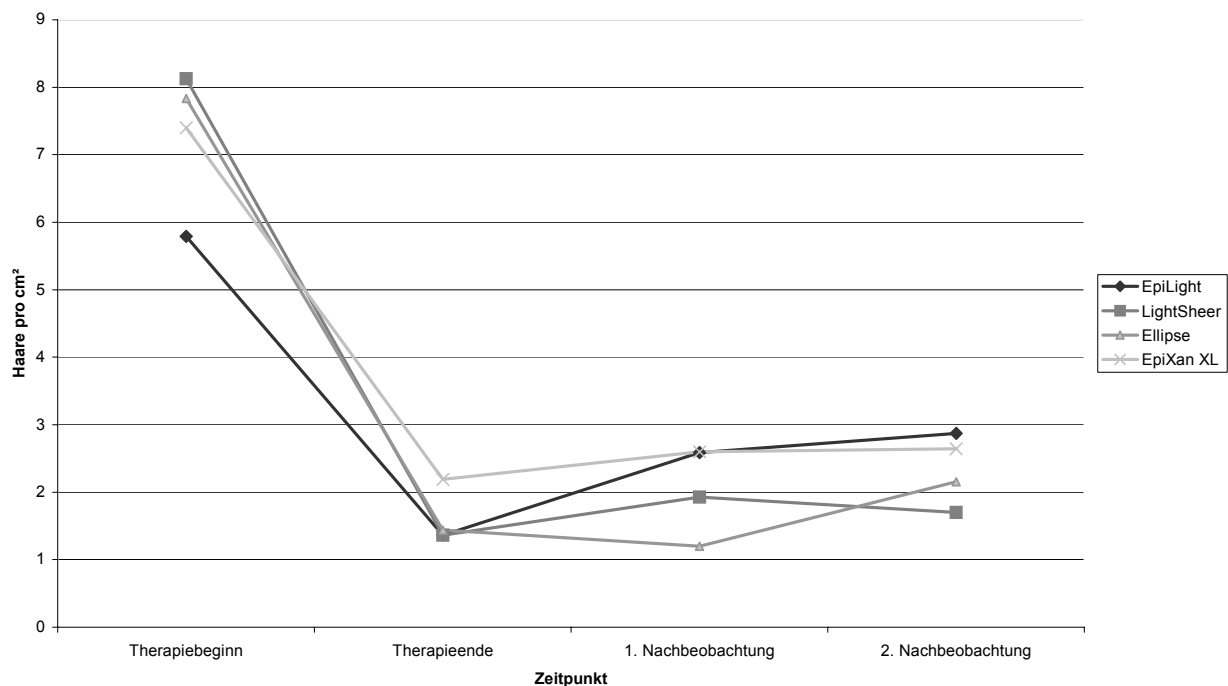
Im Nachbeobachtungszeitraum war bei IPL 1 ein wieder Nachwachsen der Haare zu verzeichnen. Nach einem halben Jahr waren 46 % der Haare noch nicht wieder nachgewachsen. Ein Ansteigen der prozentualen Haarreduktion, also eine weitere Abnahme der Haardichte nach 3 Monaten war beim Diodenlaser, IPL 2 und Alexandritlaser 1 festzustellen.

Nach einem halben Jahr waren jedoch bei allen drei Photo-Epilationsystemen Haare teilweise wieder nachgewachsen. So ergab sich eine prozentuale Haarreduktion zwischen 80 % und 68 % nach 6 Monaten ohne weitere Behandlung.

Da $p > 0,01$ im Friedman-Test zu allen Zeitpunkten war, wurde auf eine weitere paarweise Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test verzichtet.

Abbildung 43 zeigt den Verlauf der Haardichte über den Nachbeobachtungszeitraum. Die Darstellung in der Grafik bezieht sich auf die Haardichte, also Haare pro cm^2 , und nicht die prozentuale Haarreduktion. Aufgetragen sind die verschiedenen Untersuchungszeitpunkte, Beginn der Therapie, Ende der Therapie, 3 Monate und 6 Monate nach der letzten Behandlung in Haare pro cm^2 .

Abbildung 43: Verlauf der Haardichte (Haare pro cm^2) beim Nachbeobachtungskollektiv ($n = 8$) über die Zeitpunkte Therapiebeginn, Therapieende, 1. Nachbeobachtung und 2. Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zweier Blitzlampen, eines Diodenlasers und des Alexandritlasers 1



Dem Diagramm lässt sich eine Reduktion der Haardichte auf ca. 1,4 Haare pro cm^2 mit den Geräten IPL 1, Diodenlaser und IPL 2 entnehmen. Die Haarreduktion mit dem Alexandritlaser 1 fiel geringer aus. Eine restliche Haaranzahl von 2,2 Haaren pro cm^2 blieb bei Therapieende zurück. Das Ergebnis der statistischen Auswertung ergab jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Bei allen Behandlungsmethoden ließ sich eine Zunahme der Haardichte über den Nachbeobachtungszeitraum feststellen. 6 Monate nach der letzten Behandlung ohne weitere Therapie fand sich zwischen 2,0 und 3,2 Haare pro cm^2 . Eine weitere leichte Reduktion der Haardichte um 0,2 Haare pro cm^2 lässt sich zwischen dem Therapieende und der 1. Nachbeobachtung bei IPL 2 feststellen. Die Haardichte blieb beim Diodenlaser zwischen den beiden Nachbeobachtungen relativ konstant bei einem Wert von 1,9 bis 2,0 Haare pro cm^2 .

Um die statistischen Unterschiede der verschiedenen Beobachtungszeitpunkte gegeneinander zu untersuchen, wurde eine Berechnung der p-Werte mittels des Wilcoxon-Rank-Tests als nicht-parametrischem Test für zwei verbundene Gruppen durchgeführt. Dabei wurde für das jeweilige Gerät ein Vergleich zwischen den Zeitpunkten Therapieende und 1. Nachbeobachtung, 1. Nachbeobachtung und 2. Nachbeobachtung und Therapieende und 2. Nachbeobachtung durchgeführt.

Tabelle 29 gibt einen Überblick über die Ergebnisse dieses Vergleichs.

Tabelle 29: Übersicht über die statistischen Ergebnisse mit dem Wilcoxon-Rank-Test des Vergleichs verschiedener Beobachtungszeitpunkte der Nachbeobachtung des Vergleichs zweier Blitzlampen, eines Diodenlasers und des Alexandritlasers 1

	IPL 1	Diodenlaser	IPL 2	Alexandritlaser 1
p Therapieende gegen 1. Nachbeobachtung	0,463	0,176	0,612	0,866
p 1. Nachbeobachtung gegen 2. Nachbeobachtung	0,068	0,225	0,043	0,138
p Therapieende gegen 2. Nachbeobachtung	0,173	0,753	0,753	0,500

Die p-Werte dieser statistischen Auswertung betragen alle $< 0,01$ und waren somit nicht statistisch signifikant unterschiedlich. Es gab also keinen Anhaltspunkt für ein unterschiedliches Abschneiden der verschiedenen Nachbeobachtungszeitpunkte. Alle Geräte zeigen eine suffiziente Epilationswirkung (47% - 80 % Haarreduktion auch noch nach einem halben Jahr). In der vorliegenden Untersuchung erzielten die durchschnittlich 4,6 Behandlungen mit dem Diodenlaser in der Halbjahresnachbeobachtung die geringste Haardichte (nicht statistisch signifikant unterschiedlich).

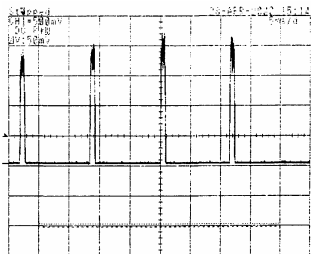
6. Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden alle in den vorhergehenden Teilen der Arbeit dargestellten Ergebnisse und die Methode diskutiert. Die Studienbedingungen und Untersuchungsmethoden werden kritisch betrachtet.

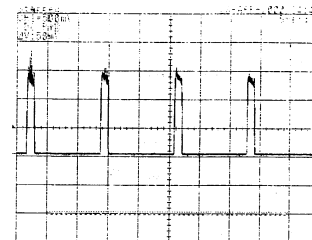
6.1. Vergleich zweier Alexandritlaser im „low-dose-Bereich“

Die Notwendigkeit eines Vergleichs verschiedener Alexandritlaser ergibt sich aus verschiedenen Burst-pulse-Mustern. Die Pulslänge bei vielen Alexandritlasern wird in einzelnen On- und Off-Zeiten emittiert. Die gesamte Energiedichte ergibt sich aus den Integralen unter den jeweiligen ON-Zeiten. Deshalb kann es entweder längere Einzelpulslängen mit geringerer Energiedichte geben oder kürzere Einzelpulslängen mit höherer jeweiliger Energiedichte. Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen Pulsmuster der in der Studie verwendeten Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2).

Abbildung 44: Burst-Puls Pulsmuster der beiden in der Untersuchung verwendeten Alexandritlaser EpiLase® (Alexandritlaser 2) und EpiXan XL® (Alexandritlaser 1)



EpiLase® (Lumenis)



EpiXan XL® (WaveLight)

Die Ergebnisse der oben dargestellten Untersuchungen zeigen, dass sich die beiden Geräte im Bereich niedrigerer Energiedichten in größerem Ausmaß zu unterscheiden scheinen, als bei höheren Energiedichten. Die Verwendung geringer Energiedichten ist vor allem für Patienten, die eine sehr große Haardichte aufweisen und deshalb größere Schmerzen empfinden, sowie für Patienten, die einen dunkleren Hauttyp haben und alle, die aus den verschiedensten Gründen ein verstärktes Schmerzempfinden aufweisen, eine Möglichkeit die Laserbehandlung dennoch durchzuführen. Bei

diesen Patienten bietet es sich an, zunächst einige Behandlungen mit geringen Energiedichten durchzuführen und dadurch eine Reduktion der Haardichte zu erreichen, und anschließend bei geringerer Haardichte Behandlungen mit höheren Energiedichten folgen zu lassen. Deshalb berücksichtigt die Verwendung niedriger Energiedichten vor allem die Bedürfnisse der Patienten. Low dose Behandlungen sind weniger schmerzhaft, haben ein geringeres Nebenwirkungsrisiko und sind schneller durchzuführen. Die verwendeten Laser sind in der Impulswiederholungsfrequenz, gemessen in Hz, abhängig von der Energiedichte. Eine höhere Energiedichte geht meist mit einer Reduktion der Impulswiederholungsfrequenz einher, so dass eine Behandlung einen längeren Zeitraum in Anspruch nimmt und damit auch teurer für den Patienten wird.

6.2. Vergleich zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm²

Im Gegensatz zur Untersuchung zweier Alexandritlaser im Bereich geringerer Energiedichten unterschieden sich die beiden untersuchten Alexandritlaser im Energiedichtenbereich bei 20 bis 25 J/cm² statistisch signifikant nicht. Leider finden sich in der Literatur keine Studien nach unserem Vorbild, so dass ein Vergleich bzw. eine Objektivierung der Ergebnisse nicht möglich ist.

6.3. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2)

Die Untersuchung zu dieser Fragestellung konnte keine Unterschiede der getesteten Pulslängen feststellen. Je länger der Puls andauert, desto länger wird die Zielstruktur erhitzt. Die thermische Relaxationszeit ist diejenige Zeit, die ein Gegenstand benötigt, um die aufgenommene Energie wieder abzugeben. Die thermische Relaxationszeit der Epidermis beträgt zwischen 3 und 10 ms, die der Haarfollikel 40-100 ms (# 19). Daraus ergibt sich eine theoretisch optimale Pulsdauer zwischen 10 und 40 ms, also zwischen den thermischen Relaxationszeiten der beiden Strukturen. Eine längere Pulsdauer könnte eine längere Erhitzung der Zielstrukturen und damit eine effektivere Zerstörung bewirken. Vorteil längerer Pulsdauern ist eine im Vergleich zu kürzeren Pulsdauern geringere Schmerzhaftigkeit bei gleicher Energiedichte, da die Peakpower geringer ist. Eine längere Pulsdauer ist im Rahmen einer optimalen Protektion der Epidermis wünschenswert. Die thermische Energie kann bei längerer Pulsdauer von der Epidermis bereits wieder abgegeben werden, während eine weitere Erhitzung der Zielstrukturen stattfindet. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen keine Auswirkung der Pulslänge auf die Effektivität der Behandlung erkennen. Somit sollte die Pulsdauer möglichst optimal für die Zielstruktur gewählt werden, für dünnere Haare demnach kürzere, für dickere Haare längere Pulslängen. Eine Unterscheidung zwischen dünneren und dickeren Haaren wurde beim Auszählen der Haare nicht berücksichtigt, die Beobachtung zeigt aber ein besseres Ansprechen auf kürzere Pulslängen bei dünneren Haaren. Auch der Melaningehalt der Epidermis spielt eine Rolle: bei gebräunten Individuen können längere Pulslängen einen besseren Schutz vor Nebenwirkungen im Bereich der Epidermis darstellen. Die thermische Relaxationszeit der Epidermis ist niedriger als die der Haarfollikel; deshalb findet eine Abkühlung der Epidermis statt während sich der Haarfollikel als Zielstruktur noch aufwärmt.

Eine Publikation von McDaniel et. al. (# 27) untersucht Pulslängen von 5, 10 und 20 ms bei einer Energiedichte von 20 J/cm² mit dem Alexandritlaser. Die Ergebnisse waren abhängig von der Lokalisation, wobei die Beine am besten behandelt werden konnten (56 % Haarreduktion). Die Bikinizone schnitt in dieser Untersuchung mit nur 15 % Haarverlust am schlechtesten ab. Die genannten Haarreduktionen wurden nach einer einmaligen Behandlung erzielt, ein Ansteigen der Haarreduktion durch eine Wiederholungsbehandlung war ein weiteres Ergebnis der Untersuchung. So wurde nach einer zweiten Behandlung zwei Monate nach der ersten Behandlung mit dem Alexandritlaser eine Haarreduktion von 56 % gegenüber der Haarreduktion von 40 % nach einer einmaligen Behandlung im Bereich der Oberlippe erzielt. Die besten Epilationsergebnisse konnten in dieser Studie mit einer Pulslänge von 10 ms erzielt werden.

Eine andere Studie (# 18) beschreibt den Vergleich der Pulslängen 2 ms und 10 ms. Die Ergebnisse dieser Untersuchung ergeben keine Unterschiede der beiden Pulslängen. Die mittlere Haarreduktion nach einer einmaligen Behandlung mit 2 ms Pulslänge war 33,1 % verglichen mit einer mittleren Haarreduktion von 33,9 % bei 10 ms Pulsdauer. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus unseren Studien ist aufgrund der nur einmaligen Behandlung in den zitierten Untersuchungen nicht durchzuführen. Eine Publikation von Nanni et. al. (# 28) bestätigt, dass keine signifikanten Unterschiede in der Haarreduktion bei einer Behandlung mit 18 J/cm² und Pulsdauern von 5, 10 und 20 ms, festgestellt werden können.

Eine weitere Publikation (# 5) untersucht den Unterschied zwischen langer (20 ms) und kurzer (2 ms) Pulslänge. Die Behauptung, dass längere Pulszeiten auch mit weniger Nebenwirkungen einhergehen würden und bei gleicher Energiedichte eine höhere Effektivität aufweisen, sollte überprüft werden. Die Resultate waren mit beiden Lasern bei Hauttypen I bis VI nach Fitzpatrick hinsichtlich Nebenwirkungen, Haarreduktion und Wiederwuchsrate im Langzeitverlauf (6 Monate) gleich. Auch Hypopigmentierungen bei dunkleren Hauttypen waren bei einer Pulslänge von 2 ms im Beobachtungszeitraum von 6 Monaten nicht häufiger aufgetreten. Der einzige Unterschied zeigte sich in der Behandlungsdauer, die bei der kürzeren Pulsdauer geringer war, was sicher in einer niedrigeren Impulsrepetitionsfrequenz bei längeren Pulsdauern liegt.

6.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2

Eine Publikation von Russ et. al. (# 35) zeigt anhand einer mathematischen Simulation, dass für eine effektive Enthaarung mit dem Alexandritlaser eine minimale Energiedichte von $9,9 \text{ J/cm}^2$ notwendig ist. Ein weiteres Ergebnis der Berechnung ist eine optimale Selektivität des Alexandritlasers mit einer Wellenlänge von 750 nm für Melanin. Diese Kalkulation veranlasste uns zum klinischen Vergleich niedriger Energiedichten. Unsere Ergebnisse zeigen eine maximale prozentuale Haarreduktion von 70 % nach fünf Wiederholungsbehandlungen mit einer Energiedichte von 5 J/cm^2 , also sogar unter der berechneten notwendigen minimalen Energiedichte von $9,9 \text{ J/cm}^2$. Die klinischen Ergebnisse zeigen ein durchaus mit anderen Studien und vor allem ein mit höheren Energiedichten vergleichbares Enthaarungsergebnis. Das Resultat der beiden Untersuchungen im Bereich höherer Energiedichten und im low-dose-Bereich zeigt keine signifikanten Unterschiede außer im Vergleich 5 J/cm^2 zu den jeweiligen höheren Energiedichten.

Die Verwendung niedrigerer Energiedichten ist vor allem für den Patienten von Vorteil. Die Behandlung ist weniger schmerzhaft, hat weniger Nebenwirkungen, ist schneller und dadurch auch kostengünstiger. Als Nebenwirkungen bei Behandlungen im Bereich höherer Energiedichten kommen vor allem Pigmentverschiebungen, also sowohl Hyper- als auch Hypopigmentierungen, Blasenbildung und dadurch entstehende Krusten und Narben, sowie Erosionen als längerdauernde und eventuell sogar irreversible Folgen in Frage. Diese unerwünschten Effekte lassen sich durch die Verwendung niedrigerer Energiedichten vermindern bzw. entfallen ganz. Des Weiteren sind ein perifollikuläres Ödem und ein Erythem nach der Behandlung ein Zeichen für das Erreichen der Zielstrukturen. Diese Nebenwirkungen verschwinden in der Regel nach kurzer Zeit. Ihr Abklingen kann durch den Einsatz von Kühlung, also entweder Coolpacks oder Kaltluft, noch beschleunigt werden. Leider ist in der Literatur nur eine Veröffentlichung (# 33) zu diesem Themenkomplex in Bezug auf den Nd:YAG-Laser zu finden. Diese Untersuchung führte einen Vergleich verschiedener Energiedichten und Pulsängen beim Nd:YAG-Laser durch: eine Kombination aus einer Energiedichte von 50 J/cm^2 und einer Pulslänge von 25 ms wurde gegen eine Energiedichte von 60 J/cm^2 und eine Pulslänge von 50 ms sowie eine Energiedichte von 80 J/cm^2 in Kombination mit einer Pulslänge von 50 ms gegen ein unbehandeltes Kontrollfeld verglichen. Eine Nachuntersuchung nach einer einmaligen Behandlung wurde sofort, nach 7 Tagen, nach 1 Monat und nach 3 Monaten durchgeführt. Statistisch signifikant unterschiedlich waren die Ergebnisse nach 1 Monat mit $p < 0.001$ und nach 3 Monaten für die Kombination $60 \text{ J/cm}^2/50 \text{ ms}$ ($p = 0.014$) und $80 \text{ J/cm}^2/50 \text{ ms}$ ($p = 0.042$), wohingegen die niedrigste verwendete Energiedichte kein statistisch signifikant unterschiedliches Ergebnis aufwies ($p = 0.079$). Das beste Haarreduktionsergebnis war bei der höchsten Energiedichte und einer Pulslänge von 50 ms sowohl von Patienten als auch von Untersuchern festgestellt worden. Leider findet sich in der Literatur bis März 2003 keine weitere Untersuchung, die Energiedichte bei Photo-Epilationssystemen und vor allem den Alexandritlaser betreffend, so dass zwar eine Aussage bezüglich des Nd:YAG-Laser gemacht werden kann, aber kein direkter Vergleich mit den von uns erhobenen Daten durchgeführt werden kann. Die Studie von Rogachefsky et. al. (# 33) zeigt ein besseres Abschneiden höherer Energiedichten beim Nd:YAG-Laser.

6.5. Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten $5\text{-}20 \text{ J/cm}^2$

Die Dosimetriestudie mit dem Alexandritlaser 1 von WaveLight zeigte effektive Haarverluste auch im niedrigen Energiebereich. Während sich bei höheren Energiedichten diese Unterschiede offenbar nicht klinisch auswirken, konnten für Energiedichten von 10 J/cm^2 signifikante Abweichungen bei dem jeweiligen Alexandritlaser dargestellt werden. Bei der Literaturrecherche waren keine weiteren Untersuchungen zu diesem Themenbereich vertreten. Diesem technischen Unterschied wurde bislang of-

fenbar zu wenig Beachtung geschenkt in Studien anderer Institute. Eine Studie von Boss et. al. (# 5) erzielt Haarreduktionen zwischen 60 % und 80 % mit einem lang-gepulsten (Pulslänge 20 ms) und einem kurz-gepulsten (Pulslänge 2 ms) Alexandritlaser mit gleichen Energiedichten im Halbseitenvergleich. Die beiden verwendeten Photo-Epilationssysteme unterscheiden sich nicht in den Nebenwirkungen und erzielen eine gleichwertige Haarreduktion. Eine Untersuchung von Raulin et. al. (# 30) zeigt eine Haarreduktion von 75 % nach einer durchschnittlich achtmaligen Behandlung bei einer Energiedichte von bis zu 30 J/cm² und einer Pulslänge von 20 ms nach durchschnittlich 3,25 Monaten Nachbeobachtung. Eine Studie von Rogers et. al. (# 34) vergleicht einen Nd:YAG-Laser mit einem lang-gepulsten Alexandritlaser. Hier werden Haarreduktionen von 55 % für den Alexandritlaser und 73 % für den Nd:YAG-Laser zwei Monaten nach einer einmaligen Behandlung. Drei Monaten nach einer einmaligen Behandlung war eine Haarreduktion zwischen 19 % (Alexandritlaser) und 27 % (Nd:YAG-Laser) zu verzeichnen. Haarreduktionen zwischen 15 % und 56 % erzielten McDaniel et. al. (# 27) mit dem Alexandritlaser mit einer einzelnen Behandlung in Abhängigkeit von der Lokalisation. Ähnliche Ergebnisse der Haarreduktion werden in allen oben angeführten Untersuchungen mit dem Alexandritlaser erzielt. Eine Übersichtsarbeit zur Epilation mit dem Alexandritlaser liegt von Ash (# 3) vor. In dieser Arbeit wird eine Darstellung der Haarreduktion nach Lokalisationen und Pulslängen gezeigt. Es findet sich wie in unseren Untersuchungen kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der verwendeten Pulslängen 5 ms, 10 ms und 20 ms. Auch die in der Übersichtsarbeit gezeigten Lokalisationsunterschiede erwiesen sich als nicht statistisch signifikant unterschiedlich. Eine weitere Arbeit von Finkel (# 12) zeigte eine prozentuale Haarreduktion von 35 % nach einer Behandlung mit einem Alexandritlaser der Pulslänge 2 ms und einer Energiedichte zwischen 25 J/cm² und 40 J/cm². Drei Monate nach der letzten Behandlung fand sich eine Haarreduktion von 12 % verglichen mit der Ausgangshaardichte. Wiederholungsbehandlungen wurden bei dieser Untersuchung dann durchgeführt, wenn ein Nachwachsen der Haare bis auf ca. 1 bis 2 mm erreicht war. Die Abstände zwischen den Behandlungen betragen zwischen 4 Wochen und 3 ½ Monaten. Leider ist in der Publikation keine Angabe der Anzahl an Wiederholungsbehandlungen gemacht, so dass ein Vergleich mit unseren Daten, die allerdings eine wesentlich höhere prozentuale Haarreduktion nach drei Monaten zeigten, nur schwer anzustellen ist.

6.6. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Kühlung auf den Erfolg der Behandlung

Die verschiedenen untersuchten Kühlmethoden ergaben keinen signifikanten Unterschied zu den ungekühlten Vergleichsfeldern. Man kann also davon ausgehen, dass durch eine Kühlung der Erfolg der Behandlung nicht beeinträchtigt wird. Eine Kühlung während der Behandlung ist jedoch für den Patienten von Vorteil. Die Schmerzen werden reduziert und Nebenwirkungen durch eine geringere thermische Schädigung der Epidermis vermindert.

Viele Patienten finden die Anwendung des Kaltluftgebläses im Gesicht als problematisch, da durch den kalten Luftstrom bei ungünstiger Ausrichtung die Atmung behindert werden kann. Deshalb bevorzugten viele Probanden im Gesichtsbereich andere Kühlmethoden. Dieses Problem wird auch in einer Studie von Raulin et. al. (# 31) beschrieben. In dieser Untersuchung wurde die Akzeptanz und Effektivität der Kühlmethoden Eisgel und Kaltluft betrachtet. 3% der Probanden verweigerten die Kühlung mit Luft vollständig, während 86 % die Kaltlufttherapie bevorzugten unter Aussparung der perinasalen Region und dieser Anteil an Probanden erhöhte sich sogar auf 97 %, wenn der Gesichtsbereich ausgeschlossen wurde.

Insgesamt ermutigen diese Resultate dazu, eine angemessene Kühlung durchzuführen. Die ungekühlten Felder wurden von vielen Probanden als sehr schmerzhaft, vor allem schmerzhafter als die gekühlten Vergleichsfelder empfunden. Es ergaben sich bei den Untersuchungen keine Unterschiede hinsichtlich des verwendeten Epilationsgeräts. Die Ergebnisse wiesen sowohl bei der Behandlung mit dem IPL-System 1 als auch bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Ob dieses Resultat auch auf andere Geräte übertragbar ist, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden, ist jedoch anzunehmen.

Eine Untersuchung von Klavuhn et. al. (# 22) untersucht die Effektivität einer Kontaktkühlung mittels Saphir Cool Tip hinsichtlich hitzebedingter Nebenwirkungen. Alle drei Vergleichsfelder wurden mit drei Impulsen eines Diodenlasers mit einer Energiedichte von 60 J/cm², einer Pulslänge von 30 ms und einer Spotgröße von 9 x 9 mm behandelt. Ein Feld wurde vor der Behandlung mithilfe eines 5 ° C kalten Saphir Chill Tip in Kontakt mit der Haut vorgekühlt, ein zweites Feld wurde vorbehandelt mit einem Raumtemperatur (20 ° C) warmen Chill Tip in Kontakt mit der Haut und ein drittes Feld wurde nicht vorbehandelt. Eine Nachbeobachtung erfolgte unmittelbar nach der Behandlung und nach 3 Monaten. In der sofortigen Beurteilung zeigte das mit 5 ° C vorgekühlte Feld keine Anzeichen einer epidermalen Schädigung, wohingegen das nur mit Raumtemperatur vorbehandelte Feld minimale

perifollikuläre epidermale Devitalisation aufwies. Alle Veränderungen waren nur temporär und in der Nachbeobachtung nach 3 Monaten nicht mehr nachzuweisen. Das ungekühlte Feld wies eine dermale und epidermale Schädigung auf, die in einer Ulzeration direkt nach der Behandlung und in einem persistierenden Erythem und einer Änderung der Hauttextur, also Narbenbildung, in der 3 - Monatsnachbeobachtung resultierte.

Die Autoren weisen auf die Notwendigkeit einer ausreichenden Kühlung zur Protektion der Epidermis hin, um oben erwähnte unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden und ein kosmetisch befriedigendes Langzeitergebnis zu erzielen.

Eine Studie von Friedman et. al. (# 14) vergleicht verschiedene topische Anästhetika in ihrer Wirkung. Verglichen wurden EMLA, ELA-Max, Tetracaingel 4% und Betacain-LA. Die verschiedenen Lokalanästhetika waren alle statistisch signifikant besser in der Schmerzreduktion als das unbehandelte Kontrollfeld. Eine derartige Form der Anästhesie verhindert jedoch eine adäquate Beurteilung der Schmerzintensität durch den Patienten. Dadurch wird eventuell eine Behandlung mit zu hohen Energiedichten ermöglicht, die keinen optimalen Schutz der Epidermis mehr gewährleistet. Deshalb sollten derartig Anästhesiemethoden bei der Laserepilation nicht verwendet werden. Leider lassen sich in der Literatur keine Vergleiche nach unserem Vorbild finden, so dass das Ergebnis nicht objektiviert bzw. verglichen werden kann. Weiterhin sind auch keine Untersuchungen mit anderen Lasertypen durchgeführt worden, so dass eine Aussage diesbezüglich ebenfalls nicht möglich ist.

6.7. Vergleich der Effektivität eines Diodenlasers und der Blitzlampe 1 (IPL 1)

Die Ergebnisse dieses Vergleichs zeigen ein langsames Ansprechen und schlechteres Abschneiden der Blitzlampe. Eine Studie von Handrick et. al (# 20) vergleicht einen Diodenlaser mit einem Alexandritlaser. Die Patienten wurden dreimal im Abstand von 3 Monaten behandelt mit Energiedichten von entweder 25 J/cm² (bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser) oder 40 J/cm² (bei der Behandlung mit dem Diodenlaser). Die Behandlung wurde mit einem Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 800 nm, einer Pulslänge von 12,5 ms oder 25 ms und einem Spotdurchmesser von 9mm durchgeführt. Bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser wurde eine Pulslänge von 2 ms und eine Spotgröße von 10 mm gewählt. Die Ergebnisse erbrachten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Haarreduktion der beiden verglichenen Energiedichten und Lasersysteme.

Eine Studie von Gold et. al. (# 17) zeigt den Verlauf der Haarreduktion über den Zeitraum von einem Jahr mit einem IPL. Eine Haarreduktion von 75 % nach einer einmaligen Behandlung war nach 12 Monaten festgestellt worden. Leider sind in der Literatur bis zum März 2003 keine Vergleichsstudien zur Behandlung mit einem IPL-System und einem Diodenlaser vorhanden, so dass eine Objektivierung unserer Ergebnisse nicht möglich ist.

Eine Publikation von Drosner (# 10) beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Epilation mit einem IPL-System. Es wird eine histologische Untersuchung nach einer einmaligen Behandlung mit einem IPL der Wellenlänge 645-1200 nm, einem Doppelimpuls und einer Energiedichte von 36 J/cm² dargestellt. An den histologisch untersuchten Haarpapillen fanden sich Verbrennungsartefakte, die im Bereich pigmentierter Areale stärker ausgeprägt waren und damit eine Korrelation der Theorie der selektiven Photothermolyse darstellen. Weiterhin wurde eine Langzeitnachbeobachtung am Rücken eines Probanden mit konstitutioneller Hypertrichose durchgeführt. Die prozentuale Haarreduktion betrug 12 Monate nach einer einmaligen Behandlung mit verschiedenen Geräteparametern zwischen 32,0 % und 51,7 %, dahingegen wurde eine prozentuale Haarreduktion von 38 % nach einem Jahr bei dreimaliger Behandlung erzielt. Eine Studie von Gold et. al. (# 16) beschreibt eine ungefähre Haarreduktion von 60 % nach einmaliger Behandlung in einer Nachbeobachtung nach 12 Wochen.

Eine Untersuchung die Lokalisationen betreffend ist von McDaniel (# 27) mit einem Alexandritlaser durchgeführt worden. In dieser Publikation wird das schlechteste Abschneiden der Lokalisation Bikinizone mit einer Haarreduktion von 15 % nach einer einmaligen Behandlung gegenüber 40 % an der Lippe, 50 % am Rücken und 56 % an den Beinen angegeben.

In unseren Untersuchungen findet sich eine prozentuale Haarreduktion von 70 % (Kinn), 76 % (Bikinizone) und 76 % (Beine) bei der Behandlung mit dem Diodenlaser und einer fünfmaligen Wiederholungsbehandlung. Die prozentuale Haarreduktion fällt beim IPL etwas geringer aus und liegt zwischen 52 % (Kinn), 70 % (Bikinizone) und 75 % (Bein) bei einer ebenfalls fünfmaligen Wiederholungsbehandlung. Es findet sich also im Gegensatz zur Untersuchung von McDaniel eine deutlich bessere Haarreduktion im Bereich der Bikinizone, was sicher zum einen an den Wiederholungsbehandlungen in unserem Studiendesign liegt, zum anderen vielleicht aber auch an den unterschiedlichen verwendeten Photo-Epilationssystemen. Dahingegen stimmt das gute Abschneiden der Region Beine in beiden Untersuchungen überein.

Eine Studie von Troilius (# 36) untersucht die Möglichkeiten der Enthaarung mit einem IPL der zweiten Generation im Langzeitverlauf. Die Probandinnen wurden im Bereich der Bikinizone viermal in monat-

lichen Abständen mit einem IPL mit einer minimalen Wellenlänge von 600 nm behandelt. Nachbeobachtungen wurden 4 und 8 Monate nach der letzten Sitzung durchgeführt. Eine Haarreduktion von 74,4 % nach 4 Monaten und eine Haarreduktion von 80,2 % wurde ermittelt. Unsere Untersuchungsergebnisse zeigten eine Haarreduktion von 61 % mit dem IPL 1 6 Monate nach der letzten Behandlung in der vergleichenden Untersuchung eines Diodenlasers und einer Blitzlampe und sind damit etwas niedriger als die oben angegebenen Werte.

Ein Grund für das schlechtere Abschneiden des IPL im Kinnbereich liegt sicherlich daran, dass es problematisch ist bestimmte Körperareale mit dem Handstück des IPL, das aus einem rechtwinkligen Glaskörper besteht, zu behandeln. Dies ist eventuell ein Grund, der das bessere Abschneiden des Diodenlasers erklärt. Der Diodenlaser besitzt eine Auflagefläche von 9 x 9 mm und ist deshalb bei der Behandlung im Gesicht deutlich im Vorteil, da gerade gerundete Partien besser behandelt werden können.

6.8. Vergleichende Untersuchung über die unterschiedliche Effektivität des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier IPL-Systeme (IPL 1 und 2)

Eine derartige Untersuchung ist wie der Versuch eines Vergleichs von Äpfeln und Birnen (# 6)- dennoch soll ein Vergleich durchgeführt werden, weil die unterschiedlichen verwendeten Photo-Epilationssysteme nach wie vor ohne Vergleich bei der Epilationsbehandlung verwendet werden und viele Anwender nach einer Objektivierung der Versprechungen vieler Laserfirmen bezüglich der auf dem Markt befindlichen Systeme suchen und das optimale Gerät für die eigenen Bedürfnisse suchen. Diese Studie ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede der verschiedenen Behandlungsmethoden. Die untersuchten Geräte können somit als gleichwertig betrachtet werden. Die Wahl des geeigneten Epilationssystems hängt sicherlich vor allem von den Bedürfnissen des Patienten ab: die passende und dazu geeignete Kühlmethode, wie im Kapitel 4.5. ausführlicher dargestellt, die zu behandelnde Lokalisation und die subjektiven Vorlieben oder Abneigungen des Patienten. Für die Enthaarung größerer Areale, wie die Beine, eignen sich vor allem Laser, die über einen Scanner verfügen und eine hohe Repetitionsrate aufweisen. Diese Einrichtung erleichtert die Behandlung, verhindert Überlappungen oder Auslassungen (unbehandelte Areale, Streifenbildung) und vermindert die Therapiedauer. Bei der Studie war immer wieder festzustellen, dass es einen „besten“ Laser individuell für jeden Patienten gab. Persönliche subjektive Gefühle bei der Therapie waren häufig der Hauptgrund für die Wahl des Lasers oder IPL-Systems. Die individuellen Empfindungen während der Behandlung spielten den ausschlaggebenden Grund für die Entscheidung.

Die Möglichkeit der Enthaarung mit den einzelnen Geräten ist in mehreren Publikationen belegt. Die Möglichkeiten des Alexandritlasers sind dokumentiert in einer Arbeit von Raulin (# 30). Hier findet sich eine Haarreduktion von 75 % im Gesicht nach durchschnittlich 8 Behandlungen mit einer Pulslänge von 20 ms und einer Energiedichte bis zu 30 J/cm². In unseren Untersuchungen wird mit einer geringeren Anzahl von durchschnittlich 5 Wiederholungsbehandlungen und einer Energiedichte zwischen 20 und 25 J/cm² eine Haarreduktion zwischen 73 % und 81 % je nach verwendetem Alexandritlaser erzielt.

Eine Studie zum Langzeitverlauf der Haarreduktion ist bei Laughlin et. al. zu finden (# 23). Die Autoren führten eine Behandlung mit einer Pulslänge von 3 ms und einer Energiedichte zwischen 30 und 50 J/cm² durch und erreichten dadurch eine stabile Haarreduktion nach einem der anatomischen Lokalisation entsprechenden Wachstumszyklus. Eine Nachbeobachtung wurde nach einer Länge des für die anatomische Lokalisation typischen Wachstumszyklus und zusätzlich eine zweite Nachbeobachtung 6 Monate später durchgeführt. Die Haarreduktion betrug durchschnittlich 43 % bei der ersten Nachbeobachtung. Dabei wiesen 60 % der Lokalisationen mehr als 30 % Haarreduktion auf. Die Haarreduktion blieb auch 6 Monate später noch stabil und war ebenso wie bei der ersten Nachbeobachtung statistisch signifikant unterschiedlich mit $p < 0.05$.

Die in unseren Nachbeobachtungsuntersuchungen erhobenen Ergebnisse zeigen eine stabile Haarreduktion über den Zeitraum von 6 Monaten. Die Untersuchungen mit einzelnen Probanden über einen längeren Zeitraum zeigen eine Tendenz zum Wiederwachsen der Haare nach 12 Monaten. Ein Vergleich mit unseren Ergebnissen ist äußerst schwierig, da in der Studie von Laughlin keine Angabe zur untersuchten Lokalisation gemacht werden. Die Länge eines Haarzyklus variiert sehr stark in Abhängigkeit von der Lokalisation und beträgt zum Beispiel 62 Wochen (14,5 Monate) im Kinnbereich, 40 Wochen (10 Monate) an den Beinen, 28 Wochen (7 Monate) im Bereich der Axilla und Bikinizone und 31 (7,75 Monate) Wochen an den Armen (# 8). Aufgrund dieser Unterschiede im Wachstumszyklus stellt eine Nachbeobachtung ein relativ großes Problem dar, da unterschiedliche Körperlokalisationen unterschiedlich lange beobachtet werden müssen. Eine Vergleichbarkeit mit unseren Ergebnissen ist damit nur in begrenztem Umfang möglich. Von Lloyd et. al. (# 25) liegt eine Langzeitnachbeobachtung einer Epilation im Bereich der Bikinizone in kürzeren Behandlungsabständen vor. Die Patientinnen

erhielten 5 Behandlungen in Abständen von 5 Wochen mit einer Pulslänge von 20 ms, einem Spotdurchmesser von 10 mm und einer Energiedichte von 20 J/cm². Ein Jahr nach der letzten Behandlung war eine Haarreduktion von durchschnittlich 78 % erzielt worden. Die Autoren schlagen eine größere Effektivität der Photo-Epilation durch kürzere Behandlungsintervalle vor, da es zu einer besseren Zerstörung der bulge und bulb Region der Haarfollikel kommt. Die prozentuale Haarreduktion in unserer Untersuchung war 68 % sechs Monate nach der letzten Behandlung. Die Ergebnisse von Lloyd sind besser und liegen vielleicht wirklich an den veränderten und verkürzten Behandlungsintervallen.

Eine erste Darstellung der Möglichkeit der Enthaarung mit einem Diodenlaser ist 1998 beschrieben von Anderson (# 2). In der angegebenen Untersuchung werden Haarreduktionen von 70 % nach einer Behandlung mit einer Energiedichte von 40 J/cm² bzw. 73 % nach zwei Behandlungen erzielt. In unseren Untersuchungen lassen sich bei deutlich geringerer Energiedichte derartig gute Ergebnisse nicht nachweisen.

Eine Nachbeobachtung bis zu 12 Monaten nach der letzten Behandlung findet sich bei Dierickx (# 9). Ein Jahr nach einer einmaligen Behandlung mit einem Diodenlaser der Wellenlänge 800 nm mit einer Energiedichte von 15 J/cm² wurde eine Haarreduktion von 26,6 % erzielt. Dagegen erhöhte sich die Effektivität mit einer Zunahme der Energiedichte auf 40 J/cm² auf 38,5%. Insgesamt fand sich eine Stabilisierung des Nachwachsens der Haare nach einem halben Jahr. Die Haarreduktion hielt sich über den gesamten weiteren Nachbeobachtungszeitraum von bis zu 12 Monaten stabil auf diesem Level.

Die Effektivität eines Diodenlasers ist in einer Studie von Baugh (# 4) belegt. Probanden erhielten zwischen einer und vier Behandlungen; eine Nachuntersuchung wurde 30 und 90 Tagen nach der letzten Behandlung durchgeführt. Zu diesen Zeitpunkten waren Haarreduktionen zwischen 43 % nach 30 Tagen bei einer Energiedichte von 48 J/cm² und 34 % nach 90 Tagen erzielt worden. Die höchste Effektivität der Epilation ergab sich bei einer Energiedichte von 48 J/cm². Leider ist in der oben genannten Untersuchung keine Einheitlichkeit hinsichtlich der Wiederholungsbehandlungen durchgeführt worden, so dass die berichteten Epilationsergebnisse mit den Daten unserer Untersuchung nur schwer vergleichbar sind und sich nur schlecht in Relation setzen lassen mit vergleichbaren Studien.

In der Literatur finden sich verschiedene Vergleichsstudien. Eine Studie von Handrick et. al. vergleicht einen Alexandritlaser mit einem Diodenlaser (# 20). Die Patienten erhielten in monatlichen Abständen drei Behandlungen mit gleichen Parametern bei jeder Behandlung mit einem Alexandritlaser mit einer Pulslänge von 2 ms, einem Spotdurchmesser von 10 mm und einer Energiedichte von 25 J/cm² auf der einen Seite und eine Behandlung mit einem Diodenlaser mit der Wellenlänge von 800 nm, einer Pulslänge von 12,5 oder 25 ms, einem Spotdurchmesser von 9 mm und einer Energiedichte von entweder 25 J/cm² oder 40 J/cm² auf der anderen Seite im Bereich der Axilla. Nachbeobachtungen wurden 1, 3 und 6 Monate nach der letzten der drei Behandlungen durchgeführt. Die Haarreduktion wurde in fünf Kategorien bewertet: 0: keine Verbesserung, 1: < 25 % Haarreduktion, 2: 25 % - 50 % Haarreduktion, 3: 51 % - 75 % Haarreduktion und 4: > 75 % Haarreduktion. Die Bewertung der Behandlung mit dem Alexandritlaser erreichte Werte von 2,9 nach einer Behandlung, 3,2 nach zwei Behandlungen und 3,5 nach drei Behandlungen. Die Werte für den Diodenlaser lagen bei 3,0 nach einer und bei 3,5 nach zwei bzw. drei Behandlungen. Beim statistischen Vergleich ergaben sich kein signifikanten Unterschiede. Eine Darstellung der Nachbeobachtungsergebnisse erfolgt bei den Autoren leider nicht. Es wird lediglich eine deutliche Haarverminderung auch 6 Monate nach der dritten Behandlung angegeben, sowie eine Reduktion der Haarwachstumsgeschwindigkeit, die sich in einer reduzierten Notwendigkeit zum Rasieren niederschlägt.

Leider ist ein konkreter Vergleich mit unseren Daten nicht möglich, da keine explizite Darstellung der Ergebnisse durchgeführt wurde und die Kategorisierung nicht gut zu vergleichen ist. Eine weitere Untersuchung vergleicht einen Alexandritlasers mit Elektroepilation (# 15), bei der der Laser besser abschneidet als die Elektrolyse. Die Probanden wurden im Halbseitenvergleich im Bereich der Axilla dreimal in vierwöchentlichem Intervall mit einem lang-gepulsten Alexandritlaser mit einer Energiedichte zwischen 30 und 50 J/cm² und viermal in dreiwöchigem Intervall mit Elektrolyse mit einer Intensität zwischen 4 und 8 mA behandelt. Sechs Monate nach der letzten Behandlung war eine Haarreduktion von 75 % im Testfeld, das mit dem Alexandritlaser behandelt worden war und eine Haarreduktion von 35 % im mit Elektrolyse enthaarten Feld festgestellt worden. Ein Vergleich mit den von uns erhobenen Nachbeobachtungsdaten ergibt eine prozentuale Haarreduktion zwischen 56 % und 69 % 6 Monate nach der letzten Behandlung und zwischen 90 % und 94 % 12 Monate nach der letzten Behandlung in der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethode auf den Erfolg der Epilationsbehandlung. Es ist also im Bereich der Halbjahresnachbeobachtung eine etwas geringere Haarreduktion zu verzeichnen. Die Haarreduktion steigt jedoch im Bereich der 12 Monatsnachbeobachtung wieder deutlich an, was allerdings nicht verglichen werden kann mit den vorliegenden Ergebnissen der oben dargestellten Studie.

Ein weiterer Vergleich liegt in der Arbeit von Eremia vor. Hier wurde ein Alexandritlaser mit einem Diodenlaser verglichen (#11). Die Ergebnisse der Untersuchung erbringen eine Haarreduktion von

85 % bei einer viermaligen Behandlung in vier- bis sechs wöchentlichem Abstand im Bereich der Axilla mit einem Alexandritlaser mit einer Pulslänge von 3 ms, einem Spotdurchmesser von 12 mm und nicht angegebener Energiedichte 12 Monate nach der letzten Sitzung. Die Ergebnisse, die bei einer ebenfalls viermaligen Behandlung mit dem Diodenlaser bei einer Wellenlänge von 800 nm, einer variablen Pulslänge, einem Spotdurchmesser von 9 mm und nicht angegebener Energiedichte erzielt wurden, unterscheiden sich kaum und belaufen sich auf 84 % ebenfalls 12 Monate nach der letzten Sitzung. Die Haarreduktionswerte nach 12 Monaten sind vergleichbar mit unseren Ergebnissen: Eine Haarreduktion zwischen 90 % und 94 % konnte im 12 Monats-follow-up in der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Epilationsbehandlung festgestellt werden.

6.9. Methode

6.9.1. Vergleich der Epilationsmethoden erst nach 2-3 Wiederholungsbehandlungen sinnvoll

Die Vergleiche der unterschiedlichen Behandlungsmethoden und Behandlungsparameter sind erst nach mehreren Behandlungen (3- bis 4-malige Behandlung) sinnvoll. Da bei jeder Behandlung nur ca. 30% der Haare langfristig entfernt werden, sieht man Unterschiede in der Effizienz der Enthaarung erst ab der 2. Behandlung. Bis dahin sind die Schwankungen bedingt durch die unterschiedlichen Photo-Epilationsmethoden zu groß. Durch individuell unterschiedlich schnelles Ansprechen auf die jeweilige Methode ergeben sich gerade in den ersten Wiederholungsbehandlungen große Differenzen. Ein Aspekt sind dabei die vor der Behandlung durchgeführten Epilationspraktiken der Probanden. Eine neuere Untersuchung (# 24) aus den USA diskutiert eine Synchronisation des Haarzyklus durch Zupfen vor der Photo-Epilation. Zwei Wochen vor der Photo-Epilationsbehandlung wurden zwei Untersuchungsfelder mit Wachs enthaart, zwei weitere nicht behandelt und nur rasiert. Die vor der Epilationsbehandlung gewachsenen Untersuchungsfelder wiesen eine höhere Haarreduktion auf als die nur rasierten Kontrollfelder. Obwohl die Felder vor der Lasertherapie keine signifikant unterschiedliche Haardichte aufwiesen, war die Haardichte im gewachsenen Areal dennoch niedriger als im Kontrollfeld. Diese Untersuchung zeigt den Einfluss von vor der Behandlung durchgeführten Enthaarungsmethoden und weist auf einen kaum zu kontrollierenden Umstand hin. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, keine andere Enthaarungsmethode als Rasieren mindestens 6 Wochen vor der ersten Behandlung durchzuführen, so dass ein Einfluss der Vorbehandlung in oben dargestellten Untersuchungen unwahrscheinlich erscheint, aber im Bereich des möglichen liegt.

6.9.2. Warum brechen Probanden die Studie ab

Mehrere Wiederholungsbehandlungen (4-8) sind notwendig, um das Epilationsergebnis zu stabilisieren und befriedigende Enthaarungsergebnisse zu erzielen. Erst nach dieser Phase der regelmäßigen Wiederholungsbehandlungen kann sich eine Nachbeobachtungsperiode ohne weitere Behandlungen anschließen, die letztlich erst Rückschlüsse über die Effektivität der jeweiligen Epilationsmethode zulässt. Die Compliance der Probanden stellt dabei ein schwieriges Problem dar. Viele Patienten sind nach wenigen Behandlungen mit dem kosmetischen Resultat zufrieden gestellt und kommen nicht mehr zu den vereinbarten Wiedervorstellungsterminen. Gerade in der Periode der regelmäßigen Wiederholungsbehandlungen und in der Nachbeobachtungsphase gibt es eine große Anzahl von Studienabbruchern. Die individuellen Gründe für das Abbrechen der Studie sind sehr unterschiedlich. Eine subjektiv unterschiedliche Beurteilung des Behandlungsergebnisses ist ein Grund für den Abbruch der Studie. Tabelle 30 zeigt exemplarisch für alle Untersuchungen am Beispiel der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ (Energiedichte 10 J/cm²) eine Übersicht der Abbruchgründe der Studienteilnehmer.

Tabelle 30: Übersicht über die Abbruchgründe der Studienteilnehmer der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 6 Wiederholungsbehandlungen (#)

	Anzahl der Abbrecher			unzufrieden mit der Methode	Behandlungen abgeschlossen Zufrieden	Finanzielle Aspekte	Zeitliche Aspekte
	Ge-samt	Alexan-dritlaser 1	Alexan-dritlaser 2				
2. #	3	3	0	3	0	0	0
3. #	4	3	1	1	1	1	1
4. #	5	1	4	1	3	1	0
5. #	4	2	2	0	4	0	0
6. #	6	4	2	0	6	0	0
n gesamt	22	13	9	5	14	2	1

Es lässt sich feststellen, dass von anfangs 25 Probanden 20 % die Teilnahme wegen Unzufriedenheit mit der Behandlungsmethode abgebrochen haben, was beide Alexandritlaser gleichermaßen betraf. Drei Probanden, die mit Alexandritlaser 1 therapiert worden waren und zwei die mit dem Alexandritlaser 2 behandelt worden waren, waren unzufrieden mit der Therapie und schieden deshalb aus der Studie aus. Welche Gründe für die Unzufriedenheit im Einzelnen vorlagen, wurde im Rahmen der Studie nicht eruiert. Ein Teil der Probanden war unzufrieden mit der Epilationsmethode an sich und ein weiterer Teil der Probanden war unzufrieden mit dem Resultat der Behandlung. 56 % der Teilnehmer beendeten die Studie regulär und waren mit dem Resultat zufrieden. 8 % der Probanden wollten während der Studienteilnahme lieber eine billigere Enthaarungsmethode wählen und für 4 % der Teilnehmer war der zeitliche Aufwand im Studienrahmen nicht mit dem täglichen Leben vereinbar. 12 % der Probanden wollten zur Erzielung eines subjektiv optimalen Resultats mehr als 6 Behandlungen erhalten.

Die Qualität der Behandlung lässt sich nicht nur am objektiven Behandlungserfolg, d. h. die objektive Haarreduktion messen, sondern auch durch die Zufriedenheit der Probanden. Mit 3 bis 4 Behandlungen lässt sich erreichen, dass die Haare heller und dünner werden, was viele Patienten völlig zufrieden stellt. Objektiv ist die Haarreduktion deshalb noch nicht erfolgreich, da auch helle und dünne Haare gezählt werden und die Haardichte deshalb nicht im gleichen Maß abnimmt wie die Zufriedenheit des Probanden zunimmt. Es gibt also zusätzlich zur objektiven Beurteilung des Behandlungserfolges noch eine subjektive Komponente, die sich nur schwer mit naturwissenschaftlichen Methoden messen lässt und sich deshalb einer objektiven Beurteilung entzieht. Manche Probanden konnten sich, nachdem sie die Laserepilation kennengelernt hatten, dennoch nicht mit dieser Methode der Haarentfernung anfreunden. Zu große Schmerzen, eine Enttäuschung über das zu langsame Eintreten des Behandlungserfolgs und andere psychologische Faktoren ließen viele Probanden wieder zu ihren bewährten Methoden der Enthaarung zurückkehren.

Ein weiteres Problem stellt die geringe Anzahl an Studienteilnehmern dar. Das ist zum einen dadurch bedingt, dass viele Patienten, die den Wunsch nach einer Laserepilation äußern, nicht geeignet sind für eine Studienteilnahme: das Haarwachstum ist nicht regelmäßig, was beim Festlegen der Studienfelder ein Problem ergibt, die Patienten haben keine Zeit oder Lust an der doch etwas langwierigen und zeitaufwändigen Behandlung im Studienrahmen teilzunehmen oder sind nicht bereit, anfangs ein ungleichmäßiges Epilationsergebnis, das unweigerlich durch die Behandlung in verschiedenen Feldern entsteht, zu tolerieren. Die hier beschriebene Problematik ist ebenfalls ein Grund für manche Probanden, die Studie abzubrechen. Viele Probanden wünschen eine komplette und möglichst schnelle Enthaarung, sind auch häufig durch Urlaubsplanung und damit verbundener Sonnenexposition nicht gewillt, einen längeren Zeitraum für die Behandlung einzuplanen.

6.9.3. Welcher Abstand zwischen den Behandlungen ist sinnvoll

Eine Studie von Freedman et. al. (# 13) beschreibt die Verbesserung der Epilationsergebnisse bei genaueren Vorgaben der Behandlungsintervalle. Diejenige Gruppe, deren Behandlungsplan eine viermalige Therapie in regelmäßigen Abständen vorsah, erreichte eine Haarreduktion von 78 % (+/- 8 %), während die Kontrollgruppe, der das Therapieschema freigestellt war, nur 48 % (+/- 12 %) Haarverlust verzeichnen konnte.

In den oben dargestellten Untersuchungen war ein Abstand zwischen den Wiederholungsbehandlungen zwischen 4 und 8 Wochen gewählt worden in Abhängigkeit des Haarwachstumszyklus in der jeweili-

gen Körperregion bzw. der Nachwachsgeschwindigkeit der Haare beim individuellen Probanden. Die prozentuale Haarreduktion bei den Untersuchungen lag ebenfalls um 80 %.

Die Intervalle zwischen den einzelnen Wiederholungsbehandlungen waren in den dargestellten Studien nicht so exakt definiert wie bei Freedman et. al., waren aber dennoch in ein relativ exaktes Schema eingebunden. Das erklärt wahrscheinlich ähnlich gute Resultate bei der Photo-Epilationsbehandlung in den oben dargestellten Studien. Tse (# 37) behandelte Probanden mit einem IPL-System mit verschiedenen Pulslängen und einer Energiedichte von 60 J/cm² in vier verschiedenen Testfeldern zweimal innerhalb einer Woche, zweimal im Abstand von einer Woche und mit nur einer einzelnen Behandlung. Haarzählungen wurden vor der Behandlung und ein und drei Monate nach der letzten Behandlung durchgeführt. Bei der ersten Nachbeobachtung ergab sich eine signifikante Haarreduktion bei allen Testfeldern im Vergleich zur Ausgangshaardichte, in der Kontrolle nach drei Monaten stellte sich eine Haarreduktion von 45 % im zweimal innerhalb einer Woche behandelten Feld, eine Haarreduktion von 29 % im nur einmal behandelten Feld und eine Haarreduktion von 15 % im zweimal im Abstand von einer Woche behandelten Feld dar. Leider wurde eine längere Nachbeobachtung in mindestens einer Länge des jeweiligen Haarzyklus der Lokalisation nicht durchgeführt, um eine exaktere Bestimmung der Effektivität in Abhängigkeit von den Behandlungsabständen zu bekommen.

Eine weitere Studie von Weiss et. al. (# 39) stellt die Ergebnisse einer einmaligen und einer zweimaligen Behandlung dar. Die Probanden wurden entweder einmal mit einem IPL-System mit einer Energiedichte von 40-42 J/cm² behandelt und 2, 4, 8 und 12 Wochen nach der Behandlung nachbeobachtet oder erhielten zwei Behandlungen mit gleichen Parametern und zusätzliche Nachbeobachtungen nach 4, 5 und 6 Monaten. Eine Haarreduktion von 64 % wurde direkt nach der zweiten Wiederholungsbehandlung ermittelt, ein Absinken auf 42 % nach 8 Wochen und eine Nachwachsen von 67 % der Haare nach einem halben Jahr war festzustellen. In unseren Untersuchungen waren nach durchschnittlich 6,1 Wiederholungsbehandlungen im Abstand von 4 - 8 Wochen noch 60,5 % der Haare nach sechs Monaten nicht wieder nachgewachsen. Im Gegensatz dazu wurde bei zweimaliger Behandlung nur eine Haarreduktion von 33 % erzielt, was die Notwendigkeit einer mehrmaligen Wiederholung der Epilationsbehandlung aufzeigt.

6.9.4. Haarzählmethode

Die Haarzählung wurde wie im Methodenteil beschrieben, durchgeführt. Aufgrund der zum Zeitpunkt des Studienbeginns noch nicht zuverlässigen digitalen Haarzählprogramme wurde diese Methode gewählt. Die meisten Untersuchungen im Bereich der Photo-Epilation, die publiziert werden, beruhen auf fotografischen Dokumentationen der Versuchsfelder, die dann von den Untersuchern beurteilt werden. In vielen Fällen wird diese Beurteilung in Kategorien vorgenommen, d. h. es werden Kategorien der Haarreduktion gebildet. Dort findet eine Einteilung des Enthaarungserfolgs in vier Gruppen statt: 0 - 25 % Reduktion, 26 % - 50 %, 51 % - 75 % und 76 % - 100 %, wie in einer Studie von Lorenz et. al. (# 26) enthalten ist. Eine konkrete Zählung der einzelnen Haare wird dabei nicht vorgenommen. Diese Ergebnisse sind deshalb sicher weniger genau als eine einzelne „manuelle“ Auszählung der Haare.

Die in dieser Studie versuchte Standardisierung der Haarzählung durch immer den selben Zähler birgt natürlich die Gefahr der Beeinflussung des Zählergebnisses durch die „Tagesform“. Ermüdung und Störung bei der Zählung sind wesentliche Fehlerquellen, der die elektronische Zählung nicht ausgesetzt ist. Die selben guten Lichtverhältnisse sollten die Fehlerrate zudem minimieren. Eine exakte Definition der Versuchsfelder war in unseren Untersuchungen nicht problematisch. Leider sind in der publizierten Literatur keine Angaben zur Lokalisation der jeweiligen Versuchsfelder bei anderen Untersuchungen zu finden. Aber es ist anzunehmen, dass auch anatomische Gegebenheiten und unverrückbare Merkmale als Rasterpunkte verwendet werden und zu einer späteren Lokalisation der Felder beitragen.

7. Zusammenfassung

7.1. Allgemeines

Bei der Photo-Epilation handelt es sich um eine sehr junge Methode im Bereich der Dermatologie, deren Möglichkeiten und Grenzen nur unzureichend untersucht sind, die sich aber einer großen Akzeptanz bei den Anwendern erfreut. Die Arbeit soll die Beurteilung der in der Literatur teilweise widersprüchlichen Ergebnisse für den Benutzer erleichtern und Richtlinien für die Optimierung des Einsatzes der jeweiligen Geräte geben sowie die Effizienz der Photoepilation untersuchen.

7.2. Material und Methoden

Dazu wurden Vergleichsuntersuchungen zwischen verschiedenen Lasern und Blitzlampen durchgeführt und Parameter der Geräteeinstellungen wie Energiedichte und Pulslänge auf deren Auswirkung auf die Wirkung der Epilation durchgeführt. Der zur Auswertung herangezogene Parameter der prozentualen Haarreduktion wurde berechnet durch das Zählen der Haare vor der ersten Behandlung und vor jeder weiteren Therapie sowie nach behandlungsfreien Intervallen von bis zu zwölf Monaten. Es wurde besonders darauf geachtet, dass die Zählungen vom gleichen Untersucher durchgeführt wurden, um Ungenauigkeiten zu minimieren. Die Testfelder wurden auf symmetrischen Körperstellen in Arealen mit einer möglichst homogenen Behaarung angelegt. Durch diese Vorgehensweise sollten Ungleichmäßigkeiten in der Haardichte ausgeschlossen und Unterschiede im Ansprechen durch verschiedene Körperlokalisationen vermieden werden. Die Felder wurden großzügig von der Auszähl-schablone auf die Haut übertragen, um ein garantiertes Wiederbehandeln der Testfelder zu gewährleisten. Alle Testfelder wurden in 4-8 wöchigen Abständen mit den jeweiligen Methoden behandelt. Die Behandlungsparameter wurden hinsichtlich Pulslänge und Spotdurchmesser bei jeder Behandlung unverändert beibehalten, die Energiedichte wurde soweit das Studiendesign dies erlaubte bei den Wiederholungsbehandlungen an die klinische Situation angepasst und eventuell gesteigert, sollte aber jeweils unterhalb der Schmerzgrenze bleiben.

7.3. Ergebnisse

7.3.1. Haarzählmethode

Die im Rahmen der Arbeit entwickelte Haarzählmethode wurde einer statistischen Auswertung unterzogen und erwies sich als statistisch zuverlässig und aussagekräftig.

7.3.2. Vergleich zweier Alexandritlaser im „Low-dose-Bereich“

Bei den Untersuchungen wurden zwei Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) unterschiedlicher Hersteller im Low-dose Bereich, das heißt bei einer Energiedichte von 10 J/cm^2 , verglichen. Bei dieser Untersuchung war ein besseres Abschneiden bei der 3. und 4. Wiederholungsbehandlung von Alexandritlaser 1 festzustellen.

7.3.3. Vergleich zweier Alexandritlaser im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm^2

Ein weiterer Vergleich fand im Bereich der Energiedichten 20 und 25 J/cm^2 statt. Diese Untersuchung zeigte keine statistisch signifikant unterschiedlichen Ergebnisse im Bereich höherer Energien der beiden Laser.

7.3.4. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2

Eine weitere Untersuchung mit einem Alexandritlaser 2 beschäftigte sich mit dem Einfluss der Pulslänge auf die Effizienz der Epilation. In dieser Studie konnte keine Beeinflussung des Epilationsergebnisses durch die Variation der Pulslänge im Bereich zwischen 10 und 40 ms festgestellt werden.

7.3.5. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 im Bereich der Energiedichten 10-40 J/cm^2

Ein Vergleichsstudie beschäftigt sich mit dem Einfluss der Energiedichte auf das Epilationsergebnis im Bereich der Energiedichten zwischen 10 und 40 J/cm^2 . Die statistische Auswertung der Untersuchung im Bereich höherer Energiedichten ergab nach der zweiten Behandlung einen signifikanten Unterschied der Paare 10 und 30 J/cm^2 bzw. 10 und 40 J/cm^2 . Alle weiteren Resultate waren statistisch nicht unterschiedlich.

7.3.6. Vergleichende Untersuchung zur Epilationswirkung niedriger Energiedichten im Vergleich zu normalen Energiedichten bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser

Eine weitere Vergleichsstudie untersucht einen Bereich der Energiedichten zwischen 5 und 20 J/cm². Der Vergleich im Bereich niedriger Energiedichten ergab statistisch signifikant unterschiedliche Resultate nach der 2. Behandlung zwischen 5 J/cm² und 20 J/cm² und nach der 3. Behandlung zwischen 5 J/cm² und 10 J/cm² bzw. 15 J/cm². Alle weiteren Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Die niedrigen Energiedichtewerte von 10 und 15 J/cm² sind somit ebenfalls für eine effiziente Epilation verwendbar und erweitern das Anwendungsspektrum dieser Methode.

7.3.7. Vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mittels eines Alexandritlasers und einer Blitzlampe

Eine weitere Studie versuchte den Einfluss von Kühlung auf das Epilationsergebnis zu untersuchen. In dieser Untersuchung wurden verschiedene Kühlmethoden verglichen. Als Vergleichsfeld wurde ein Areal ohne Kühlung behandelt. Als Kühlmethoden wurden nur Ultraschallgel, Luftkühlung und Gel in Kombination mit Luftkühlung eingesetzt. Als Behandlungsparameter wurden jeweils diejenigen Geräteeinstellungen, die der Proband im ungekühlten Areal tolerieren konnte, für alle Vergleichsfelder eingesetzt. Die Behandlung der gesamten Felder wurde entweder mit dem Alexandritlaser 1 oder einer Blitzlampe durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung ließen keinen Einfluss der Kühlung auf die Effizienz der Behandlung erkennen noch gab es Unterschiede zwischen beiden Behandlungsgeräten.

7.3.8. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe

Eine weitere Untersuchung sollte die Unterschiede eines Diodenlasers und einer Blitzlampe untersuchen. Die statistische Auswertung ergab signifikant unterschiedliche Ergebnisse bei fünf von sechs Behandlungen. Die Epilationsergebnisse bei der Therapie mit dem Diodenlaser waren besser. Eine Auswertung in einer Gruppe von Patienten, die sich drei und sechs Monate nach der letzten Therapie noch einmal vorstellten, ergab nur statistisch signifikant bessere Ergebnisse für den Diodenlaser bei der 3 Monatskontrolle. Weiterhin sollte der Unterschied im Ansprechen der Methode an verschiedenen Körperlokalisationen überprüft werden. Dazu wurden die Lokalisationen Bein, Bikinizone und Kinn miteinander verglichen. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte nach der 1. Behandlung zwischen Bein und Bikinizone festgestellt werden. Alle weiteren Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

7.3.9. Vergleichende Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers, zweier Blitzlampen und eines Alexandritlasers

Eine weitere Studie verglich zwei Blitzlampen, einen Diodenlaser und dem Alexandritlaser 1. Diese Untersuchung konnte keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Epilationssystemen feststellen.

7.4. Diskussion

Abschließend lässt sich feststellen, dass sicherlich weitere Untersuchungen auch mit größeren Patientenkollektiven nötig sind, um die Effektivität der Photo-Epilation noch genauer einzuschätzen. Des Weiteren sollte eine genauere Bestimmung der Behandlungsparameter dazu verhelfen die Behandlungsergebnisse zu optimieren. Nachbeobachtungsuntersuchungen in größerem Umfang sollten durchgeführt werden, um die Versprechungen für eine permanente Photo-Epilation zu relativieren und die Methode realistischer einschätzen zu können.

8. Literaturangaben

- # 1 Anderson R. R., Parrish J. A.: Selective photothermolysis: Precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science*: 220: 524-527 (1983)
- # 2 Anderson R. R.: Clinical Use Of The LightSheer™ Diode Laser System. Sonderdruck der Coherent Medical Group
- # 3 Ash K., Lord J., Newman J., McDaniel D. H.: Hair removal using a long-pulsed alexandrite laser. *Dermatologic Clinics* 17 (2): 387-399 (1999)
- # 4 Baugh W. P., Trafeli J. P., Barnette D. J., Ross E. V.: Hair reduction using a scanning 800 nm diode laser. *Dermatologic Surgery* 27 (4) 358-64 (2001)
- # 5 Boss W. K., Usal H., Thompson R. C., Fiorillo M. A.: A Comparison of the Long-Pulse and Short-Pulse Alexandrite Laser Hair Removal Systems. *Annals of Plastic Surgery* 42 (4), 1999
- # 6 Chess C.: IPL sources and ruby lasers for hair reduction- trying to compare apples and oranges. *J Cutaneous Laser Therapy* 2 (3): 161(2000)
- # 7 Danish Dermatologic Development A/S: Ellipse Relax Light 1000. 1 October, 1998. Firmeneigene Geräteinformation
- # 8 DiBernardo B. E., Perez J., Usal H., Thompson R., Callahan L., Fallek S. R.: Laser Hair Removal: Where Are We Now? *Plastic and Reconstructive Surgery*: 104 (1): 247-257 (1999)
- # 9 Dierickx C. C., Anderson R. R., Campos V. B., Grossman M. C.: Effective, Permanent Hair Reduction Using a Pulsed, High-Power Diode Laser. Summary provided by Coherent Medical Inc.
- # 10 Drosner M., Worret W.-I.: Überlegungen zur permanenten Enthaarung. *Kosmetische Medizin* 19, Ausgabe 4, Oktober 1998.
- # 11 Eremia S., Li C., Newman N.: Laser hair removal with alexandrite versus diode laser using four treatment sessions: 1-year results. *Dermatologic Surgery* 27 (11): 925-9, discussion 929-30. (2001)
- # 12 Finkel B., Eliezri Y. D., Waldman A., Slatkine M.: Pulsed Alexandrite Laser Technology for Noninvasive Hair Removal. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 15 (5), 1997
- # 13 Freedman B. M., Earley RV: A structured treatment protocol improves results with laser hair removal. *J Cutaneous Laser Therapy* 2 (3) 131-135 Sep (2000)
- # 14 Friedman P. M., Fogelman J. P., Nouri K., Levine V. J., Ashinoff R.: Comparative Study of Four Topical Anaesthetics. *Dermatologic Surgery* 1999 (25): 950-954
- # 15 Goergue M., Aslan G., Akoez T., Erdogan B.: Comparison of alexandrite laser and electrolysis for hair removal. *Dermatologic Surgery* 26 (1), 37-41 (2000)
- # 16 Gold M. H., Bell M. W., Foster T. D., Street S.: Long-Term Epilation Using the EpiLight Broad Band, Intense Pulsed Light Hair Removal System: *Dermatologic Surgery* 23 (10): 909-913, October 1997.
- # 17 Gold M. H., Bell M. W., Foster T. D., Street S.: One-ear follow-up using an intense-pulsed light source for long-term hair removal. *Journal of Cutaneous Laser Therapy*: 1(3): 167-71 (1999)
- # 18 Goldberg D. J., Akhemi R.: Evaluation comparing multiple treatments with a 2-msec and 10-msec alexandrite laser for hair removal. *Lasers in Surgery and Medicine* 25 (3) 223-8 (1999)

- # 19 Grossman M. C., Dierickx C., Farinelli W., Flotte T., Anderson R. R.: Damage to hair follicle by normal-mode ruby laser. *Journal of the American Academy of Dermatology*: 35(6): 889-94 (1996)
- # 20 Handrick C., Alster T. S.: comparison of Long-Pulsed Diode and Long-Pulsed Alexandrite Lasers for Hair Removal: A Long-Term Clinical and Histological Study. *Dermatologic Surgery* 27 (7), 622-626 (2001)
- # 21 Hellwig S., Petzold D., König K., Raulin C.: Aktueller Stand der Lasertherapie in Deutschland. *Der Hautarzt*: 49: 690-704 (1998)
- # 22 Klavuhn K. G., Green D.: Importance of cutaneous cooling during photothermal epilation: theoretical and practical considerations. *Lasers in Surgery and Medicine* 31 (2): 97-105 (2002)
- # 23 Laughlin S. A., Dudley D. K.: Long-term hair removal using a 3-millisecond alexandrite laser. *J Cutaneous Med Surgery* 4 (2): 83-8 (2000)
- # 24 Lehrer M.S., Crawford G. H., Gelfand J. M., Leyden J. J., Vittorio C. C.: Effect of Wax Epilation Before Hair Removal With a Long-Pulsed Alexandrite Laser: A Pilot Study. *Dermatologic Surgery* 29(2): 118-124
- # 25 Lloyd J. R., Mirkov M.: Long-term Evaluation of the Long-Pulsed Alexandrite Laser for the Removal of Bikini Hair at Shortened Treatment Intervals. *Dermatologic Surgery* 26 (7): 633-637
- # 26 Lorenz S., Brunberg S., Landthaler M., Hohenleutner U.: Hair Removal With the Long Pulsed Nd:YAG Laser: A Prospective Study With One Year Follow-Up. *Lasers in Surgery and Medicine* 30: 127-134 (2002)
- # 27 McDaniel D. H., Lord J., Ash K., Newman J., Zukowski M.: Laser Hair Removal. A Review and Report on the Use of the Long-Pulsed Alexandrite Laser for Hair Reduction of the Upper Lip, Leg, Back, and Bikini Region. *Dermatologic Surgery* 25 (6): 425-430
- # 28 Nanni C. A., Alster T. S.: Long-pulsed laser-assisted hair removal at 5, 10 and 20 millisecond pulse durations. *Lasers Surgery Med* 24 (5), 332-337 (1999)
- # 29 Ramos-E-Silva M., Ribeiro de Castro M. C., Carneiro L. V.: Hair Removal. *Clinics in Dermatology* 19: 437-444 (2001)
- # 30 Raulin C., Greve B.: Temporary hair loss using a long-pulsed alexandrite laser at 20 milliseconds. *European Journal of Dermatology* 10 (2): 103-6 (2000)
- # 31 Raulin C., Greve B., Hammes S.: Cold air in Laser Therapy: First Experiences With a New Cooling System. *Lasers in Surgery and Medicine* 27 (5): 404-410 (2000)
- # 32 Raulin C., Greve B.: Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin: 1.2. Lasertechnik. Seite 4-8, Schattauer Verlag 2001
- # 33 Rogachefsky A. S., Becker K., Weiss G., Goldberg D. J.: Evaluation of a long-pulsed Nd:YAG laser at different parameters: an analysis of both fluence and pulse duration. *Dermatologic Surgery* 28 (10): 932-5 (2002)
- # 34 Rogers C. J., Glaser D. A., Sigfried E. C., Walsh P. M.: Hair removal using suspension-assisted Q-switched Nd:YAG and long-pulsed alexandrite lasers: A comparative study. *Dermatologic Surgery* 25 (11), 844-4; discussion 848-50 (1999)
- # 35 Russ D., Kienle A., Falkenstein W., Steiner R.: Optimierung der Laserepilation durch Simulation der thermischen Wirkung der Laserstrahlung. *Lasermedizin* 15: 87-95 (2000)
- # 36 Troilius A., Troilius C.: Hair removal with a second generation broad spectrum intense pulsed light source-a long-term follow-up. *Journal of Cutaneous Laser Therapy*: 1(3): 173-8 (1999)

- # 37 Tse Y.: Hair Removal Using A Pulsed-Intense Light Source. *Dermatologic Clinics* 17 (2): 373-385 (1999)
- # 38 Wagner R. F., Tomich J. M., Grande D. J.: electrolysis and thermolysis for permanent hair removal. *Journal of the American Academy of Dermatology* 12 (3): 441-448 (1985)
- # 39 Weiss R. A., Weiss M. A., Marwaha S., Harrington A. C.: Hair Removal With a Non-Coherent Filtered Flashlamp Intense Pulsed Light Source. *Lasers in Surgery and Medicine* 24: 128-132 (1999)
- # 40 Worret, W.-I.: Von der Schlafkrankheit zur Hypertrichose. In Zusammenfassung der Vorträge. 7. MFDK vom 30.11-01.12.2001

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Absorptionsverhalten verschiedener Chromophore für Licht.....	6
Abbildung 2: Vorgehen beim Haarezählen mit der Transparent-Sheet-Methode.....	9
Abbildung 3: Folie mit Zählfeldern am Rücken eines Patienten.....	9
Abbildung 4: Jeweiliges Pulsmuster der Burst-Puls der beiden in der vorliegenden Studie verwendeten Alexandritlaser EpiLase® (linke Abbildung) und EpiXan XL® (rechte Abbildung) bei einer Pulslänge von 20 ms und einer Energiedichte von 20 J/cm ²	10
Abbildung 5: Scannerhandstück des Alexandritlasers der Firma WaveLight (ehemals Baasel).....	11
Abbildung 6: Darstellung der prozentualen Haarreduktion der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen.....	18
Abbildung 7: Standardabweichung, Median und Quartile der prozentualen Haarreduktion der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen.....	19
Abbildung 8: Darstellung der prozentualen Haarreduktion der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ² über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen.....	20
Abbildung 9: Darstellung der Standardabweichung der prozentualen Haarreduktion der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ² über den Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen.....	21
Abbildung 10: Verlauf der prozentualen Haarreduktion bei einer dreimaligen Wiederholungsbehandlung mit einem Alexandritlaser 2 aufgeteilt nach den unterschiedlichen verwendeten Pulslängen (10, 20, 30 und 40 ms) bei 9 Probanden.....	22
Abbildung 11: Boxplot Darstellung aller Einzelergebnisse der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 10 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm ² sind in der Abbildung enthalten).....	23
Abbildung 12: Boxplot Darstellung der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 20 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm ² sind in der Abbildung enthalten).....	25
Abbildung 13: Boxplot Darstellung der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 30 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm ² sind in der Abbildung enthalten).....	26
Abbildung 14: Boxplot Darstellung der Einzelergebnisse der Mittelwerte, Quartile und Standardabweichung über allen Einzelergebnissen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Pulslänge auf den Erfolg der Epilationsbehandlung hinsichtlich der Pulslänge 40 ms (Kombinationen mit den Energiedichten 10, 20, 30 und 40 J/cm ² sind in der Abbildung enthalten).....	27
Abbildung 15: Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen der Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10 und 40 J/cm ² mit einem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden.....	30
Abbildung 16: Boxplot-Darstellung der Standardabweichungen der prozentualen Haarreduktion der 9 Probanden der Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10 und 40 J/cm ² mit einem Alexandritlaser 2.....	30
Abbildung 17: Verlauf der prozentualen Haarreduktion über den Zeitraum von 5 Wiederholungsbehandlungen bei 14 Probanden der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich 5-20 J/cm ²	32
Abbildung 18: Darstellung der Ergebnisse der statistischen Auswertung des Vergleichs der Energiedichten zwischen 5 und 20 J/cm ² mittels eines Alexandritlasers (Alexandritlaser 2) in Form von Boxplots, die Standardabweichungen, Median und die Quartile der Gruppen miteinbeziehen.....	33
Abbildung 19: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 1 der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 8 Probanden und 4 Wiederholungsbehandlungen.....	35
Abbildung 20: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einem Alexandritlaser 1.....	36

Abbildung 21: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit der Blitzlampe der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 11 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen	37
Abbildung 22: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe	38
Abbildung 23: Verlauf der Haarreduktion bei der Behandlung mit beiden Photo-Epilationssystemen der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 19 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen	39
Abbildung 24: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe und dem Alexandritlaser 1 zusammen	40
Abbildung 25: Verlauf der Haardichte in Haare pro cm ² über den Nachbeobachtungszeitraum von 6 Monaten (1. Nachbeobachtung nach 3 Monaten und 2. Nachbeobachtung nach 6 Monaten) der vergleichende Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung	42
Abbildung 26: Boxplot Darstellung von Standardabweichung, Median und Quartile der Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit einer Blitzlampe und dem Alexandritlaser 1 zusammen.....	43
Abbildung 27: Verlauf der Haardichte in Haaren pro cm ² über den Nachbeobachtungszeitraum von 12 Monaten (Nachbeobachtungen jeweils nach 3 Monaten) der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung bei 2 Probanden mit der Blitzlampe	45
Abbildung 28: Verlauf der prozentualen Haarabnahme in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe bei 50 Probanden über den Zeitraum von 6 Wiederholungsbehandlungen	46
Abbildung 29: Boxplot Darstellung von Median, Mittelwert und Standardabweichung der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität der Photo-Epilationsbehandlung bei einer Blitzlampe und einem Diodenlaser bei 50 Probanden über 6 Wiederholungsbehandlungen.....	47
Abbildung 30: Verlauf der Haardichte (in Haare pro cm ²) über den Studienzeitraum mit Nachbeobachtung über 6 Monate (Nachbeobachtung jeweils nach 3 Monaten) der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe bei 28 Probanden.....	48
Abbildung 31: Boxplot-Darstellung des Nachbeobachtungskollektivs (n = 28) der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe über den Zeitraum von 4 Nachbeobachtungen im jeweiligen Abstand von 3 Monaten (3, 6, 9 und 12 Monate nach der letzten Behandlung)	49
Abbildung 32: Verlauf der Haardichte in cm ² jeweils bezogen auf die Ausgangshaardichte des Kollektivs n = 3, das über den Zeitraum von 12 Monaten im Abstand von jeweils 3 Monaten nach der letzten Behandlung nachbeobachtet wurde in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe	50
Abbildung 33: Verlauf der prozentualen Haarreduktion mit dem Diodenlaser in den Lokalisationen Bikini, Bein und Kinn über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen.....	52
Abbildung 34: Verlauf der prozentualen Haarreduktion mit der Blitzlampe in den Lokalisationen Bikini, Bein und Kinn über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen	53
Abbildung 35: Boxplots der statistischen Auswertung der drei Lokalisationsgruppen bei der Behandlung mit dem Diodenlaser im Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen gegen die prozentuale Haarreduktion auf der y-Achse.....	53
Abbildung 36: Boxplots der statistischen Auswertung der drei Lokalisationsgruppen bei der Behandlung mit der Blitzlampe im Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen gegen die prozentuale Haarreduktion auf der y-Achse.....	54
Abbildung 37: Übersicht über die Haarreduktion über den Zeitraum von 5 Wiederholungsbehandlungen der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers, des Alexandritlasers 1 und zweier Blitzlampen bei 12 Probanden.....	56
Abbildung 38: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme über den Verlauf von 4 Wiederholungsbehandlungen mit 12 Probanden.....	57
Abbildung 39: Boxplot Darstellung Standardabweichung, Quartile und Mittelwert aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der ersten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden.....	58

Abbildung 40: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der zweiten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden.....	59
Abbildung 41: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der dritten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden.....	60
Abbildung 42: Boxplot Darstellung der Standardabweichung, Quartile und des Mittelwerts aller verglichenen Photo-Epilationssysteme nach der vierten Wiederholungsbehandlung mit 12 Probanden.....	61
Abbildung 43: Verlauf der Haardichte (Haare pro cm ²) beim Nachbeobachtungskollektiv (n = 8) über die Zeitpunkte Therapiebeginn, Therapieende, 1. Nachbeobachtung und 2. Nachbeobachtung der vergleichenden Untersuchung zweier Blitzlampen, eines Diodenlasers und des Alexandritlasers 1	62
Abbildung 44: Burst-Puls Pulsmuster der beiden in der Untersuchung verwendeten Alexandritlaser EpiLase® (Alexandritlaser 2) und EpiXan XL® (Alexandritlaser 1)	63

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen und die verwendeten Epilationssysteme.....	7
Tabelle 2: Übersicht über Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung der Probanden des Alexandritlaservergleichs im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#)	13
Tabelle 3: Übersicht über Anzahl (n gesamt), Alter und Geschlechtsverteilung der Probanden des Alexandritlaservergleichs im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ² im Verlauf zunehmender Wiederholungsbehandlungen (#).....	13
Tabelle 4: Übersicht über die Verteilung auf Geschlecht und Lokalisationen der Probanden der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich 5-20 J/cm ²	14
Tabelle 5: Übersicht über das Probandenkollektiv der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung.....	15
Tabelle 6: Übersicht über die Zuordnung der Studienteilnehmer zu den verschiedenen Körperlokalisationen bei der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe und eines Diodenlasers.....	16
Tabelle 7: Übersicht über die Probandinnen der einzeln untersuchten Lokalisationen der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe.....	16
Tabelle 8: Übersicht über die im Vergleich eines Alexandritlasers, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen behandelten Lokalisationen sowie Darstellung der Geschlechtsverteilung.....	17
Tabelle 9: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und Darstellung der Ergebnisse des statistischen Vergleichs mit dem Mann-Whitney-Test der 25 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#).....	18
Tabelle 10: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und Darstellung der Ergebnisse des statistischen Vergleichs mit dem Mann-Whitney-Test der 11 Probanden des Vergleichs zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im Energiedichtenbereich 20-25 J/cm ² im Verlauf von 5 Wiederholungsbehandlungen (#).....	21
Tabelle 11: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test bei einer dreimaligen Wiederholungsbehandlung (#) mit einem Alexandritlaser 2 aufgeteilt nach den unterschiedlichen verwendeten Pulslängen (10, 20, 30 und 40 ms) bei 9 Probanden.....	23
Tabelle 12: Übersicht über die Ergebnisse der prozentualen Haarreduktion und der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10-40 J/cm ² bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen (#).....	29
Tabelle 13: Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test derjenigen Fälle, in denen der Friedman-Test $p < 0,01$ ergeben hatte, der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte im Bereich zwischen 10-40 J/cm ² bei der Behandlung mit dem Alexandritlaser 2 bei 9 Probanden über den Zeitraum von 3 Wiederholungsbehandlungen (#).....	29
Tabelle 14: Übersicht über die prozentuale Haarreduktion und die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test der vergleichenden Untersuchung der Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm ² über den Zeitraum von 4 Wiederholungsbehandlungen (#).....	32
Tabelle 15: Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Wilcoxon-Rank-Test aller möglichen Energiedichtenpaare nach der zweiten, dritten und vierten Wiederholungsbehandlung der vergleichenden Untersuchung zur Auswirkung der Energiedichte auf die Effizienz der Behandlung im Bereich der Energiedichten 5-20 J/cm ²	33
Tabelle 16: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit dem Alexandritlaser 1 bei 8 Probanden und 4 Wiederholungsbehandlungen (#).....	35
Tabelle 17: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit der Blitzlampe bei 11 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen (#).....	38
Tabelle 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden Photo-Epilationssystemen bei 19 Probanden und 5 Wiederholungsbehandlungen (#).....	40

Tabelle 19: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Nachbeobachtung nach 3 Monaten (1. Nachbeobachtung, n=13) und 6 Monaten (2. Nachbeobachtung, n=6) mit dem Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen der vergleichenden Untersuchung zum Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf den Erfolg der Photo-Epilationsbehandlung mit beiden Photo-Epilationsystemen	42
Tabelle 20: Prozentuale Haarreduktion nach durchschnittlich 5,5 Behandlungen am Rücken und Unterschenkel mit einer Blitzlampe unter verschiedenen Kühlmethoden im Rahmen einer Langzeitnachuntersuchung (bis 1 Jahr) bei 2 Probanden (1w., 1 m.)	44
Tabelle 21: Übersicht über die statistischen Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität einer Blitzlampe und eines Diodenlasers über den Verlauf von 6 Wiederholungsbehandlungen bei 50 Probanden und durchschnittlich 6,0 Wiederholungsbehandlungen (#) mit dem Wilcoxon-Rank-Test für zwei verbundene Gruppen	45
Tabelle 22: Übersicht über die statistische Auswertung des Nachbeobachtungskollektivs der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe von 28 Probanden über den Zeitraum von 4 Nachbeobachtungszeitpunkten (#) im jeweiligen Abstand von 3 Monaten (3, 6, 9 und 12 Monate nach der letzten Behandlung)	48
Tabelle 23: Verlauf der prozentualen Haarreduktion jeweils bezogen auf die Ausgangshaardichte des Kollektivs n=3, das über den Zeitraum von 12 Monaten im Abstand von jeweils 3 Monaten nach der letzten Behandlung nachbeobachtet wurde in der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe	50
Tabelle 24: Übersicht über die Ergebnisse in den unterschiedlichen Lokalisationen Bikinizone, Beine und Kinn der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe über den Zeitraum von 6 Wiederholungsbehandlungen (#)	51
Tabelle 25: Ergebnisse der statistischen Auswertung der vergleichenden Untersuchung der Effektivität eines Diodenlasers und einer Blitzlampe hinsichtlich verschiedener Lokalisationen mit dem Kruskal-Wallis-Test für mehrere nicht verbundene Gruppen über den Verlauf von 3 Wiederholungsbehandlungen (#)	51
Tabelle 26: Übersicht über die Ergebnisse des Mann-Whitney-Test nach der ersten Behandlung mit dem Diodenlaser hinsichtlich verschiedener Lokalisationspaare	52
Tabelle 27: Übersicht über die statistischen Ergebnisse mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test für mehrere verbundene Gruppen des Vergleichs des Alexandritlasers 1, eines Diodenlasers und zweier Blitzlampen nach 5 Wiederholungsbehandlungen (#) bei 12 Probanden	55
Tabelle 28: Übersicht über die statistischen Ergebnisse der Auswertung mit dem nicht-parametrischen Friedman-Test und Darstellung der prozentuale Haarreduktion zu den verschiedenen Behandlungszeitpunkten 3 und 6 Monate nach der letzten Behandlung bei den verschiedenen Photo-Epilationsystemen Diodenlaser, Alexandritlaser 1 und zwei Blitzlampen bei 8 Probanden	61
Tabelle 29: Übersicht über die statistischen Ergebnisse mit dem Wilcoxon-Rank-Test des Vergleichs verschiedener Beobachtungszeitpunkte der Nachbeobachtung des Vergleichs zweier Blitzlampen, eines Diodenlasers und des Alexandritlasers 1	63
Tabelle 30: Übersicht über die Abbruchgründe der Studienteilnehmer der vergleichenden Untersuchung zur Effektivität zweier Alexandritlaser (Alexandritlaser 1 und 2) im „Low-dose-Bereich“ im Verlauf von 6 Wiederholungsbehandlungen (#)	71

11. Verzeichnis der verwendeten Begriffe und Abkürzungen

Alexandritlaser 1	Alexandritlaser EpiXan XL®, Firma WaveLight (ehemals Baasel)
Alexandritlaser 2	Alexandritlaser EpiLase®, Firma Lumenis (ehemals ESC Sharplan)
IPL 1	IPL EpiLight®, Firma Lumenis (ehemals ESC Sharplan)
IPL 2	IPL Ellipse®, Firma DDD
Diodenlaser	LightSheer, Firma Lumenis
#	Wiederholungsbehandlung

12. Danksagung

Danken möchte ich Herrn PD Dr. med. Michael Drosner vom cutaris Zentrum für dermatologische Laserforschung für die Überlassung des Themas und die immerwährende Unterstützung bei der Erarbeitung der Ergebnisse.

Weiterhin möchte ich mich bedanken für die tatkräftige Unterstützung von Frau Dr. med. Barbara Her-tenberger, cutaris Zentrum, die bei Fragen und Problemen stets ein offenes Ohr hatte.

Für die Anleitung zur statistischen Auswertung der Arbeit gebührt Frau Dr. Raymonde Busch, IMSE TU München, große Anerkennung.

Allen Vertretern der Laserfirmen WaveLight, DDD und Lumenis, möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen für die kostenlose Überlassung der Laser und Blitzlampen. Herrn Dr. Werner Falkenstein, WaveLight, gilt mein Dank für viele konstruktive Gespräche und anregende Kritik, sowie für die vielseitige Unterstützung, die er mir zuteil werden ließ. Herrn Vardai, DDD, und Herrn Eckert, Lumenis, danke ich für Hilfestellung bei der Beschaffung verschiedener Unterlagen über ihre Photo-Epilationssysteme.

Darüber hinaus möchte ich mich beim gesamten Team des cutaris-Zentrums für die stete Hilfe bei der praktischen Umsetzung bedanken und allen Probanden, die geduldig die doch zeitaufwändige Prozedur des Haarezählens über sich ergehen ließen.

Für Unterstützung bei technischen Problemen möchte ich mich bei Herrn Fabian Jankl bedanken.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie, die immer da war, wenn ich sie brauchte.

13. Lebenslauf

11.07.1974	geboren in Kösching
September 1981	Eintritt in die Grundschule Vohburg
September 1984	Besuch des Musischen Gnadenthal-Gymnasiums Ingolstadt
Juli 1994	Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife
November 1994	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Universität Regensburg
Oktober 1997	Ärztliche Vorprüfung
April 1999	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
September 2000	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
November 2001	Ärztliche Prüfung
Juli 2002	Beginn einer Tätigkeit als ÄiP im Universitätskrankenhaus Hamburg-Eppendorf in der Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie