

Aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Evaluation der Aufhellungseffektivität von Perfect Bleach®
Office+ der Firma VOCO – eine in-vivo Untersuchung**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der
Zahnmedizin

der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
vorgelegt von

Morse Bayadse
aus Hadera

Mainz, 2018

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

11. Dezember 2018

Meiner Familie in großer Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis:

INHALTSVERZEICHNIS:	4
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
1. EINLEITUNG	7
2. LITERATURDISKUSSION	8
2.1. ZAHNVERFÄRBUNGEN.....	8
2.1.1. <i>Extrinsische Zahnverfärbung</i>	8
2.1.2. <i>Intrinsische Zahnverfärbung</i>	12
<i>Präeruptive Zahnverfärbung</i>	12
<i>Posteruptive Zahnverfärbung</i>	14
2.2. ZAHNFARBENBESTIMMUNG	16
2.2.1. <i>Visuelle Zahnfarbenbestimmung</i>	16
2.2.2. <i>Digitale Zahnfarbenbestimmung</i>	18
2.3. BLEICHWIRKSAME SUBSTANZEN	20
2.3.1. <i>Wasserstoffperoxid</i>	21
2.3.2. <i>Carbamidperoxid</i>	22
2.3.3. <i>Natriumperborat</i>	23
2.3.4. <i>Unerwünschte Nebenwirkungen</i>	23
2.4. BLEICHVERFAHREN	25
2.4.1. <i>Internes Bleaching</i>	25
2.4.2. <i>Externes Bleaching</i>	26
<i>At-home-bleaching</i>	26
<i>In-office-bleaching</i>	27
3. MATERIAL UND METHODE	29
3.1. MATERIAL	29
3.1.1. <i>Geräte</i>	29
3.1.2. <i>Instrumente</i>	30
3.1.3. <i>Verbrauchsmaterialien</i>	31
3.1.4. <i>Software</i>	32
3.2. METHODE.....	33
3.2.1. <i>Ziel der Studie</i>	33
3.2.2. <i>Studiendesign</i>	34
3.2.3. <i>Studienprotokoll</i>	35
3.2.4. <i>Methodenverlauf</i>	36

3.2.5. <i>Ethische und rechtliche Aspekte</i>	42
3.3. VERSUCHSAUSWERTUNG.....	44
4. ERGEBNISSE	45
4.1. VERGLEICH DER HELLIGKEIT AN ZAHN 11 ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN	45
4.2. VERGLEICH DER SÄTTIGUNG AN ZAHN 11 ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN	46
4.3. VERGLEICH DES FARBTONS AN ZAHN 11 ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN	47
4.4. VERGLEICH DES FARBABSTANDES ΔE AN ZAHN 11 ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN.....	48
4.5. VERGLEICH DER HELLIGKEIT CIE-L* IM OBERKIEFER.....	49
4.5. VERGLEICH DER SÄTTIGUNG CIE-C* IM OBERKIEFER.....	50
4.5. VERGLEICH DER FARBTON CIE-H ^o IM OBERKIEFER	51
4.5. VERGLEICH DER FARBABSTAND ΔE IM OBERKIEFER	52
4.5. VERGLEICH DER HELLIGKEIT CIE-L* IM UNTERKIEFER.....	53
4.5. VERGLEICH DER SÄTTIGUNG CIE-C* IM UNTERKIEFER.....	54
4.5. VERGLEICH DER FARBTON CIE-H ^o IM UNTERKIEFER	55
4.5. VERGLEICH DER FARBABSTAND ΔE IM UNTERKIEFER.....	56
4.5. KREUZTABELLEN	57
5. DISKUSSION	69
5.1. METHODENDISKUSSION.....	69
5.2. ERGEBNISDISKUSSION.....	74
6. ZUSAMMENFASSUNG	78
7. LITERATURVERZEICHNIS	80
8. ANHANG	94
LEBENS LAUF	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
z.B.	zum Beispiel
K	Kelvin
Lx	Lux
Abb.	Abbildung
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
CRF	Case Report Form
mm	Millimeter
GCP	Good clinical practice
ICH	International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz

1. Einleitung

Der Zahnarzt ist zunehmend mit dem Wunsch vieler Patienten nach natürlich aussehenden, hellen und weißen Zähnen konfrontiert. Eine helle Zahnfarbe wird von den Patienten als ein Ausdruck von Gesundheit, Ästhetik und Attraktivität angesehen. Das gilt sowohl für den Zahnersatz, als auch für die natürlichen Zähne. Dieser Trend wird durch die stetige Zunahme von Bleaching Produkten auf dem dentalen Markt unterstützt. Darüber hinaus steigt die Nachfrage nach dentalen keramischen Materialien, die auf helle Zahnfarben abgestimmt sind, zunehmend an.

Viele Studien untersuchen den Zusammenhang eines attraktiven Erscheinungsbildes mit der Zahnform, -stellung und -farbe. Dabei ist festzustellen, dass die Zahnfarbe eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der Attraktivität des Menschen spielt [1].

Einige Untersuchungen zeigen, dass die Attraktivität mit Assoziationen einhergeht, die diese Menschen als erfolgreich, gebildet und wohlhabend beschreiben. Im Gegensatz dazu werden Menschen mit dunklen und verfärbten Zähne als unattraktiv wahrgenommen [2]. Diese Patienten fühlen sich in der Gesellschaft oftmals nicht akzeptiert und können erst durch die zahnärztliche Behandlung mit der Korrektur der Zahnfarbe durch eine Aufhellung oder einer prothetische Versorgung mittels Veneers oder Kronen ein verbessertes Selbstwertgefühl erreichen.

Die Auswahlmöglichkeit der Aufhellungsmethode durch das Bleaching obliegt der Entscheidung des Zahnarztes. Es stehen hierbei zwei verschiedenen Methoden zur Verfügung:

Auf der einen Seite steht das „in-office-bleaching“, bei dem der Zahnarzt in nur einer Sitzung die Zähne mit einem höher konzentrierten Bleaching-Gel behandelt. Auf der anderen Seite steht das Verfahren „at-home-bleaching“, bei dem über einen längeren Zeitraum ein Bleaching-Gel mit geringerer Konzentration angewendet wird. Dieses kommt zur Anwendung in einer speziell für den Patienten angefertigten Schiene und sollte über mehrere Stunden einwirken können.

Ziel dieser Untersuchung ist es die Effektivität eines in-office-bleaching Produktes zu evaluieren und die Veränderungen der Farbkoordinaten in einem Beobachtungszeitraum von vier Wochen zu dokumentieren.

2. Literaturdiskussion

2.1. Zahnverfärbungen

Natürliche Zähne sind lichtdurchlässig. Sie reflektieren, absorbieren und transmittieren das einfallende Licht. Diese sogenannte Transluzenz in Zusammenarbeit mit Farbe, Licht, Opazität, und Oberflächenstruktur ist für die natürliche Zahnfarbgebung verantwortlich [3, 4].

Diskolorationen von Zähnen sind unter anderem ein natürlicher Prozess. Die Alterung der Zähne führt ohne exogene Ursache zur Farbveränderung. Da die Schmelzschicht aufgrund Abrasion und Attrition im Laufe des Lebens kleiner wird und gleichzeitig die Dentinschicht morphologisch durch Bildung von Tertiärdentin größer wird, kommt es zu einer Veränderung der Zahnfarbe [5, 6]. Somit erscheint die Zahnfarbe mit zunehmendem Alter dunkler.

Bei jüngeren Menschen wirken Zähne aufgrund der dickeren Schmelzschicht und der weniger intensiven Sättigung des Dentins optisch heller. Da bei dem natürlichen Alterungsprozess die Zähne dunkler werden, fühlen sich Menschen mit hellen Zähnen jünger und attraktiver [5].

Darüber hinaus gibt es neben der altersbedingten Zahnverfärbung noch weitere definierte Zahnverfärbungen. Zu unterscheiden sind die extrinsischen von den intrinsischen Zahnverfärbungen [6, 7].

2.1.1. Extrinsische Zahnverfärbung

Die Auflagerung von kleinsten Partikeln auf der Zahnoberfläche führt zu Zahnverfärbungen. Solche reversiblen Zahnverfärbungen entstehen durch verschiedene Prozesse in der Plaque [6, 8].

Die Bildung eines Biofilms auf der Zahnoberfläche erfolgt durch die Absorption von verschiedenen Proteinen aus dem Speichel und wird mittels elektrischer Bindungen an die Kalzium- bzw. Phosphatgruppen des Apatits der Zahnhartsubstanzen gebunden [9].

Die Anziehungskräfte der verschiedenen Partikel haben eine kritische Rolle in der Entstehung von extrinsischen Zahnverfärbungen. Es unterscheiden sich die Langstreckeninteraktionen, wie elektrostatische und van-der-Waals Kräfte, von Kurzstrecken Interaktionen, wie hydrophobe Interaktionen und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen [10]. Diese Membranbindungen an der Zahnoberfläche erleichtern innerhalb weniger Stunden die Haftung von grampositiven Kokken und Aktinomyzeten. Die Plaque-schicht vergrößert sich durch weitere Akkumulationen und Teilungsvorgänge. Diese so entstandene Schicht besteht zu 60-70% aus Bakterien [7]. Die Auflagerungen absorbieren die sogenannten Chromophore (Farbstoffe) aus der unmittelbaren Umgebung und stabilisieren diese durch Mineralisierungsprozesse [6, 7].

Die Chromophore werden aus der Nahrung mit intensiven Farbstoffen (z.B. Curry, Rote Beete), Getränken (Fruchtsäfte), Genussmitteln (Rotwein, Tabak, Kaffee und Tee) und metallhaltigen Medikamenten und Desinfektionslösungen (Eisen, Kaliumpermanganat, Silber) angelagert [7, 11, 12].

In manchen Fällen (hauptsächlich im Milchgebiss) entstehen dunkle Ablagerungen durch pigmentbildende Bakterien (*Bacteroides melaninogenicus*), welche aber im Laufe der Pubertät durch Wechsel der Bakterienstämme in der Mundflora wieder verschwinden. Solche Anlagerungen werden „black stain“ bezeichnet und sind nicht pathologisch [7, 12]. Black stain wird häufig bei Kindern mit guter Mundhygiene und geringer Kariesaktivität entlang des Gingivasaums beobachtet [13]. Im Milchgebiss mit einer schlechten Mundhygiene befinden sich vor allem an den bukkalen Flächen gelbe, grüne oder orangene Zahnverfärbungen, die so genannten green stain bzw. orange stain [14-16].

Die extrinsischen Zahnverfärbungen wurden lange Zeit in metallische und nichtmetallische Zahnverfärbungen unterteilt [10, 17]. Zu den nichtmetallischen Verfärbungen gehören Chromogene aus Tee, Kaffee, Wein, Fruchtsäften und Tabak. Metallische Verfärbungen können durch Zinnfluorid oder andere Metallsalze in Zahnpasta und Spüllösungen verursacht werden. Darüber hinaus wurden metallische Verfärbungen durch Metalle bei Arbeitern in der Kupfer-, Nickel-, und Eisenindustrie festgestellt [8, 11, 17]. Die Problematik dieser Einteilung ist die fehlende Berücksichtigung von chemischen Mechanismen, die Variabilität der Verfärbungen und deren multiplen Entstehungsfaktoren, sowie die Tatsache, dass nicht alle Metalle zu extrinsischen Verfärbungen führen [10].

In Tabelle 1 sind verschiedene extrinsische Verfärbungen und ihre möglichen Ursachen aus metallischen und nichtmetallischen bzw. organischen Chromogenen aufgeführt.

Tabelle 1: Ursachen der extrinsischen Zahnverfärbungen.

Verfärbung	Ursache	Beispiel
schwarz	Nahrungsmittel Metalle-Industriestaub Desinfektionslösung	Johannisbeeren Eisen, Mangan Silber
braun	Nahrungsmittel Mundspüllösung	Kaffee, Tee, Rotwein(Tannine) Chlorhexidin
schwarz-braun	Tabak grampositive Stäbchen	Teer black stains
braun-gelb	Mundspüllösung berufliche Metalleinwirkung	Zinn Cadmium
grün	berufliche Metalleinwirkung	Kupfer, Nickel
schwarz-grün	chromogene Bakterien	green stains
orange	Industrie chromogene Bakterien	Chromsäure orange stains
gelb	Nahrungsmittel	Curry
rötlich	Nahrungsmittel	Safran, roter Pfeffer
violett	Nahrungsmittel	Waldbeeren
schwarz-violett	Desinfektionslösung	Kaliumpermanganat

Im Jahr 1997 hat Nathoo eine neue Klassifikation für die extrinsische Zahnverfärbung veröffentlicht. Die Klassifikation basiert auf der Chemie und der Reaktion zwischen den Farbpigmenten und der Zahnoberfläche [10]:

N1-Typ: Der N1-Mechanismus beschreibt die Ähnlichkeit zwischen der Zahnverfärbung und der Farbe des verursachenden Materials. Dieser Mechanismus lässt sich auf die Bildung von Pellikeln zurückführen [10, 18]. Die Fähigkeit der Speichelkomponenten sich an den Schmelz zu binden, ist ausschlaggebend für eine Farbbildung auf der Zahnoberfläche [10, 14]. Da der Schmelz eine negativ geladene Oberfläche hat, binden Speichelproteine über elektrostatische Kräfte durch Kalziumbrücken direkt an der Zahnoberfläche.

Durch direkte Disposition von Essen und Getränken, wie Kaffee und Tee, übertragen sich die Farbpigmente auf die Zahnoberfläche. Hier ist die Farbe der Verfärbung identisch mit der Farbe der Chromogene [10].

Tannine sind die hauptverantwortlichen Substanzen für Zahnverfärbungen dieser Art. Tannine gehören chemisch gesehen zu den Polyphenolen und können deren Farbstoffe über Doppelbindungen und Ionenaustausch an die Zahnoberfläche anbinden [19, 20].

Metallische Verfärbungen gehören auch zum N1-Typ. Die negative Ladung der Schmelzoberfläche ist unter Speichereinfluss sehr schnell durch Metallionen besiedelt und neutralisiert. Somit bildet sich eine Hydrationschicht oder die sogenannte Stern-Schicht [21]. Wenn diese gebildete Stern-Schicht Kontakt mit Metallionen aus Kupfer, Nickel oder Eisen hat, ergeben sich grüne Verfärbungen. Das kann zumeist bei Industriearbeitern beobachtet werden [22].

N2-Typ: Bei diesem Typ binden initial Pigmente an der Zahnoberfläche, anschließend erfahren diese Verfärbungen eine Farbveränderung. Die sich im interproximalen Raum befindlichen initial gelben Zahnverfärbungen gehören zu diesem Typ der Zahnverfärbungen. Diese werden mit der Zeit zunehmend dunkler [14]. Grund dafür ist eine weitere Akkumulation oder eine chemische Modifikation der gebundenen Proteine [23].

Die N1-Typ Verfärbungen neigen häufig dazu mit der Zeit dunkler zu werden, sodass sie dann unter die Klassifikation N2-Typ eingeordnet werden [10].

N3-Typ: Bei diesem Typ der Zahnverfärbungen haften sich zunächst farblose Substanzen an die Zahnoberfläche. Diese transformieren chemisch zu dunklen Chromogenen. Solche Veränderungen werden als indirekte Zahnverfärbungen bezeichnet [10].

Ein Beispiel für N3-Typ Diskolorationen ist die Reaktion von Chlorhexidin. Chlorhexidin bindet über seine kationische Gruppe an den negativ geladenen Schmelz. Durch wiederholtes Anwenden von Chlorhexidin kommt es mit Beteiligung von Licht und Sauerstoff zur Transformation der farblosen hin zu dunkelbraunen Anlagerungen [8]. So eine nicht enzymatische Reaktionskaskade ist ebenso bei anderen Substanzen zu beobachten. Ein Beispiel dafür ist die Transformation von Aminosäuren.

Diese nicht enzymatisch mehrstufige Bräunungsreaktion bezeichnet man als Maillard-Reaktion [10]. Dabei transformiert sich die Aminosäure im Laufe der Zeit mit reduziertem Zucker. Dies führt zu einer Strukturänderung und dadurch zu dunklen Verfärbungen [8, 19]. So eine Farbveränderung findet an den Zahnoberflächen, aber auch in Lebensmitteln (z.B. Kartoffel) statt.

Es besteht kein Bleachingbedarf bei externen Anlagerungen auf dem Schmelz. Derartige Verfärbungen sind durch eine professionelle Zahnreinigung gut entfernbar [24, 25].

2.1.2. Intrinsische Zahnverfärbung

Im Gegensatz zu den extrinsischen Zahnverfärbungen zeigen sich die intrinsischen Zahnverfärbungen durch Pigmentierung innerhalb des Schmelzes und Dentins. Dabei unterteilen sich die intrinsischen Zahnverfärbungen in präeruptive und posteruptive Verfärbungen [8, 10].

Präeruptive Zahnverfärbung

Eine endemische Fluorose ist die häufigste Form von präeruptiven Zahnverfärbungen, verursacht durch übermäßige Fluorideinnahme während der Zahnentwicklung [10]. Durch die Einlagerung von Fluoriden in den Zahnschmelz während der Amelogenese kommt es zu einer Hemmung der Ameloblasten, sodass eine Hypomineralisation entsteht [26].

Eine präeruptive Zahnverfärbung ist des Weiteren durch die Einnahme von tetrazyklinbasierenden Antibiotika in der Schwangerschaft während der Zahnhartsubstanzbildung möglich [2, 27].

Seit dem Jahr 1949 sind Tetrazykline aufgrund deren breiten antibakteriellen Spektrums im Einsatz. Erst im Jahr 1957 haben Rall und Milch festgestellt, dass sich Tetrazykline im Knochen während der Entwicklung ablagern [28]. Ein Jahr später konnte Milch in Tierexperimenten Tetrazykline sogar in den Zähnen nachweisen [29]. Im Jahr 1958 stellten Shwachman *et al.* Zahnverfärbungen bei 50 Kindern fest, die als Neugeborene mit Tetrazyklinen behandelt wurden [30]. Seitdem wurden zahlreiche klinische Beobachtungen sowie experimentelle Studien, die Zahnverfärbungen mit der Einnahme von Tetrazyklinen in Verbindung bringen, publiziert [29, 31].

Besonders betroffen hierbei waren Neugeborene, die Tetrazykline ab dem zweiten Trimenon der Schwangerschaft oder in der Stillzeit erhielten, sowie Kinder unter acht Jahren [32, 33]. Durch die Affinität der Tetrazykline zu Kalzium im Hydroxylapatit entstehen dunkle Zahnverfärbungen und Schmelzdefekte [2]. Hierbei kommt es zur Ausbildung von rotem Chinon (4-a,12-a Anhydro-4-oxo-4-dimethyl-amino-tetracyclin), welches durch eine lichtinduzierte Oxidation gebildet wird [2]. Die Menge und die Dauer der Applikation von Tetrazyklinen ist entscheidend für die Stärke der Verfärbung bzw. für die Missbildungen von Zähnen [2, 29]. Die Art der Verfärbung hängt dabei von den Gruppen der verschiedenen Tetrazyklinderivate ab [34]. Grau-braune Verfärbungen sind beispielsweise bei Applikation von Aureomycin zu beobachten [34, 35], gelbe Verfärbungen entstehen nach Therapien mit Lermycin oder Terramycin [35].

Eine weitere Ursache für präeruptive Zahnverfärbungen ist die Entzündung von Milchzähnen. Hierbei kann zum Beispiel durch eine Parodontitis apicalis im Milchgebiss ein lokalisierter Defekt des bleibenden Zahnes entstehen [36], wenn das Entzündungsgeschehen die Knochenwand zwischen Milchzahn und Zahnkeim durchbricht [7, 37]. Schmelzhypoplasien, unvollständige oder deformierte Zahnkronen, aber auch lokalisierte Zahnverfärbung sind Folgen einer Entzündung des Zahnkeimes [7, 36, 38]. In der Literatur werden solch geschädigte Zähne als Turner Zahn, nach dem englischen Zahnarzt J.G. Turner, bezeichnet [39].

Darüber hinaus kann es durch genetisch bedingte Zahndefekte, wie Dentinogenesis imperfecta oder Amelogenesis imperfecta zu präeruptiven Zahnverfärbungen kom-

men [40]. Auf Grund von Obliterationen des Dentins bei Dentinogenesis imperfecta entstehen perlmuttartige bläulich-gräulich-rötliche Erscheinungen der Zähne.

Bei der Amelogenesis imperfecta sind gelb-braune Verfärbungen zu beobachten, die hauptsächlich auf die stärker imponierende Dentinschicht zurückzuführen sind [40].

Überdies zeigen weitere Erkrankungen in ihrem klinischen Bild präeruptive Zahnverfärbungen: Erythroblastosis fetalis, kongenitale Gallengangdefekte und neonatale Hepatitis gehören durch die erhöhte Bilirubinkonzentration dazu. Die im Dentin grau-grünen Farbstoffanlagerungen wurden durch Müller *et al.* an Tiermodellen in Zusammenhang mit einer Hyperbilirubinämie gebracht [41].

Posteruptive Zahnverfärbung

Intrinsische Zahnverfärbungen können darüber hinaus ebenso posteruptive Ursachen haben [42]. Diese Zahnverfärbungen können durch Zahntrauma, Pulpa-hämorrhagie oder eine Blutdiffusion in das Dentin durch unvollständige Exstirpation der Pulpa im Rahmen einer endodontischen Behandlung ausgelöst werden [43, 44]. Zu Beginn sind diese Verfärbungen blass rosa, nach dem Zerfall des Hämoglobins und der Freisetzung von Eisen kommt es zu einer grau-schwarzen Verfärbung [8]. Chemisch betrachtet reagiert das freigesetzte Eisen hierbei mit Schwefelgruppen aus Bakterienabbauprodukten oder Pulpaproteinen, als Produkt ergibt sich das Eisensulfid mit seiner gräulichen Färbung [45, 46].

Neben den physiologischen Alterungsprozessen, wie die zunehmende Sklerosierung des Dentins und Anbau von Tertiärdentin, wird die Farbentwicklung im Alter auch von Abrasionen, Attritionen und Erosionen beeinflusst [2, 5].

Ebenso können aber auch Farbstoffe aus Medikamenten (z.B. schwefelhaltige Medikamente, Jod, Silbernitrat) oder Füllungsmaterialien (Aufbaumaterialien, Wurzelfüllungen, Amalgam) in die Dentintubuli diffundieren und somit posteruptive Zahnverfärbungen induzieren [47, 48].

Tabelle 2: Ursachen der intrinsische Zahnverfärbungen.

Verfärbung	Ursache	Beispiel
schwarz	Wurzelkanalfüllungsmaterialien schwefelhaltige Medikamente	Silberstift
schwarz-braun	iatrogene Ursachen	Silbernitrat
schwarz-grau	Füllungsmaterialien endodontisch	Amalgam unvollständige Extirpation
gelb	Alterung Tetrazyklin	Obliterationen Ledermycin
gelb-braun	Turner-Zahn Amelogenesis imperfecta Medikamente Tetrazyklin	Jod Ledermycin
braun	Fluorose	Fluorid
braun-grau	Tetrazyklin	Aureomycin
braun-rot	kongenitale Porphyrie	Hämatoporphyrin
rötlich	Pulpahämorrhagie	Trauma
grün	kongenitale Gallengangsdefekte	Gallenfarbstoffe
grün, graublau	Erythroblastosis fetalis Thalassmie	Biliverdin Bilirubin
bernsteinfarben	Dentinogenesis imperfecta	
weiß	lokale Mineralisationsstörung	Fluorose Schmelzentwicklungsstörung

2.2. Zahnfarbenbestimmung

2.2.1. Visuelle Zahnfarbenbestimmung

Die Zahnfarbenbestimmung ist ein zentraler Punkt bei der Anfertigung von Zahnersatz oder auch bei der Kontrolle eines Bleaching-Ergebnisses [49-51]. Das visuelle Bestimmen der Zahnfarbe ist eine subjektive Methode und unterliegt einigen Fehlerquellen und Einflussfaktoren. Es ist darauf zu achten, dass eine bestimmte Lichttemperatur (ca. 6500K) und Lichtintensität (2000lx) eingehalten wird, um die subjektiven Einflüsse möglichst stark zu minimieren [52]. Bei der Verwendung von Lichtarten mit einer geringeren Lichttemperatur kommt es hierbei zu einer Verschiebung hin zu rötlicheren Farben. Wird eine zu hohe Lichttemperatur gewählt, kann es zu Blendeffekten kommen und somit zu einer Verschiebung der Grauwertunterscheidung [53]. Selbst bei standardisierten Umgebungsbedingungen kann es zu einer relativ großen Variabilität der Ergebnisse bei der visuellen Zahnfarbenbestimmung kommen [52, 54].

Die konventionelle Zahnfarbenbestimmung wird durch visuelle Abmusterung eines Referenzzahnes mit einem durch die Industrie vorgegebenen Farbschlüssel (Abb.1/Abb.2) durchgeführt [55]. Nachdem hierbei eine Grundfarbe bestimmt wurde, kann diese noch durch zusätzliche Angaben, wie zum Beispiel die Farbe im Zahnhalsbereich und im Schneidekantenbereich modifiziert werden [56, 57].



Abbildung 1: Vitapan® classical Farbschlüssel

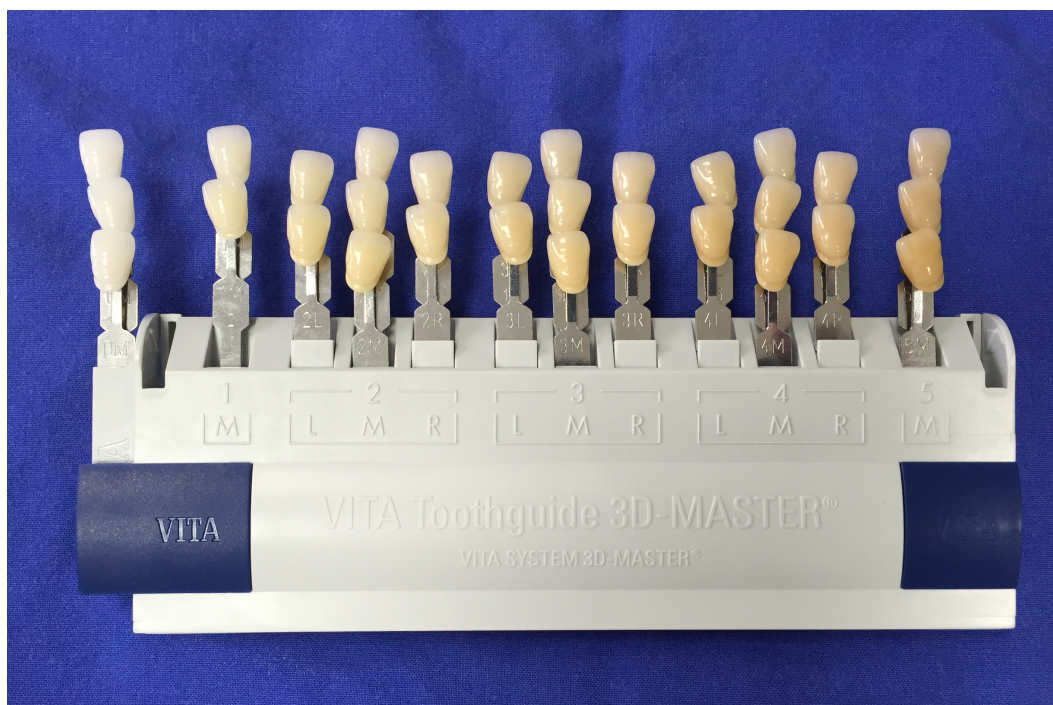


Abbildung 2: Vita system 3D-Master® Farbschlüssel

Die besten Ergebnisse der visuellen Zahnfarbenbestimmung lassen sich bei einer Abmusterung unter einem diffusen Nordlicht zur Mittagszeit erzielen. Ist dies nicht möglich, sollte die Bestimmung stets unter tageslichtähnlichen Bedingungen stattfinden und es sollten darüber hinaus keine ausgeprägten farbigen Akzente, wie zum Beispiel Lippenstift, auffällige Kleidung oder Reflexionen von farbigen Wänden die Farbnahme stören [52].

Dennoch unterliegt die visuelle Zahnfarbenbestimmung, trotz Einhalten aller Vorgaben und Empfehlungen, einer Schwankung allein durch den Einfluss von Stimmung und Müdigkeit des Betrachters. Die Augen ermüden bereits nach sieben Sekunden bei der Bestimmung der Zahnfarbe [58, 59].

2.2.2. Digitale Zahnfarbenbestimmung

Die digitale Zahnfarbenbestimmung kann durch ein metrisches Verfahren eine objektive, von Umgebungsfaktoren und anderen subjektiven Faktoren unabhängiges Ergebnis ermöglichen [60, 61]. Vor allem kann hierdurch eine erhöhte Reproduzierbarkeit der Messergebnisse erzielt werden. Trotz der verschiedenen Variablen sind durch die hohe Reproduzierbarkeit wiederholbare präzise Ergebnisse zu erwarten. Dies steigert die Genauigkeit und ergibt ein erhöhtes Einsparpotenzial, da die Kosten, die durch eine Neuanfertigung des Zahnersatzes entstehen, durch die objektivierbare Zahnfarbenbestimmung potentiell minimiert werden können [62, 63].

Geräte, welche zur digitalen Zahnfarbenbestimmung verwendet werden sind meistens spektralfotometrische Systeme. Diese Systeme berechnen innerhalb eines definierten Wellenlängenbereiches des Farbspektrums die Farbkoordinaten des gemessenen Zahnes. Diese Koordinaten werden dann der dazu am besten passenden Farbmusterangabe, wie zum Beispiel „A2“, zugeordnet [64].

Bei diesen Geräten werden nicht nur die passenden Farbmuster angezeigt, sondern es besteht darüber hinaus die Möglichkeit die genauen Farbkoordinaten zu bestimmen und anzuzeigen. So können einige Geräte sowohl die CIE-L*a*b⁻, als auch die CIE-L*C*h[°]-Farbkoordinaten angeben, welche exakt eine Farbe im dreidimensionalen Raum beschreiben. Die L^{*}-Koordinaten geben hierbei den Helligkeitswert der Farbe an, die a^{*}-Koordinate gibt eine Verschiebung auf der Rot-Grün-Achse, die b^{*}-Koordinate gibt eine Verschiebung auf der Blau-Gelb-Achse, die C^{*}-Koordinate gibt den Sättigungsgrad an und die h[°]-Koordinate steht für einen bestimmten Farbton [65, 66].

Ein weiterer besonderer Vorteil der digitalen Zahnfarbenbestimmung besteht in der vereinfachten Kommunikation mit dem zahntechnischen Labor. In Kombination mit entsprechenden Software-Applikationen können die Messergebnisse dem zahntechnischen Labor mitgeteilt werden. Im Idealfall verfügt der Zahntechniker über das gleiche Farbbestimmungssystem, sodass er die fertige Restauration auf farbliche Übereinstimmung metrisch überprüfen kann. Somit bleibt in diesem Bereich die Farbbestimmung, Farbkommunikation und Farbproduktion unabhängig von äußeren Einflüssen und subjektiven potentiellen Fehlerquellen [67, 68].

Vita Easyshade® Advance



Abbildung 3: Vita Easyshade® Advance

In der hier vorliegenden Untersuchung wurde ein spektralfotometrisches System (Abb.3) der Firma Vita (Bad Säckingen, Deutschland) zur Überprüfung der Zahnfarbe und deren Veränderung nach dem Bleaching Vorgang verwendet.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Verwendung von spektralfotometrischen Daten liegt in der Möglichkeit die gemessenen Farbkoordinaten metrisch zu analysieren. So er-

$$\Delta E_{t_1, t_2} = \sqrt{(L_{t_1} - L_{t_2})^2 + (a_{t_1} - a_{t_2})^2 + (b_{t_1} - b_{t_2})^2}$$

lauben die CIE-L*a*b* Farbkoordinaten die Berechnung der Farbdifferenz ΔE z.B. zwischen zwei unterschiedlichen Messungen. Eine Farbdifferenz von $\Delta E \geq 1$ wird hierbei bereits von einem geübten Betrachter wahrgenommen. Farbunterschiede über $\Delta E=3,7$ [69, 70] werden bei der Anfertigung von Zahnersatz als klinisch nicht mehr akzeptabel angesehen [69-71].

2.3. Bleichwirksame Substanzen

Schon bei den Römern bestand der Wunsch nach helleren, weißen Zähnen. Urea (Harnstoff) wurde damals als Aufhellungsmittel verwendet [2]. Im Mittelalter war „aqua fortis“ das Mittel der Wahl zum Aufhellen der Zähne. Hauptbestandteil hiervon war Salpetersäure [2].

Erst im 19. Jahrhundert begannen Zahnärzte mit dem professionellen Bleichen. Anfangs wurden lediglich nicht-vitale Zähne gebleicht, als effektive Bleichmittel wurden Chlor-Präparate verwendet [72]. Eine Lösung aus Calcium- und Natriumhypochlorid mit dem Handelsnamen „Labarraque’s solution“ war zu dieser Zeit marktführend. Die Labarraque’s solution war sowohl bleichend als auch desinfizierend, auch bekannt als „Eau de Javel“, welches in Schwimmbädern und in der Endodontologie als Desinfektionsmittel Anwendung fand [73, 74].

Ende des 19. Jahrhunderts wurde Wasserstoffperoxid zum ersten Mal für das Bleichen vitaler Zähne eingesetzt. Im Jahr 1895 gelang es Westlake vitale Zähne mit Hilfe einer Mischung von Peroxiden und Äther zu bleichen [75].

Im Jahr 1937 experimentierte Ames mit dieser Mischung aus Wasserstoffperoxiden und Äther zusätzliche mit einer Hitzequelle, um bessere Bleichergebnisse zu erlangen [76].

Nutting und Poe haben im Jahr 1963 mit Hilfe von Superoxol und Natriumperborat das Bleichen von nicht-vitalen Zähnen weiterentwickelt [77, 78].

Walter Klusmeier entdeckte im Jahr 1968 zufällig, dass bei der Behandlung einer Gingivitis mittels einer über Nacht getragenen intraoralen Schiene mit Gly-Oxid (carbamide peroxide) die Zähne sichtbar aufgehellt wurden [79]. Seitdem wurden diese Methoden und Substanzen weiterentwickelt und stetig verbessert. Die am häufigsten benutzten Bleichmittel sind heute Carbamidperoxid, Wasserstoffperoxid und Natriumperborat [2, 78].

2.3.1. Wasserstoffperoxid

Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist ein farbloses flüssiges Oxidationsmittel. Es besteht aus Wasserstoffatomen und Sauerstoffatomen. Es löst sich gut in Wasser, Alkohol und Ethylenglycol. Durch sein geringes Molekulargewicht kann es leicht in die Zahnhartsubstanz diffundieren [80].

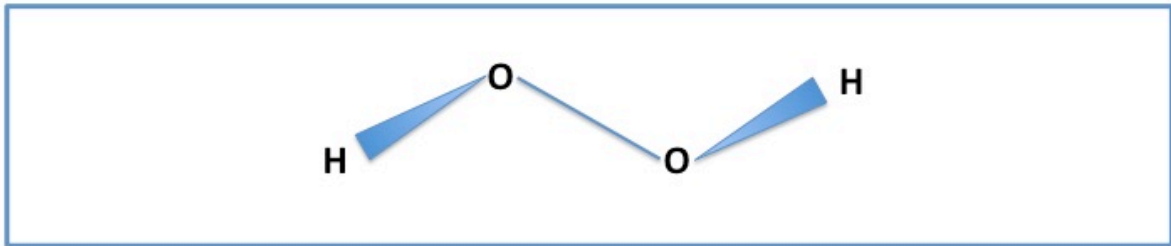


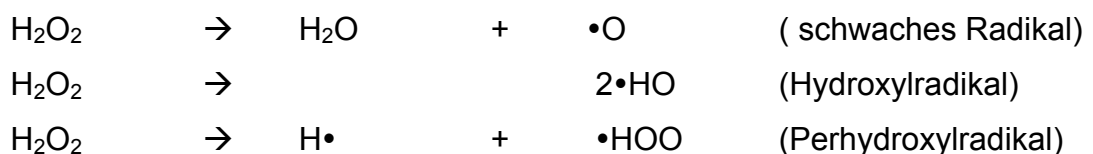
Abbildung 4: Wasserstoffperoxid (H_2O_2)

Wasserstoffperoxid kommt in verschiedenen Stoffwechselfvorgängen im menschlichen Körper vor, zum Beispiel als Produkt von oxidativen Reaktionen in den Peroxisomen [81]. Nichtsdestotrotz ist H_2O_2 durch seine Radikalität zellgiftig und wird deswegen durch Peroxidasen rasch abgebaut [82].

Wasserstoffperoxid ist eine instabile vielseitige Verbindung und ist über den gesamten pH-Wert als Oxidationsmittel wirksam [83]. Unter dem Einfluss von Licht und Wärme entsteht durch Fotodissoziation eine exotherme Reaktion [84].



Es wird dabei Wasser abgespalten (H_2O), wodurch einatomige Sauerstoffradikale (naszierender Sauerstoff), Hydroxylradikale ($\text{OH}\cdot$), oder Perhydroxo-Radikale entstehen [83, 85]. Der beim Zerfall des Peroxides gebildete Sauerstoff im Status nascendi hat eine bleichende sowie desinfizierende Wirkung [73, 86].



Durch die entstehenden Radikale werden die Doppelbindungen der Verfärbungen zerstört, und somit sind die farbbildenden Chromophore beseitigt [83, 87].

2.3.2. Carbamidperoxid

Carbamidperoxid ($\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$) wurde früher in der Zahnmedizin als orales Desinfektionsmittel angewendet [88]. Es ist eine organische Verbindung aus einer Harnstoff- und Peroxidgruppe. Im normalen Zustand kommt Carbamidperoxid in Form von weißlichen Kristallen vor. Es ermöglicht die instabile Wirksubstanz (H_2O_2) in stabiler Form zu lagern [89]. In einer wässrigen Lösung wird Wasserstoffperoxid abgespalten [90]. Hierbei entsteht reaktiver Sauerstoff [91]. Dies stellt ein starkes Oxidationsmittel dar [90].

Beim Auftragen von Carbamidperoxid auf die Zahnoberfläche spaltet es sich in seine Bestandteile Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und Harnstoff ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) auf [8]. Das Wasserstoffperoxid kann in die Zahnoberfläche eindringen, und durch die hochreaktiven Sauerstoffradikale zur Oxidation von Farbstoffen bzw. zur Zahnaufhellung führen. Der Harnstoff zerfällt dagegen in seine weiteren Bestandteile Ammonium (NH_3) und Kohlendioxid (CO_2) [92]. Das Carbamidperoxid ist somit keine echte chemische Verbindung sondern viel mehr ein Addukt (Wirkstoffcarrier) [93]. Eine Abweichung der Zusammensetzung im Bezug zur Wirkstoffkonzentration von den verschiedenen Produkten ist möglich. Beispielsweise besteht 10%iges Carbamidperoxid aus 3,4% Wasserstoffperoxid und 6,6% Harnstoff [94].

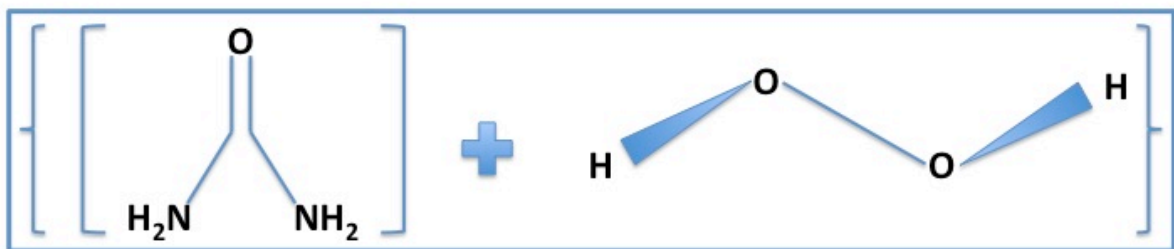


Abbildung 5: Carbamidperoxid ($\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$)

2.3.3. Natriumperborat

Die Substanz Natriumperborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ist eine weitere Verbindung mit Peroxidgruppe. Das Natriumperborat ist ein geruchloses, weißes, kristallines Pulver. Es setzt aggressiven atomaren Sauerstoff frei [43]. Es kommt in verschiedenen Formen (Monohydrat, Trihydrat und Tetrahydrat) vor, abhängig vom Kristallwassergehalt [95]. Die Verbindung Natriumperborat wird für internes Bleaching verwendet [96]. Das Pulver kann mit Wasserperoxid oder mit destillierendem Wasser vermischt werden [97].

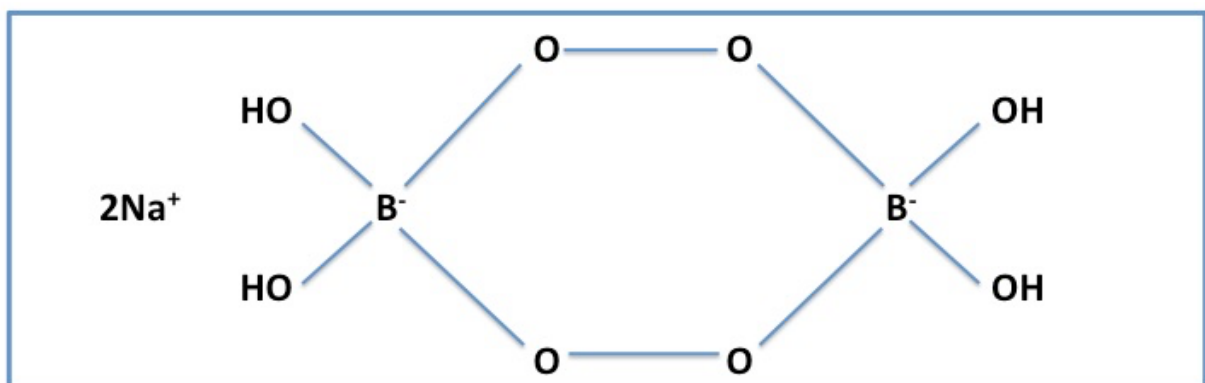


Abbildung 6: Natriumperborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

2.3.4. Unerwünschte Nebenwirkungen

In der Bleichtherapie sind einige Nebenwirkungen an Hart- und Weichgewebe bekannt. Gingivairritationen und Hypersensibilitäten sind die häufigsten Nebenwirkungen beim Bleichen [98].

Die Irritationen der Gingiva kommen durch falsche Anwendung des Bleaching-Gels bei der Bleichtherapie vor. Überdimensionierte Bleichschielen oder ein unzureichender Gingivaschutz sind die häufigsten Ursachen [99, 100].

Peroxide diffundieren durch die Zahnhartsubstanz hindurch. So können kleine Mengen Peroxid in die Pulpa eindringen [94]. Je nach Konzentration und Einwirkdauer führen Bleichsubstanzen zu histologisch nachweisbaren Entzündungsreaktionen in der Pulpa [101]. Eine Empfindlichkeit der Zähne ist die Folge [102]. Ein kurzzeitiges Austrocknen der Zähne ist eine weitere Nebenwirkung der Bleichtherapie. Die Irritationen sowie die Hypersensibilität sind vorübergehend und reversibel [101].

Eine weitere Nebenwirkung am Hartgewebe ist die Veränderung der Schmelzoberfläche. Kalzium, Phosphat und Fluorid werden herausgelöst, welches zu einer Re-

duktion der Mikrohärtigkeit führt [103, 104]. Durch adäquate Fluoridierung erfolgt eine Remineralisierung und somit eine Stabilisierung der Schmelz-Porosität [105].

Restaurationsmaterialien sollen durch Wechselwirkung mit den Peroxiden vermehrt Monomere freisetzen. Dies kann zu Veränderungen in der Mikrohärtigkeit, in der Oberflächenstruktur, und in dem adhäsiven Verbund zwischen Kompositen und Schmelz/Dentin führen. Die Diskussion ist kontrovers, da dieses Thema noch nicht genug erforscht ist. Zahlreiche Studien untersuchten den Einfluss von Bleichmitteln auf Zahnrestorationen. Manche Studien stellten keine signifikanten Unterschiede in der Mikrohärtigkeit der Kompositmaterialien fest [106]. Andere Studien zeigen eine Aufweichung der Materialien an [107]. Bleichen raubt die Oberfläche an und kann Hybridkomposite sowie Komomere erweichen [107]. Die Haftkraft von Adhäsivrestorationen ist nach einer Bleichtherapie reduziert. Andere Studien zeigten dagegen keine signifikanten Veränderungen an. Der Einfluss von Bleichmitteln auf Restaurationsmaterialien ist zeitabhängig und mittelabhängig, bei adäquater Verwendung ist der Einfluss harmlos [108]. Es ist ratsam vor einer Kompositversorgung nach dem Bleichen zwei Wochen zu warten [109].

Die Nebenwirkungen am Weichgewebe begrenzen sich nicht nur auf Gingivairritationen. Das reaktive Wasserstoffperoxid kann in hohen Dosen nekrotisch auf die Schleimhaut wirken. Bei Tierversuchen wurde nach dem Verschlucken von großen Mengen Wasserstoffperoxid das Auftreten von Magengeschwüren beobachtet [110, 111]. In der Literatur sind soweit keine systemisch toxischen Reaktionen nach einer Bleichtherapie bekannt [78, 112].

Ein erhöhtes Nebenwirkungsrisiko bei der internen Bleichtherapie ist die zervikale externe Wurzelresorption [113]. Die zervikale externe Wurzelresorption kann nach mechanischen oder chemischen Reizen auftreten. Hierbei wird das Parodontium verletzt und klastische Zellen, sowie die sich im Sulkus befindenden Bakterien stimuliert [114].

2.4. Bleichverfahren

Zahnverfärbungen lassen sich im einfachsten Fall durch eine professionelle Zahnreinigung mittels Ultraschall, Pulverstrahl und Politur gut beseitigen [115]. Bei tiefer eingedrungenen Verfärbungen ist die alleinige Zahnreinigung nicht ausreichend. In solchen Fällen sind Bleichtherapien mittels Carbamid- oder Wasserstoffperoxid das Mittel der Wahl. Die Bleichtherapie ist im Gegensatz zu anderen Methoden wie restaurative Versorgung (Kronen und Veneers) minimalinvasiv und schont die Zahnhartsubstanz [116]. Es unterscheiden sich prinzipiell zwei Bleichverfahren. Zurückführend auf die Vitalität der Zähne ist bei den vitalen Zähnen eine externe Bleaching-Methode indiziert. Bei devitalen wurzelkanalbehandelten Zähnen ist die Therapie der Wahl ein internes Bleaching [117].

2.4.1. Internes Bleaching

Das interne Bleichen hat die primäre Indikation Verfärbungen endodontischen Ursprungs aufzuhellen. Es ist als eine postendodontische Therapie bekannt [118]. Durch persistierende Blutrückstände, medikamentöse Einlagen sowie Füllungsmaterialien kommt es nach Wurzelkanalbehandlungen zu intrinsischen Verfärbungen [48, 119]. Es können durch das interne Bleaching-Verfahren sehr gute ästhetischen Ergebnisse erreicht werden [120, 121].

Das interne Bleaching beinhaltet zwei Haupttechniken. Die erste Technik ist die sogenannte thermokatalytische Methode, die zweite Technik ist die Walking-Bleach-Technik [122]. Bei beiden Methoden wird Bleichmittel in das Pulpenkavum eingebracht. Sie unterscheiden sich lediglich in der Aktivierung des Sauerstoffs. Bei der thermokatalytischen Methode lässt sich die Reaktion durch Zufuhr von Wärme beschleunigen [96]. Bei der Walking-Bleach-Technik wird das ästhetische Aufhellungsergebnisse durch mehrmaliges Einbringen einer Bleicheinlage und einer ausreichenden Einwirkdauer erreicht. Das Bleichmittel der Wahl ist Natriumperborat zusammen mit Wasser oder 3%igem H_2O_2 vermischt. Die Mischung wird in das Pulpenkavum eingebracht und für 3-5 Tage verschlossen [123]. Anschließend wird der Zahn mit einer dichten provisorischen Füllung verschlossen [113]. Das Verfahren kann über Wochen bis zu dem gewünschten ästhetischen Ergebnis wiederholt werden [109, 124]. Nach Erzielen der gewünschten Ästhetik ist eine sorgfältige Reinigung und Ent-

fernung aller Wirkstoffe notwendig, bevor der Zahn mit einer definitiven Füllung versorgt wird. Eine Kalziumhydroxideinlage ist vor der definitiven Füllung ratsam, dadurch wird das Risiko einer zervikalen Wurzelresorption durch die Neutralisation des pH-Wertes gesenkt [6].

Bei der thermokatalytischen Technik wird das Bleichmittel im Pulpenkavum durch Licht, Laser oder Wärmezufuhr aktiviert. Hierdurch wird die chemische Reaktion beschleunigt, sodass während der Behandlungssitzung eine effektive Aufhellung erzielt werden kann [109]. Jedoch stellt diese Methode ein erhöhtes Risiko für externe Wurzelresorptionen dar [124]. Die Walking-Bleach-Technik ist für die Zahnhartsubstanz schonender [125].

2.4.2. Externes Bleaching

Das externe Bleaching ist für tief eingedrungene Verfärbungen vitaler Zähnen geeignet [110]. Dabei unterscheiden sich grundsätzlich zwei Methoden, das at-home-bleaching und das in-office-bleaching [126]. Zusätzlich existieren seit den neunziger Jahren auf den Markt freierhältliche Bleichprodukte [127]. Diese Bleichprodukte zur Selbstapplikation enthalten ähnliche Bleichmittel wie bei den at-home- und in-office-bleaching Produkten. Die Verbraucher sind dabei ungeschützt und können nicht vom Zahnarzt überwacht werden [128]. Diese Kategorie an Produkten ist unter dem Namen over-the-counter whitening bekannt.

At-home-bleaching

Die at-home-bleaching Methode wurde erstmals 1968 von dem Kieferorthopäden Walter Klusmeier beschrieben. Als er bei einer Gingivitis eine Hygienebehandlung für zuhause mittels einer mit Carbamidperoxid gefüllten Schiene durchgeführt hatte, entdeckte er die Aufhellung der Zähne als Nebeneffekt [129]. 1989 wurde die at-home-bleaching-Technik von Haywood und Heymann als „nightguard-vital-bleaching“ beschrieben [130]. Diese Methode gibt den Patienten die Möglichkeit mit Hilfe einer individuellen Tiefziehschiene die Zähne selbständig zuhause zu bleichen. In diesem Zusammenhang ist Carbamidperoxid-Gel das Präparat der Wahl, dieses steht herstellereigenspezifisch in unterschiedlichen Konzentrationen (5-22%) zur Verfügung [131, 132]. Die Vorteile der at-home-bleaching Methode sind die einfache Anwendung, die

geringe Behandlungszeit in der zahnärztlichen Praxis und damit die reduzierten Kosten sowie die evidente Sicherheit der verwendeten Bleichsubstanzen [133-138]. Ein Nachteil ist die Dauer der Behandlung bis eine effektive Aufhellung sichtbar ist, in der Regel sind hier bei einer täglichen Anwendung mindestens 2-3 Wochen notwendig [138-140].

Haywood und Heymann stellten optimale Ergebnisse bei moderaten Verfärbungen erst nach einer Therapiedauer von 6 Wochen fest [130].

In-office-bleaching

Die in-office-bleaching Methode kommt ausschließlich in der zahnärztlichen Praxis zum Einsatz. Die Zahnärztin/der Zahnarzt trägt, unter vorherigem Schutz der marginalen Gingiva, das Bleichgel direkt auf die Zahnoberfläche auf. Die verwendeten Bleichgele beinhalten meistens Wasserstoffperoxid in Konzentrationen zwischen 25-50% [141]. Bedingt durch die höhere Konzentration des Bleichmittels kann von einer schnelleren Radikalisierung der organischen Pigmente ausgegangen werden, so dass eine sichtbare Aufhellung bereits nach einer Sitzung erreicht werden kann. [142-144]

Neben der Art und Weise der Aufhellung ist die Konzentration der Bleichsubstanz und die Dauer der Einwirkzeit entscheidend für ein effektives Bleaching [145]. Eine randomisierte klinische Studie von Auschill et al. untersucht die initiale Effektivität von einem hoch konzentrierten Bleichgel (35% Wasserstoffperoxid) im Vergleich zu einem niedrig konzentrierten Bleichprodukt (10% Carbamidperoxid, 5,3% Wasserstoffperoxid). Hierbei erreichten hoch konzentrierte Wirkstoffe die gewünschte Aufhellungsstufe viel schneller als niedrig konzentrierte Wirkstoffe [134].

Matis et al. betrachteten acht unterschiedliche Bleichprodukte mit unterschiedlichen Konzentrationen an Peroxiden. Hochkonzentrierte Bleichprodukte wurden kürzer angewendet als niedrigkonzentrierte, mit dem Ergebnis, dass die Produkte mit geringer Konzentration und langer Einwirkzeit den größten ΔE -Werte und die Produkte mit der kürzesten Einwirkzeit den kleinsten ΔE -Werte erzielten [146].

Ein weiterer Faktor zur Beeinflussung der Aufhellungseffektivität von in-office Produkten ist die Anwendung von Licht bzw. Wärme [147]. Das foto- bzw. thermokatalytische Bleichen wird mit Plasma-, Halogenlampen oder Laser zusätzlich aktiviert.

Ein systematisches Review von Buchalla und Attin fasst zusammen, dass die vorliegende Studienlage diesbezüglich kontrovers ist. Während einige Studien eine größere Effektivität dieser Methode dokumentieren, belegen andere Untersuchungen keinen signifikanten Unterschied zwischen zusätzlicher Aktivierung und regulärer Anwendung. Belegt scheint hingegen die Tatsache, dass die zusätzliche Aktivierung in jedem Fall zu einem Temperaturanstieg der Pulpa führt, sodass es zu einer erhöhten Sensibilisierung der Zähne kommen könnte [148]. Wegen der Risiken bei diesen Techniken muss dieses Verfahren kritisch abgewogen werden. Die physikalischen und physiologischen Auswirkungen können bis zur irreversiblen Pulpitis führen. Deswegen ist es wichtig die Herstellerangaben genau zu befolgen und die Dauer der Wärmeentwicklung auf das Minimum zu reduzieren [147].

Betrachtet man die vorliegende Literatur ist die Wirksamkeit der in-office Methode belegt. Dabei konnte dargestellt werden, dass sich die Konzentration und die Einwirkzeit entscheidend auf die Aufhellung auswirken. Andere Fragestellungen, wie z.B. ob zahntypen-spezifische Unterschiede beim Bleaching entstehen, sind nicht erfasst. Darüber hinaus fällt auf, dass in vielen Studien Ausgangszahnfarben (A3,5 oder C3) herangezogen wurden, die der Bevölkerungsgruppe der über Vierzigjährigen zugeordnet werden können. Dabei sind die jüngeren Patienten (<40 Jahre), mit Ausgangszahnfarben von A2 oder B2, häufig diejenigen, die eine Zahnaufhellung wünschen. Im Rahmen dieser Untersuchung soll die initiale Aufhellungseffektivität (4 Wochen lang) von Perfect Bleach® Office+ in Abhängigkeit unterschiedlicher Zahntypen des jungen Erwachsenenalter (Durchschnittsalter = 25,46 , SD=5,61) evaluiert werden.

3. Material und Methode

3.1. Material

3.1.1. Geräte

Behandlungseinheit Siemens M1

Siemens Sirona,
Bensheim, Deutschland

Siemens Sirona Siroson S ZEG

Siemens Sirona,
Bensheim, Deutschland

Sirona Winkelstück Grün T1 CLASSIC

Siemens Sirona,
Bensheim, Deutschland

Trimmer D-R 644

Harnisch+Rieth
GmbH & Co.KG
Winterbach, Deutschland

Handstück C3 Master

Georg Schick Dental GmbH
Schlemmerhofen,
Deutschland

Handstück QUBE

Georg Schick Dental GmbH
Schlemmerhofen,
Deutschland

Dampfstrahlgerät Triton SLA

BEGO
Bremen, Deutschland

Tiefziehgerät Druformat scan

Dreve-Dentamid GmbH
Unna, Deutschland

Vita Easyshade® Advance

Vita Zahnfabrik
Bad Säckingen, Deutschland

Bluephase Lichthärtegerät	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein
Laptop Satellite	Toshiba Tokio, Japan
Nikon D3x Kamera	Nikon Tokio, Japan
3.1.2. Instrumente	
S ZEG Spitze Nr.2	Siemens Sirona, Bensheim, Deutschland
Grundinstrumentarium	Hu-Friedy Chicago, USA
Abformlöffel	Aesculap-Werke Tuttlingen, Deutschland
Gipsanrührspatel	M+W Dental Büdingen, Deutschland
Gipsanrührbecher	M+W Dental Büdingen, Deutschland
Gipsfräse	M+W Dental Büdingen, Deutschland
Schere	M+W Dental Büdingen, Deutschland

Kunststofffräse	M+W Dental Büdingen, Deutschland
Applikationsinstrument	Microbrush International Grafton, Wisconsin, USA

3.1.3. Verbrauchsmaterialien

Polierpaste Proxyl	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein
Alginat Pluralgin super	Pluradent AG & Co KG, Offenbach, Deutschland
hydro-stone® 200 Gips	Dentona AG Dortmund, Deutschland
Tiefziehfolien Erkolen 1.0mm	Erkodent® Pfalzgrafenweiler, Deutschland
Optragate	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein
LC Dam	VOCO GmbH Cuxhaven, Deutschland
Perfect Bleach® Office+	VOCO GmbH Cuxhaven, Deutschland
Fluoridierungspaste Remin Pro	VOCO GmbH Cuxhaven, Deutschland

3.1.4. Software

Easyshade® Helper V

Vita Zahnfabrik
Bad Säckingen, Deutschland

SPSS Version 15.0

SPSS GmbH Software
München, Deutschland

Microsoft Excel 2010

Microsoft Deutschland GmbH
Unterschleißheim,
Deutschland

Adobe Photoshop CS5

Adobe Systems Inc.
San Jose, USA

3.2. Methode

Diese Studie wurde von einem approbierten Zahnarzt der Poliklinik für Prothetik der Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg Universität Mainz durchgeführt. Insgesamt wurden 50 Patienten behandelt.

3.2.1. Ziel der Studie

Primäres Ziel der Untersuchung ist die Effektivität von der Bleaching Methode (in-Office) zu evaluieren. Zur Bestimmung des Farbunterschiedes wurde ein dentales Spektralfotometer genutzt. Die spektralfotometrisch gewonnenen Farbkoordinaten (z.B. CIE-L*C*h°) wurden genutzt, um eine Aussage über die Stärke der Farbveränderung zu treffen. Um einen Rückschluss über die Vorhersagbarkeit der Zahnaufhellung zu treffen, wurden die Probanden in Helligkeitsgruppen eingeteilt und die Veränderungen der Farbkoordinaten gruppenspezifisch betrachtet.

Einschlusskriterien:

- Patienten müssen mindestens 18 Jahre alt sein
- Patienten müssen der Behandlung schriftlich eingewilligt haben
- Nur gesunde Front-, Eck- und Prämolaren des Ober- und Unterkiefers
- Die zu therapierenden Zähne müssen vital sein und dürfen keine Schmelzrisse oder Anzeichen von Temperatur-Überempfindlichkeiten aufweisen
- Keine Restaurationen jeglicher Art

Ausschlusskriterien:

- Patienten unter 18 Jahren
- Keine vorliegende Einwilligung
- Freiliegende oder sensibel Zahnhälse
- Parodontale-Erkrankungen (parodontaler Screening Index >1)
- Insuffiziente Mundhygiene (Plaque-Index nach Mombelli >2)
- Schmelzanomalien
- Intrinsische Verfärbungen
- Schwangerschaft oder in der Stillperiode
- Starke Raucher
- Starker Alkoholkonsum
- Allergien gegen einen der Inhaltsstoffe

3.2.2. Studiendesign

Diese Untersuchung wurde als kontrollierte und prospektive Studie an der Poliklinik für Prothetik der Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg Universität Mainz angelegt. Insgesamt wurden 50 Probanden behandelt, dabei wurden die Zähne von den Probanden mit der in-office-bleaching Methode (VOCO Perfect Bleach® Office+, CE-Kennzeichnung 0482) aufgehellt. Mit Hilfe eines standardisierten Untersucherprotokolls (CRF) werden die Zahnfarben instrumentell in definierten Zeitintervallen bestimmt.

3.2.3. Studienprotokoll

Im Rahmen der Eingangsuntersuchung erhielt jeder Patient, der die Einschlusskriterien erfüllte, eine professionelle Zahnreinigung. Im Anschluss wurde eine Abformung mit Alginat (Alginat Hydrocolor 5, Zhermarck) genommen und ein Situationsmodell hergestellt. Dieses diente der Anfertigung einer Positionierungsschiene für das Vita Easyshade® Advance Farbbestimmungsgerät. Am Tag des Bleachings (Baseline) wurde die Zahnfarbe mit einem dentalen Spektralfotometer bestimmt. Die Patientinformation und die Patientenaufklärung müssen zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns vollständig und unterschrieben vorliegen. Das weitere Vorgehen richtet sich nach dem in Abbildung 14 dargestellten Flowchart sowie dem standardisierten Untersuchungsbogen.

Aufklärung und Dokumentation

-siehe Anhang-

3.2.4. Methodenverlauf

Erstuntersuchung

Am ersten Besuch wurden die Patienten zunächst auf die Ein- und Ausschlusskriterien untersucht.

Nach erfolgreicher mündlicher und schriftlicher Aufklärung sowie der schriftlichen Einwilligung der Patienten erfolgte die professionelle Zahnreinigung.

Anschließend wurde der Ober- und Unterkiefer mit Alginat abgeformt.



Abbildung 7: Ausgangssituation

Modell- und Schienenherstellung

Die Abformungen wurden mit Hartgips ausgegossen. Die Gipsmodelle wurden getrimmt und zusätzlich mit Gipsfräse ausgearbeitet. Die Kanten wurden für eine leichtere Adaption der Schienen abgeschragt.

Die ausgearbeiteten Modelle wurden im Tiefziehgerät positioniert, in dem die Tiefziehfolien eingespannt waren. Die Tiefziehfolie wurde entsprechend der Herstellerangaben für diesen Zweck verwendet.

Nach der Abkühlung wurden die tiefgezogenen Schienen ausgeschnitten, ausgearbeitet, und jeweils mit 5 mm durchmessenden Perforationen an den jeweiligen Messpunkte versehen. Die Messpunkte wurden an 20 Zähnen festgelegt, und im mittleren Kronendrittel platziert.

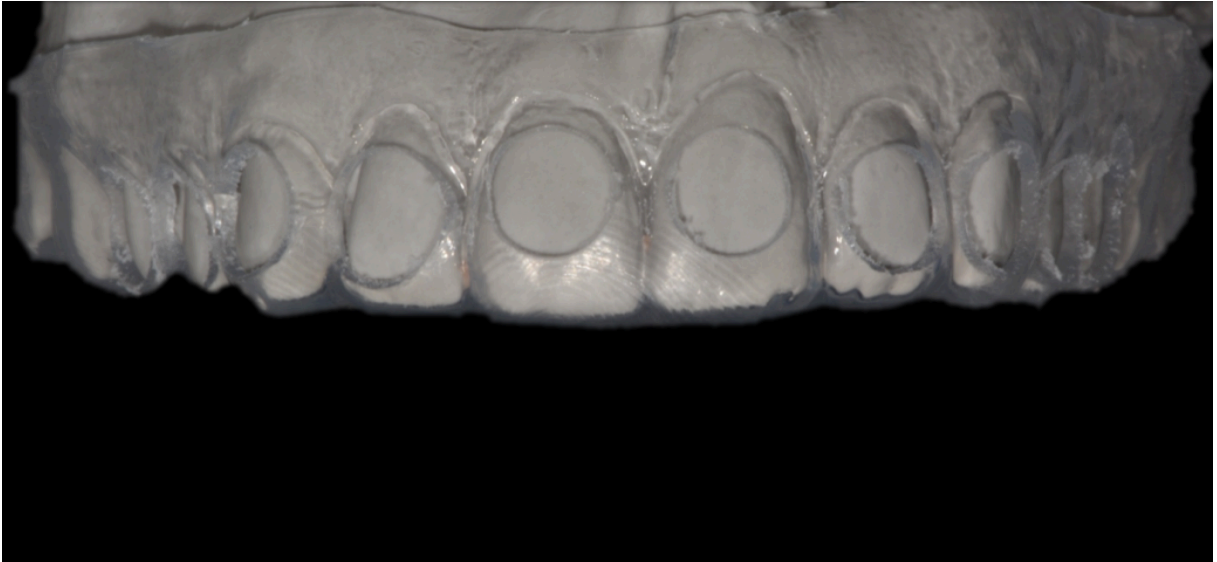


Abbildung 8: Positionierungsschiene auf dem Gipsmodell

Farbestimmung

Die Positionierungsschienen wurden klinisch auf Passgenauigkeit überprüft, danach erfolgte die spektrofotometrische Farbestimmung.



Abbildung 9: Positionierungsschiene in situ

Die spektalfotometrische Farbbestimmung erfolgte mit dem Easyshade® Advance, in dem das Messgerät an den Perforationen von der Positionierungsschiene angesetzt wurde. Daten wurden direkt vom Easyshade® Advance ans Laptop übertragen und mit der Easyshade® Helper Software bearbeitet.



Abbildung 10: spektalfotometrische Farbbestimmung mit Vita Easyshade® Advance.

Die Farbbestimmung wurde pro Zahn dreimal wiederholt, es erfolgten insgesamt fünf Messungen. Vor dem Aufhellen (t_0), nach dem Aufhellen (t_1), nach 1 Woche (t_2), 2 Wochen (t_3) und 4 Wochen (t_4)

Bleaching

Nach der ersten Farbbestimmung wurden die Kandidaten für die Zahnaufhellung vorbereitet. Die Lippen und die Wangen wurden mittels Optragate abgehalten.

Als nächstes wurde das LC Dam auf die Gingiva aufgetragen. Dies dient zum Schutz der Gingiva und der benachbarten Zähne. Für einen optimalen Schutz soll der LC Dam eine Breite von 4-6 mm und eine Dicke von 2 mm haben. Nach dem Auftragen wurde das LC Dam mit einer Polymerisationslampe für 20 Sekunden ausgehärtet.



Abbildung 11: Gingivaschutz LC Dam

Perfect Bleach® Office+ wurde direkt aus der Mischkanüle in einer 1-2 mm dicken Schicht gleichmäßig auf den vestibulären Zahnflächen aufgetragen und verteilt. Das Gel verblieb 10-15 Minuten auf die Zähne, und alle 5 Minuten wurde es mittels eines Instruments (z.B. Heidemann-Spatel) durchmischt.

Nach 15 Minuten wurde das Gel mit einem chirurgischen Sauger abgesaugt und gründlich mit Wasser und Luft rückstandslos entfernt.



Abbildung 12: Bleaching mit Perfect Bleach® Office+

Fluoridierung

Nach dem Bleaching ist es erforderlich, die Zähne zu fluoridieren. Remin Pro wurde auf den aufgehellten Zähnen mittels Mikrobrusch aufgetragen und verteilt. Die Reste wurden abgesaugt ohne abzuspülen. Erst nach 30 Minuten durften die Patienten essen oder trinken.



Abbildung 13: Endsituation

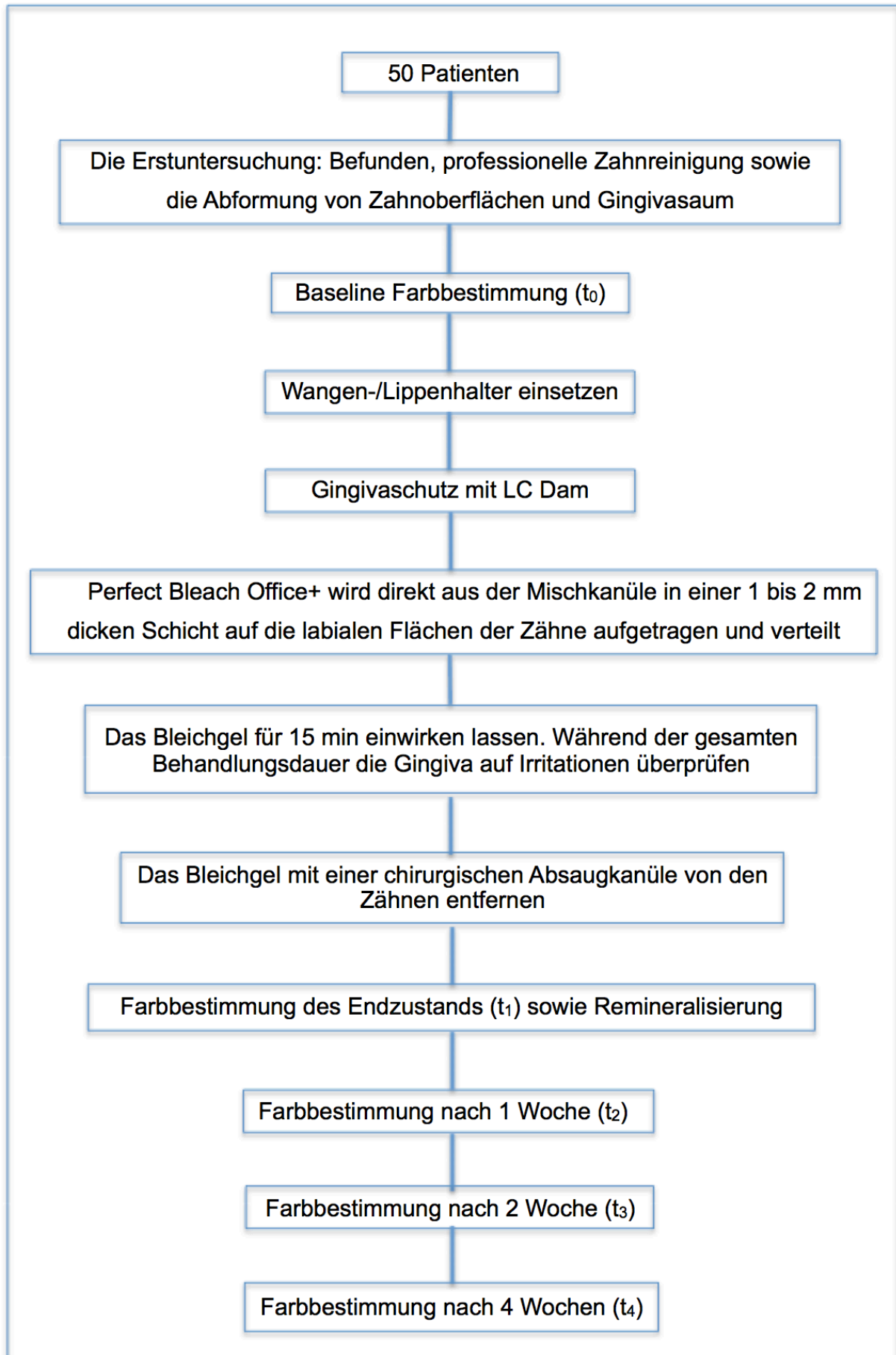


Abbildung 14: Flowchart-Ablauf

3.2.5. Ethische und rechtliche Aspekte

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki und der Berufsordnung für Ärztinnen und Ärzte der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz in den jeweils aktuellen Fassungen durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben diente der Evaluation der Farbveränderung durch eine Bleaching Methode. Es bestand kein besonderes Risiko für den Patienten, es bestanden jedoch die allgemeinen Risiken, die bei dem Bleaching eines vitalen Zahnes auftreten können. Peroxide, wie sie im Rahmen der Untersuchung eingesetzt wurden, können bei Hautkontakt ein unangenehmes Brennen hervorrufen. Auf der Schleimhaut befindliches überschüssiges Bleichgel musste sofort entfernt werden, um gingivale Irritationen zu vermeiden. Auf Zähnen angewendet, gehört eine temporäre Zunahme der Sensitivität zur häufigsten Nebenwirkung. Die Dentinhypersensitivität ist auf die hydrodynamische Bewegung des Dentinliquors zurückzuführen, die durch das Bleichgel verursacht wird. Untersuchungen zeigen, dass dieser Effekt bei Zähnen mit z.B. aktiver Karies, Füllungen oder Schmelzrisen verstärkt auftritt im Vergleich zu gesunden Zähnen. Daher wurden im Rahmen dieser Untersuchung Patienten mit bekannter Dentinhypersensitivität so wie Schmelzrisen, kariösen Läsionen oder Restaurationen ausgeschlossen. Es waren keine Interaktionen mit Medikamenten zu erwarten. Bei professioneller Durchführung war nicht mit Komplikationen während des Forschungsvorhabens zu rechnen, da dieses Produkt schon ausgiebig *in-vivo* getestet wurde.

Die Teilnahme der Patienten/Probanden an der Untersuchung war freiwillig.

Der Prüfungsleiter wurde nach der GCP-ICH Richtlinien informiert.

Ein ähnliches Forschungsvorhaben oder vergleichbare Untersuchungen liegen mit diesem Medizinprodukt noch nicht vor.

Die Zustimmung der Patienten/ Probanden konnte jederzeit, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für die weitere medizinische Versorgung, zurückgezogen werden. Die Patienten/Probanden wurden vor Studienbeginn schriftlich und mündlich über Wesen und Tragweite der geplanten Untersuchung, insbesondere über den möglichen Nutzen für Ihre Gesundheit und eventuelle Risiken, aufgeklärt. Ihre Zustimmung wurde durch Unterschrift auf der Einwilligungserklärung dokumentiert. Bei Rücktritt von der Studie wird bereits gewonnenes (Daten-) Material vernichtet oder beim Patienten/ Probanden angefragt, ob er mit der Auswertung des Materials einverstanden ist.

Der Studienplan wurde vor Studienbeginn der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Mainz zur Begutachtung vorgelegt. Es wurde nicht mit dem Einschluss von Patienten / Probanden begonnen, bevor nicht das schriftliche, zustimmende Votum der Ethikkommission vorlag.

Die Namen der Patienten/Probanden und alle anderen vertraulichen Informationen unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht und den Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG). Eine Weitergabe von Patienten-/ Probandendaten erfolgt ggf. nur in pseudonymisierter Form. Dritte erhalten keinen Einblick in Originalkrankenunterlagen.

3.3. Versuchsauswertung

Bei insgesamt 50 Probanden wurden jeweils 20 Zähne ausgewertet, zu fünf verschiedenen Terminen und es erfolgten drei Messwiederholungen pro Zahn (n=15000)

Die ermittelten Werte wurden zunächst zur statistischen Auswertung in eine Excel Tabelle übertragen. Aus den drei Messwiederholungen pro Zahn wurden die Mittelwerte berechnet. Diese beinhalten die Koordinaten CIE-L*C*h° sowie CIE-L*a*b*, und die daraus resultierende Zahnfarbe in zwei verschiedenen Farbsystemen (Vitapan® classical, Vita system 3D-Master®).

Aus den Mittelwerten wurden die Differenzen der Farbkoordinaten CIE-L*C*h°, sowie der Farbabstand ΔE aus den CIE-L*a*b* Farbraum ermittelt.

Der Farbabstand ΔE wurde als euklidischer Abstand berechnet.

$$\Delta E_{t_1,t_2} = \sqrt{(L_{t_1} - L_{t_2})^2 + (a_{t_1} - a_{t_2})^2 + (b_{t_1} - b_{t_2})^2}$$

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Software Programmen Excel 2013 und SPSS. Aus den mittleren L*C*h°-Werte sowie dem mittleren ΔE -Wert wurden die Differenzen zwischen Zeitpunkt (t_0) und den jeweiligen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) berechnet. Für die Differenzwerte (ΔL^* , ΔC^* , Δh° , ΔE) wurde jeweils ein Balkendiagramm mit fünf Gruppen (t_0-t_0 , t_1-t_0 , t_2-t_0 , t_3-t_0 , t_4-t_0) erstellt. Es erfolgte zwischen den Gruppen sowie innerhalb der Gruppen eine einfaktorielle Varianzanalyse, sowie eine post-hoc Bonferroni Analyse. Das Signifikanzniveau wurde bei p-Wert = 0,05 festgelegt.

Darüber hinaus wurden die Farbschlüsselangaben in zwei unterschiedlichen Farbsystemen und in sechs verschiedenen Zahngruppen in Kreuztabellen erfasst.

Als Nullhypothesen wurde folgendes angenommen:

- Ein zunehmender ΔL -Wert vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zur Baseline.
- Abnehmende ΔC -Werte vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zur Baseline.
- Eine leichte Zunahme Δh° -Werte vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zur Baseline.
- Die Methode zeigte eine messbare und wahrnehmbare Farbveränderung der Zähne nach dem Bleaching nach 1, 2 und 4 Wochen an, $\Delta E > 3,7$.
- Die Bleichwirkung hatte den gleichen Effekt bei unterschiedlichen Zahngruppen.

4. Ergebnisse

4.1. Vergleich der Helligkeit an Zahn 11 zu verschiedenen Zeitpunkten

Das folgende Balkendiagramm zeigt die Mittelwerte der Helligkeitsdifferenzen (ΔL^*) des Zahnes 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0).

Erkennbar sind die Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) zu Zeitpunkt (t_0).

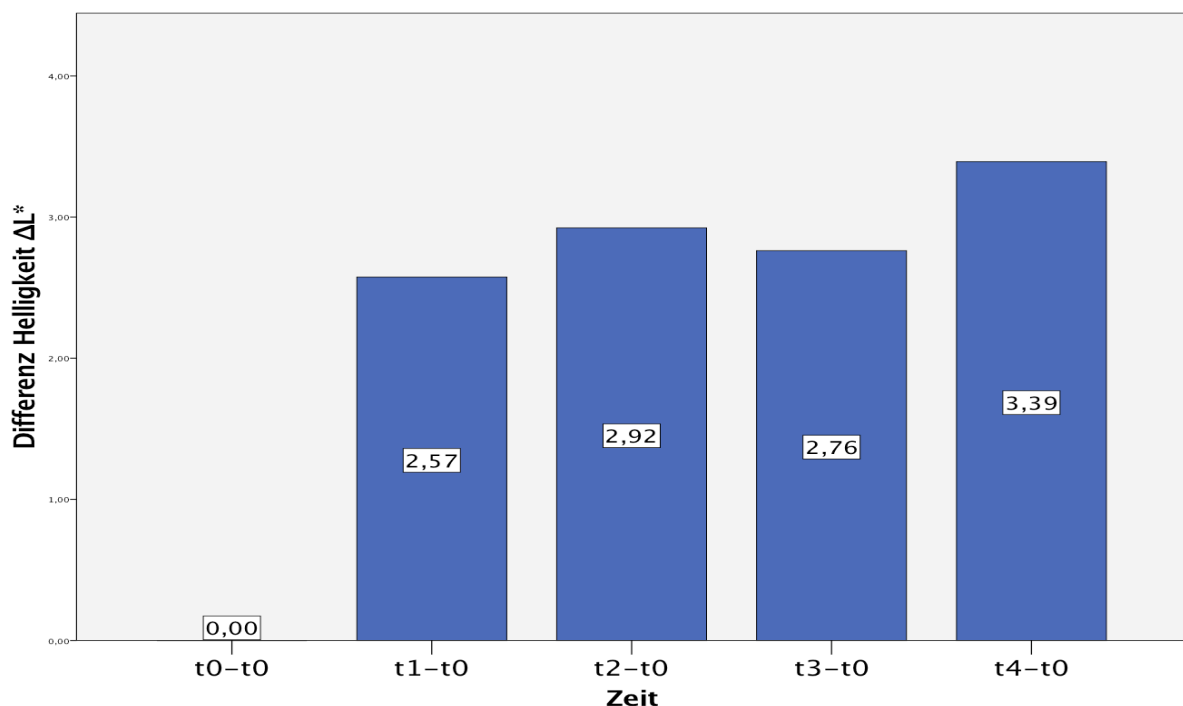


Abbildung 15: Mittelwerte Helligkeitsdifferenzen (ΔL^*) von Zahn 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0).

Die Helligkeitsdifferenzen zeigen den größten Unterschied zwischen den CIE-L* Werten nach 1, 2 und 4 Wochen im Vergleich zum Anfangswert vor dem Bleaching. Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass die Differenzen der Helligkeit statistisch signifikant sind ($p = 0,000$). Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zum Zeitpunkt (t_0), ($p < 0,05$). Im Verlauf 1,2 und 4 Wochen nach dem Bleaching erkennt man eine leichte Zunahme der Helligkeitsdifferenzen, diese sind aber statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.2. Vergleich der Sättigung an Zahn 11 zu verschiedenen Zeitpunkten

Das folgende Balkendiagramm zeigt die Mittelwerte der Sättigungsdifferenzen (ΔC^*) des Zahnes 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0).

Erkennbar sind die Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) zu Zeitpunkt (t_0).

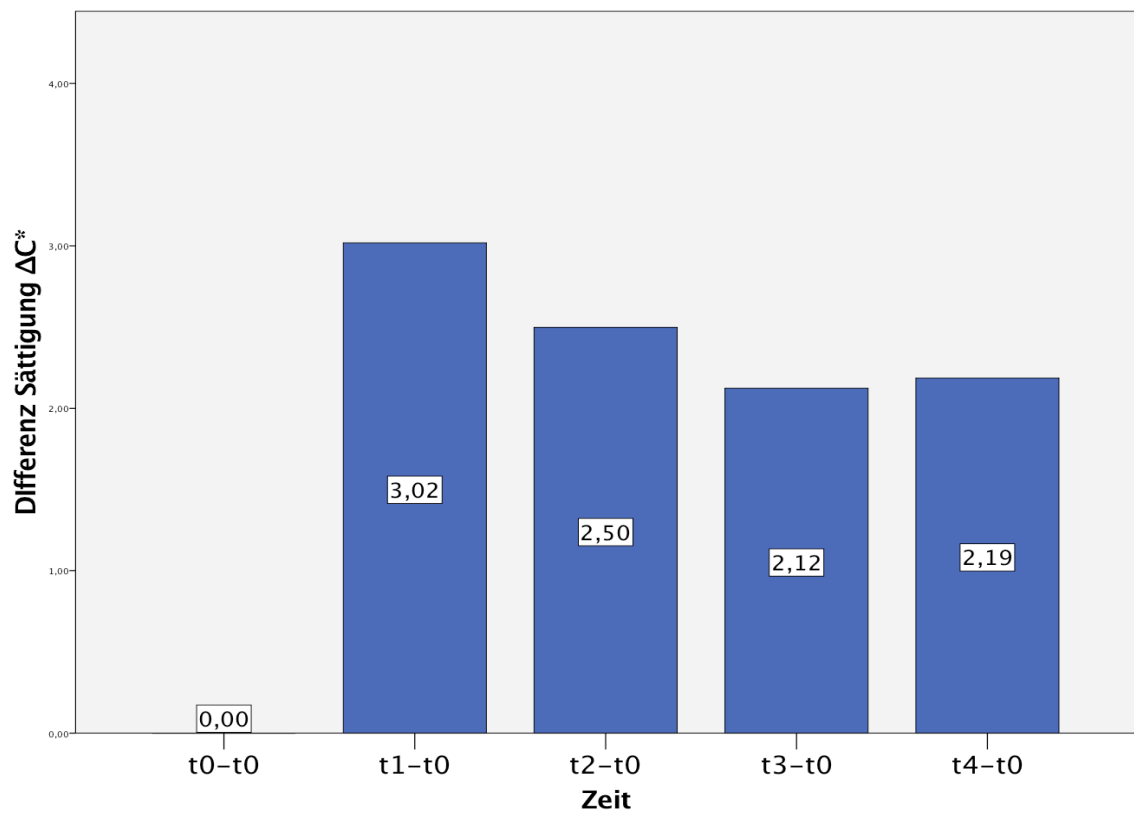


Abbildung 16: Mittelwerte der Sättigungsdifferenzen (ΔC^*) von Zahn 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0)

Die Sättigungsdifferenzen zeigen den niedrigsten Unterschied zwischen den CIE- C^* Werten nach 1, 2 und 4 Wochen im Vergleich zum Anfangswert vor dem Bleaching. Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass die Differenzen der Sättigung statistisch signifikant sind ($p = 0,000$). Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zum Zeitpunkt (t_0), ($p < 0,05$). Im Verlauf 1,2 und 4 Wochen nach dem Bleaching erkennt man eine leichte Abnahme der Sättigungsdifferenzen, diese sind aber statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.3. Vergleich des Farbtons an Zahn 11 zu verschiedenen Zeitpunkten

Das folgende Balkendiagramm zeigt die Mittelwerte der Farbtendifferenzen (Δh°) des Zahnes 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu dem Zeitpunkt (t_0).

Erkennbar sind die Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) zu dem Zeitpunkt (t_0).

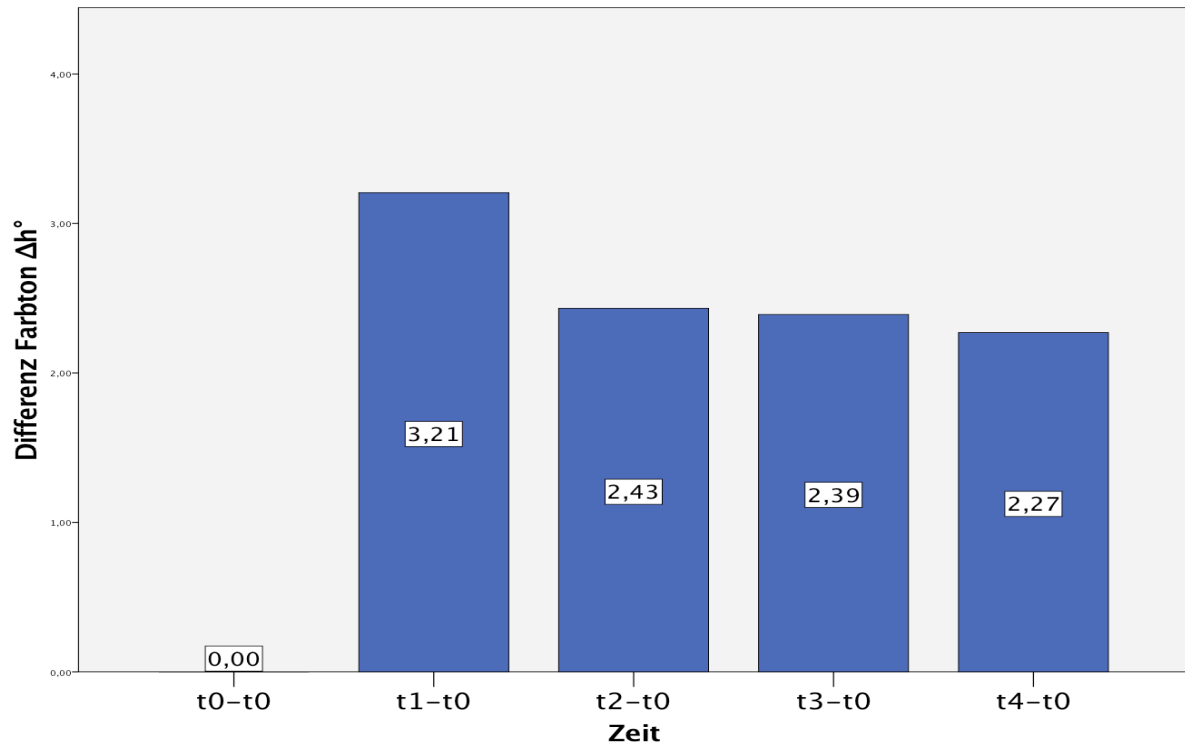


Abbildung 17: Mittelwerte der Farbtendifferenzen (Δh°) von Zahn 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0).

Die Sättigungsdifferenzen zeigen den niedrigsten Unterschied zwischen den CIE-C* Werten nach 1, 2 und 4 Wochen im Vergleich zum Anfangswert vor dem Bleaching. Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen des Farbtons statistisch Signifikant sind ($p = 0,00$). Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zum Zeitpunkt (t_0), ($p < 0,05$). Im Verlauf 1,2 und 4 Wochen nach dem Bleaching erkennt man eine leichte Abnahme der Farbtendifferenzen, diese sind aber statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.4. Vergleich des Farbabstandes ΔE an Zahn 11 zu verschiedenen Zeitpunkten

Das folgende Balkendiagramm zeigt die Mittelwerte der Farbabstandsdifferenzen ΔE des Zahnes 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) im Vergleich zu dem Zeitpunkt (t_0).

Erkennbar sind die Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) zu dem Zeitpunkt (t_0).

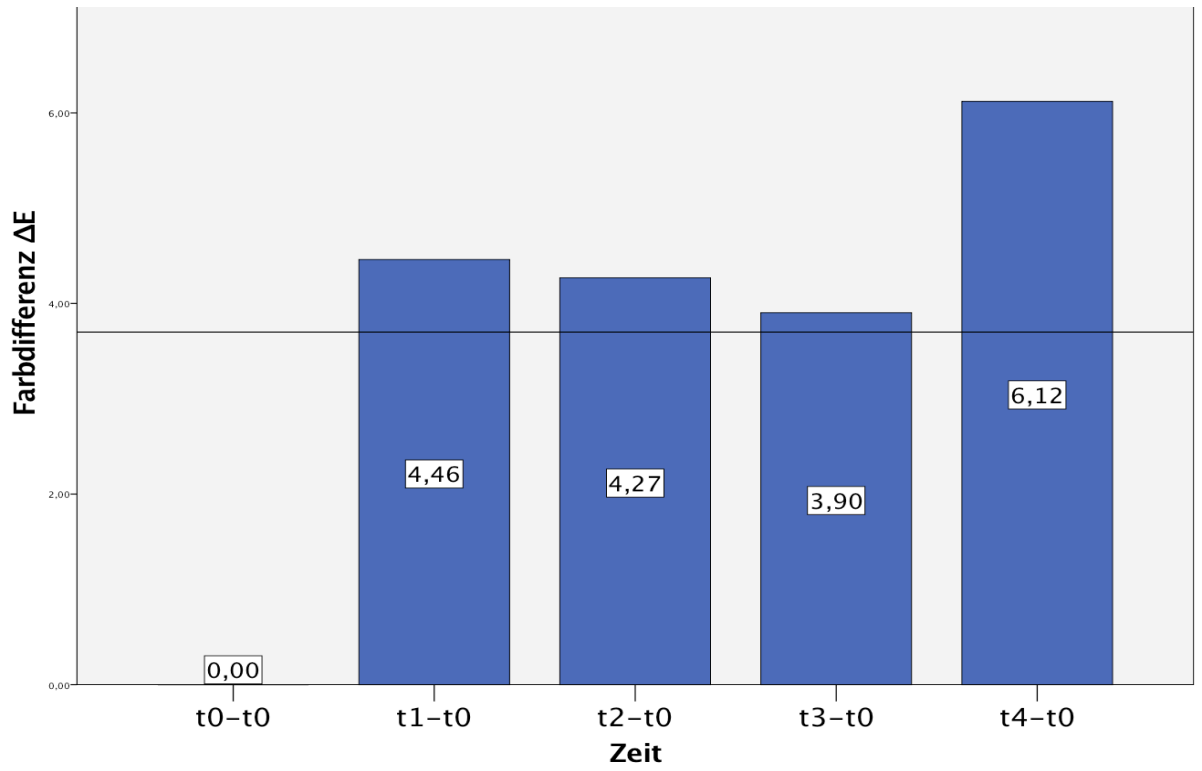


Abbildung 18: Mittelwerte der Farbabstandsdifferenzen ΔE^* von Zahn 11 zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) im Vergleich zu Zeitpunkt (t_0).

Die Sättigungsdifferenzen zeigen den niedrigsten Unterschied zwischen den CIE-C* Werten nach 1, 2 und 4 Wochen im Vergleich zum Anfangswert vor dem Bleaching. Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen des Farbabstands statistisch signifikant sind ($p = 0,00$). Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) im Vergleich zum Zeitpunkt (t_0), ($p < 0,05$). Im Verlauf 1,2 und 4 Wochen nach dem Bleaching erkennt man eine Zunahme der Farbabstandsdifferenzen, diese sind statistisch signifikant ($p < 0,05$).

4.5. Vergleich der Helligkeit CIE-L* im Oberkiefer

Das folgende Balkendiagramm vergleicht die mittleren Helligkeitsdifferenzen $\Delta L^*_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Oberkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

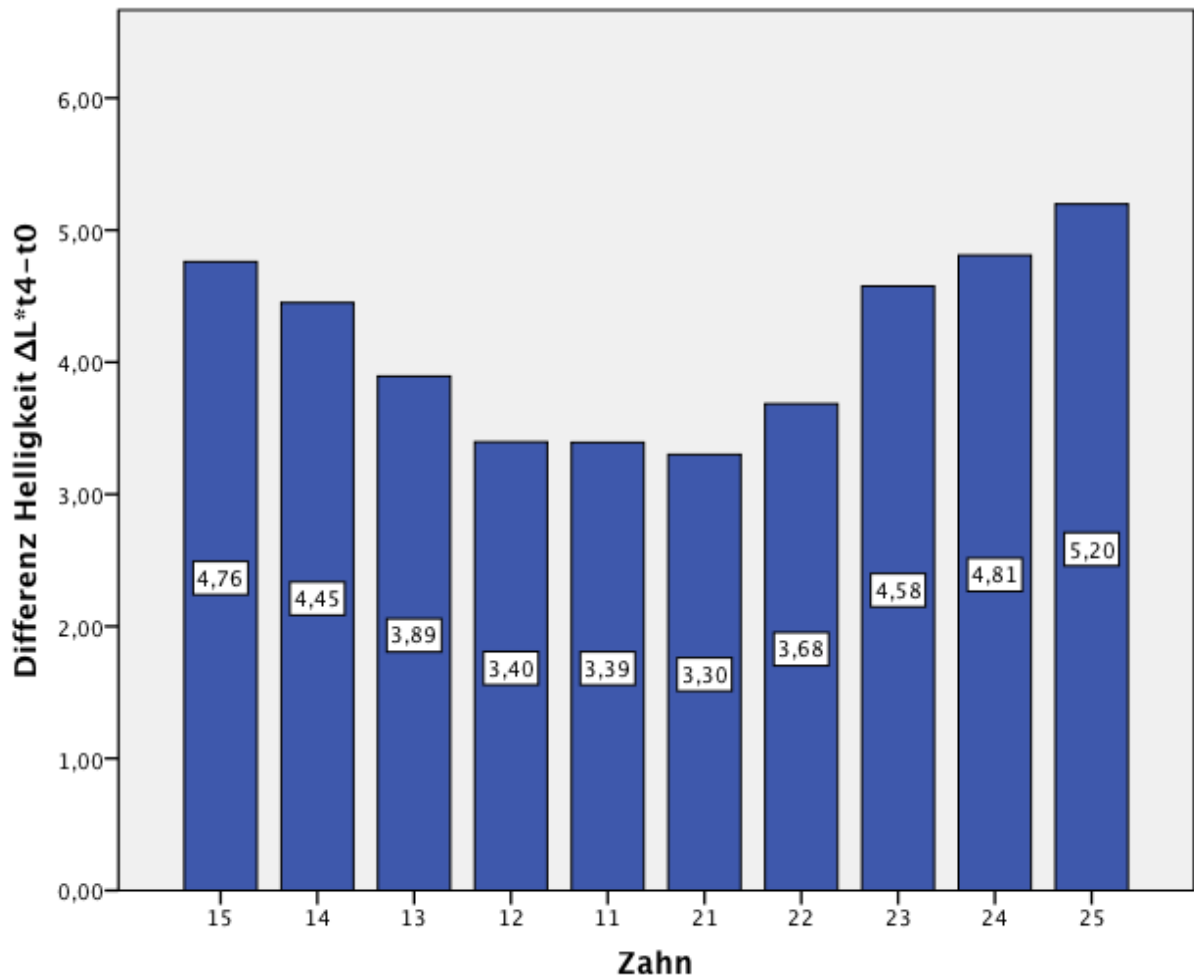


Abbildung 19: Die mittleren Helligkeitsdifferenzen $\Delta L^*_{t_4-t_0}$ der Zähne im Oberkiefer.

Die Prämolaren sowie die Eckzähne zeigen im Mittelwert höhere Helligkeitsdifferenzen als die mittleren und seitlichen Schneidezähne.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass die Differenzen der Helligkeit statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Sättigung CIE-C* im Oberkiefer

Das folgende Balkendiagramm vergleicht die mittleren Sättigungsdifferenzen $\Delta C^*_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Oberkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

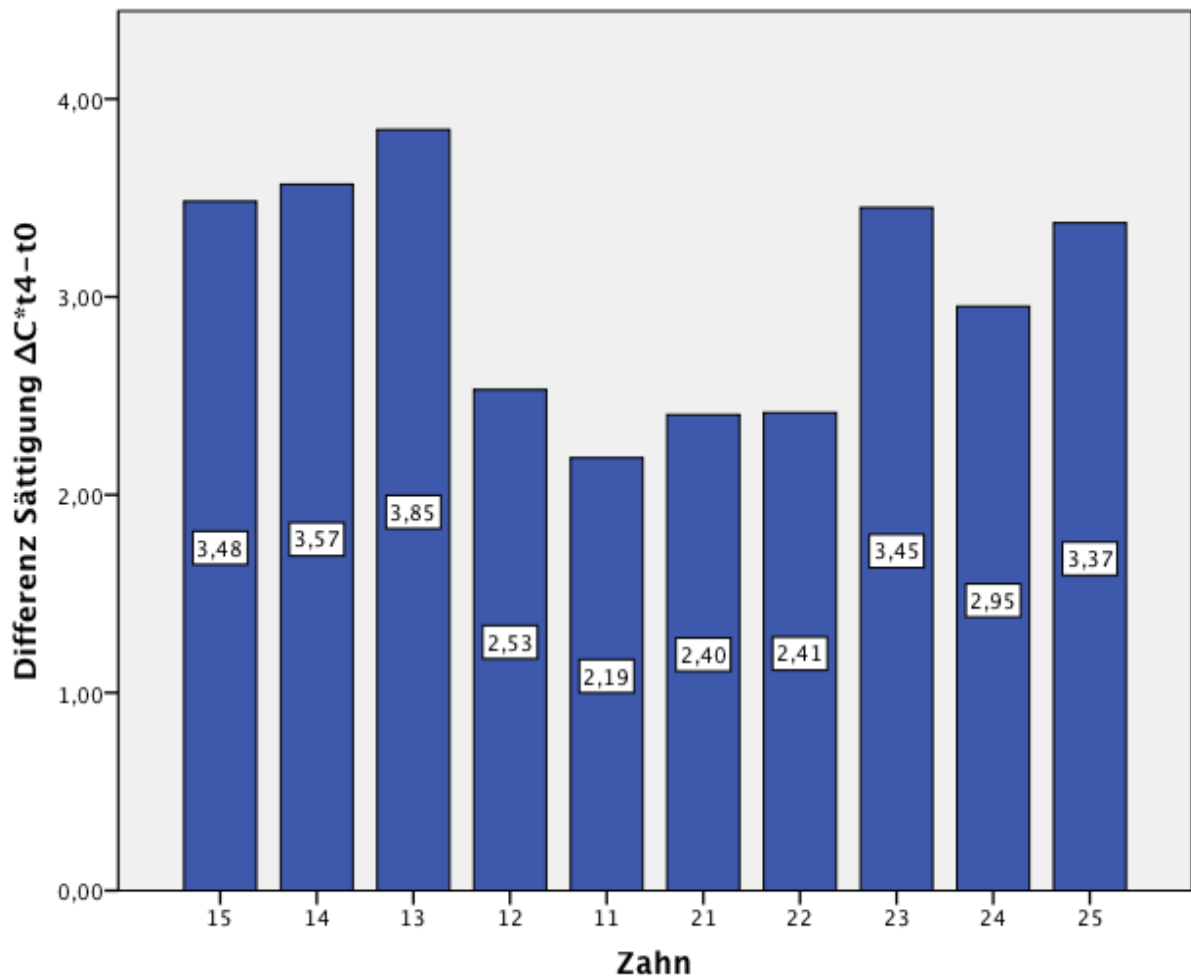


Abbildung 20: Die mittleren Sättigungsdifferenzen $\Delta C^*_{t_4-t_0}$ der Zähne im Oberkiefer.

Die Prämolaren sowie die Eckzähne zeigen im Mittelwert höhere Sättigungsdifferenzen als die mittleren und seitlichen Schneidezähne.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass die Differenzen der Sättigung statistisch signifikant sind ($p < 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Farbton CIE-h° im Oberkiefer

Das folgende Balkendiagramm vergleicht die mittleren Farbtendifferenzen $\Delta h^{\circ}_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Oberkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

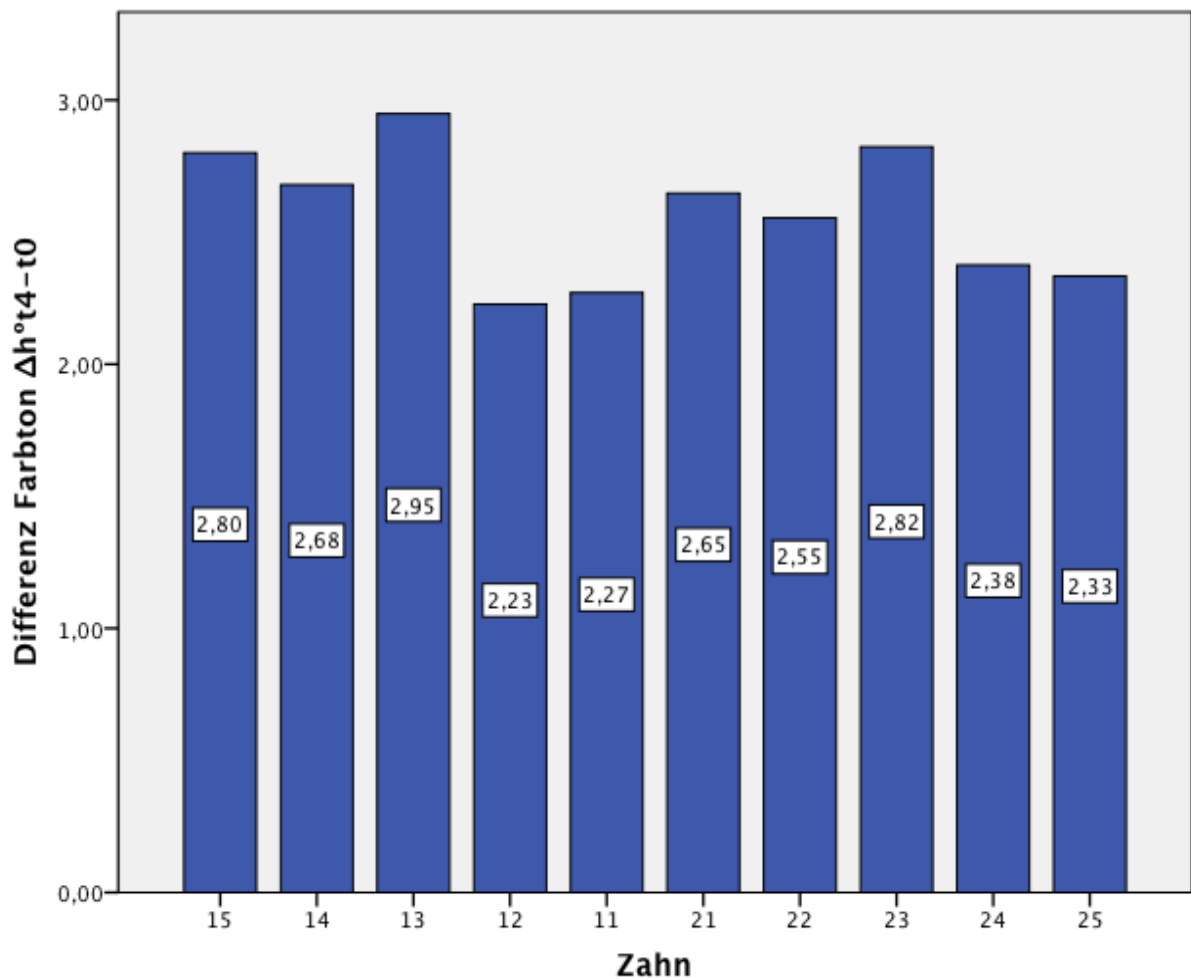


Abbildung 21: Die mittleren Farbtendifferenzen $\Delta h^{\circ}_{t_4-t_0}$ der Zähne im Oberkiefer.

Die Eckzähne zeigen im Mittelwert höhere Farbtendifferenzen als die Schneidezähne und Prämolaren.

Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen des Farbtons statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Farbabstand ΔE im Oberkiefer

Das folgende Balkendiagramm vergleicht die mittleren Farbabstandsdifferenzen $\Delta E_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Oberkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

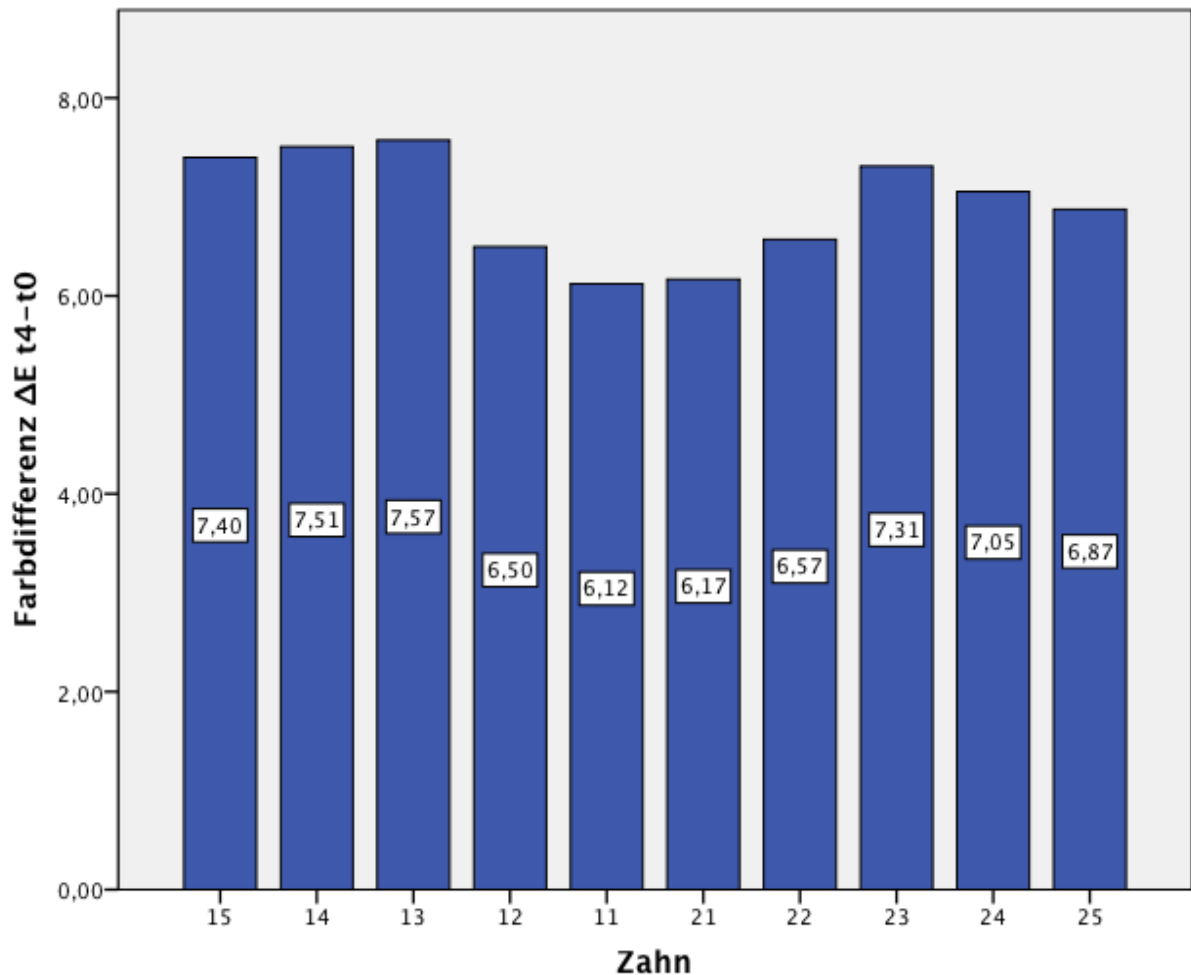


Abbildung 22: Die mittleren Farbabstandsdifferenzen $\Delta E_{t_4-t_0}$ der Zähne im Oberkiefer

Das Balkendiagramm zeigt bei allen Zähnen Farbabstände (ΔE) größer als 3,7 ($\Delta E > 3,7$).

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass die Differenzen des Farbabstandes statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Helligkeit CIE-L* im Unterkiefer

Das folgende Balkendiagramm beschreibt die mittleren Helligkeitsdifferenzen $\Delta L^*_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Unterkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

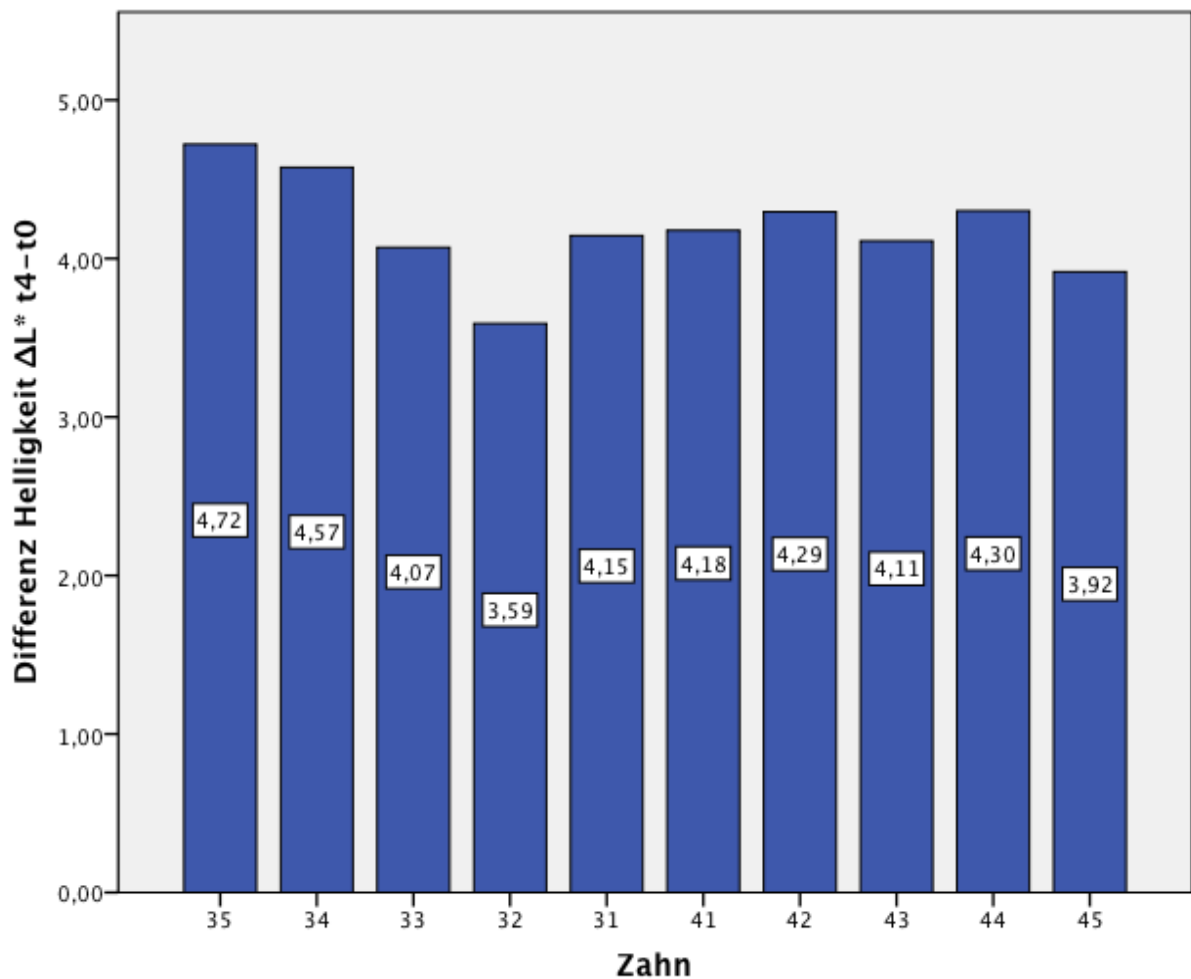


Abbildung 23: Die mittleren Helligkeitsdifferenzen $\Delta L^*_{t_4-t_0}$ der Zähne im Unterkiefer.

In der Abbildung 22 lässt sich kein auffälliges Verhalten bezüglich der verschiedenen Zähnen zeigen.

Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen der Helligkeit statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Sättigung CIE-C* im Unterkiefer

Das folgende Balkendiagramm beschreibt die mittleren Sättigungsdifferenzen $\Delta C^*_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Unterkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

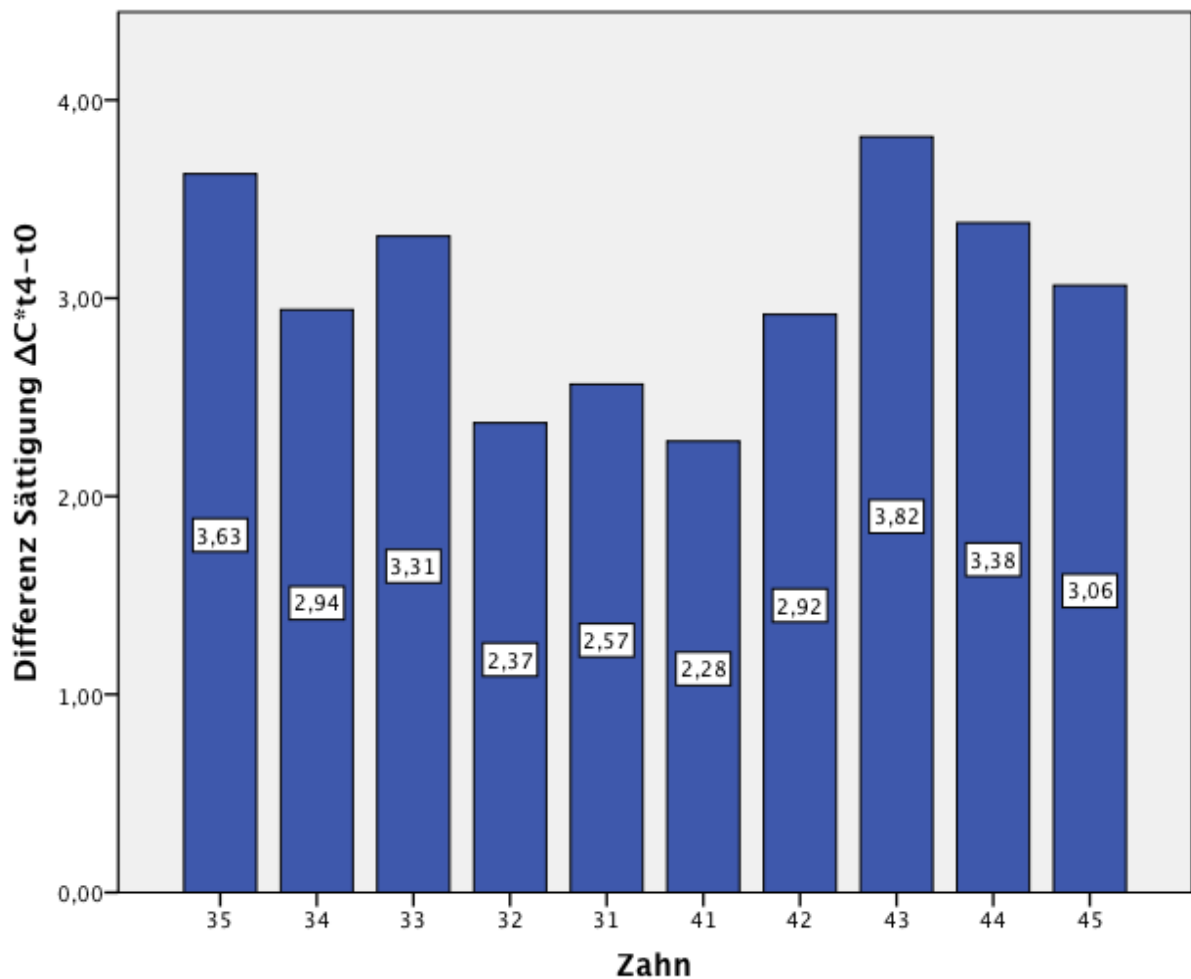


Abbildung 24: Die mittleren Sättigungsdifferenzen $\Delta C^*_{t_4-t_0}$ der Zähne im Unterkiefer.

Die Prämolaren sowie die Eckzähne zeigen im Mittelwert höhere Sättigungsdifferenzen als die mittleren und seitlichen Schneidezähne.

Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen der Sättigung statistisch signifikant sind ($p < 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen (p -Wert $> 0,05$). Außer zwischen Zahn 41 und Zahn 43 ($p < 0,05$)

4.5. Vergleich der Farbton CIE-h° im Unterkiefer

Das folgende Balkendiagramm beschreibt die mittleren Farbtendifferenzen $\Delta h^{\circ}_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Unterkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

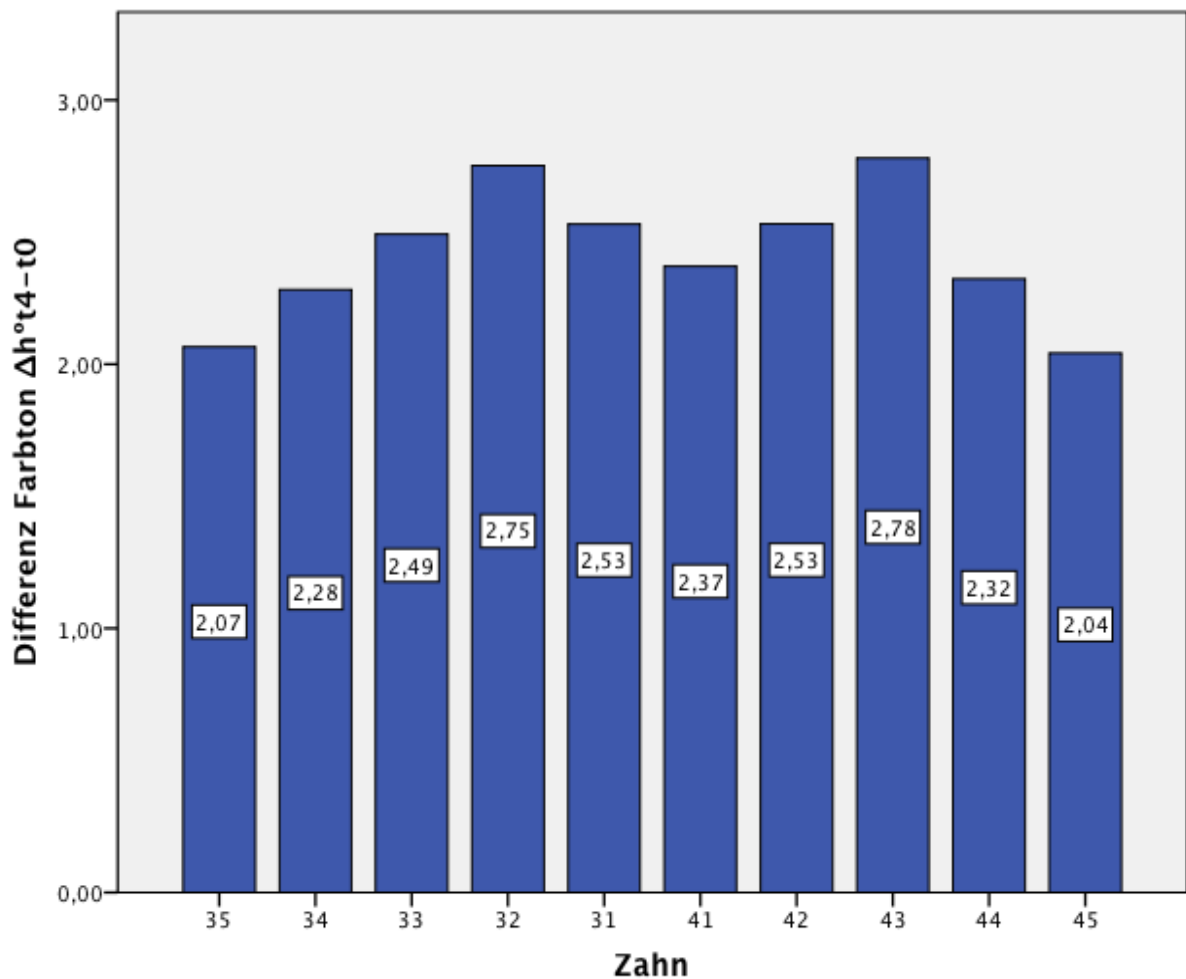


Abbildung 25: Die mittleren Farbtendifferenzen $\Delta h^{\circ}_{t_4-t_0}$ der Zähne im Unterkiefer.

Die Prämolaren zeigen im Mittelwert niedrige Farbtendifferenzen als die Eckzähne und Schneidezähne.

Die einfaktorielte Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen des Farbtons statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Vergleich der Farbabstand ΔE im Unterkiefer

Das folgende Balkendiagramm beschreibt die mittleren Farbabstandsdifferenzen $\Delta E_{t_4-t_0}$ (y-Achse) der untersuchten Unterkieferzähne (x-Achse) zwischen Zeitpunkt (t_0) und Zeitpunkt (t_4).

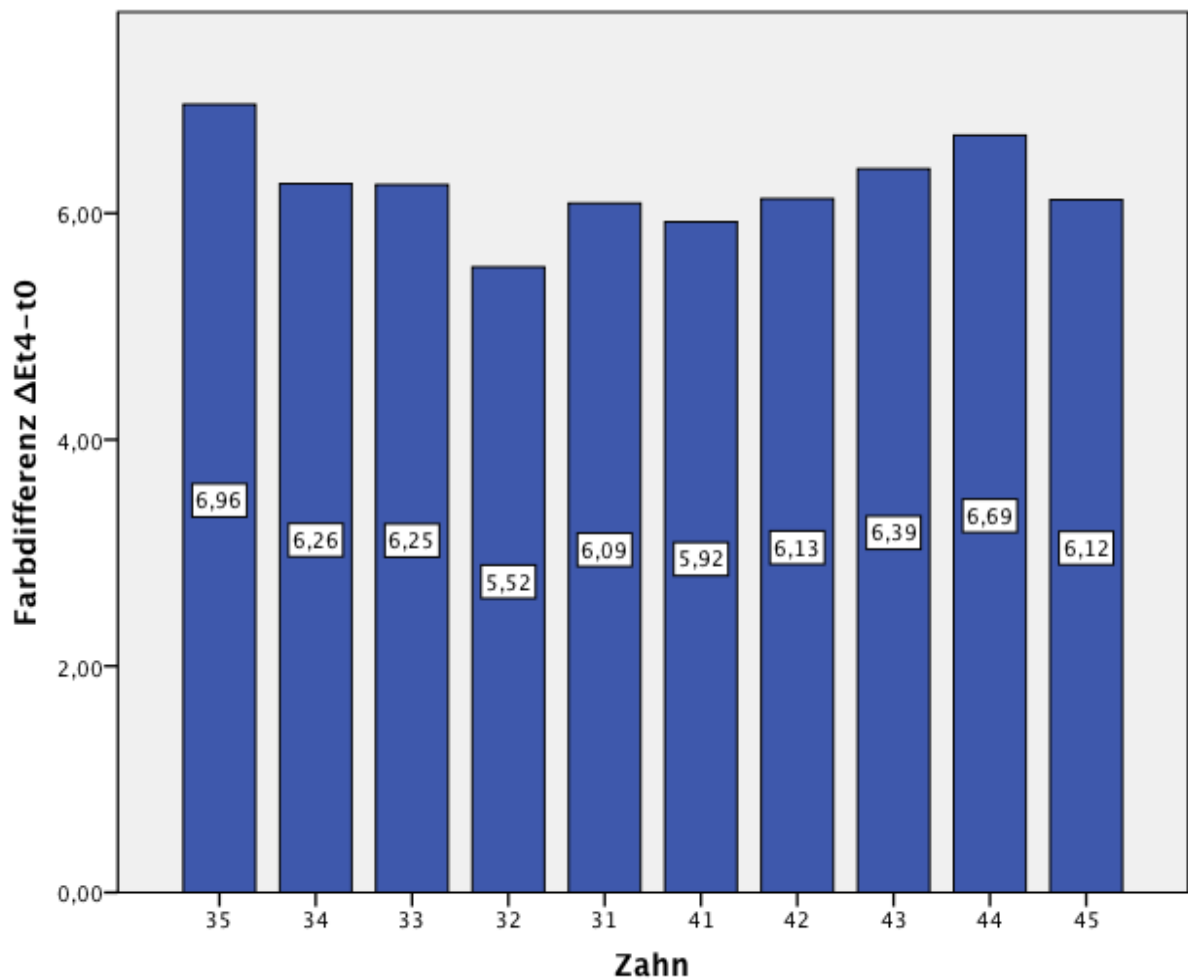


Abbildung 26: Die mittleren Farbabstandsdifferenzen $\Delta E_{t_4-t_0}$ der Zähne im Unterkiefer.

Das Balkendiagramm zeigt bei allen Zähnen Farbabstände (ΔE) größer als 3,7.

Die einfaktorielle Varianzanalyse hat gezeigt, dass die Differenzen des Farbabstands statistisch nicht signifikant sind ($p > 0,05$).

Die Mehrfachvergleiche der Bonferroni Analyse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Zähnen ($p > 0,05$).

4.5. Kreuztabellen

In den folgenden Tabellen ist die absolute Farbveränderung (t_0 - t_4) mit zwei verschiedenen Farbsystemen (Vitapan® classical, Vita system 3D-Master®) und drei Zahngruppen (Frontzahn, Eckzahn, Prämolare) pro Kiefer (Oberkiefer, Unterkiefer) dargestellt. Die Kreuztabellen zeigen die Anzahl der vorhandenen Zahnfarben vor dem Bleaching (t_0) und nach dem Bleaching (t_4). Die Farbschlüsselangaben sind in den Tabellen nach abnehmender Helligkeit sortiert.

Tabelle 3: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Frontzahnbereich (Vitapan® classical).

Oberkiefer Frontzahn					
Nachher	B1	A1	B2	C1	Gesamt
Vorher					
B1	12	3			15
A1	18	65			83
B2		31	21	3	55
D2		3			3
A2			6		6
C1		5			5
A3			8		8
Gesamt	30	107	35	3	175

Tabelle 3 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangabe Vitapan® classical der Frontzähne im Oberkiefer (12,11,21,22) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Frontzähne im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=25$). Die grün markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die rot markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung und die nicht markierten Ergebnisse zeigen eine positive Veränderung.

56% der Oberkiefer Frontzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 40,5% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farb-angabe heller. Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe A1, 79% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert A1, bei 21% stellte sich eine Farbveränderung zu B1 dar. Oberkiefer-Frontzähne mit der Ausgangsfarbe B2 zeigten in 56% der Fälle eine Veränderung zu der Endfarbe A1. Bei drei Frontzähnen mit der Ausgangsfarbe B2 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe C1 zu sehen. Bei drei Zähnen mit der Ausgangsfarbe B1 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe A1.

Tabelle 4: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Eckzahnbereich (Vitapan® classical).

Oberkiefer Eckzahn						
Nachher	A1	B2	A2	A3	B3	Gesamt
Vorher						
A1	7					7
A2		3				3
A3		7				7
B3		8	4	14	9	35
A3,5				3	14	17
A4					3	3
Gesamt	7	18	4	17	26	72

Tabelle 4 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vitapan® classical der Eckzähne im Oberkiefer (13,23) in einem Vergleich zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_4 . 100 Eckzähne im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=28$). Die grün markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die rot markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung und die nicht markierten Ergebnisse zeigen eine positive Veränderung.

22% der Oberkiefer-Eckzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 77% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe B3, 25% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert B3, bei 40% stellte sich eine Farbveränderung zu A3 dar. Oberkiefer Eckzähne mit der Ausgangsfarbe A3,5 zeigten in 82% der Fälle eine Veränderung zu der Endfarbe B3. Es gab keine negative Farbveränderung zu sehen.

Tabelle 5: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Prämolarenbereich (Vitapan® classical).

Oberkiefer Prämolare							
Nachher	A1	B2	A2	C1	A3	B3	Gesamt
Vorher							
A1	3						3
B2	4	13					17
A2		6		3	6		15
A3		17	6		7		30
B3		8	13		26	15	62
A3,5						9	9
C3		4			3		7
A4					6		6
Gesamt	7	48	19	3	48	24	149

Tabelle 5 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vitapan® classical der Prämolaren im Oberkiefer (14,15,24,25) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Prämolaren im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=51$). Die grün markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die rot markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung und die nicht markierten Ergebnisse zeigen eine positive Veränderung.

25% der Oberkiefer Prämolaren haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 68% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe B3. 24% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert B3, bei 42% stellte sich eine Farbveränderung zu A3 dar. Oberkiefer Prämolaren mit der Ausgangsfarbe A3 zeigten in 56% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe B2. Bei sechs Prä-molaren mit der Ausgangsfarbe A2 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfar-be A3 zu sehen. Bei drei Zähnen mit der Ausgangsfarbe A2 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe C1.

Tabelle 6: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Frontzahnbereich (Vitapan® classical).

Unterkiefer Frontzahn				
Nachher	B1	A1	B2	Gesamt
Vorher				
B1	19	5		24
A1	18	69	3	90
B2		35	16	51
D2		3		3
A2		4	4	8
Gesamt	37	116	23	176

Tabelle 6 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vitapan® classical der Frontzähne im Unterkiefer (42,41,31,32) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Frontzähne im Unterkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=24$). Die grün markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die rot markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung und die nicht markierten Ergebnisse zeigen eine positive Veränderung.

59% der Unterkiefer Frontzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 36% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe A1. 77% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert A1, bei 20% stellte sich eine Farbveränderung zu B1 dar. Unterkiefer Frontzähne mit der Ausgangsfarbe B2 zeigten in 68% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe A1. Bei drei Zähnen mit der Ausgangsfarbe A1 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe B2 zu sehen.

Tabelle 7: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Eckzahnbereich (Vitapan® classical).

Unterkiefer Eckzahn						
Nachher	A1	B2	A2	A3	B3	Gesamt
Vorher						
A1	7					7
B2		6				6
A2		6				6
A3	3	5		4		12
B3		9	5	10	11	35
A3,5				3	6	9
Gesamt	10	26	5	17	17	75

Tabelle 7 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vitapan® classical der Eckzähne im Unterkiefer (43,33) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 100 Eckzähne im Unterkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=25$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

37% der Unterkiefer Frontzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 62% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe B3. 31% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert B3, bei 29% stellte sich eine Farbveränderung zu A3 dar. Unterkiefer Frontzähne mit der Ausgangsfarbe A2 zeigten in 100% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe B2. Es gab keine negative Farbveränderung zu sehen.

Tabelle 8: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Prämolarenbereich (Vitapan® classical).

Unterkiefer Prämolar						
Nachher	B2	A2	A3	B3	A4	Gesamt
Vorher						
B2	13					13
A2	16	4				20
A3	11	9	8			28
B3	5	12	20	25		62
A3,5				11		11
B4				5		5
C3			3			3
A4				3	3	6
Gesamt	45	25	31	44	3	148

Tabelle 8 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vitapan® classical der Prämolaren im Unterkiefer (45,44,34,35) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Prämolaren im Unterkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=52$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

36% der Prämolaren haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 64% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farbangabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe B3. 40% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert B3, bei 32% stellte sich eine Farbveränderung zu A3 dar. Unterkiefer Prämolaren mit der Ausgangsfarbe A2 zeigten in 80% der Fälle eine Farbeveränderung zu der Endfarbe B2. Es gab keine negative Farbveränderung zu sehen.

Tabelle 9: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Frontzahnbereich (Vita system 3D-Master®).

Oberkiefer Frontzahn							
Nachher Vorher	2L1,5	2L2,5	2M1	2M2	2R1,5	2R2,5	Gesamt
2L2,5	3	32	5		4		44
2M1	3	9	18		4		34
2M2		6	5	5	10		26
2R1,5	3	4			6		13
2R2,5		5	12	8	6	12	43
3L1,5						3	3
Gesamt	9	56	40	13	30	15	163

Tabelle 9 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Frontzähne im Oberkiefer (12,11,21,22) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Frontzähne im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=37$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

44% der Unterkiefer Frontzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 41% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 2L2,5. 72% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert 2L2,5, bei 6% stellte sich eine Farbveränderung zu 2L1,5 dar. Oberkiefer Frontzähne mit der Ausgangs-farbe 2R2,5 zeigten in 28% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 2M1. Bei zehn Frontzähnen mit der Ausgangsfarbe 2M2 ist eine negative Farbverände-rung zu der Endfarbe 2R1,5 zu sehen. Bei fünf Zähnen mit der Ausgangsfarbe 2L2,5 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2M1.

Tabelle 10: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Eckzahnbereich (Vita system 3D-Master®).

Oberkiefer Eckzahn						
Nachher Vorher	2L2,5	2M3	2R2,5	3L2,5	3M3	Gesamt
2L2,5	3					3
2M3			3			3
2R2,5			7			7
3L1,5		5	13	6		24
3M2			3			3
3M3			4			4
4L1,5			3	9	3	15
4M2			4			4
Gesamt	3	5	37	15	3	63

Tabelle 10 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Eckzähne im Oberkiefer (13,23) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 100 Eckzähne im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=37$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

16% der Oberkiefer-Eckzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 70% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 3L1,5. Bei 54% stellte sich eine Farbveränderung zu 2R2,5 dar. Oberkiefer Eckzähne mit der Ausgangsfarbe 4L1,5 zeigten in 60% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 3L2,5. Bei drei Eckzähnen mit der Ausgangsfarbe 2M3 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5 zu sehen.

Tabelle 11: Kreuztabelle der Farbveränderung im Oberkiefer Prämolarenbereich (Vita system 3D-Master®).

Oberkiefer Prämolaren									
Nachher Vorher	2M1	2M2	2M3	2R2,5	3L1,5	3L2,5	3M2	3M3	Gesamt
2R2,5	7	5		24		5			41
3L1,5			4	22	12		3		41
3M2	3			5					8
3M3				3				3	6
3R2,5			4	3			3		10
4L1,5				4	4				8
4M2				5			4		9
4R1,5				4					4
Gesamt	10	5	8	70	16	5	10	3	127

Tabelle 11 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Prämolaren im Oberkiefer (15,14,24,25) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Prämolaren im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=73$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

31% der Unterkiefer-Prämolaren haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 63% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farbangabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 2R2,5. 58% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert 2R2,5, bei 17% stellte sich eine Farbveränderung zu 2M1 dar. Oberkiefer Prämolaren mit der Ausgangsfarbe 3L1,5 zeigten in 53% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5. Bei fünf Prämolaren mit der Ausgangsfarbe 2R2,5 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 3L2,5 zu sehen. Bei drei Zähnen mit der Ausgangsfarbe 3L1,5 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 3M2.

Tabelle 12: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Frontzahnbereich (Vita system 3D-Master®)

Unterkiefer Frontzahn							
Nachher	2L1,5	2L2,5	2M1	2M2	2R1,5	3M1	Gesamt
Vorher							
2L1,5		7					7
2L2,5	4	24		3	4		35
2M1	8	22	25	5			60
2M2			9	5	5		19
2M3			5				5
2R1,5			3		3		6
2R2,5			12			3	15
3M1			3				3
Gesamt	12	53	57	13	12	3	150

Tabelle 12 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Frontzähne im Unterkiefer (42,41,31,32) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Frontzähne im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=50$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

38% der Unterkiefer-Frontzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 44% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farbangabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 2M1. 41% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert 2M1, bei 36% stellte sich eine Farbveränderung zu 2L2,5 dar. Unterkiefer Frontzähne mit der Ausgangsfarbe 2R2,5 zeigten in 80% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 2M1. Bei zehn Frontzähnen mit der Ausgangsfarbe 2M2 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2R1,5 zu sehen. Bei sieben Frontzähnen mit der Ausgangsfarbe 2L1,5 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2L2,5 zu sehen. Bei fünf Zähnen mit der Ausgangsfarbe 2M1 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2M2.

Tabelle 13: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Eckzahnbereich (Vita system 3D-Master®).

Unterkiefer Eckzahn					
Nachher	2L2,5	2M3	2R2,5	3L1,5	Gesamt
Vorher					
2M1	3				3
2M3	3		4		7
2R2,5	4	3	11		18
3L1,5			11	7	18
3M1			5		5
3M3			3		3
Gesamt	10	3	34	7	54

Tabelle 13 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Eckzähne im Unterkiefer (43,33) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 100 Eckzähne im Unterkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=46$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

33% der Unterkiefer-Eckzähne haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 54% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farban-gabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 2R2,5. 61% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert 2R2,5, bei 36% stellte sich eine Farbveränderung zu 2L2,5 dar. Unterkiefer Eckzähne mit der Ausgangsfarbe 3L1,5 zeigten in 61% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5. Bei vier Eckzähnen mit der Ausgangsfarbe 2M3 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5 zu sehen.

Tabelle 14: Kreuztabelle der Farbveränderung im Unterkiefer Prämolarenbereich (Vita system 3D-Master®).

Unterkiefer Prämolaren								
Nachher Vorher	2M1	2M2	2M3	2R1,5	2R2,5	3L1,5	3M2	Gesamt
2M3	5				4			9
2R2,5	9	6		3	18		4	40
3L1,5			6		17	13		36
3L2,5					5			5
3M1			3		11			14
3M2					5			5
3R2,5					5	3		8
4L1,5						6	3	9
4R1,5					3			3
Gesamt	14	6	9	3	68	22	7	129

Tabelle 14 zeigt die Veränderung der Farbschlüsselangaben Vita system 3D-Master® der Prämolaren im Unterkiefer (45,44,34,35) in einem Vergleich der Zeitpunkte t_0 und t_4 . 200 Prämolaren im Oberkiefer wurden untersucht. Einzelne Ausreißer wurden Relevanz bedingt beseitigt ($n=71$). Die blau markierten Ergebnisse zeigen keine Veränderung, die lila markierten Ergebnisse zeigen eine negative Veränderung.

24% der Unterkiefer-Prämolaren haben die gleichen Farbschlüsselangaben behalten, 70% der Zähne waren 4 Wochen nach dem Bleaching um mindestens eine Farbangabe heller.

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne hatte bereits vor dem Bleaching die Farbe 2R2,5. 45% der Zähne blieben nach dem Bleaching unverändert 2R2,5, bei 23% stellte sich eine Farbveränderung zu 2M1 dar. Unterkiefer Prämolaren mit der Ausgangsfarbe 3L1,5 zeigten in 47% der Fälle eine Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5. Bei 78% der Fälle mit der Ausgangsfarbe 3M1 stellte sich eine Veränderung zu der Endfarbe 2R2,5.

Bei zehn Frontzähnen mit der Ausgangsfarbe 2M2 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2R1,5 zu sehen. Bei vier Prämolaren mit der Ausgangsfarbe 2M3 ist eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 2R2,5 zu sehen. Bei vier Zähnen mit der Ausgangsfarbe 2R2,5 zeigt sich ebenfalls eine negative Farbveränderung zu der Endfarbe 3M2.

5. Diskussion

5.1. Methodendiskussion

Diese in-vivo Untersuchung zeigt die Effektivität des Aufhellens bei der in-office Methode mittels Perfect Bleach® Office+ von der Firma VOCO (35% Wasserstoffperoxid). Dafür wurden 50 Probanden nach Genehmigung der Ethikkommission untersucht.

Die Auswahl der Probanden orientierte sich nach den Ein- und Ausschlusskriterien. Dabei wurde auf das Mindestalter und die schriftliche Einwilligung sowie auf restaurationsfreie und vitale Zähne geachtet. 20% der Probanden sind männlich und 80% sind weiblich. Das Durchschnittsalter liegt bei 25,46 Jahren ($SD=\pm 5,61$).

Die bleichende Wirkung verschiedener Bleaching-Methoden ist in zahlreichen in-vivo und in-vitro Untersuchungen belegt. Die Effektivität von der Bleaching-Therapie ist von mehreren Faktoren abhängig. Art der Therapie, die Konzentration sowie die Anwendungsdauer und die Wiederholung sind entscheidend für das Ergebnis [110, 149-152].

Im Rahmen dieser in-vivo Untersuchung eignen sich vor allem Probanden im jungen Erwachsenenalter. Gerlach et al. zeigte, dass im Vergleich zu Probanden im höheren Alter ein stärkerer Aufhellungseffekt in der jüngeren Altersgruppe eintrat. Der Grund hierfür liegt im größeren Gelbanteil der Zähne. Die Probanden mit dem geringsten Gelbanteil zeigten die geringste Aufhellung [153].

Die CIE-L*C*h°-Koordinaten sind praxisnäher und somit für die zahnmedizinischen Untersuchungen geeigneter als die CIE-L*a*b*-Koordinaten. In der wissenschaftlichen Aussage sind sich die Koordinaten sehr ähnlich. Die CIE-L*a*b*-Koordinaten werden in vielen Studien verwendet. Dies stellt aber keinen großen Unterschied dar, denn die Sättigungswerte (C*) der menschlichen Zähne sind den b*-Werten sehr ähnlich und die Abnahme der a*-Werte entspricht der Zunahme bei den h°-Werten [154].

Alle Probanden wurden zunächst von einem approbierten Zahnarzt untersucht. Es wurde keine Ausgangsfarbe als Einschlusskriterium festgelegt. 46% der untersuchten Zähne hatten eine Ausgangsfarbe von B2 (Vitapan® classical) oder heller, bzw. 54% zeigten als Ausgangsfarbe 2R2,5 oder heller bei der Farbschlüsselangaben des Vita system 3D-Master®. Auschill et al. haben in einer Untersuchung die Ausgangs-

farbe auf A3 oder dunkler (Vitapan® classical) bestimmt [134]. Bei der Untersuchung von Zekonis et al. wurde eine Ausgangsfarbe (dunkler als B54 Trubyte Bioform Color) als Einschlusskriterium festgelegt [155]. Diese Eingrenzung der Zahnfarben auf relativ dunkle Zähne hat zur Folge, dass keine validen Daten zur Aufhellung von relativ hellen Zähnen existieren. Nichtsdestotrotz ist der Wunsch der Patienten mit Zahnfarben heller als A3 groß, noch hellere Zähne durch das Bleaching zu bekommen. Aus diesem Grund wurden explizit diese Patienten in die Untersuchung eingeschlossen.

In Rahmen des ersten Termins wurden die Zähne professionell gereinigt, weiche und harte Belege entfernt, sodass extrinsische Verfärbungen zu keinen Ergebnisverfälschungen führen konnten.

Der Farbton, die Sättigung und die Helligkeit sind die Grundbestandteile der natürlichen Zahnfarbe, dabei ist die Opazität des Dentins von großer Bedeutung [2]. Da die visuelle Farbbestimmung eine subjektive Methode ist und viele Fehlerquellen sowie verschiedene Einflussfaktoren mit sich bringt [156], wurde die Ausgangsfarbe vor dem Bleaching spektralfotometrisch (Vita Easyshade® Advance) bestimmt. Diese Methode wurde der konventionellen visuellen Farbbestimmung vorgezogen, da bei der digitalen Farbbestimmung eine sehr hohe Reproduzierbarkeit nachweisbar ist [156]. In der Studie von Lehmann et al. konnte das Easyshade® Advance in 98,9% der Fälle die korrekte Zahnfarbe reproduzierbar keramischen Probekörpern zuordnen, während durch die visuelle Abmusterung nur 72,5% der Probekörper korrekt zugeordnet wurden [157].

In anderen Studien wurden die Farbkoordinaten nach dem Bleaching mit Hilfe eines Spektralfotometers gemessen und zum Vergleich eine visuelle Farbbestimmung durchgeführt. Ontiveros hat zwei Bleaching-Gruppen mit 25%igem Wasserstoffperoxid (mit Aktivierungslicht, ohne Aktivierungslicht) untersucht. Die Farbbestimmung erfolgte sowohl visuell (Vitapan® classical und Bleachedguide 3D-Master) als auch spektralfotometrisch mit dem Easyshade®. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den visuell bestimmten Ergebnissen mit oder ohne Lichtaktivierung, bei der Verwendung des Vitapan® classical Farbschlüssels. Bei der Verwendung des Bleachedguide 3D-Master®, sowie dem Easyshade® konnten dagegen signifikante Unterschiede zwischen beiden Bleachingverfahren festgestellt werden [154].

Braun et al. haben in ihrer Untersuchung die Effektivität des Bleachings bei verschiedenen Carbamidperoxidkonzentrationen sowohl spektralfotometrisch, als auch visuell evaluiert. Die visuelle Farbbestimmung mit dem Vita system 3D-Master® wurde systematisch nach den Herstellerangaben bestimmt. Hierbei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der visuell bestimmten Zahnfarbe und den Ergebnissen des Spektralfotometers (SpectroShade™). Die systematische Anwendung des Vita system 3D-Master® lässt sich in diesem Zusammenhang gut mit der spektralfotometrische Farbbestimmung (SpectroShade™) ergänzen [143].

Ähnliche Ergebnisse konnten Marson et al. in einer klinischen Untersuchung feststellen. Bei einem Vergleich zwischen vier Bleaching-Gruppen wurde die Zahnfarbe sowohl visuell (Vitapan® classical) als auch spektralfotometrisch (Vita Easyshade®) bestimmt. Die Unterschiede sowohl innerhalb der spektralfotometrisch bestimmten Ergebnisse, wie auch innerhalb der visuell bestimmten Farbeschlüsselangaben waren nicht signifikant [134, 144].

Um eine optimale Repositionierung während der spektralfotometrischen Messungen zu gewährleisten, wurden individuelle Positionierungsschienen aus Tiefziehfolien angefertigt. Die Schienen wurden an den zentralen labialen Flächen mit 5 mm großen Löchern versehen, genau passend zum Messkopf des Easyshades.

Da die Gingivairritationen unter anderem eine der häufigsten Komplikationen bei einer Bleaching-Therapie sind, wurde zunächst LC Dam als Gingivaschutz angebracht. Ein 2 mm dicker und 3 mm breiter Streifen aus LC Dam ist ausreichend, um die Gingiva zu schützen und somit das Ablösen der äußeren Epithelschicht oder das Verätzen der Gingiva zu vermeiden [158-161]. Studien belegen, dass bei Bleichtherapien ohne Gingivaschutz, wie bei der ‚over the counter‘-Technik, die Gingivairritationen vermehrt vorkommen. Diese Erhöhung ist aber nicht signifikant im Vergleich zu den Gingivairritationen bei den bereits erwähnten Bleaching-Methoden. Die harmlosen reversiblen Irritationen werden von den Probanden sogar als Nebeneffekt akzeptiert [134].

Im Rahmen des Bleachingvorgangs wurde ein 35%iges Wasserstoffperoxid-Gel ohne Aktivierungslicht angewendet. Das Gel wurde auf die labialen Zahnflächen aufgetragen und mit einem Handinstrument alle 5 min durchgemischt, wodurch die noch nicht oxidierten Peroxide mit der Zahnhartsubstanz in Kontakt kommen können.

Die Bleichwirkung wird durch eine Energiequelle deutlich beschleunigt. Bei der Zufuhr von Licht oder Wärme durch einer Bleichlampe oder einem Lasersoft können

verstärkt unerwünschte Nebenwirkungen auftreten. Einige Studien in der Literatur belegen neben der gesteigerten Hypersensibilität in manchen Fällen eine Pulpaschädigung. Tavares hat in einer Studie die Bleichwirkung von 15%igem Wasserstoffperoxid mit einer Energiequelle in Form vom Licht untersucht. In einem Vergleich zwischen drei Bleaching-Gruppen (Gruppe A - Bleaching mit Licht, Gruppe B - Bleaching ohne Licht, Gruppe C - Placebo) waren die Zähne aus der Gruppe A signifikant heller. Die Helligkeit in Gruppe B war im Vergleich zu Gruppe C ebenfalls signifikant höher [75, 162, 163].

Andere Studien über die Oberflächenstruktur zeigen nach einer Bleichtherapie mit einer Energiequelle keine klinisch relevanten Veränderungen an der Schmelzstruktur [164-166].

In dieser Untersuchung waren die Zusammensetzung und die Konzentration des Bleaching-Gels ausreichend hoch, um eine Aufhellung durchzuführen ohne Nebenwirkungen oder dauerhafte Schädigungen der Pulpa zu verursachen. Kein Patient hat die Behandlung auf Grund von Hypersensibilität oder anderen Beschwerden unterbrechen müssen. In einem Review vom Buchalla et al. wurden Untersuchungen über das externe Bleaching in verschiedenen Konzentrationen und Methoden zusammengefasst. Es wurden verschiedene Studien von Wasserstoffperoxid in den Konzentrationen zwischen 1%-42%, sowie mit als auch ohne Energiequelle durchgeführt. Die hohe Konzentration des Materials stellt kein so großes Risiko einer Pulpaschädigung dar, dagegen erhöht die zusätzliche Aktivierung die Temperatur der Pulpa. Dies kann zu Entzündungen der Pulpa führen. Hierfür ist auf die Zeitangaben des Herstellers zu achten, denn die Peroxide können mit der Zeit auch ohne zusätzliche Energiequelle bis zur Pulpa diffundieren und Entzündungen hervorrufen [147].

Bei Untersuchungen zur Effektivität eines Bleichgels wurde das Gel für einen Zyklus von 15 Minuten lang auf die labialen Flächen angebracht. Bei Nichterreichen der gewünschten Bleichwirkung kann das Bleichen direkt wiederholt werden [80, 150].

Nach Ablauf der vorgegebenen Zeit, Entfernen des Bleichmittels sowie das gründliche Abspülen wurde die Zahnfarbbestimmung ein zweites Mal durchgeführt. Eine definitive Farbbestimmung nach dem Bleaching ist erst nach zwei Wochen sinnvoll.

Durch die Dehydrierung der Zähne beim Bleaching ist die Farbbestimmung direkt nach der Behandlung unzuverlässig. Nach dem Bleichen ist das Dentin ausgetrocknet, und somit erscheint es heller [2, 167]. Die helle Erscheinung von den ausgetrockneten Zähnen ist nicht von Dauer. Nach der Wasseraufnahme kommt es inner-

halb von zwei Wochen zu einer Rehydrierung. Dabei dunkeln die Zähne allmählich nach und nehmen ihre endgültigen Farben an [168, 169]. Deswegen wurde die Farbbestimmung in dieser Untersuchung nach 1,2 und 4 Wochen wiederholt. Die Remineralisierung nach dem Bleichen unterstützt die Desensibilisierung der Zähne. Natriumfluoride wie das Remin Pro[®] helfen Säuren im Mundraum zu neutralisieren [170, 171].

Nach der Fluoridierung wurden die Probanden entlassen und darauf hingewiesen, auf färbende Genussmittel zu verzichten, Wein und Kaffee sowie das Rauchen von Tabak fördern die Zahnverfärbungen. Da dieser Teil der Studie nicht zur kontrollieren war, war die Mitarbeit der Probanden sehr wichtig. Die Probanden wurden an dieser Stelle gebeten, auf ihre Gewohnheiten wie Kaffeegenuss, das Rauchen, Rotwein und andere färbende Lebensmittel zu verzichten.

5.2. Ergebnisdiskussion

In dieser in-vivo Untersuchung wurde die Effektivität des Bleichens von vitalen Zähnen bei der in-office-bleaching Methode ermittelt. Die Abläufe waren standardisiert, erste Verfärbungen (Zahnbeläge, extrinsische Verfärbungen) wurden entfernt, ebenso die Austrocknung der Zähne nach dem Bleichen wurde berücksichtigt. Somit konnte sichergestellt werden, dass das Risiko von falschen Ergebnissen reduziert wird.

Die Differenzen von den einzelnen Farbkoordinaten CIE-L*a*b* zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4) wurden berechnet und untereinander verglichen. Der Farbabstand ΔE wurde aus den Farbkoordinaten CIE-L*a*b* berechnet, und zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4) verglichen. Die mittleren Differenzen von den Koordinaten CIE-L*a*b* und ΔE am Zahn 11 wurden als Beispiel grafisch dargestellt. Die Farbkoordinaten CIE-L*a*b* sowie der Farbabstand ΔE wurden zum Zeitpunkt t_0 und Zeitpunkt t_4 berechnet und alle Zähne untereinander verglichen und grafisch dargestellt. Darüberhinaus wurden Kreuztabellen über die Ausgangs- und Endfarbe für die Farbschlüsselangaben Vitapan® classical und Vita system 3D-Master® zusammengestellt.

Die erste Nullhypothese: „*ein zunehmender ΔL -Wert nach vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zum Baseline*“ konnte durch das Ausrechnen der Steigerung von den L*-Mittelwerten zwischen den verschiedenen Zeitpunkten bestätigt werden. Es ergab sich ein Differenzwert zwischen t_0 und t_4 von $\Delta L=3,39$ ($p=0,00$). Dieses Ergebnis zeigt die steigende Aufhellungseffektivität des Bleachings auf der Helligkeitsachse (Schwarz-Weiß). In der Literatur wurde das Aufhellen von Zähnen durch Wasserstoffperoxid schon öfter bestätigt. Die Farbveränderung und Helligkeitsentwicklung wurden dabei durch das spektralfotometrische Messen festgestellt. In der Studie von Braun et al. wurden die Zähne von 30 Probanden mit 0%igem, 10%igem und 17%igem Carbamidperoxid aufgehellt, nach zwei Wochen war der Helligkeitsdifferenz $\Delta L=2,07$ [143]. Ziebolz hat in einer Untersuchung über die Effektivität des Bleachings ein 7,5% Wasserstoffperoxid verwendet, dabei wurde ein $\Delta L=1,6$ gemessen [172]. In der Pilotstudie von Matis, ein Vergleich zwischen acht verschiedenen Wasserstoffperoxid Bleachingsystemen (15%iges bis 40%iges Wasserstoffperoxid), zeigt sich nach sechs Wochen mit 30%igem Wasserstoffperoxid ein Höchstwert von $\Delta L=1,13$ [146].

In diesen Untersuchungen sind kleinere Helligkeitsdifferenzen dargestellt, dennoch signifikante Unterschiede unterhalb der Gruppen erkennbar. Zu erwähnen ist, dass niedrige Wasserstoffperoxidkonzentrationen verwendet wurden, sowie teilweise Messungen nach längeren Wartezeiten nach der Bleichtherapie erfolgten.

Die zweite Nullhypothese: „*abnehmende ΔC Werte nach vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zum Baseline*“ wurde in der Abbildung 16 bestätigt. Dieser Wert war so zu erwarten. Eine Abnahme des Gelbwerts nach dem Bleichen wurde in verschiedene Bleaching-Studien schon bestätigt. Ein Differenzwert zwischen t_0 und t_4 von $\Delta C=2,19$ bei Signifikanz ($p=0,00$) deutet auf eine leichte Abnahme in der Farbsättigung hin. Bei der Abnahme der Sättigung und des Verkleinerns des Gelbwertes reduziert sich die Farbpigmentmenge einer Farbe, sodass der C^* -Wert sich der zentralen Achse im $L^*C^*h^\circ$ -Farbraum nähert [2, 173-177]. Andere Untersuchungen zeigen ähnliche Ergebnisse. Bei Braun et al. liegt ΔC bei 2,35 nach zwei Wochen Bleichen mit 17%igem Carbamidperoxid [143]. Ähnliche Werte sind auch in der Studie von Tavares zu finden, $\Delta C=1,91$ bei 15%igem Wasserstoffperoxid [163]. Ontiveros zeigt in einer Untersuchung über die Farbveränderung beim Bleaching einen vergleichbaren Sättigungswert $\Delta C=3,3$. Dort wurde unter anderem auch die Auswirkung der Farbkoordinate ΔC^* auf die Farbveränderung ΔE beschrieben. ΔE wird von den Veränderungen an der Sättigung ΔC^* dreimal mehr als von Veränderungen an der Helligkeit ΔL^* beeinflusst [154].

Eine weitere Nullhypothese: „*eine leichte Zunahme Δh° Werte nach vier Wochen nach dem Bleaching im Vergleich zum Baseline*“ wurde in dieser Untersuchung bestätigt. Ein $\Delta h^\circ=2,27$ zwischen t_0 und t_4 zeigt eine leichte positive Verschiebung im Winkelgrad im $L^*C^*h^\circ$ -Farbraum. Dies bedeutet eine Änderung von Farbton Rot in Richtung Gelb. In der Literatur wird oft die Farbkoordinate Δa^* dargestellt. Dieser Wert ist allerdings bei den zahnärztlichen Untersuchungen mit dem Farbtonwert sehr ähnlich. Der Farbton hat fast keinen Einfluss auf die Farbveränderung. Die Ergebnisse der Farbveränderung in der Untersuchung von Ontiveros et al. zeigen eine Farbtendifferenz von $\Delta h^\circ=2,9$ [154].

Durch die Differenzen bei den Farbkoordinaten CIE- $L^*C^*h^\circ$ zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4) konnte der Farbabstand (ΔE) errechnet werden. Mit dem Ergebnis des Farbabstands als Beispiel am Zahn 11 (mittlerer $\Delta E=6,12$, $p=0,00$) konnte die Nullhypothese: „*das Bleichen zeigt eine messbare und wahrnehmbare Farbveränderung der Zähne nachdem Bleaching, $\Delta E>3,7$ nach 1, 2 und 4 Wochen*“

an“ bestätigt werden. $\Delta E=6,12$ ist sowohl eine messbare, als auch für das menschliche Auge wahrnehmbare Farbveränderung. Dieses Ergebnis bestätigt zwar die Größe der Farbveränderung bei einem großen Farbabstand, es lässt sich aber noch keine Richtung dieser Farbentwicklung feststellen.

In der Studie von Matis bei einer Evaluation von acht verschiedenen Bleichmitteln mit unterschiedlichen Wasserstoffperoxid-Konzentrationen (15%-40%) ist der durchschnittliche Farbabstand am Tag der Behandlung $\Delta E=6,77$, eine Woche nach dem Bleaching $\Delta E=3,31$. Sechs Wochen nach dem Bleaching gab es einen 65%igen Rückgang $\Delta E=2,34$ [146]. In vielen wissenschaftlichen Studien ist die Aufhellung durch das Bleaching mit höheren L^* -Werten verbunden. Dies bedeutet einen größeren Weißanteil in der Farbenzusammensetzung [149, 152, 178]. Mit den Ergebnissen $\Delta L=3,39$, $\Delta C=2,19$, $\Delta E=6,12$ kann belegt werden, dass die große Farbveränderung sich mehr in Richtung Weißanteil mit Reduzierung des Gelbanteils bewegt.

Die nächste Hypothese: „*die Bleichwirkung hat den gleichen Effekt bei der gleichen Zahngruppe*“ wurde in den Abbildungen 19-26 widerlegt. In den Abbildungen lassen sich keine großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Zahngruppen erkennen. Die einfaktorielle Varianzanalyse ergibt signifikante Unterschiede in der Sättigung (C^*) sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer. Ansonsten sind die Differenzen bei der Helligkeit (L^*) und dem Farbton (h°), sowie beim Farbabstand (ΔE) für alle Zahngruppen nicht signifikant. Bei den Mehrfachvergleichen der Bonferroni Analysen für die verschiedenen Koordinaten (CIE- $L^*C^*h^\circ$ oder ΔE) aller unterschiedlichen Zahngruppen wurden keine signifikante Unterschiede festgestellt. Demnach ist anzunehmen, dass die Effektivität des Bleaching für die verschiedenen Zahngruppen gleich ist.

In den Kreuztabellen (Tabelle 3-14) lassen sich die Farbveränderungen gut beobachten. Die Kreuztabellen sind nach den unterschiedlichen Zahngruppen unterteilt, und für beide Farbschlüsselangaben Vitapan® classical sowie Vita system 3D-Master® zusammengestellt. 42% der Zähne bei der Vitapan® classical Farbskala haben keine Farbveränderung erfahren. 55% der Zähne haben mindestens eine hellere Farbstufe angezeigt. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Tabellen 9-14 mit der Farbskala Vita system 3D-Master®. 33% der Zähne zeigen keine Farbveränderung, 55% der Zähne sind jedoch um mindestens eine Farbstufe heller.

Die größte Farbveränderung ist an den Eckzähnen im Oberkiefer zu beobachten. 77% aller Oberkiefer Eckzähne (Vitapan® classical) haben mindestens eine Farbstu-

fe heller. 70% aller Messungen bei den Eckzähnen im Oberkiefer (Vita system 3D-Master®) haben sich mindestens um eine Farbstufe heller bewegt.

Die kleinste Farbveränderung weisen die Unterkieferfrontzähne auf. Nur 36% der Unterkieferfrontzähne haben eine hellere Farbstufe (Vitapan® classical) erreicht, dabei haben 59% der unteren Schneidezähne ihre Farbe (Vitapan® classical) nicht verändert. Bei dem Vita system 3D-Master® Farbschlüsselangaben zeigen die Oberkieferfrontzähne die kleinste Farbveränderung. Nur 41% der Oberkieferfrontzähne mindestens eine Farbstufe heller bekommen, während 44% keine Farbveränderung zeigen (Vita system 3D-Master®).

In der Untersuchung von Ontiveros et al. zeigen die standardisierten Koeffizienten ΔL^* ΔC^* Δh° einen objektiven Vergleich des Einflusses jeder Farbkoordinaten auf die Farbveränderung. Es wird erklärt, dass der Einfluss der Sättigung auf die Farbveränderung größer ist, als der Einfluss der Helligkeit. Der Farbton hat fast keinen Einfluss. Dieses Ergebnis legt nahe, dass nach Sättigung skalierte Farbschlüsselangaben für die Farbbestimmung beim Bleaching geeigneter sind als andere. Der Farbschlüssel Vita system 3D-Master® hat demnach im Vergleich zu Vitapan® classical einen entscheidenden Vorteil [154].

6. Zusammenfassung

In dieser in-vivo-Untersuchung wurde die Aufhellungseffektivität des Bleaching-Gels Perfect Bleach® Office+ der Firma VOCO evaluiert. Das 35%ige Wasserstoffperoxidgel wurde in der in-office-bleaching-Therapie verwendet. Mittels Easyshade® Advance wurden die Zahnfarbe sowie die Farbkoordinaten bestimmt. Wie laut Studienprotokoll beschrieben, wurden die Kandidaten nach bestimmten Ein- und Ausschlusskriterien ausgesucht. Bei der ersten Sitzung erfolgte eine professionelle Zahnreinigung, sowie Abformungen von Ober- und Unterkiefer. Dies diente zur Herstellung von Arbeitsmodellen und Positionierungsschienen.

Mit Hilfe der Positionierungsschiene und Easyshade® Advance wurden die Zahnfarben und alle Farbkoordinaten vor der Bleichtherapie bestimmt. Untersucht wurden bei insgesamt 50 Probanden jeweils 20 Zähne pro Proband (bis zum zweiten Prämolaren).

Das Bleaching-Gel wurde nach den Vorschutzmaßnahmen für 15 Minuten aufgetragen. Danach wurde das Gel ausgespült und die Zähne sowie die Gingiva auf Hypersensibilität und Verletzungen nachuntersucht. Die ersten Nachmessungen erfolgten einmal direkt nach dem Bleichen, drei weitere Nachmessungen während der nächsten drei Wochen.

Es ergaben sich signifikante Differenzen in den Farbkoordinaten, jedoch keine signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Zahngruppen.

Bei der Helligkeit (L^*) ist die Differenz zwischen den Zeitpunkten (t_4-t_0) mit 3,39 am größten ausgefallen. Anders bei der Sättigung (C^*), hier ist die Differenz zwischen den Zeitpunkten (t_1-t_0) am größten. Die Farbtendifferenz zeigt sich ebenfalls zwischen den Zeitpunkten (t_1-t_0) am größten. Im Verlauf der Untersuchung sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Farbkoordinaten ($CIE-L^*C^*h^\circ$) zu den verschiedenen Zeitpunkten (t_1, t_2, t_3, t_4) statistisch nicht signifikant.

Die Ergebnisse lassen sich bezüglich der Farbentwicklung mit einem großen Farbabstand ($\Delta E=6,12$) zusammenfassen. Dieser Wert des Farbunterschieds ist für das menschliche Auge leicht wahrnehmbar. Der Farbunterschied bewegt sich auf der Helligkeitsskala (L^*) zunehmend Richtung Weiß. Die Farbsättigung (C^*) nimmt mit dem Verlust des Anteils an gelblichen Pigmenten ab. Eine leichte Verschiebung zum

Farbton (h°) ist auch zu erwähnen. Ein direkter Vergleich der Farbkoordinaten innerhalb der verschiedenen Zahngruppen hat keine signifikanten Unterschiede gezeigt. Die Kreuztabellen von den Farbschlüsselangaben des Vitapan® classical zeigen allerdings eine Farbveränderung bei mindestens 55% der untersuchten Zähnen. 42% der Zähne haben die gleiche Farbe behalten. Die größte Farbänderung ergab sich bei den Oberkiefereckzähnen, 77% der Eckzähne weisen nach dem Bleichen mindestens eine Farbstufe heller auf. Bei den Farbschlüsselangaben des Vita system 3D-Master® sind die Farben bei 33% der untersuchten Zähne gleich geblieben. 55% der untersuchten Zähne zeigten bei den Farbschlüsselangaben des Vita system 3D-Master® eine Farbveränderung.

Mit diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass Wasserstoffperoxid, so wie in der Literatur beschrieben, für die Bleaching-Therapie sehr gut geeignet ist. Um die gewünschte Zahnfarbe zu erreichen, muss die Behandlung gegebenenfalls mehrmals wiederholt werden.

7. Literaturverzeichnis

1. Dunn WJ, Murchison DF, Broome JC. Esthetics: patients' perceptions of dental attractiveness. *Journal of Prosthodontics*. 1996;5(3):166-71.
2. Schmidseher J. Farbatlanten der Zahnmedizin 15: Ästhetische Zahnmedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1998.
3. Winter R. Visualizing the natural dentition. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1993;5(3):103-118.
4. Amato M, Krastl G. Verfärbter obliterierter Frontzahn. *Wissen Kompakt*. 2011;5(3):33-41.
5. Götz W. Altwerden. *Wissen Kompakt*. 2012;6(2):3-16.
6. Jacker-Guhr S. Internes und externes Bleichen. *Der Freie Zahnarzt*. 2014;58(7-8):68-76.
7. Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung: München: Urban & Schwarzenberg; 1995.
8. Kielbassa A, Wrbas K-T. Fortbildung-Extrinsische und intrinsische Zahnverfärbungen. Teil 1: Ursachen. *Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2000;109(4):177-183
9. Hannig M, Hannig C. Der initiale orale Biofilm–pathogen oder protektiv? *Oralprophylaxe*. 2007;29:73-82.
10. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *Journal of the American Dental Association*. 1997 Apr;128 Suppl:6S-10S.
11. Addy M, Moran J. Mechanisms of stain formation on teeth, in particular associated with metal ions and antiseptics. *Advances in Dental Research*. 1995;9:450-456.
12. Hattab FN, Qudeimat MA, Al Rimawi HS. Dental discoloration: an overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1999;11(6):291-310.
13. Theilade J, Slots J, Fejerskov O. The ultrastructure of black stain on human primary teeth. *European Journal of Oral Sciences*. 1973;81(7):528-532.
14. Eriksen HM, Nordbø H. Extrinsic discoloration of teeth. *Journal of Clinical Periodontology*. 1978;5(4):229-236.

15. Vogel R. Intrinsic and extrinsic discoloration of the dentition (a literature review). *Journal of Oral Medicine*. 1975;30(4):99.
16. Sutcliffe P. Extrinsic tooth stains in children. *The Dental Practitioner and Dental Record*. 1967;17(5):175-179.
17. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British Dental Journal*. 2001;190(6):309-316.
18. Glickman I, Carranza Jr FA. *Clinical Periodontology*: Philadelphia: WB Saunders; 1972.
19. Addy M, Moran J, Griffiths A, Wills-Wood N. Extrinsic tooth discoloration by metals and chlorhexidine. I. Surface protein denaturation or dietary precipitation? *British Dental Journal*. 1985;159(9):281.
20. Sönju T, Rölla G. Chemical analysis of the acquired pellicle formed in two hours on cleaned human teeth in vivo. *Caries Research*. 1973;7(1):30-38.
21. Sönju T. Pellicle-formation, composition and possible role. *Textbook of Cariology*, Chapter 4. 1986:46-55.
22. Faunce F. Management of discolored teeth. *Dental Clinics of North America*. 1983;27(4):657-670.
23. Flötra L, Gjerme P, Rölla G, Waerhaug J. Side effects of chlorhexidine mouth washes. *European Journal of Oral Sciences*. 1971;79(2):119-125.
24. Cogo E, Sibilla P, Turrini R. *Zahnbleaching-Wege zum Erfolg*: Quintessenz Verlags-GmbH; 2013.
25. Zantner C, Kielbassa A. Wie wirksam sind Weißmacher-Zahnpasten. *Oralprophylaxe*. 2002;24:1.
26. Schroeder H. *Dentinogenesis und Dentin*. *Orale Strukturbiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2000:85-123.
27. Demers P, Fraser D, Goldbloom R, Haworth J, LaRochelle J, MacLean R, et al. Effects of tetracyclines on skeletal growth and dentition. A report by the Nutrition Committee of the Canadian Paediatric Society. *Canadian Medical Association Journal*. 1968;99(17):849.
28. Milch RA, Rall DP, Tobie JE. Fluorescence of tetracycline antibiotics in bone. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1958;40(4):897-910.

-
29. Rinderer L. Verfärbung und Missbildung von Zähnen nach Tetracyclin-Medikation im Säuglingsalter. *Fortschritte der Kieferorthopädie*. 1967;28:335-342.
 30. Shwachman H, Fekete E, Kulczycki L, Foley G. The effect of long-term antibiotic therapy in patients with cystic fibrosis of the pancreas. *Antibiotics Annual*. 1958;6:692-699.
 31. Douglas A. The deposition of tetracycline in human nails and teeth: a complication of long-term treatment. *British Journal of Diseases of the Chest*. 1963;57(1):44-47.
 32. Keller H. Vergleich der Nebenwirkungsprofile verschiedener Substanzen wie Penicilline, Tetrazykline, Sulfonamide und Chinolone. *Infection*. 1991;19:1.
 33. Winckler J, Westphal W. Zur Spezifität des Calciumnachweises durch Tetracyclin. *Histochemie*. 1972;33(2):95-105.
 34. Haywood VB, Heymann HO. Response of Normal and Tetracycline-Stained Teeth with Pulp-Size Variation to Nightguard Vital Bleaching. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1994;6(3):109-114.
 35. Bailey RW, Christen AG. Bleaching of vital teeth stained with endemic dental fluorosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1968;26(6):871-878.
 36. Turner JG. Two Cases of Hypoplasia of Enamel. *British Dental Journal*. 1912;5:73.
 37. Euler H, Meyer W. *Pathohistologie der Zähne: mit besonderer Berücksichtigung der Pathobiologie*. München: J. F. Bergmann; 2013
 38. Krauss K. Ein Beitrag zur Frage der Schädigung des im Kiefer liegenden Ersatzzahnes durch eine Milchzahnparodontitis [Dissertation]. München: Universität; 1934.
 39. Kamann W. Der Turner-Zahn. *Zahnärztliche Mitteilungen*. 1999;89(23):42-45.
 40. Schroeder HE. *Pathobiologie oraler Strukturen: Karger Medical and Scientific Publishers*; 1997.
 41. Müller P, Bührdel P. Dunkelgrüne Milchzähne. *Monatsschrift Kinderheilkunde*. 2000;148(12):1102-1103.
 42. Hoffmann-Axthelm W. *Lexikon der Zahnmedizin: Quintessenz Verlags-GmbH*; 1995.

43. Arı H, Üngör M. In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discoloured teeth. *International Endodontic Journal*. 2002;35(5):433-436.
44. Ingle J, Bakland L. *Endodontics*. 5th Ed. Elsevier: BC Decker; 2002.
45. Guldener P, Langeland K. Aufbereitung und Reinigung des Wurzelkanals. In: *Endodontologie- Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1992.
46. Glockner K, Ebeleseder K, Stadler P. Das Bleichen von verfarbten Frontzähnen. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*. 1997;52(5):311-317.
47. Feinman RA, Goldstein RE, Garber DA. *Bleaching teeth*. Chicago: Quintessence Publishing Company; 1987.
48. Kim S, Abbott P, McGinley P. The effects of Ledermix paste on discolouration of mature teeth. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):227-232.
49. Browning WD. Use of shade guides for color measurement in tooth-bleaching studies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2003;15 Suppl 1:S13-20.
50. Gegauff AG, Rosenstiel SF, Langhout KJ, Johnston WM. Evaluating tooth color change from carbamide peroxide gel. *Journal of the American Dental Association*. 1993 Jun;124(6):65-72.
51. Goodson JM, Tavares M, Sweeney M, Stultz J, Newman M, Smith V, et al. Tooth whitening: tooth color changes following treatment by peroxide and light. *The Journal of Clinical Dentistry*. 2005;16(3):78-82.
52. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of Dental Research*. 1985 May;64(5):837-841.
53. Corcodel N, Rammelsberg P, Moldovan O, Dreyhaupt J, Hassel AJ. Effect of external light conditions during matching of tooth color: an intraindividual comparison. *The International Journal of Prosthodontics*. 2009 Jan-Feb;22(1):75-77.
54. Fukushima A. Enclosing method for visual tooth color matching. *The Journal of Showa University Dental Society*. 1987 Mar;7(1):67-86.
55. Fasshauer B. Tooth color ring, an essential aid in tooth color determination. *Die Quintessenz der Zahntechnik*. 1981 Nov;7(11):1151-1155

-
56. van der Burgt TP, ten Bosch JJ. A new method for visual tooth color determination. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*. 1986 Jan;93(1):25-28.
 57. Setz J, Geis-Gerstorfer J, Weber H. Objektive Zahnfarbbestimmung. Fehlerquellen werden ausgeschaltet. *Das Dental-Labor*. 1992 Apr;40(4):667-670.
 58. Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *Journal of Prosthodontics*. 2007 Jul-Aug;16(4):269-276.
 59. Marcucci B. Using tooth and color guides together. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001 Sep;86(3):322-323.
 60. Hassel AJ, Cevirgen E, Balke Z, Rammelsberg P. Intraexaminer reliability of measurement of tooth color by spectrophotometry. *Quintessence International*. 2009 May;40(5):421-426.
 61. Ratzmann A, Treichel A, Langforth G, Gedrange T, Welk A. Experimental investigations into visual and electronic tooth color measurement. *Biomedizinische Technik*. 2011 Apr;56(2):115-122.
 62. Gomez-Polo C, Gomez-Polo M, Celemin-Vinuela A, Martinez Vazquez De Parga JA. Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *Journal of Dentistry*. 2014 Jun;42(6):742-745.
 63. Corcodel N, Zenthofer A, Setz J, Rammelsberg P, Hassel AJ. Estimating costs for shade matching and shade corrections of fixed partial dentures for dental technicians in Germany: a pilot investigation. *Acta odontologica Scandinavica*. 2011 Sep;69(5):319-320.
 64. Hassel AJ, Doz P, Nitschke I, Rammelsberg P. Comparing L*a*b* color coordinates for natural teeth shades and corresponding shade tabs using a spectrophotometer. *The International Journal of Prosthodontics*. 2009 Jan-Feb;22(1):72-74.
 65. Cheon YW, Lee WJ, Rah DK. Objective and quantitative evaluation of scar color using the L*a*b* color coordinates. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2010 May;21(3):679-684.
 66. Gomez-Polo C, Gomez-Polo M, Celemin Vinuela A, Martinez Vazquez de Parga JA. A clinical study relating CIE-LCh coordinates to the color dimensions of the 3D-Master System in a Spanish population. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015 Mar;113(3):185-190.

67. Weyhrauch M, Igiel C, Pabst AM, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Interdevice agreement of eight equivalent dental color measurement devices. *Clinical Oral Investigations*. 2015;19:230-2318.
68. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Weyhrauch M, Schmidtman I, Wentaschek S, et al. Are dental color measuring devices CIE compliant? *The European Journal of Esthetic Dentistry : Official Journal of the European Academy of Esthetic Dentistry*. 2012 Autumn;7(3):324-333.
69. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *Journal of Dentistry*. 2012 Jul;40 Suppl 1:e10-17.
70. Oh WS, Koh IW, O'Brien WJ. Estimation of visual shade matching errors with 2 shade guides. *Quintessence International*. 2009 Nov-Dec;40(10):833-836.
71. Ragain JC, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2001;13(1):41-8.
72. Sulieman M. An overview of bleaching techniques: I. History, chemistry, safety and legal aspects. *Dental Update*. 2004;31(10):608-616.
73. Kirk E. The chemical bleaching of teeth. *Dental Cosmos*. 1889;31:273-283.
74. Böttger H, Meyer R. *Chlor [E-Book]*. Berlin: Springer-Verlag; 2013.
75. Zantner C, Kielbassa A. In-Office-Bleaching-Abgrenzung zu alternativen Therapieverfahren. *Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2004;113(05):207-215.
76. Ames JW. Removing stains from mottled enamel. *The Journal of the American Dental Association and The Dental Cosmos*. 1937;24(10):1674-1677.
77. Nutting E, Poe G. A new combination of bleaching teeth. *Journal of the California Dental Association*. 31 (9): 289–291.
78. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence International*. 1992;23(7):471-488.
79. Fischer DE. Dental bleaching compositions including a sticky matrix material. *Google Patents: Publication number US005746598A; 1998*.
80. Hegedüs C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *Journal of Dentistry*. 1999;27(7):509-515.

-
81. Boveris A, Oshino N, Chance B. The cellular production of hydrogen peroxide. *Biochemical Journal*. 1972;128:617-630.
 82. Machu W. *Das Wasserstoffperoxyd und die Perverbindungen*. Wien: Springer-Verlag; 2013.
 83. Campos-Martin JM, Blanco-Brieva G, Fierro JL. Wasserstoffperoxid-Synthese: Perspektiven jenseits des Anthrachinon-Verfahrens. *Angewandte Chemie*. 2006;118(42):7116-7139.
 84. Weigert WM. *Wasserstoffperoxid und seine Derivate: Chemie und Anwendungen*. Heidelberg: Hüthig; 1978.
 85. Hopp M, Biffar R. Laserunterstütztes Bleaching mit dem Diodenlaser MDL 15 (980nm). *Laser Zahnheilkunde*. 2004;1:261-268.
 86. Falbe J, Römpp H, Regitz M. *Römpp Chemie Lexikon*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1992.
 87. Carey CM. Tooth whitening: what we now know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 2014;14:70-76.
 88. Stindt DJ, Quenette L. An overview of Gly-Oxide liquid in control and prevention of dental disease. *Compendium of continuing education in dentistry (Newtown, Pa.)*. 1989 Sep;10(9):514-520.
 89. Penumatsa NV, Kaminedi RR, Baroudi K, Barakath O. Evaluation of remineralization capacity of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on the carbamide peroxide treated enamel. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. 2015 Aug;7(Suppl 2):S583-586.
 90. Cherry DV, Bowers DE, Thomas L, Redmond AF. Acute toxicological effects of ingested tooth whiteners in female rats. *Journal of Dental Research*. 1993 Sep;72(9):1298-1303.
 91. Reinhardt JW, Eivins SE, Swift EJ, Denehy GE. A clinical study of nightguard vital bleaching. *Quintessence International*. 1993 Jun;24(6):379-384.
 92. Rodrigues JA, Basting RT, Serra MC, Rodrigues Junior AL. Effects of 10% carbamide peroxide bleaching materials on enamel microhardness. *American Journal of Dentistry*. 2001 Apr;14:67-71.
 93. Schlenk W. Die neuen Harnstoff-Additionsverbindungen. *Angewandte Chemie*. 1950;62(13-14):299-301.

-
94. Cooper JS, Bokmeyer TJ, Bowles WH. Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. *Journal of Endodontics*. 1992;18(7):315-317.
 95. Weiger R, Kuhn A, Löst C. In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *Journal of Endodontics*. 1994;20(7):338-341.
 96. Spasser HF. A simple bleaching technique using sodium perborate. *The New York State Dental Journal*. 1961;27(6):332-334.
 97. Broon NJ, García SA, Zamaconall DKB. Intrinsic tooth whitening using thermo-catalytic technique. *Revista Odontológica Mexicana*. 2014;18(3):186-190.
 98. Sulieman M. An overview of bleaching techniques: 2. Night Guard Vital Bleaching and non-vital bleaching. *Dental Update*. 2005;32(1):39-40.
 99. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence International*. 1990;21(10).
 100. Tam L. The safety of home bleaching techniques. *Journal of the Canadian Dental Association*. 1999;65(8):453-455.
 101. Leonard Jr RH, Haywood VB, Phillips C. Risk factors for developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching. *Quintessence International*. 1997;28(8).
 102. Hupfauf L, Besford J. *Ästhetik in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde*. München: Urban & Schwarzenberg; 1995.
 103. Burgmaier GM, Schulze I, Attin T. Fluoride uptake and development of artificial erosions in bleached and fluoridated enamel in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2002;29(9):799-804.
 104. Potočnik I, Kosec L, Gašperšič D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *Journal of Endodontics*. 2000;26(4):203-206.
 105. Duschner H. Zahnaufhellung mit Peroxiden. *Zahnärztliche Mitteilungen*. 2002;92:42-49.
 106. Polydorou O, Möniting JS, Hellwig E, Ausschill TM. Effect of in-office tooth bleaching on the microhardness of six dental esthetic restorative materials. *Dental Materials*. 2007;23(2):153-158.

-
107. Bailey SJ, Swift Jr EJ. Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence International*. 1992;23(7).
 108. Polydorou O, Hellwig E, Ausschill T. The effect of different bleaching agents on the surface texture of restorative materials. *Operative Dentistry*. 2006;31(4):473-480.
 109. Wiegand A, Attin T. Internes und externes Bleichen von Zähnen-eine Übersicht. *Oralprophylaxe*. 2002;24(4).
 110. Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF, Brunson WD. Effectiveness, side effects and long-term status of nightguard vital bleaching. *Journal of the American Dental Association*. 1994;125(9):1219-1226.
 111. Attin T, Kielbassa A. Die Bleichbehandlung. *Zahnärztliche Mitteilungen*. 1995;85(22):54-61.
 112. Woolverton CJ, Haywood VB, Heymann HO. Toxicity of two carbamide peroxide products used in nightguard vital bleaching. *American Journal of Dentistry*. 1993;6:310-314.
 113. Rotstein I, Zalkind M, Mor C, Tarabeah A, Friedman S. In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronary bleaching of discolored non-vital teeth. *Dental Traumatology*. 1991;7(4):177-180.
 114. Florian Rathe RN, Deimling D, Ratka-Krüger P. Externe Wurzel resorption. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*. 2006;116(3):245-253.
 115. Derdilopoulou F, Zantner C, Kielbassa A. Bleichverfahren im Überblick. *Cosmetic Dentistry*. 2005;6:8-15.
 116. Sarrett DC. Tooth whitening today. *Journal of the American Dental Association*. 2002;133(11):1535-1538.
 117. Walton RE, Rotstein I. Bleaching discolored teeth: internal and external. In: Walton RE, ed. *Principles and practice of endodontics*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996:385-400.
 118. Guldener PH, Langeland K. *Endodontologie. Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1993.
 119. Klimscha J, Holly M. Endodontie und Ästhetik. *Stomatologie*. 2012;109(7-8):1-2.
 120. Feiglin B. A 6-year recall study of clinically chemically bleached teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1987;63(5):610-613.

121. Friedman S, Rotstein I, Libfeld H, Stabholz A, Heling I. Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Dental Traumatology*. 1988;4(1):23-26.
122. Smith JJ, Cunningham CJ, Montgomery S. Cervical canal leakage after internal bleaching procedures. *Journal of Endodontics*. 1992;18(10):476-481.
123. Zimmerli B, Jeger F, Lussi A. Bleaching of nonvital teeth. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*. 2010;120(4):306-313.
124. Rotstein I, Li Y. Tooth discoloration and bleaching. *Ingle's Endodontics*. 2002;6:1383-1399.
125. Schmidt AK, Wiegand A. Möglichkeiten der Zahnaufhellung–Bleichen und Alternativen. *Zahnmedizin up2date- Georg Thieme Verlag*. 2014;8(06):573-85.
126. Ziebolz D, Reus M, Knösel M. Farbstabilität verschiedener Bleichverfahren–Was kann man mit externen Bleichmitteln langfristig erreichen? *Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2010;119(03):104-109.
127. Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, Kielbassa AM. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dental Materials*. 2007;23(2):243-250.
128. Greenwall L. *Bleaching techniques in restorative dentistry- an illustrated guide*. London: Martin Dunitz Ltd; 2001.
129. Kihn PW. Vital tooth whitening. *Dental Clinics of North America*. 2007;51(2):319-331.
130. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence International*. 1989;20(3):173-176.
131. Li Y, Lee S, Cartwright S, Wilson A, DeVizio W, Petrone M, et al. Comparative tooth whitening efficacy of 18% carbamide peroxide liquid whitening gel using three different regimens. *The Journal of Clinical Dentistry*. 2004;15(1):11-16.
132. Matis BA. Tray whitening: What the evidence shows. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2003;24(4A):354-362.
133. Meireles S, Heckmann S, Santos I, Della Bona A, Demarco F. A double blind randomized clinical trial of at-home tooth bleaching using two carbamide peroxide concentrations: 6-month follow-up. *Journal of Dentistry*. 2008;36(11):878-884.

134. Auschill T, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler N. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Operative Dentistry*. 2005;30(2):156-163.
135. Tay LY, Kose C, Herrera DR, Reis A, Loguercio AD. Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial. *American Journal of Dentistry*. 2012;25(4):199.
136. Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *Journal of the American Dental Association*. 2000;131(9):1269-1277.
137. Giachetti L, Bertini F, Bambi C, Nieri M, Russo DS. A randomized clinical trial comparing at-home and in-office tooth whitening techniques: a nine-month follow-up. *Journal of the American Dental Association*. 2010;141(11):1357-1364.
138. Hasson H, Ismail A, Neiva G. Home-based chemically-induced whitening of teeth in adults. *The Cochrane Library*. 2006.
139. Alonso dIPV, López RM. Randomized clinical trial on the efficacy and safety of four professional at-home tooth whitening gels. *Operative Dentistry*. 2014;39(2):136.
140. Ferrari M, Cagidiaco MC, Monticelli F, Kugel G, Barker ML, Gerlach RW. Daytime use of a custom bleaching tray or whitening strips: initial and sustained color improvement. *American Journal of Dentistry*. 2007;20(1):19A.
141. Haywood VB. Number of in-office light-activated bleaching treatments needed to achieve patient satisfaction. *Quintessence International*. 2006;37:115-120.
142. Bonness S, Schroeder J, Braun A, Frentzen M. Das Bleichen von vitalen Zähnen—Praktisches Vorgehen und Ergebnisse für das System Opalescence. Quintessenz Verlags-GmbH, Oktober. 2000.
143. Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. *Dental Materials*. 2007;23(2):165-169.
144. Marson F, Sensi L, Vieira L, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Operative Dentistry*. 2008;33(1):15-22.
145. Heymann HO. Tooth whitening: facts and fallacies. *British Dental Journal*. 2005;198(8):5-14.

-
146. Matis B, Cochran M, Franco M, Al-Ammar W, Eckert G, Stropes M. Eight in-office tooth whitening systems evaluated in vivo: a pilot study. *Operative Dentistry*. 2007;32(4):322-327.
 147. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review. *Dental materials*. 2007;23(5):586-596.
 148. Baik JW, Rueggeberg FA, Liewehr FR. Effect of light-enhanced bleaching on in vitro surface and intrapulpal temperature rise. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2001;13(6):370.
 149. Rosenstiel SF, Gegauff AG, Johnston WM. Duration of tooth color change after bleaching. *Journal of the American Dental Association*. 1991;122(4):54-59.
 150. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: An in vitro study. *Quintessence International*. 1998;29(8).
 151. Sulieman M, Addy M, Rees J. Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching. *Journal of Dentistry*. 2003;31(6):415-422.
 152. Gerlach R, Barker M, Tucker H. Clinical response of three whitening products having different peroxide delivery: comparison of tray, paint-on gel, and dentifrice. *The Journal of Clinical Dentistry*. 2004;15(4):112-117.
 153. Gerlach RW, Zhou X. Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability. *The journal of contemporary dental practice*. 2001;2(3):1-16.
 154. Ontiveros JC, Paravina RD. Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *Journal of Dentistry*. 2009;37(11):840-847.
 155. Zekonis R, Matis B, Cochran M, Shetri SA, Eckert G, Carlson T. Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments. *Operative Dentistry*. 2003;28(2):114-121.
 156. Lehmann K, Igiel C, Scheller H. Die nächste Generation der Farbbestimmung: digitale Farbbestimmungssysteme. *Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2012;121(09):410-417.
 157. Lehmann K. Comparison of visual shade matching and electronic color measurement device: Department of Prosthodontics, Johannes Gutenberg University Mainz, Germany; 2017.

-
158. Chritensen GJ. Bleaching teeth: report of a survey, 1997. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1998;10(1):16-20.
 159. Gerlach R, Zhou X, McMillan D. Safety of vital tooth bleaching with 6% hydrogen peroxide whitening strips: evidence from 18 clinical trials. *Journal of Dental Research*. 2003;82:1045.
 160. McMillan D, Gibb R, Gerlach R. Impact of increasing hydrogen peroxide concentration on bleaching strip efficacy and tolerability. *Journal of Dental Research*. 2001;80:173.
 161. Nathanson D. Vital tooth bleaching: sensitivity and pulpal considerations. *Journal of the American Dental Association*. 1997;128:41-44.
 162. Lado E, Stanley H, Weisman M. Cervical resorption in bleached teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1983;55(1):78-80.
 163. Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. *Journal of the American Dental Association*. 2003;134(2):167-175.
 164. Kewitz K, Rütgens J, Frentzen M. Bleich-und Oberflächeneffekte von 2 Home-Bleaching-Präparaten in vitro-Ultrastrukturelle Analyse der Schmelzoberfläche nach Einwirkung von Bleichmitteln. *Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2007;116(12):582-588.
 165. Gultz J, Kaim J, Scherer W, Gupta H. Two in-office bleaching systems: a scanning electron microscope study. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 1999;20(10):965-968.
 166. Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hannig C, Becker K. Susceptibility of enamel surfaces to demineralization after application of fluoridated carbamide peroxide gels. *Caries Research*. 2003;37(2):93-99.
 167. Cadenaro M, Breschi L, Antonioli F, Mazzoni A, Di Lenarda R. Influence of whitening on the degree of conversion of dental adhesives on dentin. *European Journal of Oral Sciences*. 2006;114(3):257-262.
 168. Fischer D, Bailey J. Vital bleaching for aesthetic improvement. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry: PPAD*. 1995;7(8):61-64.
 169. Fischer D. Minimal-invasiv gegen verfärbte Zähne. *Die Zahnarzt Woche*. 2003;26:12.
 170. Tam L. Effect of potassium nitrate and fluoride on carbamide peroxide bleaching. *Quintessence International*. 2001;32(10).

-
171. Leonard RH, Smith LR, Caplan DJ. Desensitizing Agent Efficacy during Whitening in an at-Risk Population. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2004;16(1):49-55.
 172. Ziebolz D, Helms K, Hannig C, Attin T. Efficacy and oral side effects of two highly concentrated tray-based bleaching systems. *Clinical Oral Investigations*. 2007;11(3):267-275.
 173. Cando DC. *Das Spiel mit dem Licht: Farbnahme und Schichttechniken für Zahnärzte und Zahntechniker*. München: Verlag Neuer Merkur GmbH; 2005.
 174. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(5):453-457.
 175. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(5):458-464.
 176. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part III. Color control. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1974;31(2):146-154.
 177. Hegenbarth E. Monotonie oder Vielfalt—die Problematik konventioneller Farbsysteme in der Dentalkeramik. *Die Quintessenz der Zahntechnik*. 1992;18:1303-1323.
 178. Nakamura T, Saito O, Ko T, Maruyama T. The effects of polishing and bleaching on the colour of discoloured teeth in vivo. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2001;28(11):1080-1084.

8. Anhang



UNIVERSITÄTSmedizin.
MAINZ

Poliklinik für Prothetik der
Universitätsmedizin Mainz
Klinik für Mund-, Zahn und Kieferkrankheiten
Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Scheller

Informationsschrift

Kontrollierte, randomisierte und prospektive Studie zur Effektivität von zwei unterschiedlichen Zahnaufhellungsmethoden

Sehr geehrte Probanden, sehr geehrter Probanden,
im Nachfolgenden werden sie über die Ziele der Studie informiert. Sollte Interesse an der Teilnahme für sie bestehen, wenden sie sich bitte an einen der unten genannten Studienärzte. Die ästhetische Wirkung der Zähne hängt in erster Linie von der Zahnfarbe ab. Dabei zeigen Untersuchungen aus Großbritannien, dass 28% und in den USA sogar 34% der Erwachsenen mit der farblichen Erscheinung ihrer Zähne unzufrieden sind. Als unkomplizierte ästhetische Maßnahme findet Bleaching daher großen Zuspruch. Bleaching ist unter zahnärztlicher Kontrolle und bei vorschriftsmäßiger Anwendung gesundheitlich unbedenklich und stellt einen sicheren Weg zur Aufhellung der Zähne dar.

Ziele:

Ziel dieser Studie ist es, die Wirksamkeit von zwei unterschiedlichen Zahnaufhellungsmethoden zu untersuchen. Dabei werden bereits auf dem Markt erhältliche Produkte verwendet, die schon ausgiebig in der Praxis getestet wurden. Die Zuteilung nach welcher Methode die Zahnaufhellung durchgeführt wird, erfolgt nach dem Zufallsprinzip. D.h. eine unabhängige Studienbetreuerin verteilt die Probanden in einer der beiden Gruppen nach einem Verteilungsschema, das schon vor der Untersuchung festgelegt wurde. Dies hat den Zweck, eine möglichst hohe wissenschaftliche Aussagekraft der Untersuchung zu gewährleisten.

Vorgehensweise:

Im Vorfeld der Untersuchung wird bei jedem geeigneten Probanden eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt bei der oberflächliche Verunreinigungen, Beläge und Zahnstein entfernt werden. Im Anschluss erfolgt eine Abdrucknahme, damit Situationsmodelle des Ober- und Unterkiefers hergestellt werden können. Diese Situationsmodelle dienen zum einen zur Herstellung einer sogenannten „Positionierungsschiene“ und zum anderen zur Herstellung der Bleichschiene. Für diesen ersten Termin ist mit einem Zeitaufwand zwischen 20-45 Minuten zu rechnen, je nach Reinigungsbedarf.

Im zweiten Termin kann mit Hilfe der Positionierungsschiene die Zahnfarbe elektronisch bestimmt werden. Die Schiene sitzt eindeutig auf den Zähnen und garantiert eine akkurate Positionierung des Messgerätes im Mund. Neben der elektronischen Zahnfarbenbestimmung findet auch ein visueller Zahnfarbenabgleich mit einem konventionellen Farbmusterschlüssel (VITA Toothguide 3D-Master) statt. Nach der Anpassung der Schiene und der Zahnfarbenbestimmung findet die Zuteilung in die jeweilige Gruppe statt, dies wird nach dem Zufallsprinzip entschieden (randomisiert). Bei einer Methode, der sogenannte at-home-bleaching, Methode wird dem Patienten die individuell angefertigte Bleichschiene, in die das Bleichgel eingebracht wird, angepasst. Dabei wird dem Patienten das Befüllen und das Einsetzen der Schiene, sowie die Entfernung des überschüssigen Bleichgels vom Zahnfleisch demonstriert. Nach eingehender Instruktion wird dem Patienten die Anwenderinformation des Herstellers mitgegeben und der 2. Termin ist abgeschlossen (ca. 30 Minuten). Die at-home-bleachingschiene trägt der Patient für zwei Stunden täglich sieben Tage lang. Das Bleichgel ist im immer Kühlschrank zu lagern und vor Sonnenlicht zu schützen. Am 8. Tag findet der erste Kontrolltermin statt.

Die andere Methode ist das in-office-bleaching, hierbei wird das Bleichgel direkt durch den Studienarzt auf den Zahn aufgetragen und das umliegende Zahnfleisch mit einem speziellen Schutzfilm abgedeckt. Bei dieser Anwendung wird das Bleichgel 15 Minuten auf dem Zahn belassen und im Anschluss gründlich abgespült, danach ist das Bleaching abgeschlossen.

Während und eine Woche nach dem Bleaching soll nach Möglichkeit auf stark färbende und säurehaltige Lebensmittel und Getränke (Rotwein, Nikotin, Cola-Getränke usw.) verzichtet werden, da es anderenfalls zu stärkeren Farbeinlagerungen kommen kann. Im Anschluss an das Bleaching, sowie 1-, 2- und 4 Wochen nach dem Bleaching wird die Aufhellung ihrer Zähne dokumentiert. Dabei wird die Zahnfarbe visuell durch zwei Zahnärzte und elektronisch mit Hilfe eines speziellen Zahnfarbenmessgerätes bestimmt. Zusätzlich werden sie gebeten Angaben zu eventuell aufgetretenen Missempfindungen, wie z.B. erhöhte Sensibilität oder

kleineren Schleimhautverletzungen die durch das Bleichgel verursacht wurden, zu machen. Der zeitliche Aufwand für die studienbedingte Nachuntersuchung beträgt in der Regel jeweils 20-30 Minuten. Wenn sie die Einschlusskriterien erfüllen und eine Zahnaufhellung kosmetisch sinnvoll erscheint, können sie an dieser Studie teilnehmen. Dabei fallen für sie keine Kosten an. Möglich ist dies da sich VOCO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Deutschland) dazu bereit erklärt hat das benötigte Material (Bleichgele usw.) kostenfrei zur Verfügung zu stellen.

Nebenwirkungen:

Bei der Aufhellung von Zähnen mit Wasserstoffperoxid- bzw. Carbamidperoxidpräparaten kann es während der Behandlung kurzzeitig zu Heiß-/Kaltempfindlichkeiten kommen, die in der Regel nach Behandlungsende bzw. Unterbrechung der Therapie innerhalb weniger Tage verschwinden. Der Kontakt mit den Schleimhäuten, den Augen oder der Haut kann Reizungen verursachen. Übermäßiges Verschlucken des Bleichgels kann zu Sodbrennen oder Übelkeit führen. Bei übermäßiger Schmerzempfindung brechen sie das Bleaching ab und nehmen sie Kontakt zu uns auf.

Gefährdungshaftung:

Vorsorglich werden Sie darauf hingewiesen, dass eine Versicherung für nicht schuldhaft verursachte Schäden, die im Zusammenhang mit der Studie auftreten können, nicht abgeschlossen wurde. Ein Versicherungsschutz besteht damit nur, wenn den Arzt oder einen anderen Mitarbeiter der Prüfstelle der Vorwurf eines schuldhaften Fehlverhaltens trifft. In Zweifelsfällen von der Prüfstelle muss dabei der Entlastungsbeweis geführt werden, dass kein Verschulden vorliegt. Wegeunfälle sind ebenfalls nicht versichert.

Umgang mit Ihren persönlichen Daten:

Die Aufzeichnung Ihrer Studiendaten erfolgt zunächst in Originalunterlagen. Die für die Prüfung wichtigen Daten werden zusätzlich pseudonymisiert in einen gesonderten Dokumentationsbogen übertragen (Pseudonymisierung bedeutet Verschlüsselung von Daten ohne Namensnennung, die Zuordnung der Daten zu einer Person ist nur möglich, wenn hierfür der Schlüssel eingesetzt wird, mit dem die Daten pseudonymisiert wurden).

Ebenso pseudonymisiert erfolgt die statistische Auswertung der Daten. Es werden nur pseudonymisierte Daten ausgewertet. Die Weitergabe an Dritte einschließlich der Publikation erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form, d.h. diese können nicht einer Person zugeordnet werden.

Die ärztliche Schweigepflicht und die Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes werden eingehalten.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können Ihr Einverständnis jederzeit, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zurückziehen.

Bei Rücktritt von der Studie kann auf Wunsch bereits gewonnenes Datenmaterial frühestmöglich vernichtet bzw. anonymisiert werden. Sie können sich beim Ausscheiden aus der Studie entscheiden, ob Sie mit der Auswertung des Materials bzw. Ihrer Studiendaten einverstanden sind oder nicht. Sollten Sie zu einem späteren Zeitpunkt Ihre Entscheidung ändern wollen, setzen sie sich bitte mit dem Studienarzt in Verbindung. Die Daten werden 5 Jahre nach der Erhebung vollständig gelöscht.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die betreuenden Studienärzte bzw. der Studienleiter jederzeit zur Verfügung.



UNIVERSITÄTSmedizin.

MAINZ

Poliklinik für Prothetik der
Universitätsmedizin Mainz
Klinik für Mund-, Zahn und Kieferkrankheiten
Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. Scheller

Einverständniserklärung

Zur Teilnahme an der Studie

Kontrollierte, randomisierte und prospektive Studie zur Effektivität von zwei unterschiedlichen Zahnaufhellungsmethoden

Ich erkläre mich bereit an der o.g. Studie freiwillig teilzunehmen. Ich bin in einem persönlichen Gespräch ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der Studie aufgeklärt worden. Ich hatte Gelegenheit zu einem Beratungsgespräch. Alle meinen Fragen wurden zufriedenstellend beantwortet, ich kann jederzeit neue Fragen stellen. Ich habe darüber hinaus den Text der Studienaufklärung gelesen und verstanden. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurücknehmen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich bin damit einverstanden, dass meine studienbezogenen Gesundheitsdaten pseudonymisiert (d.h. kodiert ohne Angaben von Namen, Anschrift, Initialen oder Ähnliches) erhoben, auf Datenträgern gespeichert und vom Auftraggeber der Studie ausgewertet werden. Die Weitergabe an Dritte einschließlich der Publikation erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form, d.h. diese können nicht meiner Person zugeordnet werden. Ein Exemplar der Studieninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten, gelesen und verstanden.

Ort/Datum

Unterschrift des Patienten

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Teilnehmers eingeholt.

Ort/Datum

Unterschrift des Arztes

VOCO- Studie

Patientenaufkleben: []
 Alter: []
 Geschlecht: []
 Patienten ID: []
 Bleichgel: []

Untersucher: _____
 Datum der Therapie/Instruktion: _____
 Unterschrift: _____
 Kontrolltermin am: _____

Baseline (B=vor dem Bleaching):
 MS-Läsionen vorhanden:
 ja nein
 VAS:

Visuelle Farbalmusterung :

Zahn	14	13	12	11	21	22	23	24
3D-Master								
3D-Master								
Zahn	44	43	42	41	31	32	33	34

VITA Easysshade Advanced:
 Protokoll - Datei Name:

1. Kontrolltermin (T1=Tag des Bleachings):
 MS-Läsionen vorhanden:
 ja nein
 VAS:

Visuelle Farbalmusterung:

Zahn	14	13	12	11	21	22	23	24
3D-Master								
3D-Master								
Zahn	44	43	42	41	31	32	33	34

VITA Easysshade Advanced:
 Protokoll - Datei Name:

2. Kontrolltermin (T2=T1+1Woche):
 MS-Läsionen vorhanden:
 ja nein
 VAS:

Visuelle Farbalmusterung:

Zahn	14	13	12	11	21	22	23	24
3D-Master								
3D-Master								
Zahn	44	43	42	41	31	32	33	34

VITA Easysshade Advanced:
 Protokoll - Datei Name:

3. Kontrolltermin (T3=T1+2Wochen):
 MS-Läsionen vorhanden:
 ja nein
 VAS:

Visuelle Farbalmusterung:

Zahn	14	13	12	11	21	22	23	24
3D-Master								
3D-Master								
Zahn	44	43	42	41	31	32	33	34

VITA Easysshade Advanced:
 Protokoll - Datei Name:

4. Kontrolltermin (T4=T1+4Wochen):
 MS-Läsionen vorhanden:
 ja nein
 VAS:

Visuelle Farbalmusterung:

Zahn	14	13	12	11	21	22	23	24
3D-Master								
3D-Master								
Zahn	44	43	42	41	31	32	33	34

VITA Easysshade Advanced:
 Protokoll - Datei Name: