

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin der
Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Vergleichende klinische Prüfung drei verschiedener
Bleichtherapien

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Kristin Damerau

aus Bad Saarow

Gutachter: 1. Prof. Dr. K.-R. Jahn

2. Prof. Dr. med. dent. St. Zimmer

3. Priv.-Doz. Dr. D. Pahncke

Datum der Promotion: 18.09.2009

Meinen Eltern
und Großeltern
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	8
2	LITERATURÜBERSICHT	9
2.1	Historie	9
2.2	Zahnverfärbungen	10
2.2.1	Extrinsische Verfärbungen	10
2.1.2	Intrinsische Verfärbungen	13
2.3	Die Grundlagen der oxidativen Zahnaufhellung.....	15
2.3.1	Zusammensetzung und Wirkungsweise.....	16
2.3.2	Sicherheit der verwendeten Bleichprodukte und Toxizität.....	18
2.4	Bleichtechniken zum externen Bleichen vitaler Zähne.....	19
2.4.1	In-Office-Bleaching	19
2.4.2	Chairside-Bleaching	20
2.4.3	Nightguard-vital-bleaching (home bleaching).....	21
2.4.4	Freiverkäufliche Bleichprodukte (over-the-counter-Produkte).....	21
2.5	Nebenwirkungen von Bleichmitteln.....	22
2.5.1	Auswirkung des Bleichens auf die Zahnsensibilität, Pulpa, Gingiva und Speichel.....	22
2.5.2	Auswirkung auf die Zahnhartsubstanz	26
2.5.3	Auswirkung auf zahnärztliche Restaurationen	28
2.6	Effektivität und beeinflussende Faktoren der Bleichtherapie.....	30
2.6.1	Bleichmitteltyp	30
2.6.2	Konzentration und Zeit	31
2.6.3	Aktivierung durch Wärme und Licht	32
2.6.4	Wirksamkeit und Effektivität des Bleichens	33
2.7	Langzeiteffekt der Bleichtherapie	35
2.8	Bestimmung der Zahnfarbe.....	37
2.8.1	Grundlagen der Farbenlehre	37
2.8.2	Einflussfaktoren auf die Bestimmung der Zahnfarbe.....	38
2.8.3	Das CIEL _{AB} -System.....	39
2.8.4	Instrumentelle Farbbestimmung	40
2.8.5	Konventionelle Farbbestimmung	42
3	FRAGESTELLUNG	44
4	MATERIAL UND METHODE	46
4.1	Exemplarische Vorstellung der verwendeten Produkte	46
4.1.1	Illuminé™ home 10% Dentsply	46
4.1.2	Illuminé™ office Dentsply.....	47
4.1.3	Blend-a-med Whitestrips™ Procter & Gamble	48

4.2	Probandenauswahl	49
4.3	Studienteilnehmer	50
4.3.1	Durchschnittsalter	51
4.3.2	Rauchgewohnheiten	51
4.4	Vorbereitende Maßnahmen	52
4.4.1	Modellherstellung	53
4.4.2	Herstellung der Positionierungsschienen zur instrumentellen Farbmessung	53
4.4.3	Herstellung der Bleichschienen	54
4.4.3.1	<i>Schienenherstellung - Illuminé home 10%</i>	55
4.4.3.2	<i>Schienenherstellung - Illuminé™ office</i>	56
4.5	Methode	58
4.5.1	Studienablauf	58
4.5.2	Homebleaching (Gruppe A: Illuminé™ home 10%)	59
4.5.3	In-office-bleaching (Gruppe B: Illuminé™ office)	60
4.5.4	OTC-Produkte (Gruppe C: Blend-a-med Whitestrips™)	61
4.6	Datenerfassung und Dokumentation	64
4.6.1	Gesundheitszustand und orale Parameter	64
4.6.2	Bleichmittel, Anwendung	65
4.6.3	Farbmessung	65
4.6.4	Statistische Auswertung	68
5	ERGEBNISSE	69
5.1	Deskriptive Statistik	69
5.2	Änderungen der Zahnfarbe	69
5.2.1	Änderung des Helligkeitswertes L^* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten	70
5.2.2	Änderung des Helligkeitswertes ΔL^* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten	72
5.2.3	Änderung der Farbwerte a^* und b^* , sowie Δa^* und Δb^*	74
5.2.4	Änderung des Gesamtfarbwertes ΔE^*	82
5.2.5	Subjektive Bewertung der Farbänderung (Vita-Lumin-Vakuum-Farbscala)	86
5.2.6	Fotodokumentation der verschiedenen Bleichtherapien	88
5.2.6.1	<i>Gruppe A – Illuminé™ home 10%</i>	88
5.2.6.2	<i>Gruppe B - Illuminé™ office</i>	89
5.2.6.3	<i>Gruppe C - Whitestrips™</i>	90
5.2.7	Einfluss des Rauchverhaltens auf das langfristige Bleichergebnis	91
5.3	Nebenwirkungen	92
5.3.1	Orale Parameter	92
5.3.1.1	<i>Papillenblutungsindex (PBI)</i>	93
5.3.1.2	<i>Plaqueindex (PI) nach Silness und Loe</i>	94
5.3.1.3	<i>Approximal-Plaque-Index (API)</i>	95
5.3.2	Veränderungen der Gingiva	96
5.3.3	Hypersensibilitäten	97
5.4	Anwendung	98
5.4.1	Handhabung und Passgenauigkeit	98
5.4.2	Subjektive Beurteilung durch den Patienten	99
6	DISKUSSION	101

6.1	Diskussion der Methode und verwendeten Materialien.....	101
6.1.1	Datenübertragung	101
6.1.2	Untersuchungszeitraum	101
6.1.3	Farbbestimmung	103
6.1.3.1	<i>Instrumentelle/ objektive Farbbestimmung</i>	103
6.1.3.2	<i>Visuelle / subjektive Farbbestimmung</i>	104
6.1.4	Bleichmethoden.....	106
6.1.4.1	<i>At-home bleaching (10% Carbamidperoxid)</i>	106
6.1.4.2	<i>In-Office-Bleaching (15% Wasserstoffperoxid)</i>	108
6.1.4.3	<i>OTC – Produkt (6% Wasserstoffperoxid)</i>	109
6.2	Diskussion der Ergebnisse	110
6.2.1	Effektivität der Bleichtherapie	110
6.2.2	Nebenwirkungen	113
6.2.3	Farbstabilität und Prognose des Therapieerfolges.....	117
6.3	Schlussfolgerungen.....	119
7	ZUSAMMENFASSUNG	120
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	124
9	ANHANG.....	143
9.1	Verwendete Geräte und Materialien	143
9.2	Abkürzungen	145
9.3	Danksagung.....	146
9.4	Lebenslauf	147

1 Einleitung

In unserer von Erfolg und Leistung geprägten Gesellschaft gewinnt der Wunsch nach einem ästhetischen Erscheinungsbild immer mehr an Bedeutung. Ein gepflegtes Äußeres symbolisiert Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Attraktivität. Wie wichtig dabei gesunde, gepflegte und vor allem helle Zähne sind spiegelt sich in der wachsenden Anzahl verschiedenster Zahnaufhellungsprodukte- und methoden wider. Die Zahnaufhellung oder das sogenannte „Bleaching“ (von englisch - to bleach, „bleichen“) ermöglicht es natürliche Zähne aus kosmetischen und ästhetischen Gründen aufzuhellen. Überwogen in den vergangenen Jahren noch die prothetischen Versorgungsmöglichkeiten zur Verbesserung der dentalen Ästhetik, wie das Überkronen von Zähnen oder die Versorgung mit Veneers, gewinnt heutzutage das Bleichen von Zähnen in der ästhetischen Zahnmedizin mehr und mehr an Bedeutung. Während in anderen westlichen Ländern, wie beispielsweise in den USA, das Bleichen schon seit fast zwei Jahrzehnten fester Bestandteil der ästhetischen Zahnmedizin ist, konnte sich diese Behandlungsmethode in Deutschland erst in den letzten Jahren durchsetzen. Neben den so genannten professionellen nur über die zahnärztliche Praxis erhältlichen „Office“- oder „Home-Bleaching“-Produkten, kommen heute immer mehr Präparate in den freien Handel, die vom Patienten selbst gekauft und angewendet werden können. Gerade bei diesen freiverkäuflichen Bleichprodukten stellt sich oft die Frage nach der Effektivität sowie der sicheren Anwendung gegenüber professionellen, in der zahnärztlichen Praxis verwendeten Bleichprodukten. Auch wenn sich die Zusammensetzung der verschiedenen Produkte sehr ähnelt, bestehen doch große Unterschiede in der Art und Dauer der Anwendung sowie dem Auftreten von Nebenwirkungen.

Diese Studie wendet sich der Frage zu, inwieweit freiverkäufliche Bleichprodukte mit professionellen Produkten („Office“ – und „Home-Bleaching“ -Produkte), bezogen auf die Bleichwirkung, die Farbstabilität sowie eventuell auftretende Nebenwirkungen, vergleichbar sind. Besondere Beachtung findet dabei die Akzeptanz durch den Patienten.

2 Literaturübersicht

2.1 Historie

In der modernen Zahnmedizin ist die Geschichte der Zahnaufhellung ca. 150 Jahre alt. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts versuchte man mit Oxalsäure, Chlor, Salzsäure aber auch dem heute verwendeten Wasserstoffperoxid Zähne aufzuhellen. Auch Gemische aus Wasserstoffperoxid und Äther (=Pyrozon) wurden versuchsweise angewendet. Ab 1930 galt die Verwendung von 30%-igen Wasserstoffperoxid und Hitze als anerkannte Methode der Zahnaufhellung (LI 1996). 1966 wurde die kombinierte Anwendung von Salzsäure und Wasserstoffperoxid zur Behandlung von braun verfärbten Zähnen publiziert (MC INNES 1966). Im Jahr 1967 beschrieben NUTTING und POE erstmals die „walking bleach“ - Technik zur Aufhellung avitaler Zähne unter Verwendung von 35%-igem Wasserstoffperoxid und Natriumperborat (NUTTING und POE 1967). Die bleichende Wirkung des noch heute verwendeten Carbamidperoxids auf vitale Zähne wurde erstmals 1968 von dem Kieferorthopäden William Klusmier entdeckt. Damals wurde Harnstoffperoxid als Antiseptikum bei der Gingivitis- und Parodontitistherapie verwendet. Klusmier verwendete zur Behandlung einer marginalen Parodontopathie einen mit 10%-igem Carbamidperoxid gefüllten Positioner. Nach einigen Tagen zeigte sich neben einem Rückgang der Entzündungszeichen eine aufhellende Wirkung dieses Medikaments an den Zähnen (GOLDSTEIN und GARBER 1995, SCHMIDSEDER et al. 1998). 1989 erschien die erste klinische Studie zur systematischen Beschreibung der Zahnaufhellung mit dem Bleichmittel Carbamidperoxid (HAYWOOD und HEYMANN 1989). Seither etablierte sich das Bleichen von Zähnen immer mehr in der Zahnmedizin und ist heute als wirksame, effektive und sichere Therapie zur Aufhellung von Zähnen anerkannt (LI Y. 1996, HAYWOOD 1994, MARSHALL et al. 1995, LI Y. 2000).

2.2 Zahnverfärbungen

2.2.1 Extrinsische Verfärbungen

Extrinsische Zahnverfärbungen werden durch Stoffe hervorgerufen, welche sich auf der Zahnoberfläche auflagern. Dabei handelt es sich um farbgebende Substanzen (Chromogene) aus Nahrungs- und Genussmitteln, Medikamenten oder Mikroorganismen die sich durch verschiedene Anziehungskräfte (van der Waals-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindungen) in die Matrix von Belägen auf der Zahnoberfläche einlagern. Eine entscheidende Rolle für die Adhäsion der chromogenen Substanzen spielt dabei das exogene Zahnoberhäutchen (acquired pellicle). Die hier enthaltenden Speichelproteine (Glykoproteine, Serumproteine, Enzyme, Immunglobuline) gehen eine Bindung zu den Kalzium- und Phosphatgruppen der Apatitkristalle des Zahnschmelzes ein (HELLWIG et al. 1995). An diese semipermeable Membran können sich Farbstoffe oder chromogene Substanzen anlagern (VISCIO et al. 2000). ELLINGSEN konnte 1982 in extrinsischen Verfärbungen große Mengen an Eisen und Sulfid nachweisen und kam folgerichtig zu der Erkenntnis, dass eine Akkumulation von Eisensulfiden bedeutend für die Entstehung extrinsischer Verfärbungen sein kann (ELLINGSEN et al. 1982).

Zahlreiche Nahrungs- und Genussmittel wie Tee, Kaffee oder Rotwein führen aufgrund ihres Gehaltes an Tannin bzw. Polyphenolen und der oben erläuterten Adhäsion am exogenen Zahnoberhäutchen zu Verfärbungen der Zähne (SCHUURS et al. 1987, PROCTOR et al. 2005). Aber auch der regelmäßige Verzehr von Beerenfrüchten, Cola, regelmäßiger Tabakkonsum oder das Kauen von Betelnüssen (YOGANATHAN 2002) kann zu dauerhaften Zahnverfärbungen führen.

Bei den medikamentös verursachten Verfärbungen kann es nach längerer Einnahme zu bräunlichen Ablagerungen auf den Zähnen kommen. Ein bekannter Nebeneffekt ist beispielsweise die bräunliche Zahnverfärbung nach der Anwendung einer Chlorhexidin-Mundspüllösung (ELLINGSEN et al. 1982). Ursächlich hierfür scheint die Interaktion des kationischen Chlorhexidinmoleküls mit anionischen Phosphoproteinen bzw. den in der Nahrung enthaltenen Chromogenen zu sein (SOLHEIM et al. 1980, ADDY et al. 1995, ADDY et al. 2005). ADDY führte 1979 die braunen Verfärbungen auf die Präzipitation von Tanninen und Lebensmittelfarbstoffen zurück (ADDY et al. 1979,

PRAYITNO und ADDY 1979). Diese Studie ermittelte zudem einen Zusammenhang zwischen dem Ausprägungsgrad der Verfärbung bei der Verwendung von Chlorhexidin und dem häufigen gleichzeitigen Genuss von Tee und Rotwein. Aber auch die Einnahme von Antibiotika auf der Basis der Tetrazykline kann neben den im weiteren beschriebenen intrinsischen Verfärbungen zu extrinsischen, braun-gelblichen Verfärbungen der bleibenden Zähne führen (NELSON und PARKER 2006). Beruflich bedingt können nach Chrom-Exposition gräuliche, nach längerem Kontakt mit Cadmium gelbliche und nach Exposition mit Nickel grünliche Zahnverfärbungen resultieren.

Weitere begünstigende Faktoren für die Entstehung externer Verfärbungen sind oberflächliche Rauigkeiten der Zahnoberfläche, Substanzdefekte oder Randspalte nach mangelhafter Füllungstherapie. An diesen Stellen können sich Farbpigmente und Bakterien einlagern und zu dauerhaften Verfärbungen sowie kariösen Läsionen führen (KIDD 1991). Einige Mikroorganismen verursachen durch ihre Stoffwechselprodukte Verfärbungen der Zähne. Dies zeigt sich besonders eindrucksvoll bei Kindern mit einer unzureichenden Mundhygiene, wo es zu einer Grün-Verfärbung der Labialflächen, besonders der oberen Incisivi, aufgrund massiver bakterieller Keimbesiedlung kommen kann. Bei Kindern mit schwarzen Zahnverfärbungen konnten verschiedene Actinomyceten nachgewiesen werden, deren Stoffwechselprodukt Schwefelwasserstoff mit dem im Speichel gebundenen Eisen zu unlöslichem Eisensulfid reagiert. Dieses lässt sich nur schwer von der Zahnoberfläche entfernen (REID und BEELEY 1976, SCHROEDER 1997).

Die extrinsischen Verfärbungen werden in metallische und nicht-metallische Verfärbungen unterteilt. Da diese Einteilung aber die oft multifaktoriell bedingte Ätiologie der Verfärbung nicht berücksichtigt (KIELBASSA und WRBAS 2000), wurde erstmals von Nathoo (NATHOO 1997) eine neue Klassifikation beschrieben. Je nach farblicher Erscheinung, welche durch die Lichtabsorption an den ungesättigten C-Doppelbindungen der Chromogene bestimmt wird, unterscheidet man zwischen drei verschiedenen Verfärbungstypen (N1 bis N3).

Typ	Entstehung der Verfärbung
N1	<p>Das Chromogen (farbgebende Substanz) lagert sich auf der Zahnoberfläche auf und behält seine ursprüngliche Farbe.</p> <p>Bsp.: Tannine aus Tee, Kaffee, Rotwein</p>
N2	<p>Nach Einlagerung des Chromogens in das Pellicle findet eine Farbveränderung statt. Die Verfärbung hat eine andere Farbe als die färbende Substanz (durch Akkumulation oder chemische Modifikation der Proteine durch Säuren)</p> <p>Bsp.: Tee, Kaffee nach längerer Einwirkzeit</p>
N3	<p>Nach Bindung an die Zahnoberfläche werden primär farblose Substanzen oder inaktive Chromogene durch chemische Reaktionen derartig verändert, dass sie eine meist bräunliche Farbe entwickeln (Reaktion nach Maillard: Umsetzung von Aminosäuren mit reduzierenden Zuckern, die zur Einlagerung brauner Farbpigmente in das Pellicle führen kann; auch bekannt als nicht enzymatische Bräunungsreaktion)</p> <p>Bsp.: Chlorhexidin</p>

Tabelle 1: Klassifizierung externer Verfärbungen nach Nathoo (NATHOO 1997)

Allen extrinsischen Verfärbungen ist gemeinsam, dass sie sich je nach Lokalisation, Verweildauer und Dicke mit einer abrasiven Zahnpasta oder bei stärkeren Verfärbungen mittels professioneller Zahnreinigung oder Pulverstrahlgeräten in der zahnärztlichen Praxis entfernen lassen.

2.1.2 Intrinsische Verfärbungen

Kommt es zu Verfärbungen des Zahnes oder zu farbverändernden Strukturanomalien im Zuge der Hartschubstanzbildung, so spricht man von sog. intrinsischen oder auch internen Verfärbungen. Dabei lagern sich Farbpigmente präeruptiv oder auch posteruptiv in die Zahnhartschubstanz ein. Hierbei können der Zahnschmelz sowie das Dentin betroffen sein. Strukturanomalien können genetisch determiniert (Amelogenese imperfecta, Dentinogenese imperfecta), traumatisch bedingt sein, oder aufgrund eines Vitamin- (Vitamine A, C, D), Phosphor-, bzw. Kalziummangels entstehen. Aber auch allgemeine Erkrankungen und Infektionen während der Schwangerschaft (Röteln, Syphilis, Salmonellen) sowie die Einnahme bestimmter Medikamente (Tetrazyklin) oder eine Fluoridüberdosierung (Fluorose) können zu Veränderungen der Schmelz- und Dentinmatrix führen.

Bei der Amelogenese imperfecta handelt es sich um einen Defekt in der Mineralisation des Schmelzes. Die Zähne erscheinen im Milchgebiss bernsteinfarbig, wohingegen die bleibenden Zähne eine gelblich-braune Verfärbung aufweisen. Der Schmelzmantel ist porös, erscheint opaque und ist bis zu 30 Vol % weniger mineralisiert als normaler Schmelz (WRIGHT et al. 1993). Dies führt bei normaler Kaubelastung zu raschen Abrasionen.

Bei der Dentinogenese imperfecta imponiert eine bläulich bis perlmuttartige Verfärbung der Zähne. Die Pulpa dieser Zähne ist dabei meist vollständig obliteriert (BRENNEISE und CONWAY 1999). Aufgrund der fehlerhaften Verbindung zwischen Zahnschmelz und Dentin kommt es frühzeitig zum Absplittern des Schmelzes und damit zur Freilegung des Dentins.

Ein Mangel an bestimmten Vitaminen (A, D, C) während der Zahnentwicklung führt zu Zahnfehlbildungen und Substanzdefekten. Bei einem Vitamin-D-Mangel (Rachitis) kommt es beispielsweise bedingt durch eine Störung im Kalzium- und Phosphatstoffwechsel zu einer ungenügenden Mineralisation von Knochen und Zähnen. Die klinische Erscheinung ähnelt dabei den Substanzdefekten bei Amelo- bzw. Dentinogenese imperfecta.

Eine übermäßige Aufnahme an Fluoriden (Fluorose) führt zu einer Schädigung des Stoffwechsels der schmelzbildenden Ameloblasten in der Mineralisationsphase vor dem Zahndurchbruch (LYARUU et al. 2006, SUN et al. 2003). Eine längere Überschreitung

der Obergrenze (0,1 mg Fluorid pro kg Körpergewicht/Tag) der täglichen Fluoridaufnahme (durch Nahrung, Trinkwasser, Nahrungsergänzung) zwischen Geburt und sechstem Lebensjahr, führt schon ab dem sechstem Lebensmonat bis zu einem Alter von acht Jahren, zu einer Fluorose der Zähne (KETTERL et al. 1993, MELLBERG und RIPA 1983). Die klinischen Zeichen einer Fluorose sind sog. Schmelzflecken („mottling“), horizontale verlaufende Opazitäten, lochartige Vertiefungen („pitting“) und morphologische Veränderungen sowie bräunliche bis hin zu schwarzen Farbveränderungen.

Einige Medikamente, z.B. Antibiotika aus der Gruppe der Tetrazykline können die Zahnbildung beeinflussen und zu gelblichen bis bräunlichen Verfärbungen oder auch Flecken, die im UV-Licht fluoreszieren, führen (WESTBURY und NAJERA 1997, VOGEL und AUSTIN 1977). Ursächlich für die Verfärbung ist das Tetrazyklin, welches als Chelatbildner mit Kalzium einen schwer abbaubaren Tetrazyklin-Kalzium-Orthophosphat-Komplex bildet, der sich irreversibel in die Zahnhartsubstanz einlagert und dort eine gelb-braune Zahnverfärbung hervorruft. Aus diesem Grund sollte ab dem vierten Schwangerschaftsmonat und bei Kindern bis zum achten Lebensjahr auf die Gabe von Tetrazyklinen verzichtet werden (BROSSET et al. 1987, CHIAPPINELLI und WALTON 1992).

Mit zunehmendem Alter reduziert sich durch Attrition, Abrasion und Erosion der transluzente Schmelzmantel des Zahnes und lässt vermehrt das gelbliche Dentin die Zahnfarbe bestimmen. Zudem besitzt der Zahnschmelz älterer Menschen einen geringeren Anteil an Wasser und organischer Matrix, was ihn transparenter erscheinen lässt. Auch die zunehmende Sklerosierung der Pulpa mit reaktiver Sekundärdentinbildung verleiht den Zähnen im Alter eine gelblich-bräunlich bis gräuliche Farbe (ATTIN 1998). Zahntraumata führen zur Ruptur pulpaler Blutgefäße und damit zum Austritt von Blut in das Dentin (LANGSDORFF 1874). Das ausgetretene Hämoglobin zerfällt dabei in verschiedene Abbauprodukte (Hämin, Hämatin, Hämatoidin, Hämosederin, Hämotoporphyrin), welche Eisenionen abgeben. Diese reagieren zusammen mit dem aus Bakterien freigesetzten Schwefelwasserstoff zu schwarzen Eisensulfiden, die dem Zahn eine bläulich-schwarze Farbe verleihen (ATTIN et al. 1995). Wirkt auf einen Zahnkeim ein traumatisches Ereignis, so kann dabei die Zahnbildung beeinträchtigt werden. Es kann zu weißlichen bis bräunlichen Schmelzflecken, starken Braunverfärbungen bis hin zu morphologischen Veränderungen der Schmelz- und Dentinmatrix kommen. Bei nicht infizierten

traumatisierten Zähnen wird vermutet, dass es durch eine Akkumulation von Hämoglobin und Hämatin zu einer Verfärbung des geschädigten Zahnes kommt (MARIN et al. 1997). Auch dentale Werkstoffe können zu Zahnverfärbungen führen. Durch die Verwendung verschiedener Wurzelkanalzemente (AH 26, Diaket) und medikamentöser Einlagen (Ledermix, Endomethasone), welche in die Dentintubuli diffundieren, können verschiedenartige Verfärbungen der Zähne resultieren (VAN DER BURGT et al. 1985/1986, PLASSCHAERT und VAN DER BURGT 1988).

2.3 Die Grundlagen der oxidativen Zahnaufhellung

Der aufhellende Wirkstoff jedes Bleichproduktes ist das instabile Wasserstoffperoxid (Hydrogenium peroxydatum), welches bei Kontakt mit Luft, Wärme oder Licht in Sauerstoff und Wasser zerfällt (WEIGERT 1978). Wasserstoffperoxid hat die Fähigkeit zur Bildung freier Radikale und entsteht im menschlichen Organismus als Bestandteil vieler Stoffwechselfvorgänge (BOVERIS et al. 1972). Da freie Radikale als Zellgift gelten und Proteine, Fett- und Nucleinsäuren schädigen können, werden sie vom Organismus enzymatisch durch Peroxidasen und Katalasen abgebaut (BOVERIS et al. 1972). Der beim Zerfall des Wasserstoffperoxids entstehende Sauerstoff (Abb. 1) wirkt im Status nascendi bleichend und desinfizierend (NEUMÜLLER 1977).

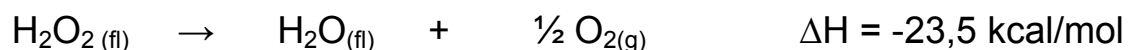


Abbildung 1: exotherme Zerfallsreaktion von Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff

Wie tief Wasserstoffperoxid in die Zahnhartgewebe penetriert ist bis heute noch nicht eindeutig geklärt. Nach SULIEMAN gelangen die wirksamen Substanzen entlang eines Konzentrationsgradienten durch Mikroporositäten im Schmelz per Diffusion bis zum Dentin (SULIEMAN 2007). Manche Autoren publizieren hingegen eine Farbveränderung hauptsächlich bezogen auf den Bereich des Dentins (SEALE und THRASH 1985). Weitere Studien ermittelten bei der Verwendung von 15%-igem Carbamidperoxid sowie 35%-igem Wasserstoffperoxid eine aufhellende Wirkung auf Zahnschmelz und Dentin (KUGEL et al. 2007, SULIEMAN et al. 2005). WIEGAND et al. publizierten 2005, dass die Farbe von gebleichten Zähnen bedeutend von dem Farbwechsel der tiefliegenden Dentinschichten beeinflusst wird (WIEGAND et al. 2005). Eine Studie von Mc Caslin erzielte nach der Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels eine Penetration des Bleichgels bis ins Dentin, was zu einer signifikanten Aufhellung des Dentins führte und eine entscheidende Rolle spielt, bei der Behandlung intrinsischer Verfärbungen durch Tetrazycline, Fluoride oder Einlagerungen von Chromogenen nach dentalem Traumatata (MC CASLIN et al. 1999).

2.3.1 Zusammensetzung und Wirkungsweise

Das Bleichen von vitalen Zähnen erfolgt mit zwei wirksamen Substanzen: Carbamidperoxid und Wasserstoffperoxid. Bleichgele für die häusliche Anwendung enthalten als Wirkstoff Wasserstoffperoxid in der stabilisierten Form - Carbamidperoxid ($\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$). Beim Kontakt mit Zahnhartsubstanz, Ionen, Speichelproteinen oder Wasser zerfällt ein 10%-iges Carbamidperoxid in einem Verhältnis von etwa 7:3 in den aktiven Bestandteil Wasserstoffperoxid (H_2O_2 ; 3,4%) und Harnstoff ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$); 6,6%); (FEINMANN et al. 1991) (Abb. 2). Carbamidperoxid kann somit als Depotsubstanz für H_2O_2 , das eigentliche Bleichagens, angesehen werden.

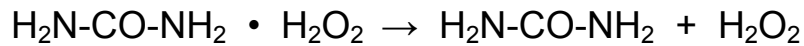


Abbildung 2: Carbamidperoxid zerfällt in Harnstoff und Wasserstoffperoxid

Der Harnstoff wird weiter zu Ammonium (NH_3) und Kohlendioxid (CO_2) umgesetzt, während der wirksame Bestandteil Wasserstoffperoxid (H_2O_2) in die Zahnhartsubstanz eindringt und dort seine oxidierende und aufhellende Wirkung entfaltet. Wasserstoffperoxid ist zudem ein starker Radikalbildner. Verfärbungen durch organische Substanzen werden durch die freigesetzten Hydroxyl- (OH^\cdot) oder Perhydroxyl-Ionen (OOH^\cdot) und die Aufspaltung konjugierter Doppelbindungen zu farblosen Alkoholen, Ketonen und Karboxylsäuren umgesetzt (CHRISTENSEN 1991, ZANTNER und KIELBASSA 2004). Beim Zerfall der entstehenden Perhydroxyl-Ionen (OOH^\cdot) wird naszierender Sauerstoff freigesetzt, der eine bleichende Wirkung besitzt. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Spaltung farbiger Ringmoleküle. Die dabei entstehenden ungesättigten Kohlenstoffketten werden durch die Einfügung von Hydroxylgruppen farblos. Nach ATTIN beruht die Entfärbung eines durch Tetrazyklin verfärbten Zahnes wahrscheinlich auf der oxidativen Degradation des in Tetrazyklinen enthaltenen Chinonringes (ATTIN 1998).

Aus chemischer Sicht bewirkt die Verwendung von Wasserstoffperoxid durch seine oxidative und reduzierende Wirkung in der Zahnhartsubstanz eine Umsetzung der Chromogene zu farblosen Substanzen (ATTIN et al. 2003). Farbige Metalloxide wie das rötliche Eisenoxid ($\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{Fe}^{3+})$) können beispielsweise unter dem Einfluss von Wasserstoffperoxid zu farblosem Eisenoxid ($\text{FeO}(\text{Fe}^{2+})$) reduziert werden (ATTIN et al. 2003).

Zur Verbesserung der Wirkung wird einigen Bleichmitteln Carboxypolymethylen (Carbopol) zugesetzt. Carbopol, ein wasserlösliches Polymer der Polyacrylsäure, bindet an Carbamidperoxid, erhöht die Viskosität des Bleichmittels und verzögert dessen Aufspaltungsprozess, verlangsamt den Abbau der freien Radikale und erhöht dadurch die Kontaktzeit mit der Zahnhartsubstanz. Wasserstoffperoxid wird in der Mundhöhle durch Speichelperoxydasen abgebaut. Das Carbopol neutralisiert diese Peroxydasen und verlangsamt den Abbau (ALBERS 1991, HAYWOOD 1991).

Des Weiteren enthalten Bleichgele für die Heimanwendung Glyzerin (Lösungsmittel), Fluoride (ggf. zur Remineralisierung), modifizierte Polyacrylsäure (gelartige Konsistenz), Natriumhydroxid (Puffer: pH-Wert liegt zwischen 5,7 und 6,5) und ggf. Aromastoffe.

2.3.2 Sicherheit der verwendeten Bleichprodukte und Toxizität

Die toxische Wirkung der Bleichmittel wird vor allem durch die Menge der freigesetzten Sauerstoffradikale bestimmt, welche oxidative Veränderungen im menschlichen Organismus induzieren und Veränderungen an Proteinen, Lipiden und Nukleinsäuren hervorrufen können (BOVERIS et al. 1972, FLOYD 1997). Es gibt in der Literatur keine Hinweise auf eine toxische oder mutagene Wirkung von Carbamidperoxid sowie 30%- oder 3%-igem Wasserstoffperoxid, in den für die Bleichtherapie verwendeten Dosierungen (HAYWOOD 1991, HAYWOOD und HEYMANN 1991, WEITZMANN et al. 1986, LI Y. 1998, LYNCH et al. 1994). Auch in verschiedenen tierexperimentellen Studien konnte kein systemisch-toxischer Einfluss von Carbamidperoxid auf den Organismus nachgewiesen werden. Die Folgen der oralen Aufnahme unterschiedlicher Mengen Carbamidperoxid wurden in einem Tierversuch an Ratten von DAHL und BECHER 1995 untersucht. Dabei kam es nach Applikation von 15 mg/kg KG eines 10%-igen Carbamidperoxids mit einer Magensonde zu akuten Magen-Ulzerationen. Geringere Gaben von Carbamidperoxid lösten keine Veränderungen an der Magenschleimhaut aus (DAHL und BECHER 1995). Nach der zweimal wöchentlichen Anwendung eines 35%-igen Carbamidperoxids über drei Monate, fanden GOMEZ et al. 2002 im Tierversuch an Ratten weder klinische noch histopathologische Veränderungen in Zellen der oralen Mukosa (GOMEZ et al. 2002). Ausgehend von den Ergebnissen von DAHL und BECHER 1995, dass es nach einmaliger Gabe von 15 mg/kg KG Carbamidperoxid bei Ratten zu akuten Magenulzerationen kommt, müsste ein 70 kg schwerer Mensch eine Menge von 1050 mg Carbamidperoxid (entspricht 10500 mg 10%-iges Carbamidperoxid) verschlucken. Mit einem Sicherheitsfaktor von 100 für das 10mal empfindlicher reagierende menschliche Gewebe errechneten DAHL und BECHER, dass ein 70 kg schwerer Mensch, um Magenulzerationen zu vermeiden, nicht

mehr als 10 mg reines Carbamidperoxid pro Tag zu sich nehmen dürfte. Auch die Art der Applikation des Bleichmittels hat einen Einfluss auf die Peroxidfreisetzung im Mund (HANNIG et al. 2003). Ein Vergleich eines Bleichstreifens (5% Wasserstoffperoxid) mit einem 10%-igen Carbamidperoxid, appliziert in einer individuellen Schiene für jeweils 30 Minuten täglich, ergab bei der Verwendung der Bleichstreifen eine deutlich höhere Wasserstoffperoxidexposition im Speichel (HANNIG et al. 2003). Laut Angaben von Procter & Gamble (2002) enthalten Blend-a-med Whitestrips je Applikationsstreifen 10 mg H_2O_2 . Geht man davon aus, dass während der Anwendung ca. 10% des Bleichmittels verschluckt werden, so würde bei gleichzeitiger Anwendung von zwei Bleichstreifen (OK/UK) theoretisch eine Menge von 2 mg Wasserstoffperoxid pro Anwendung in den Gastrointestinaltrakt gelangen. Somit kann, unter Berücksichtigung des hohen Sicherheitsfaktors und des zusätzlichen Abbaus durch im Speichel enthaltene Peroxidasen, der Gebrauch von Bleichgelen und Streifen als unbedenklich eingestuft werden.

2.4 Bleichtechniken zum externen Bleichen vitaler Zähne

2.4.1 In-Office-Bleaching

Das In-Office-Bleaching gehört in die Gruppe der professionellen Bleichmethoden und wird nur in der zahnärztlichen Praxis unter direkter zahnärztlicher Überwachung angewendet. Bei dieser Technik werden höher konzentrierte Bleichprodukte (zwischen 15%-igen Wasserstoffperoxid bzw. 30% und 44%-igen Carbamidperoxid) verwendet. Indiziert sind diese Produkte vor allem bei Zähnen mit stärkeren internen Verfärbungen. Bei dieser Methode wird das Bleichmittel in eine individuell angefertigte, mit Reservoirs versehene Kunststoffschiene appliziert, die dann auf die Zähne des jeweiligen Kiefers aufgesetzt wird. Eine Behandlung dauert beim In-Office-Bleaching zwischen 30 und 60 Minuten. Die jeweilige Dauer und Häufigkeit der Bleichbehandlung ist individuell

unterschiedlich und abhängig vom Bedarf (SULIEMAN 2005). Während des Bleichvorgangs wird die Einwirkzeit vom Patienten im Wartezimmer der zahnärztlichen Praxis verbracht.

2.4.2 Chairside-Bleaching

Das Chairside-Bleaching ist eine effektive Therapie natürliche Zähne messbar aufzuhellen (GALLAGHER et al. 2002). Das hochkonzentrierte Bleichgel (17- 38%-iges Wasserstoffperoxid) wird hierbei direkt auf die Labialflächen der Zähne aufgetragen. Dabei muss auf einen suffizienten Schutz der Gingiva unter Zuhilfenahme von Kofferdam, lichthärtendem Gingivaschutz oder Abdecklacken, ergänzt durch das Legen von Ligaturen aus gewachster Zahnseide, geachtet werden (SULIEMAN 2005). Eine Behandlung dauert beim chairside-bleaching zwischen 3 und 30 Minuten. Je nach Stärke der Verfärbung kann nach einigen Tagen die Behandlung wiederholt werden. Beim Chairside-Bleaching verbleibt der Patient während der gesamten Behandlung auf dem zahnärztlichen Behandlungsstuhl. Optional werden Laser, Halogen- und Plasmalampen mit einer Wellenlänge zwischen 400 bis 500nm zur Katalysation des Bleichvorganges verwendet. Das einstrahlende Licht wird dabei zu einem geringen Teil vom Bleichgel absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dies soll zu einer zusätzlichen Aktivierung des Bleichvorgangs führen (LUK et al. 2004). Nach der Bleichtherapie wird eine Politur und Fluoridierung der Zähne empfohlen (SULIEMAN 2005).

2.4.3 Nightguard-vital-bleaching (home bleaching)

Schon Haywood und Heymann führten 1989 das Prinzip des „nightguard vital bleaching“ ein (HAYWOOD und HEYMANN 1989). In der heutigen Zeit wird das Bleichgel über einen Zeitraum von ein bis vier Wochen, je nach Grad und Ätiologie der Verfärbung in individuell angefertigten Trägerschienen über Nacht auf die zu behandelnden Zähne appliziert. Die verwendeten Bleichgele enthalten in der Regel Carbamidperoxid in einer Konzentration von 10-16%. Zur Schonung der Weichgewebe sollte die Trägerschiene diese nicht bedecken und ein Reservoir zur Aufnahme eines möglichst viskösen Bleichgels aufweisen (DUNN 1998). Die Effektivität und Wirksamkeit von Carbamidperoxidhaltigen Bleichprodukten wurde in vielen klinischen Studien belegt (ISHIKAWA-NAGAI et al. 2004, DONLY et al. 2007, AUSCHILL et al. 2005, RITTER et al. 2002, LEONARD et al. 2001, MATIS et al. 1998, ROSENSTIEL et al. 1996). Die „at-home“-Bleichprodukte werden ausschließlich unter zahnärztlicher Kontrolle angewendet und sind nicht freiverkäuflich im Handel zu erwerben. Nach genauer zahnärztlicher Anleitung bleicht der Patient seine Zähne selbständig in häuslicher Anwendung – entweder über Nacht oder über mehrere Stunden am Tag bis der gewünschte Aufhellungsgrad erreicht ist.

2.4.4 Freiverkäufliche Bleichprodukte (over-the-counter-Produkte)

Seit einigen Jahren sind so genannte over-the-counter (OTC) Zahnaufhellungsprodukte im Handel freiverkäuflich erhältlich. Die Anwendung erfolgt hierbei eigenständig, ohne zahnärztliche Überwachung. Die zahlreichen Produkte unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer Applikationsart. Erhältlich sind Bleichstreifen, Traysysteme (industriell vorgefertigte Kunststoffschienen, welche mit Bleichgel befüllt werden) oder „paint-on“-Präparate (Bleichgele oder Bleichlacke zum direkten Auftragen auf die Zahnaußenflächen). In diesen Produkten ist als aktive Bleichsubstanz meist ein niedrig konzentriertes Carbamidperoxid- oder Wasserstoffperoxidgel zwischen 2% und 6,5%

enthalten. Die empfohlene Anwendungsdauer liegt je nach Produkt zwischen 10 und 60 Minuten täglich oder während der Nacht über einen Zeitraum von 7 bis 14 Tagen. Die sichere Anwendung und Effektivität dieser Produkte wurde in vielen Studien nachgewiesen (GERLACH et al. 2000/ 2002 GERLACH und ZHOU 2002, AUSCHILL et al. 2005, HERNÁNDEZ GUERRERO et al. 2007, XU et al. 2007). Um freiverkäufliche Bleichmittel (OTC-Produkte = over-the counter) sicher zu verwenden, sollte sich der Patient jedoch vor der Anwendung professionell vom Zahnarzt beraten lassen (SARRETT 2002).

2.5 Nebenwirkungen von Bleichmitteln

Die Nebenwirkungen verschiedener Bleichmedien auf den menschlichen Organismus, die Zahnhartsubstanzen sowie auf plastische Restaurationen wurden in zahlreichen Studien untersucht. Als Grundlage dieser Untersuchungen dienten hauptsächlich in vitro Schmelz- und Dentinproben menschlicher Zähne sowie Proben von Rinderzähnen.

2.5.1 Auswirkung des Bleichens auf die Zahnsensibilität, Pulpa, Gingiva und Speichel

Hypersensibilitäten stellen das Hauptproblem beim externen Bleichen vitaler Zähne dar (TAM 2001). Eine Ursache wird in einer leichten Entzündungsreaktion des Pulpagewebes durch das in das Pulpencavum penetrierende Wasserstoffperoxid diskutiert (THITINANTHAPAN et al. 1999, HAYWOOD et al. 1994, GOKAY et al. 2005). Die histologischen Veränderungen der Pulpa während und nach dem Bleichen vitaler Zähne untersuchten FUGARO et al. 2004. Zu extrahierende Zähne wurden über einen Zeitraum von bis zu zwei Wochen mit einem 10%-igem Carbamidperoxid behandelt. An 16 von 45 Zähnen wurden geringe Veränderungen der koronalen Pulpa nachgewiesen.

An den Zähnen, welche erst nach zwei Wochen extrahiert wurden, konnte festgestellt werden, dass diese Veränderungen nur temporär auftraten. Im Rahmen dieser Untersuchung traten keine Hypersensibilitäten auf und es kam nachweislich zu keinen Schädigungen der dentalen Pulpa (FUGARO et al.2004). Oft treten Pulpareizungen beim Bleichen von Zähnen im Zusammenhang mit der zusätzlichen Anwendung von Wärme auf. Diese Hitzeaktivierung kann mit einer Erhöhung der intrapulpalen Temperatur einhergehen. Eine Temperaturerhöhung von mehr als 5,5°C wird dabei als kritisch angesehen und kann Schädigungen der Pulpa zur Folge haben (ZACH und COHEN 1965, SULIEMAN et al. 2005). BAIK et al. 2001 zeigten in einer Untersuchung, dass „Powerbleaching“ (wärme-aktiviertes Bleichen) zu einer Erhöhung der Pulpatemperatur von bis zu 5°C bis 8°C führt und das Risiko einer Pulpaschädigung erhöhen kann (BAIK et al. 2001). Eine klinische Studie von SULIEMAN et al. 2005 untersuchte unter anderem die Auswirkung verschiedener Lampen auf die Erhöhung der intrapulpalen Temperatur mit und ohne Verwendung eines Bleichgels (35%-iges Wasserstoffperoxidgel). Verglichen wurden eine Plasmalampe (Apolite Plamsa Arc, 1628mW cm⁻², 380-530nm), eine Xenon-Halogen-Lampe (Luma arch, 650mW cm⁻², 380-530nm), eine Halogenlampe (Optilux 501, 1000mW cm⁻², 380-530nm) sowie ein Diodenlaser (3W, 830nm). Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der Temperaturerhöhung mit und ohne Bleichgel, wobei das Vorhandensein von Bleichgel auf der Zahnoberfläche die Temperaturerhöhung um 87-96% verringerte. Der Diodenlaser erzielte die größte intrapulpale Temperaturerhöhung von 86,3°C (SD 3,4) ohne und 11,6°C (SD 1,34) mit Bleichgel. Die geringste Temperaturerhöhung erzielte die Xenon-Halogen-Lampe (Luma arch) mit 3,4°C (SD 0,25) ohne Gel und 0,44°C (SD 0,07) mit Bleichgel. Die Plasmalampe erreichte Werte von 26,2°C (2,7) ohne und 1,2°C (0,18) mit Gel. Die Halogenlampe - ohne Gel: 22,7°C (1,4) und mit Gel: 2,7°C (0,35). Daraus ergibt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der verwendeten Lichtquelle und dem Vorhandensein von Bleichgel auf der Zahnoberfläche, bezogen auf die Erhöhung der intrapulpalen Temperatur (SULIEMAN et al. 2005). Es wurde jedoch schon mehrfach dokumentiert, dass bei korrekter Anwendung von Zahnaufhellungsprodukten eine Schädigung der Pulpa nahezu ausgeschlossen ist (FUGARO et al. 2004, SCHULTE et al. 1994). In verschiedenen klinischen Studien traten während der Bleichtherapie mit einem 10%-igen Carbamidperoxid bei 15% bis 65% der Studienteilnehmer Hypersensibilitäten der Zähne auf (HAYWOOD et al. 1994,

SCHULTE et al. 1994, LEONARD et al. 1997, TAM 2001). Auch GERLACH und SAGEL beobachteten 2004 in einer vergleichenden Studie mit Whitestrips in den Konzentrationen von 6% und 14% konzentrationsabhängige Überempfindlichkeiten an gebleichten Zähnen. Dabei berichteten in der Kontrollgruppe (6% H_2O_2) 26% und in der Gruppe (14% H_2O_2) 42% der Studienteilnehmer über Überempfindlichkeitsreaktionen der Zähne (GERLACH, SAGEL 2004). Ein höheres Vorkommen an Hypersensibilitäten (67% bis 78%) zeigte sich beim „in-office“ - Bleichen mit Wasserstoffperoxid in Kombination mit einer Erwärmung des Bleichmittels (NATHANSON und PARRA 1987). In einer klinischen Studie konnte TAM 2001 nach vierzehntägiger Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels mit dem Zusatz von Kaliumnitrat und Fluorid deutlich weniger Zahnsensibilitäten nachweisen, als bei der Kontrollgruppe ohne diesen Zusatz (TAM 2001). Zwei Drittel der Teilnehmer einer Untersuchung von LEONARD et al. 1997 mit 10% Carbamidperoxid mit defekten Restaurationen, Abrasions- und Schliiffacetten sowie keilförmigen Defekten am Zahnhals, berichteten über Überempfindlichkeiten der gebleichten Zähne. Dabei zeigte sich eine Zunahme an Empfindlichkeiten bei den Patienten, welche das Bleichgel mehrmals am Tag erneuerten (LEONARD et al. 1997). Das Auftreten von Empfindlichkeiten der Zähne scheint demnach von der Konzentration und Häufigkeit der Applikation des Bleichmittels sowie äußeren Einflüssen, wie der zusätzlichen Applikation von Wärme und Licht, abhängig zu sein. Der Patient sollte darüber entsprechend aufgeklärt werden. Zudem zeigt sich in den oben beschriebenen Untersuchungen, dass bei bestimmungsgerechter Bleichtherapie die Vitalität der Zähne nicht gefährdet ist und veränderte Sensibilitäten nur temporal auftreten. Da dennoch von einer Penetration von Wasserstoffperoxid in vitales Gewebe ausgegangen werden muss, sollten Bleichsubstanzen mit einer möglichst geringen Konzentration verwendet werden. Insbesondere beim Vorhandensein von Defekten der Zahnhartsubstanz oder Restaurationen.

Neben dem Auftreten von Hypersensibilitäten gehören Irritationen der Gingiva zu den häufigsten Nebenwirkungen beim Bleichen von Zähnen (LEONARD et al. 1997). Hohe Konzentrationen von Wasserstoffperoxid (30-35%) wirken reizend auf Schleimhäute und können zu Irritationen der Gingiva führen. In einer tierexperimentellen Studie wurde nachgewiesen, dass die Applikation von 1%-igem Wasserstoffperoxid auf die Gingiva für sechs bis 48 Stunden zu deutlichen epithelialen Schäden und entzündlichen Reaktionen in subepithelialen Geweben führte (MARTIN et al. 1968). Auch die

langanhaltende Applikationen, zweimal wöchentlich, von 3%- oder 30%-igem Wasserstoffperoxid in die Backetasche von Hamstern, führten zu entzündlichen Reaktionen (WEITZMANN et al. 1986). In einer 1997 von LEONARD veröffentlichten klinischen Studie kam es nach der Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels, appliziert in einer individuell hergestellten Schiene, bei 40% der Studienteilnehmer während der Anwendung zu Irritationen der Gingiva (LEONARD et al. 1997). Einer Publikation von TOMBES und GALLUCI zufolge können diffuse weißliche reversible Veränderungen der Gingiva ebenfalls nach der Anwendung von wasserstoffperoxidhaltigen Mundspüllösungen auftreten (TOMBES und GALLUCI 1993). Die Bleichschiene sollte daher so hergestellt sein, dass die Ränder abgerundet sind und zervikal am Zahn ein dichter Abschluss entsteht. So wird verhindert, dass die Gingiva mit dem Bleichgel in Kontakt kommt und Verletzungen oder Irritationen durch austretendes Bleichgel oder scharfe Kunststoffkanten entstehen (GOLDSTEIN und GARBER 1995).

Signifikante Veränderungen des pH-Wertes des Speichels während der Bleichtherapie mit 10% Carbamidperoxid von 6,81 auf 7,32 beobachteten LEONARD et al. 1994 nach 15 Minuten. Eine Absenkung in den sauren Bereich konnte in keinem Fall beobachtet werden (LEONARD et al. 1994). Da der Speichel eine starke Pufferwirkung besitzt und es durch die vermehrte Speichelsekretion während des Bleichvorganges zusätzlich zu einer Verdünnung der Bleichsubstanz kommt, ist eine Demineralisation von Zahnhartsubstanz nicht zu erwarten (LEONARD et al. 1994).

2.5.2 Auswirkung auf die Zahnhartsubstanz

Bei Untersuchungen zur Wirkung von Bleichsubstanzen auf die Oberflächenhärte von Zahnhartsubstanzen gelangen unterschiedliche Autoren zu gegensätzlichen Ergebnissen. Eine In-vitro-Studie von WHITE et al. 2002 ermittelte nach der Anwendung eines 5,3%-igen bzw. 6,5%-igen Wasserstoffperoxids und eines 10%-igen sowie 20%-igen Carbamidperoxids über einen Zeitraum von 14 bis 70 Stunden, weder eine Beeinträchtigung der Härte noch der Ultrastruktur oberflächlicher und tiefer gelegener Bereiche von Schmelz und Dentin (WHITE et al. 2002). LEE verwendete 2006 bei bovinen Zahnproben über einen Zeitraum von 120 Stunden ein 30%-iges Wasserstoffperoxid und konnte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss des Bleichmittels auf den Mineralgehalt der Zahnproben nachweisen (LEE et al. 2006). Auch die Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxids über einen Zeitraum von 24 Stunden bis zu fünf Tagen zeigte In-vitro bei Studien von MURCHISON et al. sowie Mc CRACKEN und HAYWOOD keinen signifikanten Einfluss auf die Mikrohärtigkeit von Schmelzoberflächen (MURCHISON et al. 1992, MC CRACKEN und HAYWOOD 1996). Sogar die Applikation eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels über einen Zeitraum von 14 und 42 Tage, für täglich acht Stunden, ergab keine Veränderungen der Beschaffenheit der Schmelzmatrix (RODRIGUES et al. 2001, POTOČNIK et al. 2000). PUGH publizierte 2005, dass über Nacht verwendete home-bleaching Produkte mit Wasserstoffperoxidkonzentrationen von 3,5%, 7% und 12% keine Veränderungen der Schmelzmorphologie und der pulpalen Enzyme verursachen (PUGH et al. 2005). Die Untersuchung eines Bleichgels mit einer Konzentration von 6,5% Wasserstoffperoxid über einen Zeitraum von bis zu 70 Stunden In-vitro zeigte keine morphologischen und strukturellen Veränderungen der Dentin- und Schmelzmatrix. Im Rahmen einer In-vivo-Studie mit einem 30%-igen Carbamidperoxid, welches für 30 Minuten über 14 Tage verwendet wurde, publizierte BITTER 1998 einen Verlust der aprismatischen Schmelzschicht, welche sich innerhalb von 90 Tagen nicht regenerierte (Bitter 1998). Nach der Applikation eines 10%-igen carbamidperoxidhaltigen Bleichgels auf die Schmelzoberfläche beobachteten SEGHI und DENRY 1992 eine Reduktion der Frakturresistenz des Schmelzes um 30%. Vermutet wurde, dass eine Alteration der organischen Schmelzmatrix die Veränderung der mechanischen Eigenschaften des gebleichten Schmelzes hervorruft (SEGHI und DENRY 1992). Mittels Infrarot –

Spektralanalyse wurden Veränderungen der anorganischen Zusammensetzung des Schmelzes nach Touchierung (30 Minuten täglich für vier Tage) mit einem 35%-igen Carbamidperoxid – Gel festgestellt. Nicht aber bei Konzentrationen von 10% und 16% (OLTU und GÜRGAN 2000). SHANNON 1993 untersuchten in einer Studie morphologische Veränderungen der Schmelzmatrix nach Bleichtherapie mit 10%-igem Carbamidperoxid, welches 15 Stunden pro Tag über einen Zeitraum von zwei Wochen und vier Wochen angewendet wurde. Dabei konnten signifikante Alterationen der Schmelzmatrix nach vierwöchiger Bleichtherapie festgestellt werden (SHANNON et al. 1993). Auch LEONARD et al. konnten 2001 auf rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen nach 14 Tagen der klinischen Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels leichte Veränderungen der Schmelzoberfläche beobachten (LEONARD et al. 2001). Vergleichbare Veränderungen der Schmelzoberfläche zeigten sich bei dieser Studie jedoch ebenfalls nach der Verwendung eines Placebo-Präparates. Die Veränderungen wurden daher auf Hygienemaßnahmen der Probanden zurückgeführt (LEONARD et al. 2001). Nach der Verwendung eines 10%-igen, 15%-igen und 22%-igen Carbamidperoxid-Gels konnten FARAONI-ROMANO et al. 2007 eine signifikante Reduktion der Mikrohärtigkeit von Zahnschmelz nachweisen (FARAONI-ROMANO et al. 2007). In anderen Studien wurde die Sicherheit der Anwendung von Whitestrips (5,9%-iges Wasserstoffperoxid) auf Schmelz und Dentin untersucht, wobei keine relevanten mikromorphologischen Veränderungen an Schmelz und Dentin beobachtet werden konnten (WHITE et al. 2002). In einer In-vitro-Untersuchung mit Dentinproben von 20 extrahierten Molaren, welche für 14 Tage mit Natriumperborat im Gemisch mit 30%-igem Wasserstoffperoxid behandelt wurden, konnten mit Hilfe der Vickers- Härteprüfung keine relevanten Unterschiede zu ungebleichten Dentinproben festgestellt werden (GLOCKNER et al. 1995). DUSCHNER et al. 2006 untersuchten den Effekt eines mit 6,0%- und 6,5%-igem Wasserstoffperoxid beschichteten Bleichstreifens auf die Mikrohärtigkeit und Strukturveränderungen der Zahnhartsubstanzen sowie das chemische Gefüge. Es konnten keinerlei Veränderungen nachgewiesen werden (DUSCHNER et al. 2006). Auch eine spätere Untersuchung unter der Verwendung eines 13%-igen und 16%-igen wasserstoffperoxidhaltigen Bleichgels brachte keinen Hinweis auf histomorphologische oder chemische Veränderungen der Zahnhartsubstanzen (GOTZ et al. 2007). Eine neuere In-vitro-Studie von FU et al. 2007 verglich den Effekt zwei verschiedener Bleichmethoden auf Veränderungen im Mikro- und Nanobereich der Schmelzoberfläche. Verglichen wurde die Anwendung eines 15%-

igen Carbamidperoxids (Illuminé™home) 8 Stunden täglich über 7(2), 14(3), 28(4) und 42(5) Tage sowie die Verwendung eines 5,9%-igen Wasserstoffperoxids (Whitestrips™) jeweils 30 Minuten täglich für 14(6), 28(7) und 42(8) Tage. Das Bleichen von Zähnen über einen kurzen Zeitraum (Gruppe: 2 und 6) ergab bei beiden Bleichmitteln nur nanomorphologische Schmelzveränderungen, wohingegen längere Applikationen zu mikromorphologischen Veränderungen führten (FU et al. 2007). Eine In-vitro-Studie von BIZHANG 2006 verglich das Auftreten von Demineralisationen bei der Verwendung zweier unterschiedlicher Bleichmethoden (10% Carbamidperoxid-Gel und 6% Wasserstoffperoxid - Whitestrips™) mit und ohne nachträgliche Fluoridapplikation. Dabei zeigte sich ein statistisch signifikant höherer Mineralverlust bei Zähnen ohne Fluoridapplikation (BIZHANG et al. 2006).

Obwohl die zuvor beschriebenen Studienergebnisse stark voneinander abweichen, sollte von einem zumindest temporären Härteverlust ausgegangen werden und die Zähne nicht direkt im Anschluss an die Bleichtherapie gereinigt werden. Direkt nach dem Bleichen sollte die Applikation eines farblosen Fluoridpräparates erfolgen.

2.5.3 Auswirkung auf zahnärztliche Restaurationen

Die Auswirkung der Bleichtherapie auf den Haftverbund sowie die Oberflächenbeschaffenheit und Materialeigenschaften zahnärztlicher Restaurationen war bisher Bestandteil vieler klinischer Untersuchungen. In einer Studie von SWIFT und PERDIGÃO 1998 wurde der Einfluss von Peroxiden auf die Chemie und Textur von Restaurationsoberflächen (Keramik, Gold, Komposit, Amalgam) untersucht, wobei bei Kompositfüllungen eine Abnahme der Härte, bei Restaurationen aus Gold und Keramik jedoch keine Veränderungen festgestellt werden konnten (SWIFT und PERDIGÃO 1998). Der Kontakt des Bleichmittels mit Restaurationen aus Amalgam sollte vermieden werden, da es zu einer vermehrten Quecksilberfreisetzung kommen kann (ROTSTEIN et al. 1997). AL-SALEHI untersuchte die mögliche Metallionenfreisetzung aus dentalem Amalgam durch verschiedene Konzentrationen Carbamidperoxid (1%, 3%, 10%, 30%

Carbamidperoxid). Dabei korrelierte die Konzentration des Bleichgels proportional mit der freigesetzten Menge an Metallionen aus Amalgam (AL-SALEHI et al. 2007). Die Beeinflussung der Mikrohärtigkeit plastischer Füllungsmaterialien wird in vielen Studien noch kontrovers diskutiert. Entsprechend einer Studie von MONAGHAN et al. 1992 kann die Härte von Kompositmaterialien durch die Bleichtherapie verändert und die Oberflächenrauigkeit erhöht werden (MONAGHAN et al. 1992). MUJDECI und GOKAY 2006 konnten hingegen keinen signifikanten Effekt von Bleichprodukten auf die Mikrohärtigkeit von plastischen Füllungsmaterialien nachweisen (MUJDECI und GOKAY 2006). Auch die Verwendung von 38%-igen Wasserstoffperoxid und 15%-igen Carbamidperoxid verursachte keine statistisch relevanten Veränderungen der Oberflächenbeschaffenheit von verschiedenen polierten zahnfarbenen Füllungsmaterialien (Hybridkomposit, Mikrohybridkomposit, Nano-Hybridkomposit, Ormocere, Keramik) (POLYDOROU et al. 2006). Zum anderen konnte nachgewiesen werden, dass der Haftverbund adhäsiver Restaurationen nach dem Bleichen an Schmelz und Dentin deutlich vermindert ist (CVITKO et al. 1991, MURCHISON et al. 1992). MIYAZAKI et al. untersuchten 2004 beispielsweise die Haftung wasser- bzw. alkoholbasierter selbstätzender Primer und Adhäsive auf zuvor mit 35%-igem Wasserstoffperoxid gebleichtem bovinem Schmelz (vier mal drei Minuten). Es zeigte sich, dass die Haftung nach dem Bleichen auf bis zu 17% im Vergleich zur Kontrollgruppe verringert war und die entsprechenden Schmelzproben elektronenmikroskopisch eine unvollständige Verzäpfung zwischen Komposit und Schmelz aufwiesen (MIYAZAKI et al. 2004). Ursächlich seien nach SWIFT und PERDIGÃO möglicherweise Veränderungen in den Abläufen beim Ätzen und Bonden sowie eine Behinderung der Polymerisation des Komposits durch den erhöhten Sauerstoffanteil in der Zahnhartsubstanz nach dem Bleichen (SWIFT und PERDIGÃO 1998). Auch eine Beeinflussung der Haftung durch Veränderungen der Schmelzstruktur wird vermutet (TORNECK et al. 1990, RUSE et al. 1990). Nach BASTING et al. 2004 verringert sich die Haftkraft von Kompositen bzw. Adhäsiven nicht, wenn gebleichte Schmelzproben unabhängig von der Bleichmittelkonzentration vor dem Legen der Füllung dem remineralisierenden Einfluss des Speichels ausgesetzt sind (BASTING et al. 2004). Einigen Publikationen zufolge sollten, um eine reduzierte Komposithaftung auszuschließen, nach der Bleichtherapie definitive adhäsive Restaurationen erst nach einem Zeitraum von sieben Tagen erfolgen (TORNECK et al. 1990, DA SILVA MACHADO et al. 2007). Andere Autoren empfehlen ein Zeitintervall von mindestens

zwei Wochen oder gar 21 Tagen vor Neuversorgung mit plastischen Füllungsmaterialien, da hier erst nach dieser Zeitspanne keine Beeinflussung der Komposithaftung mehr nachgewiesen werden konnte (CAVALLI et al. 2001, SHINOHARA et al. 2001).

2.6 Effektivität und beeinflussende Faktoren der Bleichtherapie

In vielen klinischen Studien wurden die Effekte von dentalen Bleichprodukten überprüft, die auf Wasserstoffperoxid- oder Carbamidperoxid basieren (FASANARO 1992, HAYWOOD und HEYMANN 1991, ROSENSTIEL et al. 1996). Diese Effekte beinhalten das Aufhellen von Zähnen, aber auch das Auftreten von Zahnsensibilitäten und Irritationen der umgebenen Weichgewebe. Unterschiedliche Faktoren, wie beispielsweise der Bleichmitteltyp, die Konzentration und die Applikationszeit können dabei die Effektivität des Bleicherfolges beeinflussen (GERLACH und BARKER 2003, LEONARD et al. 1998).

2.6.1 Bleichmitteltyp

Die für das Bleichen von vitalen Zähnen verwendeten Bleichmittel Wasserstoffperoxid und Carbamidperoxid basieren beide auf dem gleichen aktiv bleichenden Wirkstoff - Wasserstoffperoxid. In In-vitro wie auch In-vivo-Studien wurde nachgewiesen, dass die Effektivität eines Carbamidperoxidgels keine Unterschiede zu einem äquivalent oder ähnlich konzentrierten reinen Wasserstoffperoxidgel aufweist (JOINER 2006, KIHN et al. 2000, NATHOO et al. 2003). NATHOO et al. 2003 demonstrierten beispielsweise in einer Studie, dass die täglich einmalige Applikation eines 25%-igen Carbamidperoxid-

Gels oder eines 8,7%-igen Wasserstoffperoxid-Gels zu einer statistisch signifikanten Zahnaufhellung nach zwei Wochen führt. Es konnten aber keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen beiden Produkten festgestellt werden (NATHOO et al. 2003). Eine Alternative zum Wasserstoffperoxid stellt die Verwendung von Natriumpercarbonat dar. Bei der täglichen Anwendung über einen Zeitraum von vier Stunden oder über Nacht, zeigten unterschiedliche Studien eine deutliche Aufhellung der Zähne im Vergleich zur Ausgangssituation (MAHONY et al. 2003, KARPINIA et al. 2003). Eine Studie von GERLACH und BARKER 2003 untersuchte die Effektivität eines 19%-igen Natriumpercarbonat und eines 8,7%-igen Wasserstoffperoxids über einen Zeitraum von 14 Tagen bei Anwendung über Nacht. Die Ergebnisse zeigten einen signifikant stärkeren aufhellenden Effekt bei dem 19%-igen Natriumpercarbonat (GERLACH und BARKER 2003). In der Literatur finden sich verschiedene Studien zur Anwendung anderer, bisher noch nicht erwähnter Bleichmittel. Zu diesen zählen Natriumchlorid (ATTIN et al. 2004), Natriumperborat (ATTIN et al. 2004) und Peroxide in Verbindung mit Oxireduktase-Enzymen (VISCIO et al. 2000). Es finden sich jedoch keine klinischen Langzeitstudien sowie detaillierte Angaben zu deren Effektivität.

2.6.2 Konzentration und Zeit

Die zwei Faktoren, welche die Effektivität einer jeden Zahnaufhellung beeinflussen, sind die Konzentration des Bleichmittels und die Einwirkzeit. LEONARD et al. 1998 konnten in einer vergleichenden In-vitro-Studie zwischen einem 5%-igen, 10%-igen und 16%-igen Carbamidperoxid nachweisen, dass die Bleichwirkung eines 16%-igen Carbamidperoxidgels signifikant höher war, als bei den geringer konzentrierten Bleichgelen. Die Effektivität des 5%-igen Carbamidperoxidgels war erst nach mehrmaliger Applikation vergleichbar mit der hohen 16%-igen Konzentration (LEONARD et al. 1998). SULIEMAN et al. 2004 verglichen die Bleicheffektivität von unterschiedlich (5-35%) konzentrierten Wasserstoffperoxid - Gelen In-vitro. Dabei konnte festgestellt werden, dass eine hohe Konzentration eines Bleichmittels zu ähnlichen Ergebnissen führte wie die mehrmalige Applikation eines niedrig

konzentrierten Bleichmittels (SULIEMAN et al. 2004). In anderen klinischen Studien wurde nachgewiesen, dass die Verwendung eines 15%-igen Carbamidperoxidgels über einen Zeitraum von 14 Tagen zu einer signifikant höheren Zahnaufhellung führt, als eine Konzentration von 10% (KIHN et al. 2000, MATIS et al. 2000). Nach MATIS et al. 2000 sind zudem nach einer Anwendungsdauer von sechs Wochen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Konzentrationen feststellbar (MATIS et al. 2000). In einer anderen Untersuchung wurde von MATIS et al. die Umsetzung eines 10%-igen Carbamidperoxids aus einer Gelschiene gemessen. Es stellte sich heraus, dass die höchste Umsatzrate des Bleichmittels an der Zahnoberfläche in der ersten Stunde erfolgt. Mögliche Gründe wurden in einer Reaktion des Bleichmittels mit dem Pellicle, Speichel oder mit Mikroorganismen gesehen, welche das Material abbauen können. Der aktive Bestandteil in Carbamidperoxid ist dabei nach 10 Stunden noch zu 10% in den Bleichschienen nachweisbar (MATIS et al. 1999).

2.6.3 Aktivierung durch Wärme und Licht

Die Verwendung von intensiver Lichtbestrahlung zur Erhöhung der Temperatur und Reaktivität von Wasserstoffperoxyd wurde schon 1918 von ABBOT beschrieben (ABBOT 1918, GREENWALL 2001). Die Lichtquelle aktiviert das Peroxid und beschleunigt somit die chemische Redoxreaktion des Bleichvorganges (Sun 2000). Um die Absorption des Lichtes vom Bleichgel noch zu verstärken, verwenden manche Hersteller spezielle Farbstoffe wie beispielsweise Karotin oder Mangansulfat (JOINER 2006). Die Effektivität von lichtaktivierten Bleachingsystemen wurde in mehreren Studien belegt (SMIGEL 1996, LU et al. 2001, HANOSH und HANOSH 1992). Dabei werden verschiedene Lichtquellen in der Literatur beschrieben. Man unterscheidet zwischen Plasmabogen-Lampen, Xenon-Halogen-Lampen (WETTER 2004), Halogen-Lampen und Dioden-Laser-Lampen (DOSTALOVA 2004). Beim Vergleich der Effektivität zwischen lichtaktivierten Bleichsystemen und konventionellen Bleichtechniken finden sich in der Literatur noch sehr wenige und meist kontroverse

Studien. In einer klinischen Studie von TAVARES et al. 2003 wurden drei unterschiedliche Gele miteinander verglichen. Ein 15%-iges Wasserstoffperoxid-Gel aktiviert mit einer Plasmalampe, ein 15%-iges Wasserstoffperoxid-Gel ohne Lichtaktivierung und ein bestrahltes Placebo-Gel wurden für jeweils eine Stunde auf die Zahnoberflächen aufgetragen. Das durch Licht aktivierte Bleichgel zeigte direkt nach dem Bleichen sowie zur Kontrolle nach sechs Monaten den größten Bleicheffekt im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen (TAVARES et al. 2003). Im Gegensatz dazu stellte eine Studie von HEIN et al. 2003 nach der Bleichtherapie keinen zusätzlichen Effekt von lichtaktivierten Bleichgelen im Gegensatz zu Bleichgelen allein fest (HEIN et al. 2003). In einem direkten Vergleich zweier In-Office-Bleichprodukten untersuchte KUGEL et al. 2006 mögliche Unterschiede zwischen dem Bleichen mit und ohne Licht. Es zeigten sich keine statistisch relevanten Unterschiede (KUGEL et al. 2006).

2.6.4 Wirksamkeit und Effektivität des Bleichens

Die aufhellende Wirkung der Bleichmittel Wasserstoffperoxid und Carbamidperoxid wird in vielen Studien mit einer Zunahme der L*-Werte (Helligkeit) und einer Abnahme der b* - Werte (Gelbanteil) begründet, wobei der Farbwert a* von der Bleichtherapie nicht signifikant beeinflusst wird (ROSENSTIEL et al. 1991, GERLACH et al. 2004). Dabei scheint der Grad der Aufhellung von der Anwendungsdauer und Konzentration des Bleichmittels abhängig zu sein (ROSENSTIEL et al. 1991, GERLACH et al. 2004, AUSCHILL et al. 2005, MATIS et al. 1998). In der Literatur finden sich zahlreiche Studien zum „nightguard-vital“- und „in-office“-Bleaching, welche diese Formen der Bleichtherapie als sicher, effizient und vorhersagbar einstufen (HAYWOOD und LEONARD 1998, SWIFT et al. 1999, LEONARD et al. 2001, MATIS et al. 2002, GALLAGHER et al. 2002). Auch die Wirksamkeit von frei verkäuflichen „over-the-counter“-Produkten wurde in zahlreichen Publikationen untersucht und getestet. GERLACH et al. 2004 und GERLACH und BARKER 2003 untersuchten beispielsweise die aufhellende Wirkung von Whitestrips® in unterschiedlichen Konzentrationen (1,8%,

3,3%, 5,3%, 6%, 10% Wasserstoffperoxid) über einen Anwendungszeitraum von sieben bis 28 Tagen. Beide Untersuchungen ergaben eine konzentrationsabhängige signifikante aufhellende Wirkung von Whitestrips® (GERLACH et al. 2004, GERLACH und BARKER 2003). Die Effektivität einer Zahnaufhellung mit Hilfe von Bleichprodukten kann dabei signifikant von der Art der internen Verfärbung bestimmt werden. In vielen klinischen Studien konnte festgestellt werden, dass beispielsweise der Ausprägungsgrad einer internen Verfärbung durch Tetrazykline maßgeblich für die Dauer einer Bleichbehandlung ist und schwere Tetrazyklinverfärbungen auch schwieriger aufzuhellen sind (HAYWOOD 2000). Je dunkler die Ausgangszahnfarbe einer Tetrazyklinverfärbung, desto größer kann die benötigte Anwendungsdauer sein. In der Literatur werden dabei Zeiträume zwischen zwei bis sechs Monaten, je nach Ausprägungsgrad beschrieben (KUGEL et al. 2002, LEONARD et al. 1999). Ein weiterer Einflussfaktor auf die Effektivität einer Bleichbehandlung kann der Ausgangsfarbtönen der Zähne sein. ISHIKAWA-NAGAI et al. 2004 bewerteten die Zahnfarbänderung von 80 Probanden nach der Verwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels über einen Zeitraum von 14 Tagen. Es zeigte sich eine enge Korrelation zwischen dem Grad der Zahnaufhellung und der Stärke einer gelblichen Ausgangszahnfarbe. Die Effektivität der Bleichtherapie war bei Zähnen mit einer gelblichen Ausgangszahnfarbe signifikant höher als bei anderen Ausgangsfarbtönen (ISHIKAWA-NAGAI et al. 2004). GERLACH et al. 2001 ermittelten in einer Untersuchung mit über 600 Probanden eine Korrelation zwischen dem Alter der Patienten, einer gelblichen Ausgangszahnfarbe und der Effektivität der Bleichbehandlung. Ältere Studienteilnehmer mit weniger gelblich verfärbten Zähnen zeigten den geringsten Grad einer Farbveränderung, wohingegen jüngere Probanden mit mehr gelblicher Ausgangszahnfarbe die besten Ergebnisse erzielten. Außerdem konnte kein negativer Einfluss beim Genuss von Kaffee oder Tee auf das Bleichergebnis festgestellt werden (GERLACH et al. 2001). Dass das Vorhandensein von Plaque bzw. eines Pellicle keinen Einfluss auf die Umsetzung eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels hat, untersuchte MATIS 2000. Der Abbau von Carbamidperoxid erfolgt demnach nach fünf Minuten exponentiell, unbeeinflusst von dem Vorhandensein oder vorherigen Entfernen des Pellicle und der Beläge (MATIS 2000).

Obwohl die Studienergebnisse zum Teil stark voneinander abweichen, lässt sich zusammenfassend feststellen, dass freiverkäufliche, wie auch höher konzentrierte

Bleichprodukte, einen nachgewiesenen aufhellenden Effekt auf natürliche Zähne ausüben. Dabei scheint die Wirkung und Effektivität der Bleichmittel sowohl von der Konzentration als auch von der Anwendungsdauer abhängig zu sein.

2.7 Langzeiteffekt der Bleichtherapie

Verschiedene Faktoren können das langfristige Ergebnis einer Bleichbehandlung beeinflussen. Beispielsweise kann eine unvollständige Zahnaufhellung durch Dentinareale bedingt sein, die nicht vom Bleichmittel erreicht werden konnten. Aber auch undichte zahnärztliche Restaurationen können das Farbergebnis langfristig beeinflussen, indem sie die Diffusion von Farbpigmenten entlang der Füllungsgrenze teilweise bis ins Dentin zulassen (ULUKAPI et al. 2003). Dennoch wurde in zahlreichen Studien das Bleichen vitaler Zähne als einfache und sichere Methode eingestuft natürliche Zähne langfristig und sichtbar aufzuhellen (LI 1998, LEONARD 1998, BRUNTON et al. 2004, HAYWOOD 1992, KUGEL und KASTALI 2000, MATIS et al. 1998). Dabei wird eine Erfolgsquote von bis zu 98% für natürlich verfärbte Zähne und für tetrazyklinverfärbte Zähne bei einer Langzeittherapie bei bis zu 86% der Fälle beschrieben (LEONARD et al. 2003, LEONARD et al. 1999). Die Literaturangaben über Langzeitergebnisse der Bleichtherapie vitaler Zähne sind noch immer sehr lückenhaft. LEONARD et al. 2001 untersuchten in einer Langzeitstudie über einen Kontrollzeitraum von bis zu 47 Monaten die Aufhellprognose nach der Verwendung eines 10%-igen Carbamidperoxidgels auf Oberkieferfrontzähne. Dabei konnte bei 82% der Studienteilnehmer ein dauerhafter Aufhellungseffekt noch nach einem Zeitraum von 47 Monaten festgestellt werden (LEONARD et al. 2001). Eine klinische Studie von RITTER et al. 2002 registrierte in einer anderen Langzeituntersuchung nach Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxid noch nach einem Zeitraum von zehn Jahren bei 43% der Studienteilnehmer ein stabiles Farbergebnis (RITTER et al. 2002). Nach LEONARD et al. können tetrazyklinverfärbte Zähne erfolgreich durch eine langfristige Bleichtherapie aufgehellt werden, wobei ein stabiles Farbergebnis über einen Zeitraum von 54 bis zu

90 Monaten nach Bleichtherapie nachgewiesen werden konnte (LEONARD et al. 1999, LEONARD 2003). Eine klinische Studie von Bizhang et al. untersuchte die Farbstabilität eines 6%-igen Wasserstoffperoxid-beschichteten Bleichstreifens und eines 19%-igen Natriumpercarbonat-Gels über einen Zeitraum von 18 Monaten. Direkt nach Ende der Bleichtherapie kam es bei beiden Bleichmitteln zu einer signifikanten Änderung der Zahnfarbe im Vergleich zur Ausgangszahnfarbe. Noch 18 Monate nach Ende der Bleichtherapie konnte ein signifikanter Unterschied im Vergleich zur Ausgangszahnfarbe bei beiden Bleichmethoden festgestellt werden. Bezogen auf den Gelbwert Δb ermittelte man bei der Anwendergruppe der Bleichstreifen (6% Wasserstoffperoxid) nach 18 Monaten noch 82% des Aufhellungseffektes und bei der Anwendergruppe des Bleichgels (19% Natriumpercarbonat) noch 86% des ursprünglichen Aufhellungsgrades. Die Helligkeitswerte ΔL lagen nach 18 Monaten vergleichsweise bei 91% für die Bleichstreifen und bei 81% für das Bleichgel (BIZHANG et al. 2007). KUGEL et al. 2004 untersuchten in einer klinischen Studie, ob die Verwendung einer schallgetriebenen Zahnbürste nach einer 14-tägigen Bleichtherapie, im Vergleich zum Gebrauch einer Handzahnbürste, positiven Einfluss auf den Erhalt der Zahnaufhellung hat. Sechs Monate nach Ende der Bleichtherapie waren die mit einer Schallzahnbürste gereinigten Zähne signifikant heller, als die Zähne der Vergleichsgruppe (KUGEL et al. 2004). Zusammenfassend kann das Bleichen als eine sichere und dauerhafte Methode angesehen werden, vitale natürliche Zähne langfristig sichtbar aufzuhellen. Erwartet der Patient ein deutlich sichtbares und langfristig stabiles Farbergebnis, sollte dem „nightguard-vital“-Bleaching oder „in-office“-Bleaching der Vorzug gegeben werden, da hier eine Aufhellung der Zahnfarbe bis zu sechs Farbstufen möglich ist (SWIFT et al. 1999).

2.8 Bestimmung der Zahnfarbe

Die Farbe eines Zahnes ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Reflektion und Absorption zwischen der Zahnoberfläche und dem auftreffenden Licht. Die Farbe ist keine unveränderliche und physikalische eindeutig definierte Größe, sondern ein Sinneseindruck, der durch eine Lichtreflexion vom Objekt zum Auge ausgelöst und im Gehirn in einen subjektiven Farbeindruck umgesetzt wird (BÄUERLE und LANGE 1981). Dabei wird ein Teil des Lichtes absorbiert und ein anderer Teil transmittiert. Nur der Anteil des Lichtes welcher reflektiert wird, also weder transmittiert noch absorbiert, kann vom menschlichen Auge als „Farbreiz“ aufgenommen werden. Dabei ändert sich in Abhängigkeit von der Beleuchtungsintensität und der Betrachtungssituation, das vom Zahn reflektierte Licht und der Eindruck der Farbnuancen. Jeder Mensch empfindet individuell, daher ist die Wahrnehmung von Farben bei jedem unterschiedlich. Selbst wenn das von einem Objekt zurückgestrahlte Licht eine definierte Spektralverteilung hat, wird seine Farbe von unterschiedlichen Personen unterschiedlich wahrgenommen (TEN BOSCH und COOPS 1995).

2.8.1 Grundlagen der Farbenlehre

Im Jahr 1915 erarbeitete der amerikanische Maler ALBERT HENRY MUNSELL die erste dreidimensionale Darstellung von Farben in Form eines Farbkörpers. Seine Einordnung des Farbsystems basiert auf den drei Dimensionen Helligkeit (Value), Intensität (Chroma) und Farbton (Hue) (BEST 1984). Munsell unterteilt in seiner Darstellung den Farbton in Grundfarbtöne und Mischfarbtöne. Die Grundfarbtöne werden mit den Buchstaben R (Red), Y (Yellow), G (Green), B (Blue) und P (Purple) beschrieben, wobei sich die Mischöne aus den jeweiligen Kombinationen YR (Yellow-Red), GY (Green-Yellow), BG (Blue-Green), PB (Purple-Blue) und RP (Red-Purple) ergeben. Die Dimension Helligkeit unterscheidet eine helle von einer dunklen Farbe, unabhängig von ihrer Farbintensität. Sie bezieht sich auf den Grauanteil einer Farbe

und erhält einen niedrigen Zahlenwert im Bereich des schwarzen Endes (Schwarz=0) und einen hohen Zahlenwert am weißen Ende (Weiß=10). Reines Schwarz oder Weiß sind nicht herstellbar und dienen nur der Orientierung. Der Wert der Intensität charakterisiert die Menge eines Farbtons in einer Farbe und unterscheidet kräftige von schwachen Farben. Mit diesem System konnte nun erstmalig jede Farbe als eine Koordinate im Farbraum dargestellt werden (MUNSELL 1961).

2.8.2 Einflussfaktoren auf die Bestimmung der Zahnfarbe

Die Farbzurordnung durch den Betrachter wird beeinflusst durch die drei Variablen:

Farbton (Hue), z. B. Rot, Blau, Grün.

Sättigung (Chroma), die Intensität des Farbtons.

Helligkeit (Value), der Anteil an Schwarz- und Weißpigmenten.

Der Farbton wird durch die Wellenlänge des einstrahlenden Lichtes bestimmt und ergibt die Farbsorte, z.B. Rot, Grün, Gelb, Blau, etc. Die Sättigung beschreibt die Intensität eines Farbtönen und die Helligkeit bestimmt den Schwarz- und Weißanteil einer Farbe (MC LEAN 1978). Abgesehen von individuellen Unterschieden des Betrachters, wie beispielsweise persönliche Verfassung und subjektive Farbwahrnehmung des Betrachters, haben auch die Umweltbedingungen großen Einfluss auf den Farbeindruck. Raumbelichtung, Tageslicht, Betrachtungswinkel und Raumausstattung sind von entscheidender Bedeutung für das Farbsehen (TEN BOSCH und COOPS 1995).

2.8.3 Das CIEL_{AB}-System

Dreißig Jahre nach der ersten dreidimensionalen Farbdarstellung von MUNSELL wurden seine Farben nach der internationalen Beleuchtungskommission (*CIE, COMMISSION INTERNATIONALE D'ECLAIRAGE*) gemessen, was 1976 zur Entwicklung des internationalen Standards CIEL_{AB} – System (*DIN 6174*) führte. Dabei handelt es sich um eine dreidimensionale Darstellung eines Farbsystems. Im CIEL_{AB} – System liegen alle Farbtöne gleicher Helligkeit auf einer kreisförmig flachen Ebene, auf der sich die a*- und b*- Achsen befinden. Der L*- Wert gibt die Höhe dieser Ebene und damit den Helligkeitswert einer Farbe an. Die Unterscheidung der Farbtöne erfolgt durch die a*- und b*- Werte. Positive a*- Werte sind rötlich, negative sind grünlich, positive b*- Werte sind gelblich und negative bläulich. Die Sättigung der jeweiligen Farbtöne lässt sich an den entsprechenden Zahlenwerten für a* und b* ablesen. Der Raumvektor E* (Gesamtfarbwert) bestimmt die Lage eines Farbortes im dreidimensionalen Farbraum. Der Farbabstand ΔE* zweier Farborte E* kann aus folgender Formel errechnet werden:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

$$\Delta L = L_{\text{Farbort 1}} - L_{\text{Farbort 2}}$$

$$\Delta a = a_{\text{Farbort 1}} - a_{\text{Farbort 2}}$$

$$\Delta b = b_{\text{Farbort 1}} - b_{\text{Farbort 2}}$$

2.8.4 Instrumentelle Farbbestimmung

Um die Zahnfarbe so genau wie möglich bestimmen zu können und Fehlerquellen zu minimieren, befinden sich zurzeit verschiedene instrumentelle Verfahren zur Farbbestimmung in der Erprobung. Grundsätzlich kann zwischen zwei verschiedenen Farbmessgeräten unterschieden werden: Kolorimeter und Spektrofotometer. Kolorimeter (z.B.: ShadeVision-System[®] von X-Rite[®]; ShadeEye NCC[®] von Shofu[®]) messen Farben direkt und filtern Licht in drei oder vier Bereichen des sichtbaren Spektrums und bestimmen daraus die Farbe eines Körpers. Sie berechnen die drei Dimensionen der Farbe anhand der CIEL_{AB}-Parameter Helligkeit (L), Farbsättigung rot-grün (a*) und Farbsättigung blau-gelb (b*). Spektrofotometer (z.B.: SpectroShade[®] von MHT Optic Research 2001) basieren auf den gleichen Grundlagen wie Kolorimeter, sie messen die Spektralfarben allerdings nicht nur nach drei, sondern nach insgesamt sechzehn Parametern im gesamten Spektrum des sichtbaren Lichts, in 20 nm-Schritten. Sie messen die Menge des sichtbaren Lichtes, die von einem Körper reflektiert oder weitergeleitet werden. Die Ausgabe der Farbe erfolgt dabei als numerischer Wert. Die Vorteile der instrumentellen Farbbestimmung liegen zum einen in dem Ausschluss der Beeinflussung der Farbmessung durch subjektive Eindrücke, aber auch in einer sehr hohen Reproduzierbarkeit von durchschnittlich 80% im Vergleich zur visuellen Farbbestimmung mit durchschnittlich 40% (HORN et al. 1998). Man unterscheidet zwischen Punktmessgeräten (spot measurement, SM) und Flächenmessgeräte (complete-tooth measurement, CTM). Punktmessgeräte vermessen nur eine sehr kleine Fläche auf der Zahnoberfläche, während Flächenmessgeräte die gesamte Zahnoberfläche vermessen. Da die Messfläche der Punktmessgeräte sehr klein ist (ca. 3mm²), kann die Mehrfarbigkeit eines natürlichen Zahnes auch nachteilig für eine exakte Bestimmung der Zahnfarbe sein. Punktmessgeräte eignen sich daher am besten zur Darstellung eines Farbtrends. Der Messbereich der Farbmessgeräte ergibt sich aus der Größe der Auflagefläche der Kontaktspitze, des jeweiligen Gerätes, auf der Zahnoberfläche des Zahnes. Ist der Messbereich, das heißt die Kontaktspitze, sehr klein, entstehen hohe Datenverluste aufgrund nicht ausreichender Helligkeit im Messbereich. Bei einem zu großen Messbereich erhöht sich die Reflektion des Lichtes, was eine exakte Messung unmöglich macht (VAN DER BURGT et al. 1990). Eine Studie von DERDILOPOULOU 2007 stellte einen Vergleich zwischen der

herkömmlichen visuellen Farbbestimmung (Chromascop-Complete) und der instrumentellen Farbanalyse mit Hilfe eines Spektrofotometers dar. Es stellte sich heraus, dass die computergestützte Farbanalyse signifikant mehr reproduzierbare Ergebnisse (89,6%) lieferte als die visuelle Farbbestimmung. Beide Methoden stimmten in 49,7% der Fälle überein, wobei die visuelle Farbbestimmung tendenziell dunklere Ergebnisse ergab (DERDILPOULOU et.al 2007). Auch eine Studie von LI und WANG 2007 konnte beim Vergleich zwischen der visuellen- (Vintage Halo shade guide) und der instrumentellen Farbbestimmung (ShadeEye NCC[®], Shofu[®]) bessere Resultate für die instrumentelle Farbbestimmung ermitteln (LI und WANG 2007). Die Anwendung eines Kolorimeters zur Bestimmung der Zahnfarbe wird in vielen anderen klinischen Studien beschrieben und liefert durch die Angabe der Farbwerte L* a* b* klinisch vergleichbare und statistisch erfassbare Werte (DIETSCHI et al. 2006, LENHARD 1996, GALLAGHER et al. 2002, ZIEBOLZ et al. 2007). Aus einer Untersuchung von LEIBROCK et al. 1995 geht hervor, dass nur extreme Lichtverhältnisse der Umgebung, wie Dunkelheit oder Rotlicht, die Messergebnisse der elektronischen Farbmessung beeinflussen können (LEIBROCK et al.1995).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass elektronische Farbmessgeräte heutzutage eine sehr gute Unterstützung zur visuellen Farbbestimmung darstellen. Ihr Einsatzgebiet findet sich meist dort, wo es auf eine punktgenaue Abstufung von verschiedenen Zahnfarbnuancen ankommt und zwar im Rahmen der prothetischen bzw. konservativen Zahnheilkunde. Zum Vergleich des Bleichergebnisses vor und nach der Behandlung können diese Geräte gerade bei vergleichenden klinischen Untersuchungen unerlässliche reproduzierbare Daten liefern.

2.8.5 Konventionelle Farbbestimmung

Zur visuellen, konventionellen Bestimmung der Zahnfarbe werden überwiegend industriell vorgefertigte Farbmuster zum Farbvergleich verwendet. Die am weitesten verbreiteten Farbsysteme sind dabei der VITA-Classical-Farbring und Vitapan 3D-Master (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) sowie Chromaskop (Ivoclar-Vivadent, Amherst, NY). Der derzeit meist benutzte Classical-Farbring der Firma VITA (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) unterscheidet 16 Farben. Dieses helligkeitsbasierte Farbsystem wurde vor kurzem neu geordnet (B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4).

Vita Classical

Im VITA-Classical-Farbsystem werden die Farbtöne durch Buchstaben codiert:

A = Orange, B = Gelb, C = Gelb/Grau, D = Orange/Grau (Braun)

Chromaskop

Das Chromaskop-System verwendet ein Nummernsystem: 100 = Weiß, 200 = Gelb, 300 = Orange, 400 = Grau und 500 = Braun. Die Sättigung und die Helligkeit werden durch ein weiteres Nummernsystem codiert: 10 = am wenigsten gesättigt, größte Helligkeit, 40 = am stärksten gesättigt mit der geringsten Helligkeit.

Eine Weiterentwicklung in der Zahnfarbbestimmung stellt der Vitapan 3D-Master (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) dar. Bei diesem Farbsystem ist die Farbbestimmung in drei aufeinanderfolgende Schritte gegliedert. Zuerst erfolgt die Helligkeitsbestimmung (von 1 bis 5, wobei 1 am hellsten und 5 am dunkelsten ist) und die Auswahl der zutreffenden mittleren Farbmustergruppe (M). Als zweiter Schritt folgt die Sättigungsbestimmung aus der mittleren Farbmustergruppe (von 1 bis 3, wobei 1 am geringsten und 3 am stärksten gesättigt ist). Der dritte Schritt dieser Farbbestimmung besteht in der Farbtonbestimmung (Unterscheidung zwischen

gelblichen und rötlichen Tönen). Derartige Zahnfarbbringe können nur annäherungsweise exakte Ergebnisse liefern, da den wenigen Musterfarben eines Farbbringes ca. 6000 Farbnuancen eines natürlichen Zahnes gegenüberstehen (CLARK 1933). Die Bestimmung der Zahnfarbe erfolgt dabei durch einen subjektiven Farbvergleich zwischen Farbmuster und natürlichem Zahn.

3 Fragestellung

Aus der Literatur lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Das Bleichen vitaler Zähne kann mit Hilfe vier verschiedener Bleichmethoden erfolgen. Dem chairside-bleaching, at-home-bleaching, in-office-bleaching und mittels freiverkäuflicher Bleichprodukte (over-the-counter Technik). Die Effektivität der verwendeten Bleichprodukte scheint dabei in direktem Zusammenhang mit der Konzentration und der Anwendungsdauer des Bleichmittels zu stehen. Viele Autoren geben an, dass die Zahnaufhellung durch eine Erhöhung der L*-Werte und Abnahme der b*-Werte verursacht wird. Die ermittelten a*-Werte sollen nur geringen bis keinen signifikanten Einfluss haben. Obwohl sich die verschiedenen Bleichmedien nur geringfügig in ihrer Zusammensetzung unterscheiden, führen sie doch zu verschiedenen geringen Nebenwirkungen an den Zähnen und dem umgebenden Weichgewebe. Ein Nachdunkeln der Zahnfarbe nach dem Bleichen konnte in Untersuchungen schon teilweise nach sechs Monaten beobachtet werden. Die ermittelte Zahnfarbe war jedoch noch heller als die Ausgangszahnfarbe.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war der Vergleich von drei verschiedenen Bleichtherapien bezüglich ihrer aufhellenden Wirkung und Akzeptanz durch den Patienten. Gegenübergestellt wurden dabei zwei professionelle Bleichtherapien (at home-bleaching, in-office-bleaching) und ein freiverkäufliches Bleichmittel. Miteinander verglichen wurden folgende Produkte:

- *DENTSPLY Illuminé™ home 10%*
- *DENTSPLY Illuminé™ office*
- *PROCTER & GAMBLE Blend-a-med Whitestrips™*

Während der verschiedenen Kontrolluntersuchungen wurde das Bleichergebnis, wie auch auftretende Nebenwirkungen dokumentiert und analysiert. Zum anderen sollte ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten bzw. dem Ausprägungsgrad von Nebenwirkungen und Faktoren wie Rauchgewohnheiten, Alter des Probanden,

Geschlecht, Konzentration des Bleichmittels und Anwendungsdauer ermittelt werden. Das langfristige Bleichergebnis wurde in einer Recalluntersuchung drei Monate nach Ende der Bleichtherapie überprüft.

Folgende Arbeitshypothesen wurden dazu aufgestellt:

Alle zu untersuchenden Bleichsysteme könnten zu einer messbaren signifikanten Aufhellung der Zahnfarbe führen.

Nach Abschluss der Bleichtherapie ist eine Zunahme der Helligkeit (L^* -Werte) bei den Gruppen In-Office-Bleichen (Illuminé™ office), At-Home Bleichen (Illuminé™ home 10%) und Whitestrips™ zu beobachten.

Zum Ende der Bleichtherapie ist eine Abnahme des Farbwertes b^* bei den Gruppen Illuminé™ home, Illuminé™ office und Blend-a-med Whitestrips™ zu verzeichnen.

Der Farbwert a^* ändert sich während und nach Abschluss der Bleichtherapie nur geringfügig oder nicht signifikant.

Die Bleichwirkung wird abhängig von der Bleichmittelkonzentration, der Applikationsdauer und dem Anwendungszeitraum sein.

Ausgehend von der Konzentration und Applikationsdauer, könnte sich bezüglich der Bleichwirkung folgende Reihenfolge ergeben:

1. Illuminé™ office (15% H_2O_2), Illuminé™ home (10% H_2O_2) nur geringe oder nichtsignifikante Unterschiede
2. Blend-a-med Whitestrips™ (6% H_2O_2) signifikante Unterschiede im Vergleich zu den Produkten Illuminé™ office (15% H_2O_2), Illuminé™ home (10% H_2O_2)

Rezidive sind möglicherweise nach drei Monaten noch nicht zu erwarten.

Die Patientenakzeptanz wird von der Bleichwirkung abhängig sein.

4 Material und Methode

4.1 Exemplarische Vorstellung der verwendeten Produkte

In der vorliegenden klinischen Studie wurden die professionellen Bleichprodukte Illuminé™home 10% und Illuminé™office der Firma Dentsply De Trey GmbH (Konstanz, Deutschland) sowie das freiverkäufliche Bleichprodukt Blend-a-med Whitestrips™ der Firma Procter & Gamble (Schwalbach am Taunus, Deutschland) miteinander verglichen. Nach der Antragstellung und Genehmigung durch die Ethikkommission – Charité Universitätsmedizin Berlin wurden die aufgeführten zugelassenen Bleichprodukte im Rahmen einer In-vivo-Studie mit einer Teilnehmerzahl von insgesamt 75 Probanden einander gegenübergestellt.

4.1.1 Illuminé™ home 10% Dentsply

Das Bleichgel Illuminé™home10% (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland) ist ein professionelles Bleichprodukt für die häusliche Anwendung, welches ausschließlich in der zahnärztlichen Praxis erhältlich ist und unter regelmäßiger zahnärztlicher Kontrolle verwendet werden sollte. Die Einführungsverpackung Illuminé™home 10% ist seit 2001 auf dem europäischen Dentalmarkt erhältlich. Nach Herstellerangaben enthält dieses Bleichgel 10% Carbamidperoxid, welches Wasserstoffperoxid in einer Konzentration von 3,6% freisetzt. Der pH-Wert liegt bei 6,0. Weitere Bestandteile dieses Produktes sind: Glycerin, Carboxypolymethylen, Natriumhydroxid, Wasser und Minzaroma. Das Bleichmittel ist farblos und besitzt eine gelartige Konsistenz. Die Einführungsverpackung Illuminé™home 10% von Dentsply De Trey beinhaltet drei Tuben á 3g Bleichgel. Des Weiteren enthält die

Einführungspackung eine Kosmetiktasche, drei Applikationstips zum präzisen Befüllen der Bleichschienen, eine Aufbewahrungsbox für die Bleichschienen, eine Step-by-Step-Bildanleitung sowie jeweils eine Gebrauchsanleitung für den Zahnarzt und für den Patienten. Der Hersteller empfiehlt eine Anwendung des Produktes unter zahnärztlicher Kontrolle über einen Zeitraum von ein bis zwei Wochen, jeweils ca. vier Stunden täglich oder während der Nacht. Das Produkt wird in Kombination mit individuell im zahntechnischen Labor hergestellten Bleichschienen angewendet. Zur Herstellung dieser Schienen erfolgt vor Therapiebeginn eine Abformung des Ober- und Unterkiefers zur Anfertigung von Gipsmodellen beider Kiefer. Auf diesen Kiefermodellen werden anschließend im zahntechnischen Labor die Bleichschienen hergestellt. Die Trägerschienen sollten so gestaltet sein, dass im Bereich der zu bleichenden Zähne die Schiene Reservoirs von 0,5 - 1 mm Tiefe für die Aufnahme des Bleichmittels aufweist. Der Abstand des Reservoirs zur Gingiva sollte 1mm betragen, damit die Bleichschiene im Abstand von 0,5 mm einen dichten Abschluss zur Zahnoberfläche herstellen kann.

4.1.2 Illuminé™ office Dentsply

Bei dem Produkt Illuminé™office der Firma Dentsply De Trey handelt es sich um ein professionelles Aufhellungssystem, das für die Anwendung in der zahnärztlichen Praxis entwickelt wurde. Illuminé™ office basiert auf einer Bleichmittelkonzentration von 15% Wasserstoffperoxid und benötigt weder die Aktivierung durch Licht oder Wärme, noch die Verwendung von Kofferdam. Dieses Produkt kann nur in Kombination mit einer individuell im zahntechnischen Labor hergestellten Schiene angewendet werden. Die Bleichschienen werden so gestaltet, dass im Bereich der zu behandelnden Zähne, Reservoirs von ca. 5mm Tiefe für die Aufnahme des Bleichgels vorhanden sind. Eine Großpackung mit fünf Einzelpackungen ist seit 2001 auf dem Dentalmarkt käuflich zu erwerben. Jede Einzelpackung enthält zwei Sets Spritzen und zwei Applikationsaufsätze. Jedes Spritzen-Set besteht aus zwei Spritzen. Die erste Spritze beinhaltet eine 30%-ige Wasserstoffperoxid-Lösung (Spritze A). Die zweite, mit

Sperrhahn gefüllte Spritze (Spritze B) enthält ein Pulver aus Poly-(Methyl-Vinyl-Ether/Maleinsäure-Anhydrid) gemischt mit Calcium /Natriumsalzen und Titandioxid. Das vermischte Material enthält 15% Wasserstoffperoxid und verdickt sich in der Bleichschiene zu einer gummiartigen halbfesten Masse. Eine signifikant bemerkbare Aufhellung der Zähne soll nach Herstellerangaben innerhalb von 30 bis 60 Minuten resultieren. Der Hersteller empfiehlt eine mehrmalige Anwendung, bis das gewünschte farbliche Ergebnis erreicht ist.

4.1.3 Blend-a-med Whitestrips™ Procter & Gamble

Blend-a-med Whitestrips™ der Firma Procter&Gamble ist ein freiverkäufliches Bleichprodukt, welches seit 2000 im Handel käuflich zu erwerben ist. Die Applikation des Bleichmittels erfolgt mit Hilfe von Bleichstreifen. Diese industriell vorgefertigten dünnen, flexiblen transparenten Kunststofffolien sind mit einem 6%igen Wasserstoffperoxidgel beschichtet. Weitere Bestandteile des Bleichgels sind Wasser, Glycerin, Saccharin, Carbopol 956, Natriumhydroxid, saures Natriumpyrophosphat und Natriumstannat. Eine Packung enthält 14 Bleichstreifen für den Oberkiefer und 14 Streifen für den Unterkiefer sowie eine Gebrauchsanleitung für den Anwender. Die Bleichstreifen sollen auf die leicht getrockneten Zahnoberflächen der Ober- und Unterkieferfrontzähne appliziert werden. Die Bleichstreifen werden dabei so auf die Zähne aufgebracht, dass die sichtbaren Zahnflächen der Frontzähne, im Ober- wie auch im Unterkiefer, von der jeweiligen Folie abgedeckt und der überschüssige Anteil auf die nach oral gerichteten Zahnflächen umgeschlagen wird. Der Hersteller empfiehlt eine regelmäßige Anwendung über 14 Tage, zweimal täglich für 30 Minuten.

4.2 Probandenauswahl

Alle Patienten wünschten eine Zahnaufhellung aus ästhetischen Gründen. In einer Screeninguntersuchung wurde die Eignung der Patienten nach festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien ermittelt.

Die Probanden sollten zwölf natürliche, möglichst ungefüllte Frontzähne mit einer Zahnfarbe nicht heller als A2 der VITA-Farbskala (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) besitzen. Als Ausschlusskriterien galten schwere Allgemeinerkrankungen, Alkoholismus, starkes Rauchen, bekannte Überempfindlichkeiten gegen in der Studie verwendete Substanzen, Schwangerschaft und Stillzeit, schwerwiegende orale Erkrankungen, wie beispielsweise akute ulzerierende Gingivitis, akute Gingivostomatitis (z.B. bei AIDS), kieferorthopädische Apparaturen, überempfindliche und freiliegende Zahnhälse, Schmelzrisse oder Schmelzsprünge und eine vorab durchgeführte Bleichtherapie. Die orale Gesundheit wurde detailliert in Befundbögen für Zahnstatus, Parodontalstatus sowie Papillen-Blutungs-Index (PBI), Plaqueindex nach SILNESS und LÖE (PI) und Approximal-Plaque-Index (API) dokumentiert. Desweiteren wurden die Ess- und Trinkgewohnheiten sowie die eigene Mundhygiene erfasst.

Neben einem ausführlichen zahnärztlichen Beratungsgespräch bei der Erstuntersuchung und Farbbestimmung, wurde zur Aufklärung des Patienten eine Informationsschrift zusammengestellt die den Ablauf der Studie beschrieb und über mögliche Risiken und Nebenwirkungen aufklärte. Abschließend unterzeichnete der Patient eine Einverständniserklärung mit der er sich zur regelmäßigen Teilnahme an der Studie bereit erklärte, sowie zusicherte, an einer Nachuntersuchung drei Monate nach Ende der Bleichtherapie teilzunehmen. Die gesamte Bleichbehandlung wurde den Probanden kostenfrei angeboten und erfolgte ohne Rechnungslegung. Die Teilnahme an der Studie war für alle Probanden freiwillig und konnte auf eigenen Wunsch zu jeder Zeit abgebrochen werden.

4.3 Studienteilnehmer

Im Rahmen dieser In-vivo-Studie wurden insgesamt 75 allgemeinmedizinisch gesunde Patienten im Alter zwischen 18 und 65 Jahren untersucht. Von diesen 75 Probanden waren 45 Teilnehmer Frauen und 30 Männer, davon 25 Raucher (Tab. 2).

Die drei verschiedenen Gruppen

A: Illuminé™home 10% (Dentsply De Trey)

B: Illuminé™office (Dentsply De Trey)

C: Blend-a-med Whitestrips™ (Procter&Gamble)

setzten sich aus jeweils 25 Studienteilnehmern zusammen. Alle 75 Studienteilnehmer erschienen regelmäßig und termingerecht zu den verschiedenen Untersuchungen. Auch drei Monate nach Abschluss der jeweiligen Bleichtherapie stellten sich 75 Probanden zur Kontrolluntersuchung vor.

	Illuminé™home 10%		Illuminé™office		Blend-a-med White Strips™	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
weiblich	15	60,0%	14	56,0%	16	64,0%
männlich	10	40,0%	11	44,0%	9	36,0%

Tabelle 2: Geschlechterverteilung der Probanden in Abhängigkeit von der geprüften Bleichmethode

4.3.1 Durchschnittsalter

Bezogen auf das Alter lag der Mittelwert der Studienteilnehmer bei Gruppe A (Illuminé™home10%) zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bei 38,7 ($\pm 13,0$) Jahren, bei Gruppe B bei 43,3 ($\pm 17,2$) Jahren und bei Gruppe C (Whitestrips™) bei 40,6 ($\pm 14,4$) Jahren.

Produkt	Maximum	Minimum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Illuminé™home10%	64,2	20,2	38,3	38,7	13,0
Illuminé™office	65,6	18,6	45,9	43,3	17,2
Whitestrips™	67,0	19,2	41,4	40,6	14,4

Tabelle 3: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung

4.3.2 Rauchgewohnheiten

Von den insgesamt 75 Studienteilnehmern waren 25 Patienten Raucher und 50 Patienten Nichtraucher. Aufgeteilt auf die drei verschiedenen Bleichmethoden waren 40% der Gruppe A Raucher und 60% Nichtraucher. Bei der Gruppe B waren 32% Raucher und 68% Nichtraucher und innerhalb der Gruppe C waren 28% der Probanden Raucher und 72% Nichtraucher.

	Illuminé™ home10%		Illuminé™office		Blend-a-med Whitestrips™	
	U0_Rauch		U0_Rauch		U0_Rauch	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Nichtraucher	15	60,0%	17	68,0%	18	72,0%
Raucher	10	40,0%	8	32,0%	7	28,0%

Tabelle 4: Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern

4.4 Vorbereitende Maßnahmen

Nachdem die Probanden die Voraussetzungen zur Teilnahme an dieser Studie erfüllt hatten folgte nach ausführlicher Anamnese, zahnärztlichem Befund und professioneller Zahnreinigung für alle Studienteilnehmer eine Alginatabformung von Ober- und Unterkiefer. Die Kieferabformung diente dabei der Herstellung der späteren individuellen Bleichschienen, aber auch zur Anfertigung individueller Positionierungsschienen zur instrumentellen Farbmessung. Die Anfertigung von individuellen Bleichschienen erfolgte ausschließlich für Probanden der Anwendergruppe der Produkte Illuminé™home 10% (Dentsply De Trey) und Illuminé™office (Dentsply De Trey). Die Positionierungsschienen zur Farbmessung wurden für alle Probanden jeder Gruppe hergestellt. Die Abformung von Ober- und Unterkiefer erfolgte mit Hilfe einer Alginatabformmasse (Blueprint Cremix, Dentsply De Trey) sowie konfektionierten Metall-Abdrucklöffeln nach Ehrlicke der Größe I bis IV (Omnident®), welche zuvor mit einem Alginathaftlack (FIX, Dentsply de Trey) beschichtet wurden. Im zahntechnischen Labor folgte dann die Herstellung der entsprechenden Kiefermodelle aus blauem Hartgips der Klasse 3 (Modellgips synthetisch, Omnident®) sowie die Anfertigung von Bleich-(Sof-Tray® Sheets) und Positionierungsschienen (BIOPLAST®). Eine genaue Abformung aller Zähne, wie auch des Gingivalsaumes, war hierbei für die spätere Passgenauigkeit der Schienen von großer Bedeutung.

4.4.1 Modellherstellung

Zur Herstellung der Kiefermodelle wurden die Alginatabformungen (Blueprint Cremix, Dentsply De Trey) von Ober- und Unterkiefers mit blauem Hartgips (Modellgips synthetisch Härteklasse 3, Omnident®) im zahntechnischen Labor ausgegossen. Nach einer Aushärtungsdauer des Gipses von mindestens 60 Minuten, wurden die Kiefermodelle getrimmt sowie von scharfen Kanten und Gipsblasen befreit. Eine detaillierte Wiedergabe aller Zähne des Ober- und Unterkiefers, sowie der angrenzenden Weichgewebe, war für eine exakte Passgenauigkeit der Bleichschienen von entscheidender Bedeutung.

4.4.2 Herstellung der Positionierungsschienen zur instrumentellen Farbmessung

Um eine möglichst genaue elektronische Farbmessung an stets der gleichen Stelle des einzelnen Zahnes sicher zu stellen, wurden sog. Positionierungsschienen angefertigt. Nach der Modellpflege wurde eine weichelastische Folie aus Polyethylen (BIOPLAST®) der Stärke 2,0 mm auf den Ober- und Unterkiefermodellen mittels Unterdruck tiefgezogen. Zum Erhitzen und Tiefziehen der Folie diente das Gerät ERKOFORM RVE der Firma ERKODENT. Die Polyethylenfolien (BIOPLAST®) wurden, nach Angaben des Herstellers, für 60 Sekunden im Tiefziehgerät erhitzt und unmittelbar danach auf das jeweilige Kiefermodell mit Unterdruck tiefgezogen. Nachdem die Folie auf dem Modell abgekühlt war, konnte die Folie vom Modell entfernt und mit einer Schere so gekürzt werden, dass sie zu ca. 2 mm die Gingiva vestibulär und oral überdeckte. Danach wurden mit einer Stanze Perforationen von 2mm Durchmesser im unteren Drittel der labialen Zahnfläche der zu bleichenden Frontzähne des Ober- und Unterkiefers (Zähne 13, 12, 11, 21, 22, 23, 33, 32, 31, 41, 42, 43) in die Schiene eingebracht. Genau an der Stelle, wo später die Kontaktspitze des Photometriegerätes auf der Zahnoberfläche aufgesetzt werden sollte. Das Stanzenloch entsprach dabei der Größe der Kontaktspitze des Photometriegerätes. Die Farbmessung erfolgte immer an allen sechs

Frontzähnen im Oberkiefer, sowie den sechs Frontzähnen des Unterkiefers. Dem entsprechend wurden die Perforationen nur im Bereich dieser Zähne in die Farbmessrschiene eingebracht.



Abbildung 3: Modell mit Farbmessrschiene

4.4.3 Herstellung der Bleichschienen

Den Angaben des Herstellers entsprechend wurden für die verwendeten professionellen Bleichprodukte IlluminéTMhome und IlluminéTMoffice der Firma Dentsply De Trey die jeweiligen Depotschienen im zahntechnischen Labor angefertigt. Dafür wurden die zuvor wie oben beschrieben hergestellten Hartgipsmodelle des Ober- und Unterkiefers gesäubert, von Gipsblasen und scharfen Kanten befreit und nachfolgend getrimmt. Um eine exakte Passung der späteren Bleichschiene im Mund des Patienten

zu ermöglichen, war es wichtig, dass das Gipsmodell detailgetreu alle Zähne sowie die angrenzenden Weichgewebe des Ober- und Unterkiefers wiedergab. Auf dem Kiefermodell wurden zunächst alle unter sich gehenden Bereiche mit rosa Sommerwachs (Modellierwachs der Firma Omnident[®]) ausgeblockt. Danach erfolgte die Modellation der späteren Bleichmittel-Reservoirs mit Hilfe eines lichthärtenden Acryl-Platzhalters (Ultradent[®] LC Block-Out Resin). Die jeweilige Ausdehnung der Reservoirs richtete sich dabei nach den Herstellerangaben zum jeweiligen Bleichprodukt.

4.4.3.1 Schienenherstellung - Illuminé home 10%

Auf den gesäuberten und getrimmten Gipsmodellen wurde zur Schaffung eines Reservoirs für die Bleichgelschiene ein lichthärtender Acryl-Platzhalter (Ultradent[®] LC Block-Out Resin), in einer Schichtstärke von 0,5-1,0 mm, auf die Labialflächen der Modellzähne aufgetragen. Der Abstand zum Gingivasaum betrug ca. 1mm. Die Platzhalter wurden an allen Zähnen des sichtbaren Bereiches im Ober- und Unterkiefer modelliert. Das beinhaltete die vestibulären Zahnflächen aller natürlichen (nicht überkronten) Zähne 16, 15, 14, 13, 12, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26 im Oberkiefer, sowie die Zahnaußenflächen der Zähne 36, 35, 34, 33, 32, 31, 41, 42, 43, 44, 45, 46 im Unterkiefer. Die Zahnzwischenräume, Okklusalfächen und Inzisalkanten wurden freigelassen. Eine Halogen - Lampe (SmartLite[™] PS, Dentsply De Trey GmbH) diente anschließend der lichtaktivierten Aushärtung des Acryl-Platzhalter. Nach Aushärtung und Kontrolle der Modellation des Platzhalters, folgte die Herstellung der Bleichschiene für das Produkt Illuminé home 10%. Dafür wurde eine 0,9 mm dicke, weichelastische, transparente Tiefziehfolie (Sof-Tray[®] Sheets) verwendet. Im Vakuumtiefziehgerät ERKOFORM RVE der Firma ERKODENT wurde die Folie für 35 Sekunden über der Hitzequelle erwärmt und unmittelbar danach über das vorbereitete Kiefermodell tiefgezogen. Nachdem die Schiene ca. 3 Minuten abkühlen konnte, wurde sie anschließend mit Hilfe einer Schere in Form geschnitten. Die Trägerschiene wurde dann bis 0,25 - 0,5 mm vor den Gingivasaum gekürzt, scharfe Kanten entfernt sowie der genaue Sitz auf dem Modell kontrolliert. Die anschließende Politur der Ränder sollte Verletzungen der Gingiva verhindern.



Abbildung 4: Modell mit Reservoirs und Bleichschiene – Illuminé™home

4.4.3.2 Schienenherstellung - Illuminé™office

Zur Erzeugung der Reservoirs für das Bleichgel Illuminé™office diente ebenfalls ein Acryl-Platzhalter (Ultradent® LC Block-Out Resin). Dieses Produkt wurde in einer Schichtstärke von 3-4 mm auf die Labialflächen der Modellzähne im sichtbaren Bereich, in einem Abstand von ca. 1mm zum Gingivasaum aufgetragen und mittels einer Halogen - Lampe (SmartLite™ PS, Dentsply de Trey GmbH) lichtgehärtet. Nach dem Erhitzen der Folie über einen Zeitraum von 60 Sekunden über der Wärmequelle des Vakuumtiefziehgerätes ERKOFORM RVE der Firma ERKODENT, erfolgte das Tiefziehen der 0,9 mm dicken weichelastischen Folie (Sof-Tray® Sheets) über das entsprechend vorbereitete Modell sowie das Trimmen mittels einer Schere, bis auf 0,25 – 0,5 mm vor den Gingivasaum. Nach dem Trimmen wurde die Schiene auf das Gipsmodell reponiert um die Ausdehnung und Passgenauigkeit beurteilen zu können.

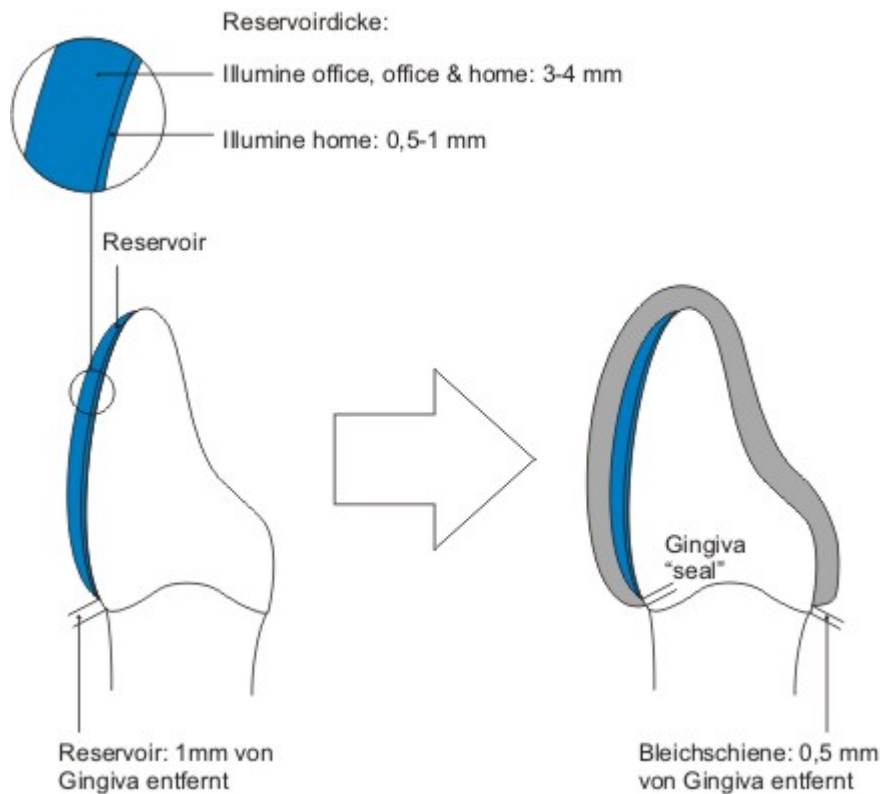


Abbildung 5: Darstellung des Schienenprofils sowie der Reservoirgestaltung für das Produkt Illuminé™home10% und Illuminé™office

Nach Fertigstellung der individuellen Farbmessschienen und Bleichschienen wurde die Passgenauigkeit der Schienen im Mund des Patienten überprüft. Dabei wurde besonderer Wert auf einen dichten zervikalen Abschluss der Bleichschiene an den Zähnen gelegt. Die Bleichschiene sollte 0,25 bis 0,5 mm vor der Gingiva enden und diese nicht überlappen. Eine genaue Passung der Schiene sollte dabei die Dichtfunktion gegenüber der marginalen Gingiva ermöglichen. Ein Materialverlust während des Bleichens sowie übermäßiger Kontakt des Bleichgels mit der angrenzenden Gingiva sollten dadurch vermieden werden (Matis et al. 1999). Zum anderen wurden eventuell auftretende okklusale Frühkontakte entfernt, so dass eine gleichmäßige Okklusion aller Zähne während des Tragens der Bleichschienen gewährleistet war. Die Farbmessschienen sollten den Zähnen genau anliegen und in ihrer Lage stabil sowie exakt reponierbar sein. Besondere Bedeutung hatte dabei die Position der Ausstanzung für die spätere genaue Positionierung der Kontaktspitze des Farbmessgerätes. Die Perforation der Schiene musste exakt in der Mitte im unteren zervikalen Drittel der klinischen Kronen des jeweiligen Zahnes der Ober- und Unterkieferfront liegen.

4.5 Methode

4.5.1 Studienablauf

Nachdem sich der Patient in der Erstuntersuchung (Screeninguntersuchung) bereit erklärt hatte an der Studie teilzunehmen und sein Profil den Anforderungen der Studie entsprach, erfolgte nach eingehender zahnärztlicher Untersuchung aller Zähne sowie der umgebenden Weichgewebe, die Erfassung der Mundhygieneindizes (PBI = Papillenblutungsindex, PI = Plaqueindex nach SILNESS und LÖE, API = Approximal-Plaque-Index), eine professionelle Zahnreinigung unter Verwendung einer abrasiven Reinigungspaste (CleanicDent), eine orientierende Zahnfarbenbestimmung mit Hilfe des VITA-Farbrings (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen Deutschland) und die Alginatabformung von Oberkiefer und Unterkiefer. Unmittelbar im Anschluss an diese erste Screeninguntersuchung wurden die Probanden randomisiert nach einer Stratifizierung nach Alter, Geschlecht und Zahnfarbe, dem Zufallsprinzip nach in drei Gruppen unterteilt. Die Probandenzahl bestand aus jeweils 25 Patienten je Gruppe. Drei Wochen nach der Screeninguntersuchung folgte die erste Behandlungssitzung (Eingangsuntersuchung) mit Erfassung der Mundhygieneindizes (PBI = Papillenblutungsindex, PI = Plaqueindex nach SILNESS und LÖE, API = Approximal-Plaque-Index) sowie genauer Bestimmung der Ausgangszahnfarbe mittels elektronischer Photometrie mit dem Gerät ShadeEyeNCC® (Shofu®, Deutschland, Ratingen) und die konventionelle Farbbestimmung mit Hilfe der VITA-Farbskala (VITA Zahnfabrik, Deutschland, Bad Säckingen). Je nach verwendetem Produkt wurde dem Patienten anschließend entweder das Bleichmittel zur häuslichen Anwendung ausgehändigt oder es folgte die erste „in-office“-Bleichbehandlung (Gruppe B) in der zahnärztlichen Praxis. Bei den Probanden dieser Gruppe erfolgte eine erneute Farbbestimmung unmittelbar nach der „in-office“-Bleichbehandlung. Die Studie gliederte sich für Anwender der beiden Home-Bleaching-Produkte (Gruppen A und C) in eine Zwischenuntersuchung nach sieben Anwendungstagen sowie eine Abschlussuntersuchung direkt nach Ende der Bleichtherapie (nach 14 Anwendungstagen). Für die Probanden der Gruppe B erfolgte die

Zwischenuntersuchung in der zweiten Behandlungssitzung und die Abschlussuntersuchung in der dritten Sitzung. Drei Monate nach Ende der Bleichbehandlung erschienen die Probanden aller drei Gruppen zu einer abschließenden Kontrolluntersuchung (Recalluntersuchung). An den jeweiligen Untersuchungstagen (Eingangs-, Zwischen-, Abschluss- und Recalluntersuchung) wurde die Zahnfarbe aller sechs Frontzähne des Ober- und Unterkiefers (Zähne: 13, 12, 11, 21, 22, 23, 33, 32, 31, 41, 42, 43) mittels Photometrie (ShadeEyeNCC® -Shofu®, Ratingen, Deutschland) und VITA- Farbskala (VITA Zahnfabrik, Deutschland, Bad Säckingen) ermittelt. Bei den Probanden der Anwendergruppe B (in-office-bleaching) erfolgte die Bestimmung der Zahnfarbe jedes Mal unmittelbar nach der Bleichbehandlung. Um die Zahnfarbe nicht zu verfälschen, wurde auf die Verwendung von färbenden Plaquerevelatoren im Rahmen dieser Studie verzichtet. Besonderen Wert wurde auf die Dokumentation von Verletzungen der Gingiva oder auch dem Auftreten von Sensibilitätsstörungen der Zähne gelegt.

4.5.2 Homebleaching (Gruppe A: Illuminé™ home 10%)

Nach dem Überprüfen der Passgenauigkeit der individuell im zahntechnischen Labor angefertigten Bleichschiene im Mund des Patienten, wurde die Anwendung des Produktes Illuminé™home 10% ausführlich erklärt und demonstriert. Danach konnte das Produkt dem Patienten für die eigenständige Anwendung über einen Zeitraum von vierzehn Tagen ausgehändigt werden. Die Anwendung sollte, wie vom Hersteller empfohlen, über Nacht erfolgen. Dabei wurde der Patient instruiert das Bleichgel, entsprechend den Anweisungen der Packungsbeilage, in die jeweiligen Depotbereiche der Trägerschiene zu applizieren. Die mit Bleichgel befüllten Schienen sollten dann auf die gereinigten Zähne im Ober- und Unterkiefer aufgebracht und ggf. austretende Materialüberschüsse von der Gingiva entfernt werden. Nach der nächtlichen Tragezeit von durchschnittlich 7-8 Stunden sollten die Schienen aus dem Mund entfernt und gesäubert werden. Bleichgelrückstände auf der Zahnoberfläche sollten zunächst durch

Ausspülen des Mundes entfernt werden. Erst nach ca. 20 Minuten sollte der Patient wie gewöhnlich die morgendliche Mundhygiene durchführen. Nach einem Zeitraum von sieben Tagen der Anwendung folgte die Zwischenuntersuchung und nach vierzehn Tagen die Abschlussuntersuchung mit jeweiliger Farbbestimmung, Überprüfung der Mundhygiene, Sensibilitätstest, Dokumentation der oralen Gesundheit und Fluoridierung (Fluorid Gel, Dentsply De Trey) aller Zähne.

4.5.3 In-office-bleaching (Gruppe B: Illuminé™office)

Nach Farbbestimmung und Dokumentation der Mundhygieneindices wurden die zu behandelnden Zähne oberflächlich getrocknet, um die Bleichschienen einsetzen zu können. Nach dem Vermischen der im Bleichset enthaltenen Spritzen (Spritze A: Flüssigkeit; Spritze B: Pulver) wurden die Reservoirs der Schienen entsprechend der Gebrauchsanweisung mit dem Bleichgel befüllt und nach dem Erreichen einer gelartigen Konsistenz auf die getrockneten Zahnoberflächen im Mund des Patienten platziert. Der Bleichvorgang dauerte 45 Minuten und wurde vom Patienten in der zahnärztlichen Praxis verbracht. Danach erfolgte nach gründlicher Entfernung des Bleichgels von der Zahnoberfläche eine zweite Farbmessung mittels Photometrie und VITA-Farbring sowie die Fluoridierung aller Zähne (Fluorid Gel, DENTSPLY De Trey). In der zweiten und dritten Bleichsitzung wurden zunächst zu Beginn der Behandlung die Mundhygieneindices erhoben und direkt nach der Bleichbehandlung die Zahnfarbe bestimmt.

4.5.4 OTC-Produkte (Gruppe C: Blend-a-med Whitestrips™)

Den Probanden dieser Gruppe wurde das Produkt Blend-a-med Whitestrips™ der Firma Procter&Gamble zur 14-tägigen häuslichen Anwendung ausgehändigt. Die Bleichstreifen sollten jeden Tag zweimal für einen Zeitraum von 30 Minuten auf die Labialflächen der Frontzähne des Ober- und Unterkiefers aufgebracht werden (Abb. 6). Die Bleichtherapie beider Kiefer erfolgte dabei zeitgleich. Nach der Anwendung sollte der Mund lediglich ausgespült werden. Nach sieben Tagen der regelmäßigen Anwendung fand die erste Zwischenuntersuchung und nach vierzehn Tagen die Abschlussuntersuchung mit Bestimmung der Zahnfarbe (Photometrie und VITA-Farbskala) und Dokumentation der Mundhygiene statt.



Abbildung 6: Whitestrips™ OK und UK im Mund des Patienten

Alle Probanden erhielten am Tag der Abschlussuntersuchung einen Fragebogen zur persönlichen Bewertung der durchgeführten Bleichbehandlung. Drei Monate nach Ende der jeweiligen Bleichtherapie stellten sich die Probanden nochmals zur abschließenden Kontrolluntersuchung vor. Dokumentiert wurden die Mundhygiene, die orale Gesundheit, sowie die Zahnfarbe aller Zähne im Oberkiefer- und Unterkiefer-Frontzahngebiet.

Innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes reinigten die Probanden aller drei Gruppen ihre Zähne mit einer vorgegebenen Zahnpaste (Oral-B ADVANTAGE™) und Handzahnbürste (CROSS ACTION VITALISER 35 SOFT). Zusätzliche Mundhygieneartikel, wie beispielsweise Mundspüllösungen oder elektrische Zahnbürsten sollten während des gesamten Untersuchungszeitraumes nicht verwendet werden. Sie wurden zudem angewiesen während und nach der Bleichtherapie nicht oder wenig zu rauchen. Der Zigarettenkonsum der Raucher lag nach Befragung der Probanden bei maximal 4 Zigaretten pro Tag. Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die Probanden der Gruppen für die häusliche Bleichtherapie angewiesen die Bleichanwendung vierzehn Tage in Folge vorzunehmen.

Zeitliche Gliederung der Studie			
Screening-untersuchung	<ul style="list-style-type: none"> - Anamnese, Befund, Erfassen der Gewohnheiten, PAR-Status - Orientierende Bestimmung der Zahnfarbe, Abformung der Kiefer (Einteilung in drei Gruppen á 25 Probanden)		
Baseline-Untersuchung (U0)	<ul style="list-style-type: none"> - Mundhygienestatus (API, PBI, PI), Vitalitätsprüfung aller Frontzähne - Professionelle Zahnreinigung, Bestimmung der Zahnfarbe aller Frontzähne im OK und UK 		
1.Zwischen-untersuchung (U1)	Illuminé™ home nach 7 Anwendungstagen API, PBI, PI Vitalitätsprüfung Farbmessung Beurteilung der Weichgewebe	Illuminé™ office 1. Bleichsitzung API, PBI, PI, Vitalitätsprüfung Farbmessung Beurteilung der Weichgewebe	Whitestrips™ nach 7 Anwendungstagen API, PBI, PI Vitalitätsprüfung Farbmessung Beurteilung der Weichgewebe
2.Zwischen-untersuchung (U2)	Illuminé™ home -	Illuminé™ office 2. Bleichsitzung API, PBI, PI Vitalitätsprüfung Farbmessung Beurteilung der Weichgewebe	Whitestrips™ -
Abschluss-untersuchung (U3)	Illuminé™ home nach 14 Anwendungstagen	Illuminé™ office 3. Bleichsitzung	Whitestrips™ nach 14 Anwendungstagen
	<ul style="list-style-type: none"> - Mundhygienestatus (API, PBI, PI) - Vitalitätsprüfung - Farbmessung - Beurteilung der Weichgewebe - Beurteilung der Therapie mittels Patientenfragebogen 		
Kontroll-untersuchung nach 3 Monaten (U4)	Illuminé™ home nach 14 Anwendungstagen	Illuminé™ office 3. Bleichsitzung	Whitestrips™ nach 14 Anwendungstagen
	<ul style="list-style-type: none"> - Mundhygienestatus (API, PBI, PI) - Vitalitätsprüfung - Farbmessung - Beurteilung der Weichgewebe 		

Tabelle 5: Zeitliche Gliederung der Studie

4.6 Datenerfassung und Dokumentation

4.6.1 Gesundheitszustand und orale Parameter

Vor der Behandlung wurde von allen Probanden eine sorgfältige Anamnese erhoben, um eventuelle gesundheitliche Risiken durch die Bleichbehandlung auszuschließen. Zudem wurden die täglichen Gewohnheiten, wie die Häufigkeit der täglichen Mundhygiene, die verwendete Zahnbürste, das in Anspruch nehmen einer regelmäßigen professionellen Zahnreinigung, Rauchen und der Genuss färbender Getränke der Probanden dokumentiert. Ein ausführlicher zahnärztlicher Befund berücksichtigte neben dem Erfassen der dentalen auch die parodontale Gesundheit (PSI = Parodontaler Screening Index) sowie die Beurteilung der oralen Gesundheit (Irritationen, Entzündungen der Gingiva). Die Sensibilität der behandelten Zähne wurde vor und nach der Bleichbehandlung dokumentiert um Veränderungen (Hypersensibilitäten) erfassen zu können. Für die weitere Beurteilung der oralen Gesundheit wurde ein Befundbogen für den approximal Plaque-Index (API), Papillen-Blutungs-Index (PBI) und Plaqueindex (PI) nach SILNESS und LÖE erstellt. Die Beurteilung erfolgte ausschließlich mittels stumpfer Parodontalsonde. Bei jeder Untersuchung wurde zudem der Zustand der marginalen Gingiva sowie der umgebenen Weichgewebe überwacht und dokumentiert. Reizungen, Rötungen oder andere Veränderungen der Schleimhaut konnten so genau dokumentiert werden.

4.6.2 Bleichmittel, Anwendung

Um die Akzeptanz der verschiedenen Bleichmethoden qualitativ beurteilen zu können und zwischen den Bleichmedien vergleichen zu können, wurden folgende Parameter erfasst und ausgewertet: allgemeine Zufriedenheit, Bleichergebnis, Geruch, Geschmack und Konsistenz des Bleichmittels, Sensibilitätsstörungen sowie Reizungen der Gingiva.

Zur Beurteilung der häuslichen Anwendung dienten zusätzlich folgende Parameter: Anwendungsfreundlichkeit, Zeitaufwand und Passgenauigkeit der Trägermaterialien (Strips, Schiene).

4.6.3 Farbmessung

Das Gerät ShadeEye NCC[®] (Shofu[®], Deutschland, Ratingen) ist ein Dental Chroma Meter (Kolorimeter), mit dem eine computergesteuerte Farbbestimmung möglich ist. Shade Eye NCC[®] bestimmt die Basisfarbe natürlicher Zähne und metallkeramischer Restaurationen direkt im Mund des Patienten. Es ist ein handliches, kabelloses Messinstrument, welches die Möglichkeit der Farbmessung in verschiedenen Messmodi bietet. Zur Bestimmung der Zahnfarbe natürlicher Zähne kann die Farbmessung im Farbmessmodus „Tooth Mode“ erfolgen. Für Farbmessungen metallkeramischer Restaurationen dient der „Porcelain Mode“ und zur Farbmessung natürlicher Zähne vor und nach dem Bleichen wurde dieser neueren Generation der Dental Chroma Meter von SHOFU der „Whitening Mode“ hinzugefügt. Zusätzlich erfolgt im „Analyze Mode“ die Datenwiedergabe in Form von L* a* b* Daten. Der „Recipe Mode“ dient dem Ausdruck von Mischungsangaben des VINTAGE HALO Porcelain Systems sowie dem Ausdruck von Farbangaben in anderen Standard-Farbsystemen. Folgende Farbsysteme werden angezeigt: NCC[®] Shade Guide (VINTAGE[®] HALO Porcelain), VITA[®] Classical, VITA[®] 3D-Master, Chromascop[®] und Biodent[®].

Im Rahmen dieser Studie wurde die Farbmessung im "Analyze Mode" (Erfassung der L* a* b*-Werte) sowie im "Whitening Mode" durchgeführt. Zur Bestimmung der Zahnfarbe diente das Farbsystem VITA® Classical.

Zusätzlich erfolgte der visuelle Abgleich mit dem VITA®- Farbring nach professioneller Reinigung aller Zähne in folgenden Abständen:

- vor der Bleichbehandlung (*Gruppen A,B,C*)
- nach sieben und vierzehn Tagen (*Gruppe A und C*) bzw. nach jeder Bleichsitzung (*Gruppe C*)
- direkt nach Ende der Bleichtherapie (*Gruppen A;B;C*)
- drei Monate nach Ende der Bleichtherapie (*Gruppen A;B;C*)

Die zuvor im zahntechnischen Labor angefertigten weichelastischen 2 mm dicken Schienen wurden auf die Zahnreihen des Patienten im Ober- und Unterkiefer aufgebracht. Die Größe der Perforationen in den Schienen entsprach dabei dem Ausmaß der Kontaktspitze des elektronischen Messgerätes ShadeEye NCC® (Shofu®, Ratingen, Deutschland). Die Position wurde so gewählt, dass der Abstand der Kontaktspitze von der marginalen Gingiva ca. 2 bis 4 mm betrug und der Messbereich im Zentrum des zervikalen Drittels des farblich zu bestimmenden Zahnes lag. Der Sensorkopf wurde dabei im rechten Winkel zur Zahnoberfläche ausgerichtet. Die Zahnfarbe wurde in jeder Untersuchungssitzung jeweils an den sechs Frontzähnen im Ober- wie auch im Unterkiefer bestimmt (Zähne: 13, 12, 11, 21, 22, 23, 33, 32, 31, 41, 42, 43).

Es wurden folgende Parameter gemessen:

Guide No. = VITA-Zahnfarbe, **L*** = Helligkeit, **a*** = Rot-/ Grünwerte, **b*** = Gelb-/ Blauwerte.

Die Guide- Werte entsprechen den VITA - Farben und stellen die Grundlage für die Bewertung der Bleicheffektivität der verschiedenen Produkte dar. Die Ergebnisse des

elektronisch ermittelten Wertes wurden anschließend visuell mit Hilfe des VITA - Farbringes überprüft. Für die Quantifizierung der Bleichwirkung wurde die 16-teilige VITA -Farbskala nach den Helligkeitswerten sortiert (AUSCHILL et al. 2007/2005, BIZHANG et al. 2003) (Tab.6).

B1	A1	B2	D2	A2	C1	C2	D4	A3	D3	B3	A3,5	B4	C3	A4	C4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tabelle 6: Sortierung der 16 VITA - Farben nach Helligkeitsstufen

4.6.4 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten während, direkt nach sowie drei Monate nach Ende der Bleichtherapie wurden miteinander verglichen und statistisch ausgewertet. Berücksichtigung fanden dabei die klinischen Parameter: Farbänderung (Gesamtfarbwertänderung ΔE , Änderung der Farbhelligkeit: L*- Wert; Änderungen des Farbtones: a* und b*-Werte), Farbstabilität und Patientenakzeptanz.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms SPSS 12,0 für Windows[®] XP. Die Auswertung der sekundären Zielgrößen erfolgte ausschließlich deskriptiv. Bestimmt wurden Quartile, Minimum, Maximum, Medianwert, Mittelwert und Standardabweichung. Die ermittelten Daten wurden mit nichtparametrischen Tests analysiert: Kruskal Wallis-Test und MANN-WHITNEY-U-Test. Das Signifikanz-Niveau dieser Messreihen wurde auf $p < 0,01$ festgelegt. Um die gesamte Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% aufrecht zu halten, wurden die p-Werte für einzelne Tests entsprechend adjustiert. Das Ergebnis eines jeden statistischen Tests ist ein p-Wert, das heißt die Irrtumswahrscheinlichkeit, mit der die Nullhypothese (eine Hypothese des Nichtvorhandenseins eines Unterschieds zwischen zwei Stichproben) zurückgewiesen werden kann. Liegt dieser statistisch ermittelte Wert (p-Wert) unter dem vorgegebenen Signifikanz-Niveau so besteht ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Messreihen.

5 Ergebnisse

5.1 Deskriptive Statistik

Diese Studie erfasst als zentrales Thema die Änderung der Zahnfarbe (L^* -, a^* -, b^* -Werte) wie auch die Stabilität des Bleichergebnisses, nach der Bleichtherapie mit zwei professionellen Bleichprodukten (Illuminé™home 10%, Illuminé™office; Dentsply De Trey) und einem freiverkäuflichen Bleichprodukt (Blend-a-med Whitestrips™; Procter & Gamble). Beurteilt werden neben Unterschieden zwischen den verwendeten Materialien auch die Abhängigkeiten des Bleichergebnisses von Rauchgewohnheiten. Erfasst werden weiterhin das Auftreten von Nebenwirkungen, die Patientenakzeptanz sowie die jeweilige subjektive Farbwahrnehmung und Zufriedenheit des Patienten nach dem Bleichen.

5.2 Änderungen der Zahnfarbe

Die im Weiteren aufgeführten Ergebnisse werden als Mittelwerte mit Standardabweichung angegeben. Die statistische Signifikanz wird unterteilt in:

- **n.s.** = kein signifikanter Unterschied
- * = signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$)
- ** = hochsignifikant ($p < 0,01$)
- *** = höchstsignifikant ($p < 0,001$).

5.2.1 Änderung des Helligkeitswertes L* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

In dem nachfolgenden Diagramm (Abb. 7) ist die Änderung des Farbwertes L* bezogen auf die drei verschiedenen Bleichmethoden zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten dargestellt. Zu finden sind die Veränderungen von L* zwischen: Eingangsuntersuchung (U0) und Zwischenuntersuchung (U1); Eingangsuntersuchung (U0) und Abschlussuntersuchung (U3); Eingangsuntersuchung (U0) und Recalluntersuchung (U4) sowie Abschlussuntersuchung (U3) und Recalluntersuchung (U4).

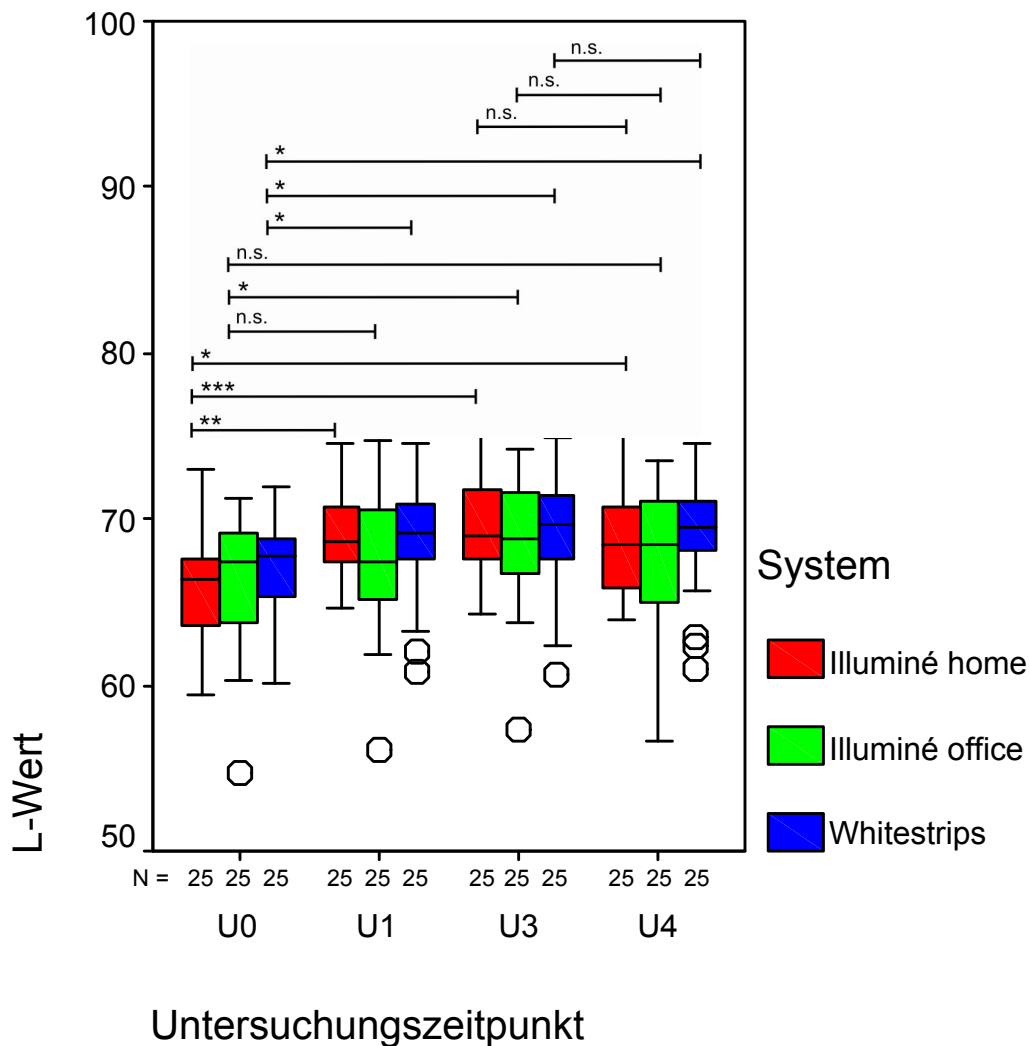


Abbildung 7: Veränderung des Helligkeitswertes L* zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten: U0 – U1= Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung; U0 – U3 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U0 – U4 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U3 – U4 = Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Der Mittelwert (\pm Standardabweichung) für den Farbwert L^* zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung lag für Gruppe A bei 65,92 ($\pm 3,12$), für Gruppe B bei 66,30 ($\pm 4,15$) und für Gruppe C bei 67,14 ($\pm 2,96$). Zur Zwischenuntersuchung zeigten sich folgende Werte: Gruppe A 68,60 ($\pm 2,94$), Gruppe B 67,47 ($\pm 4,19$) und Gruppe C 69,18 ($\pm 3,31$). Direkt nach Ende der Bleichtherapie lag der Mittelwert des Farbwertes L^* für die Gruppe A bei 69,88 ($\pm 3,18$), für Gruppe B bei 68,71 ($\pm 3,74$) und für Gruppe C bei 69,13 ($\pm 3,48$). Zwischen Eingangs- und Zwischenuntersuchung zeigte sich für das System Illuminé™home (Gruppe A) ein hochsignifikanter Unterschied. Für das System Whitestrips™ (Gruppe C) ergab sich ein signifikanter Unterschied und für Illuminé™office (Gruppe B) kein signifikanter Unterschied. Die Veränderung des Helligkeitswertes L^* zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung war bei allen drei Bleichmethoden signifikant unterschiedlich. Zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung zeigten sich folgende Werte: Gruppe A 68,37 ($\pm 2,94$), Gruppe B 67,87 ($\pm 3,96$) und Gruppe C 68,79 ($\pm 3,30$). Beim langfristigen Bleichergebnis (Eingangsuntersuchung U0 bis Recalluntersuchung U4) ergab sich bezogen auf die ermittelten L^* - Werte eine statistisch signifikante Veränderung bei den Gruppen A und C. Die Veränderung des Wertes L^* beim Produkt Illuminé™office (Gruppe B) zwischen dem Zeitpunkt der Eingangs- und Recalluntersuchung zeigt keinen signifikanten Unterschied. Beim Vergleich der Untersuchungszeitpunkte U3 (Abschlussuntersuchung) und U4 (Recalluntersuchung) ergab sich für alle drei Gruppen kein signifikanter Unterschied.

5.2.2 Änderung des Helligkeitswertes ΔL^* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

Im nachfolgenden Diagramm (Abb. 8) wird die Änderung des Farbwertes ΔL^* bezogen auf die drei verschiedenen Bleichmethoden zu unterschiedlichen Untersuchungsintervallen dargestellt. Zu finden sind Veränderungen von ΔL^* zwischen: Eingangsuntersuchung (U0) und Zwischenuntersuchung (U1), Eingangsuntersuchung (U0) und Abschlussuntersuchung (U3), Eingangsuntersuchung (U0) und Recalluntersuchung (U4) sowie Abschlussuntersuchung (U3) und Recalluntersuchung (U4).

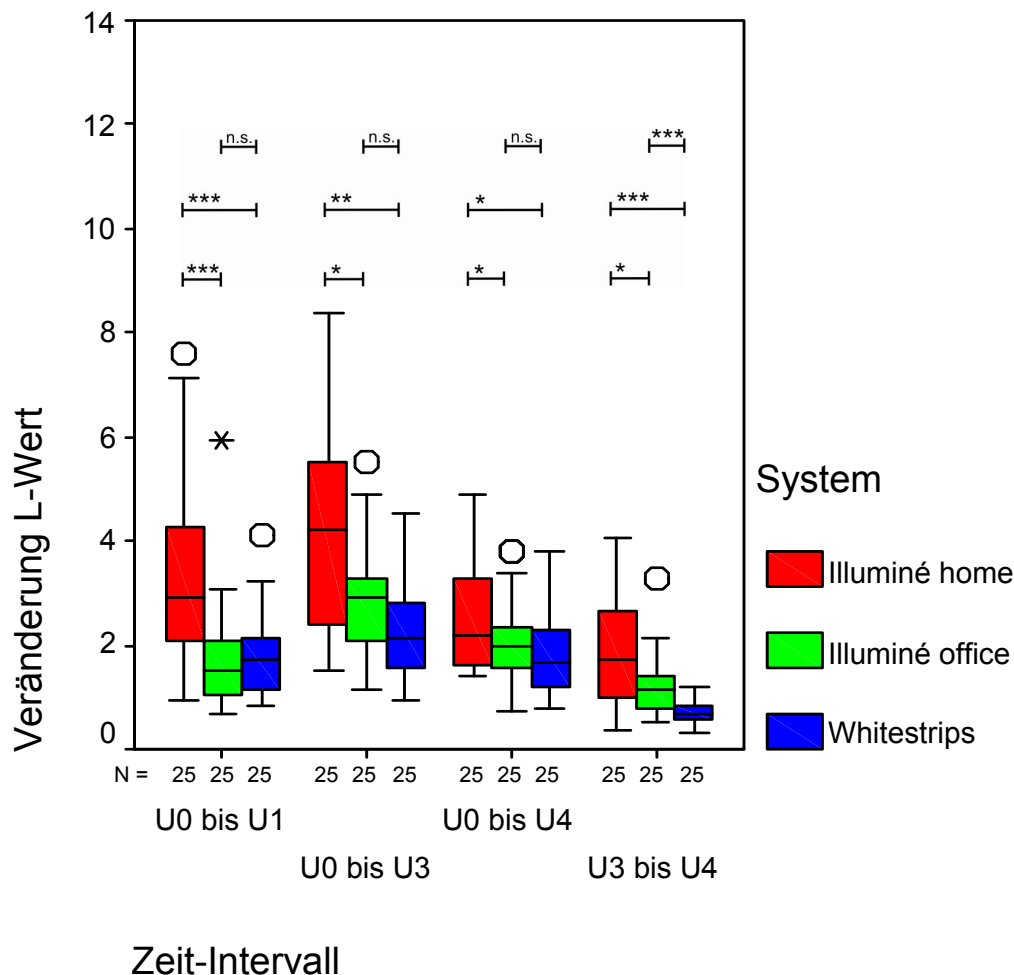


Abbildung 8: Veränderung des Helligkeitswertes ΔL^* zwischen unterschiedlichen Untersuchungsintervallen:

- U0 – U1: Eingangsuntersuchung - Zwischenuntersuchung
- U0 – U3: Eingangsuntersuchung - Abschlussuntersuchung
- U0 – U4: Eingangsuntersuchung - Abschlussuntersuchung
- U3 – U4: Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Deutlich zu erkennen war die signifikante Veränderung des Wertes ΔL^* der Gruppe A gegenüber der Helligkeitsveränderung ΔL^* der beiden anderen Gruppen B und C während der Bleichtherapie. Vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bis zur Zwischenuntersuchung ergab sich in Gruppe A eine Veränderung von ΔL^* 2,93 ($\pm 1,80$) Einheiten. Zum Ende der Bleichtherapie zeigte sich eine Veränderung ΔL^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von 3,97 ($\pm 2,14$) Einheiten. Dabei lag das Minimum bei ΔL^* 0,46 und das Maximum bei ΔL^* 8,36 Einheiten. Bei der Gruppe B wurde zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung eine Veränderung ΔL^* von 1,52 ($\pm 1,06$) Einheiten erzielt. Zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung ergab sich eine Wertänderung ΔL^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von 2,41 ($\pm 1,58$) Einheiten. Das Minimum lag bei dieser Gruppe bei ΔL^* 1,96 und das Maximum bei ΔL^* 5,52. In der Gruppe C zeigte sich zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung ein Farbwert ΔL^* von 1,74 ($\pm 0,80$). Nach Ende der Bleichtherapie lag der Wert ΔL^* bei 1,99 ($\pm 1,24$) Einheiten.

Beim Vergleich der Helligkeitsänderung ΔL^* vor dem Bleichen und zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung ergab sich ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Systemen Illuminé™home (A) und Illuminé™office (B) sowie den Systemen Illuminé™home und Whitestrips™ (C). Bei der Gegenüberstellung der Gruppen C und B ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Beim Vergleich der Farbwertänderung ΔL^* zwischen Eingangsuntersuchung und dem Zeitpunkt nach Ende der Bleichtherapie bestand ein signifikanter Unterschied des Wertes ΔL^* der Gruppe A ($\Delta L^* = 3,97 (\pm 2,14)$) zu den Gruppen B und C. Kein signifikanter Unterschied zeigte sich hingegen zwischen den Gruppen B: $\Delta L^* = 2,41 (\pm 1,58)$ und C: $\Delta L^* = 1,99 (\pm 1,24)$. Bei Betrachtung der Änderung des Wertes ΔL^* zwischen dem Zeitpunkt Eingangsuntersuchung und Recalluntersuchung zeigte sich zwischen den Gruppen A und C sowie zwischen den Gruppen A und B ein signifikanter Unterschied von ΔL^* (Gruppe B: von $\Delta L^*_{U0-U3} = 2,63 (\pm 1,58)$ zu $\Delta L^*_{U0-U4} = 1,61 (\pm 1,26)$; Gruppe C: von $\Delta L^*_{U0-U3} = 1,97 (\pm 1,24)$ zu $\Delta L^*_{U0-U4} = 1,64 (\pm 1,02)$ Einheiten). Für die Gruppe A veränderte sich ΔL^* von $\Delta L^*_{U0-U3} = 4,19 (\pm 2,14)$ zu $\Delta L^*_{U0-U4} = 2,16 (\pm 1,11)$ Einheiten. Die Farbwertänderung ΔL^* zwischen Abschluss- und Recalluntersuchung lag für A bei $\Delta L^*_{U3-U4} = 1,73 (\pm 1,04)$, für B bei $\Delta L^*_{U3-U4} = 1,16 (\pm 0,61)$ und für C bei $\Delta L^*_{U3-U4} = 0,67 (\pm 0,22)$. Die Gruppen A und B verhielten sich zwischen Abschluss- und Recalluntersuchung signifikant unterschiedlich. Bei der Gegenüberstellung der Gruppen A und C wie auch B und C, zeigte sich jeweils ein statistisch höchstsignifikanter Unterschied.

5.2.3 Änderung der Farbwerte a^* und b^* , sowie Δa^* und Δb^*

Die im Folgenden dargestellten Diagramme zeigen die Veränderung der Farbwerte a^* (Abb. 9) und b^* (Abb. 11), sowie Δa^* (Abb. 10) und Δb^* (Abb. 12) zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten. Zu finden sind Veränderungen zwischen Eingangsuntersuchung (U0) und Zwischenuntersuchung (U1), Eingangsuntersuchung (U0) und Abschlussuntersuchung (U3), Eingangsuntersuchung (U0) und Recalluntersuchung (U4) sowie Abschlussuntersuchung (U3) und Recalluntersuchung (U4).

Veränderung des Farbwertes a^*

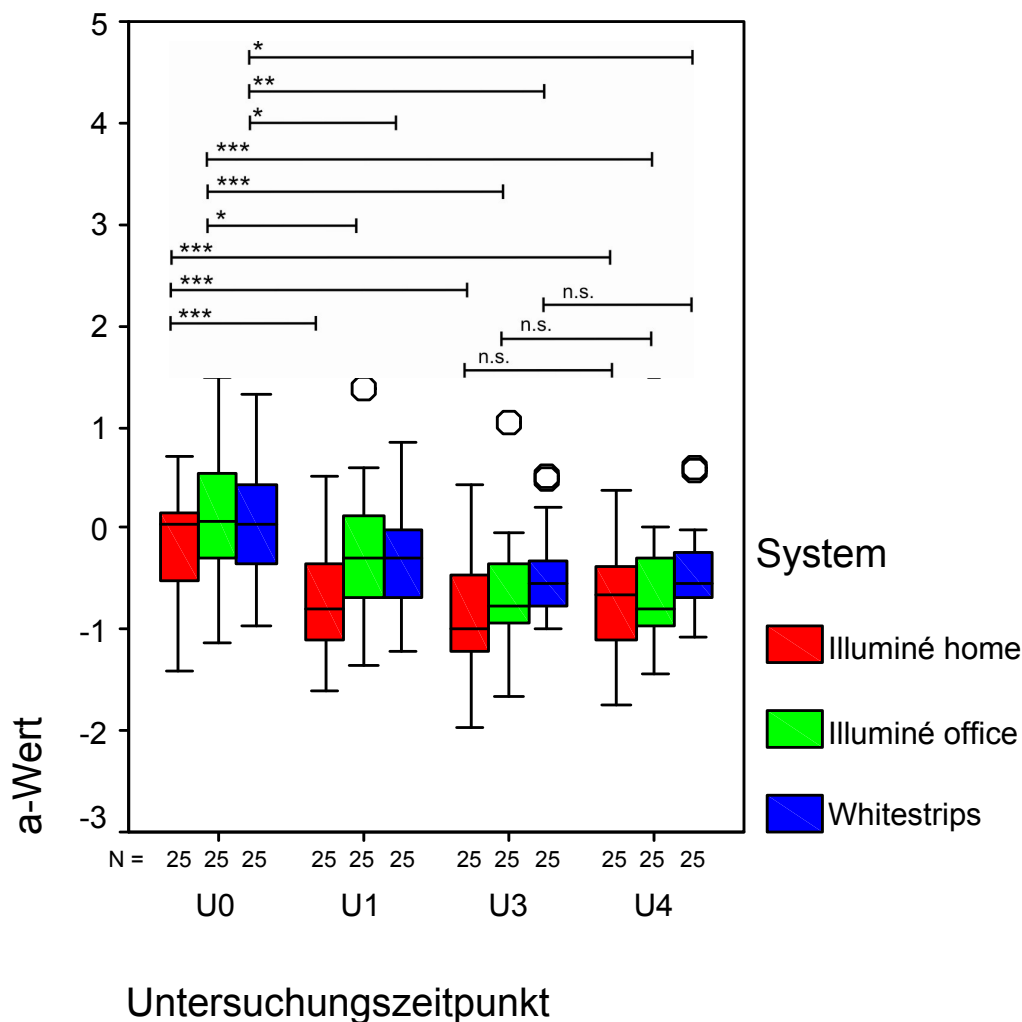


Abbildung 9: Veränderung des Farbwertes a^* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten: U0 – U1= Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung; U0 – U3 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U0 – U4 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U3 – U4 = Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Der Mittelwert (\pm Standardabweichung) für den Farbwert a^* zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung lag für Gruppe A bei $0,14 \pm 0,53$, für Gruppe B bei $0,16 (\pm 0,70)$ und für Gruppe C bei $0,06 (\pm 0,61)$. Zur Zwischenuntersuchung zeigten sich folgende Werte: Gruppe A $-0,81 (\pm 0,53)$, Gruppe B $-0,31 (\pm 0,60)$ und Gruppe C $-0,29 (\pm 0,50)$. Für die Untersuchungszeitpunkte U0 (Eingangsuntersuchung) bis U1 (Zwischenuntersuchung) zeigte sich ein höchstsignifikanter Unterschied in der Gruppe A und ein signifikanter Unterschied für die Gruppen B und C. Direkt nach Ende der Bleichtherapie lag der Mittelwert des Farbwertes a^* für die Gruppe A bei $-0,87 (\pm 0,57)$, für B bei $-0,69 (\pm 0,53)$ und für C bei $-0,45 (\pm 0,43)$. Es zeigte sich ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung bei den Gruppen A und B. Der Wert a^* der Gruppe C zeigte eine signifikante Veränderung. Zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung wurden folgende Werte ermittelt: Gruppe A $-0,71 (\pm 0,52)$, Gruppe B $-0,62 (\pm 0,60)$ und Gruppe C $-0,44 (\pm 0,42)$. Eine signifikante Veränderung des Wertes a^* zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung wurde bei allen drei Gruppen A, B und C ermittelt. Zwischen Abschluss- und Recalluntersuchung ergab sich für alle drei Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied.

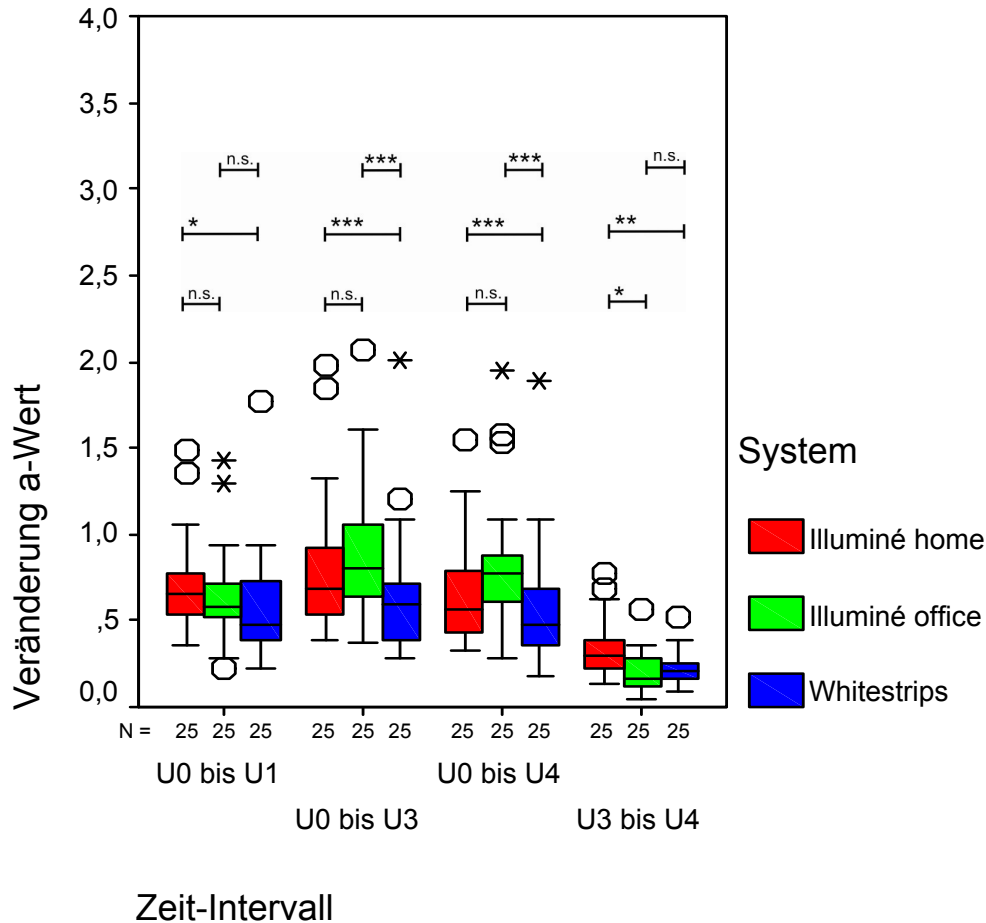
Veränderung Δa^* 

Abbildung 10: Veränderung des Farbwertes Δa^* zwischen unterschiedlichen Untersuchungsintervallen: U0 – U1 = Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung; U0 – U3 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U0 – U4 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U3 – U4 = Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bis zur Zwischenuntersuchung ergab sich bei der Gruppe A eine Veränderung von Δa^* 0,66 ($\pm 0,29$) Einheiten. Zum Ende der Bleichtherapie zeigt sich eine Veränderung Δa^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von 0,73 ($\pm 0,47$) Einheiten. In Gruppe B konnte zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung eine Veränderung Δa^* von 0,58 ($\pm 0,28$) Einheiten erzielt werden. Zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung wurde ein Wert Δa^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von 0,85 ($\pm 0,41$) Einheiten erreicht. In der Gruppe C wurde zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung einen Farbwert Δa^* von 0,47 ($\pm 0,31$) ermittelt. Nach Ende der Bleichtherapie lag der Wert Δa^* bei 0,50 ($\pm 0,43$) Einheiten. Bei

der Gegenüberstellung (Untersuchungsintervall: U0=Eingangsuntersuchung bis U1=Zwischenuntersuchung) des Farbwertes Δa zeigte sich bis zur Zwischenuntersuchung zwischen Gruppen B und C sowie B und A kein statistisch signifikanter Unterschied. Die Gruppen A und C verhielten sich zwischen Eingangs- und Zwischenuntersuchung signifikant unterschiedlich. Zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung zeigte sich zwischen den Gruppen A und C sowie B und C ein höchstsignifikanter Unterschied. Für die Gruppen A und B konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung änderte sich an dieser Reihenfolge nichts. Bei der Betrachtung der Änderung des Wertes Δa^* zwischen dem Zeitpunkt der Abschluss- und der Recalluntersuchung zeigte sich im Vergleich zwischen den Gruppen A und B ein hochsignifikanter Unterschied von Δa^* . Die Gruppen A und C verhielten sich signifikant unterschiedlich. Zwischen den Gruppen B und C konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Die errechneten Werte änderten sich in folgender Weise: Gruppe B: von $\Delta a^*_{U0-U3} = 0,85 (\pm 0,41)$ zu $\Delta a^*_{U0-U4} = 0,77 (\pm 0,40)$; Gruppe A: von $\Delta a^*_{U0-U3} = 0,73 (\pm 0,47)$ zu $\Delta a^*_{U0-U4} = 0,57 (\pm 0,37)$ Einheiten). Der Wert Δa^* für die Gruppe C veränderte sich in folgender Weise: $\Delta a^*_{U0-U3} = 0,50 (\pm 0,43)$ und $\Delta a^*_{U0-U4} = 0,50 (\pm 0,40)$.

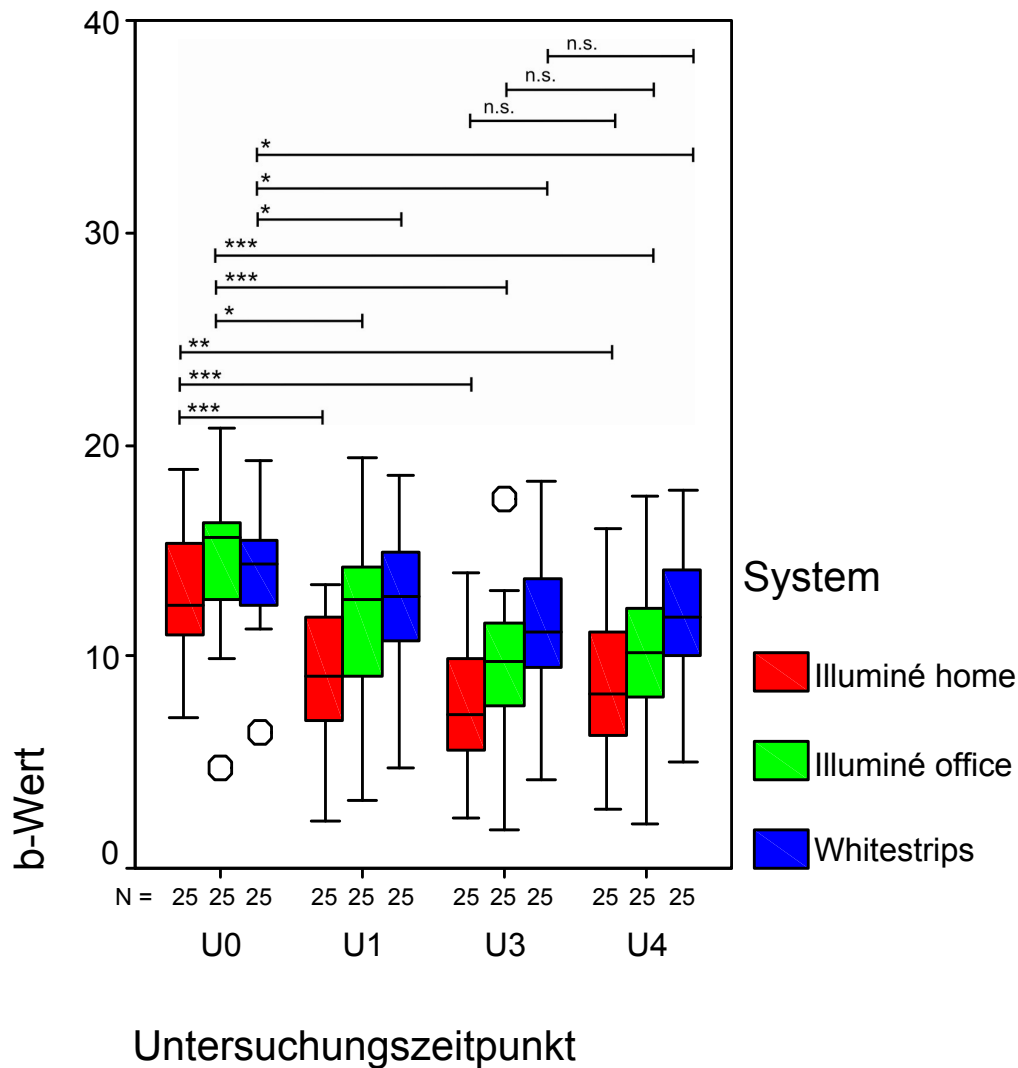
Veränderung des Farbwertes b^* 

Abbildung 11: Veränderung des Farbwertes b^* zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten: U0 – U1 = Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung; U0 – U3 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U0 – U4 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U3 – U4 = Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Der Mittelwert für den Farbwert b^* zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung lag für die Gruppe A bei 12,82 ($\pm 3,01$), für B bei 14,40 ($\pm 3,28$) und für C bei 14,10 ($\pm 2,62$). Zur Zwischenuntersuchung zeigten sich folgende Werte: Gruppe A 8,99 ($\pm 3,16$), Gruppe B 12,62 ($\pm 3,27$) und Gruppe C 12,82 ($\pm 2,85$). Direkt nach Ende der Bleichtherapie lag der Mittelwert des Farbwertes b^* für A bei 7,81 ($\pm 3,10$), für B bei 9,49 ($\pm 3,29$) und für C bei 11,33 ($\pm 3,00$). Es zeigte sich ein genereller Rückgang des Farbwertes b^* . Zwischen Eingangs- und Zwischenuntersuchung konnte für die Gruppe A ein höchstsignifikanter Unterschied ermittelt werden. Für die Gruppen B und C ergab sich ein signifikanter

Unterschied. Vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bis zur Abschlussuntersuchung zeigte sich eine höchstsignifikante Veränderung für die Gruppen A und B sowie eine hochsignifikante Veränderung für die Gruppe C. Zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung zeigten sich folgende Werte: Gruppe A 8,64 ($\pm 3,25$), Gruppe B 10,36 ($\pm 3,06$) und Gruppe C 11,76 ($\pm 2,85$). Für die Gruppen A und B zeigte sich zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung eine höchstsignifikante Veränderung und für Gruppe C eine signifikante Veränderung. Der Unterschied zwischen Abschluss- und Recalluntersuchung war dagegen für alle drei Gruppen statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Veränderung Δb^*

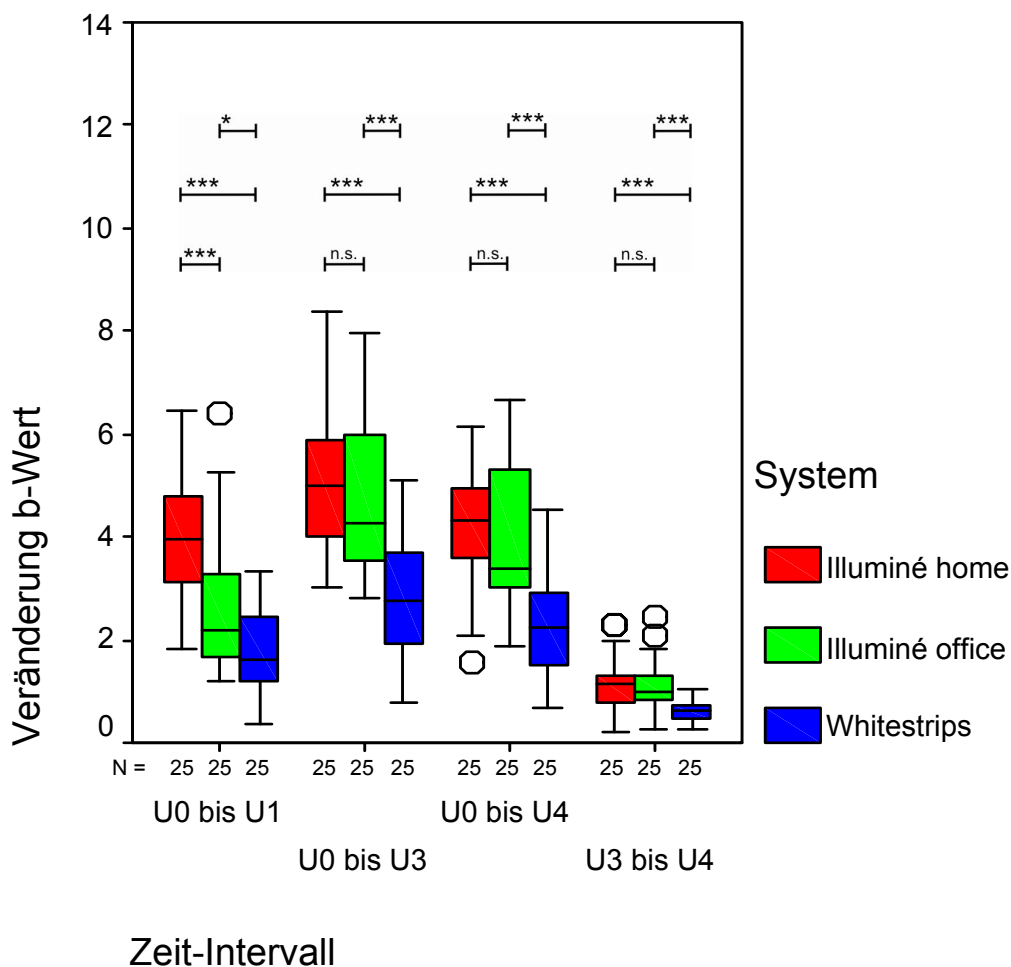


Abbildung 12: Veränderung des Farbwertes Δb^* zu unterschiedlichen Untersuchungsintervallen: U0 – U1 = Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung; U0 – U3 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U0 – U4 = Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung; U3 – U4 = Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung

Vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bis zur Zwischenuntersuchung konnte für die Gruppe A eine Veränderung von $\Delta b^* = 3,94 (\pm 1,14)$ Einheiten erreicht werden. Zum Ende der Bleichtherapie wurde eine Veränderung Δb^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von $5,01 (\pm 1,28)$ Einheiten festgestellt. Bei Gruppe B konnte zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung eine Veränderung Δb^* von $2,17 (\pm 1,27)$ Einheiten im Vergleich zur Eingangsuntersuchung ermittelt werden. Zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung wurde ein Wert Δb^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von $4,91 (\pm 1,76)$ Einheiten erreicht. Die Gruppe C erreichte zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung einen Farbwert $\Delta b^* = 1,61 (\pm 0,80)$. Nach Ende der Bleichtherapie lag der Wert Δb^* bei $2,77 (\pm 1,30)$ Einheiten. Für die Untersuchungszeiträume U0 bis U3, sowie U0 bis U4 wurden folgende Wertänderungen ermittelt: (A: von $\Delta b^*_{U0-U3} = 5,01 (\pm 1,28)$ zu $\Delta b^*_{U0-U4} = 4,18 (\pm 1,21)$; B: von $\Delta b^*_{U0-U3} = 4,91 (\pm 1,76)$ zu $\Delta b^*_{U0-U4} = 4,04 (\pm 1,44)$ Einheiten; C: $\Delta b^*_{U0-U3} = 2,77 (\pm 1,30)$ zu $\Delta b^*_{U0-U4} = 2,33 (\pm 1,12)$).

Beim Vergleich der Farbwerte Δb von U0 bis U1 ergibt sich bei der Gegenüberstellung der Gruppen A und B sowie der Gruppen A und C ein höchstsignifikanter Unterschied. Bei den Gruppen C und B wurde zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung ein signifikanter Unterschied ermittelt. Zwischen der Eingangsuntersuchung und der Abschlussuntersuchung zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und B. Ein höchstsignifikanter Unterschied lag hingegen bei der Gegenüberstellung der Gruppen A und C sowie der Gruppen B und C vor. Beim Vergleich der ermittelten Δb - Werte im Langzeitergebnis (U0 bis U4) zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und B. Ein höchstsignifikanter Unterschied zeigte sich hingegen bei den Gruppen A und C sowie bei den Gruppen B und C. Zwischen Abschluss- und Recalluntersuchung ergab sich ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen A und C sowie B und C. Kein signifikanter Unterschied ließ sich zwischen A und B ermitteln.

		Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	SD
10% Home	U0_L	59,43	72,99	66,33	65,92	3,12
	U3_L	64,29	75,86	69,04	69,88	3,18
	U4_L	63,88	75,10	68,52	68,37	2,94
	U0_a	-1,43	0,72	0,03	-0,14	0,53
	U3_a	-1,97	0,44	-0,98	-0,87	0,57
	U4_a	-1,74	0,37	-0,66	-0,71	0,52
	U0_b	7,15	18,83	12,44	12,82	3,01
	U3_b	2,42	13,88	7,22	7,81	3,10
	U4_b	2,73	16,03	8,26	8,64	3,25
Office	U0_L	54,73	71,33	67,48	66,30	4,15
	U3_L	57,37	74,18	68,84	68,71	3,74
	U4_L	56,66	73,60	68,46	67,87	3,96
	U0_a	-1,13	2,10	0,07	0,16	0,70
	U3_a	-1,65	1,04	-0,78	-0,69	0,53
	U4_a	-1,43	1,60	-0,79	-0,62	0,60
	U0_b	4,68	20,71	15,61	14,40	3,28
	U3_b	1,87	17,48	9,79	9,49	3,29
	U4_b	2,08	17,55	10,13	10,36	3,06
WS	U0_L	60,10	72,00	67,75	67,14	2,96
	U3_L	60,68	74,90	69,77	69,13	3,48
	U4_L	61,04	74,48	69,43	68,79	3,30
	U0_a	-0,98	1,33	0,05	0,06	0,61
	U3_a	-0,99	0,52	-0,54	-0,45	0,43
	U4_a	-1,08	0,61	-0,55	-0,44	0,42
	U0_b	6,40	19,23	14,39	14,10	2,62
	U3_b	4,24	18,29	11,18	11,33	3,00
	U4_b	4,95	17,80	11,83	11,76	2,85

Tabelle 7: Zusammenfassung der ermittelten Werte (Minimum, Maximum, Medianwert, Mittelwert, SD - Standardabweichung) von a, b und L zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten:

U0 = direkt vor Beginn der Bleichtherapie

U3 = direkt nach Ende der Bleichtherapie

U4 = drei Monate nach Abschluss der Bleichtherapie

5.2.4 Änderung des Gesamtfarbwertes ΔE^*

Die Anwendung aller drei Bleichmethoden führte zu Veränderungen der Zahnfarbe direkt nach dem Bleichen. Die folgende Abbildung (Abb.13) zeigt die Gesamtfarbwertänderung ΔE^* zu unterschiedlichen Untersuchungsintervallen. Dargestellt ist die Gesamtfarbwertänderung ΔE^* zwischen der Eingangsuntersuchung (U0 = vor Beginn der Bleichtherapie) und der Zwischenuntersuchung (U1), der Eingangsuntersuchung (U0) und der Abschlussuntersuchung (U3), der Eingangsuntersuchung und der Recalluntersuchung (U4 = drei Monate nach Ende der Bleichtherapie) sowie zwischen der Abschlussuntersuchung (U3) und der Recalluntersuchung (U4).

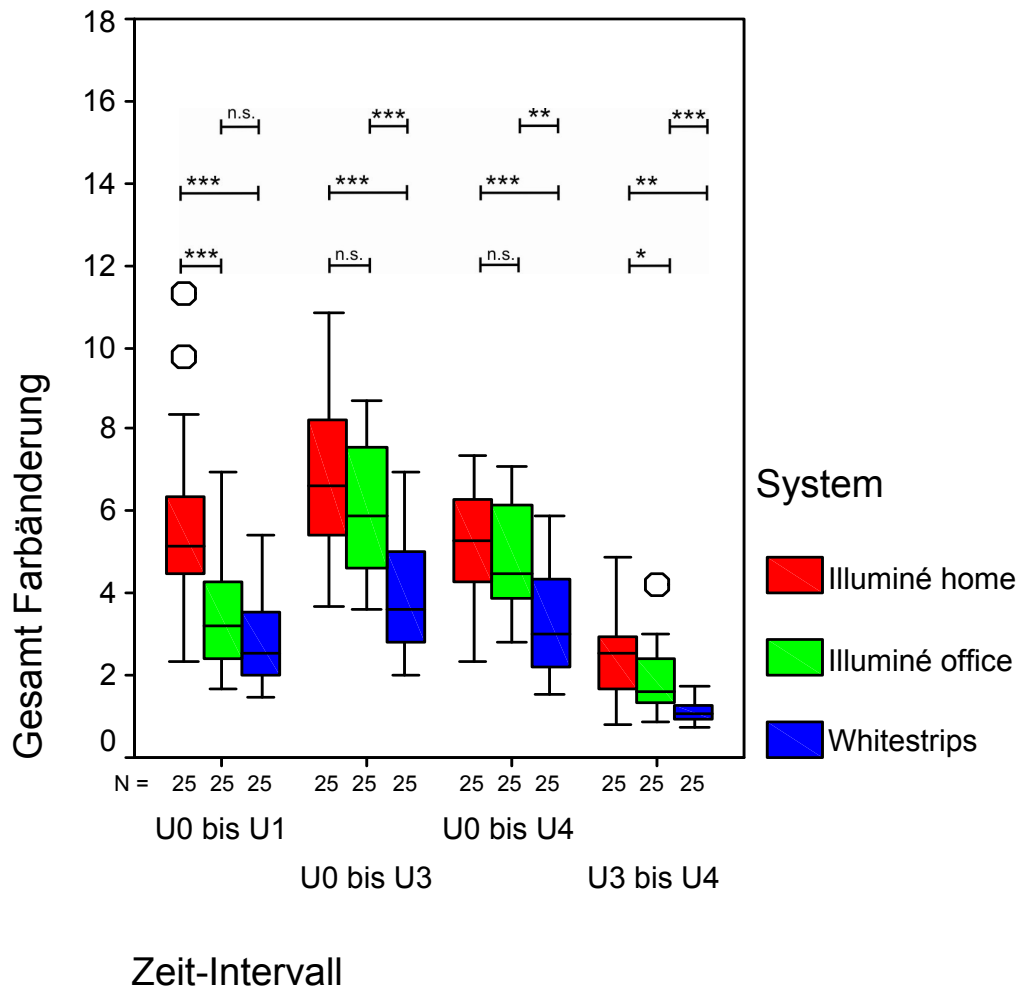


Abbildung 13: Veränderung des Gesamtfarbwertes ΔE^* zu unterschiedlichen Untersuchungsintervallen: U0 bis U1 (Eingangsuntersuchung – Zwischenuntersuchung); U0 bis U3 (Eingangsuntersuchung – Abschlussuntersuchung); U0 bis U4 (Eingangsuntersuchung – Recalluntersuchung); U3 bis U4 (Abschlussuntersuchung – Recalluntersuchung)

Vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bis zur Zwischenuntersuchung konnte bei der Gruppe A eine Veränderung von $\Delta E^* = 5,15 (\pm 2,06)$ Einheiten erreicht werden. Zum Ende der Bleichtherapie wurde eine Veränderung ΔE^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von $6,57 (\pm 2,13)$ Einheiten festgestellt. Das Minimum lag bei $\Delta E^* = 3,15$ und das Maximum bei $\Delta E^* = 10,64$ Einheiten.

Bei Gruppe B konnte zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung eine Veränderung ΔE^* von $3,18 (\pm 1,41)$ Einheiten ermittelt werden. Zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung wurde ein Wert ΔE^* im Vergleich zur Eingangsuntersuchung von $5,77 (\pm 1,72)$ Einheiten erreicht. Das Minimum lag bei dieser Gruppe bei $\Delta E^* = 3,28$ und das Maximum bei $\Delta E^* = 8,37$.

Die Ergebnisse der Gruppe C zeigten zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung einen Farbwert $\Delta E^* = 2,55 (\pm 1,03)$. Nach Ende der Bleichtherapie lag der Wert ΔE^* bei $3,58 (\pm 1,57)$ Einheiten.

Zwischen Eingangs- und Zwischenuntersuchung konnte bei der Gegenüberstellung der Gruppe A mit C sowie A mit B ein statistisch höchstsignifikanter Unterschied ermittelt werden. Zwischen den Gruppen B und C wurde in diesem Untersuchungszeitraum kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt. Beim Vergleich der Gesamtfarbwertänderung ΔE^* zum Ende der Bleichtherapie erreichte das Produkt Illuminé™home (A) den höchsten Wert $\Delta E^* = 6,57 (\pm 2,13)$ im Vergleich zu den Produkten Illuminé™office (B) und Whitestrips™ (C). Die Gruppe C zeigte zum Ende der Bleichtherapie (Abschlussuntersuchung) keinen signifikanten Unterschied bezogen auf die Gesamtfarbwertänderung ΔE gegenüber der Gruppe A (Gruppe B: $\Delta E^* = 5,77 (\pm 1,72)$ Einheiten; Gruppe A: $\Delta E^* = 6,57 (\pm 2,13)$ Einheiten). Die ermittelten Werte der Gruppe C zeigten eine Gesamtfarbwertveränderung ΔE^* von $3,58 (\pm 1,57)$ Einheiten. Die Werte ΔE^* der Gruppen A und C waren signifikant höchst unterschiedlich. Im Vergleich zwischen B und C zeigte sich ebenfalls ein statistisch höchstsignifikanter Unterschied. Bei der Betrachtung der Änderung des Wertes ΔE^* zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung zeigte sich bei allen drei Gruppen ein Rückgang von ΔE^* im Vergleich zur Abschlussuntersuchung bei (Gruppe A: von $\Delta E^*_{U0-U3} = 6,57 (\pm 2,13)$ zu $\Delta E^*_{U0-U4} = 4,98 (\pm 1,34)$; Gruppe B: von $\Delta E^*_{U0-U3} = 5,77 (\pm 1,72)$ zu $\Delta E^*_{U0-U4} = 4,59 (\pm 1,42)$; Gruppe C: von $\Delta E^*_{U0-U3} = 3,58 (\pm 1,57)$ zu $\Delta E^*_{U0-U4} = 2,99 (\pm 1,39)$ Einheiten). Bei der Gegenüberstellung des Gesamtfarbwertes ΔE^* im Langzeitergebnis (U0 bis U4) zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und B.

Beim langfristigen Bleichergebnis zeigte sich aber ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und C sowie zwischen den Gruppen B und C.

Die nachfolgende Tabelle (Tab.8) zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten Werte Δb^* , ΔL^* und ΔE^* für das kurzfristige und langfristige Bleichergebnis der verschiedenen Bleichprodukte.

Produkt	Änderung von Eingang(Δ)	p-Wert vs. home	p-Wert vs. Office	p-Wert vs. Strips
Δb^* nach dem Bleichen				
Illuminé™ home	4,98	-	>0,05	<0,0001
Illuminé™ office	4,25	>0,05	-	<0,0001
Whitestrips™	2,78	<0,0001	<0,0001	-
ΔL^* nach dem Bleichen				
Illuminé™ home	4,19	-	<0,05	<0,05
Illuminé™ office	2,63	<0,05	-	>0,05
Whitestrips™	1,97	<0,05	>0,05	-
ΔE^* nach dem Bleichen				
Illuminé™ home	6,50	-	>0,05	<0,0001
Illuminé™ office	5,47	>0,05	-	<0,0001
Whitestrips™	3,44	<0,0001	<0,0001	-
Δb^* Recall				
Illuminé™ home	4,33	-	>0,05	<0,0001
Illuminé™ office	3,39	>0,05	-	<0,0001
Whitestrips™	2,23	<0,0001	<0,0001	-
ΔL^* Recall				
Illuminé™ home	2,16	-	<0,05	<0,05
Illuminé™ office	1,61	<0,05	-	>0,05
Whitestrips™	1,64	<0,05	>0,05	-
ΔE^* Recall				
Illuminé™ home	5,13	-	>0,05	<0,0001
Illuminé™ office	4,19	>0,05	-	<0,05
Whitestrips™	2,70	<0,0001	<0,05	-

Tabelle 8: Zusammenfassung der ermittelten Medianwerte Δa^* , ΔL^* und ΔE^* direkt nach Ende der Bleichtherapie und zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung im Vergleich zur Eingangsuntersuchung (Baseline) mit Angabe der statistischen Signifikanz ($p < 0,05$: statistisch signifikant; $p < 0,0001$: statistisch hochsignifikant; Mann-Whitney-Test).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es bei allen drei Bleichtherapien zu einem Rückgang des Wertes b^* kam. Die Farbwertänderung Δb (gelb-blau Achse) war zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($b0_3$) und Eingangs- und Recalluntersuchung nach drei Monaten ($b0_4$) für die Systeme home-bleaching und In-Office-Bleaching signifikant unterschiedlich gegenüber dem Produkt Whitestrips (Mann-Whitney-U-Test). Zwischen home-bleaching und In-Office-Bleaching konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

Die Farbwertänderung entlang der rot-grün Achse Δa zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($a0_3$) war nach der Anwendung der Home-Bleaching- wie auch der In-Office-Bleaching- Methode signifikant größer im Vergleich zur Anwendung von Whitestrips (Mann-Whitney-U-Test). Zwischen Home-Bleaching und In-Office-Bleaching konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Das Bleichergebnis für Δa war für In-Office-Bleaching drei Monate nach Ende der Bleichtherapie ($a0_4$) unverändert, was sich in einer signifikanten Farbwertänderung Δa im Vergleich zu den Systemen Home-Bleaching und Whitestrips darstellte (Mann-Whitney-U-Test). Keine signifikanten Unterschiede konnten für die Methoden Home-Bleaching und Whitestrips ermittelt werden.

Der Anstieg des Helligkeitswertes ΔL zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($L0_3$) war für das System Home-Bleaching signifikant höher, als für die Systeme In-Office-Bleaching und Whitestrips (Mann-Whitney-U-Test). Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen In-Office-Bleaching und Whitestrips ermittelt werden. Drei Monate nach Ende der Bleichtherapie ($L0_4$) blieb die Helligkeitsänderung ΔL für das System Home-Bleaching signifikant höher im Vergleich zu den Systemen In-Office und Whitestrips (Mann-Whitney-U-Test). Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen In-Office-Bleaching und Whitestrips ermittelt werden.

Für die mittlere Gesamtfarbwertänderung $E0_3_ \Delta E$ (Eingangsuntersuchung zur Abschlussuntersuchung) und $E0_4_ \Delta E$ (Eingangsuntersuchung bis Recalluntersuchung), wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen Home-Bleaching und Whitestrips sowie zwischen In-Office-Bleaching und Whitestrips, jedoch nicht zwischen Home-Bleaching und In-Office-Bleaching, ermittelt. Unter Verwendung einer objektiven Farbmessung wurde festgestellt, dass die professionellen Bleichprodukte Illuminé home und Illuminé office eine signifikant höhere aufhellende

Wirkung auf natürliche Zähne besitzen, als das OTC-Produkt Whitestrips. Homebleaching und In-Office-Bleaching waren zu gleichen Maßen effizient im Bleichen von Zähnen und erzielten auch noch nach drei Monaten ein messbar signifikant helleres Farbergebnis, als zu Beginn der Bleichtherapie.

5.2.5 Subjektive Bewertung der Farbänderung (Vita-Lumin-Vakuum-Farbscala)

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 9) zeigt die Verteilung und die Häufigkeit der verschiedenen VITA – Zahnfarben, geordnet nach Helligkeitsstufen, zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten.

		Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	SD
Home 10%	U0_VITA	8,92	15,00	10,33	10,86	1,46
	U3_VITA	3,00	10,42	5,92	5,50	1,74
	U4_VITA	3,00	10,42	6,00	5,83	1,70
Office	U0_VITA	9,50	16,00	11,25	11,57	1,88
	U3_VITA	3,00	14,00	5,00	5,80	2,47
	U4_VITA	3,00	14,00	5,92	6,36	2,48
WS	U0_VITA	9,00	14,00	10,50	10,75	1,05
	U3_VITA	2,50	12,67	7,33	6,74	2,34
	U4_VITA	3,00	12,67	7,08	6,87	2,26

Tabelle 9: Minimum, Maximum, Mittelwerte, Medianwerte und Standardabweichung (SD), der nach Zahlenwerten geordneten Vita-Farbwerte zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten:

U0 : vor dem Bleichen

U3: Abschlussuntersuchung nach Ende der Bleichtherapie

U4: Recalluntersuchung nach drei Monaten

Bei der Ordnung nach Helligkeitsstufen wurden die 16 VITA - Farben je nach Helligkeit einem Zahlenwert zugeordnet. Dabei erhielt die hellste Zahnfarbe (B1) den Zahlenwert 1 und die dunkelste Zahnfarbe (C4) den Zahlenwert 16. Wie in der oben aufgeführten Tabelle dargestellt, konnte ein deutlicher Rückgang der Zahlenwerte hin zu helleren Farbwerten während jeder der drei verschiedenen Bleichtherapien erreicht werden. Die durchschnittliche Ausgangszahnfarbe zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung unterschied sich nicht signifikant zwischen den drei verschiedenen Gruppen. Die Zahlenwerte, entsprechend der VITA – Helligkeitsskala, lagen zwischen Grad 10 und 12 mit einem Mittelwert in Gruppe A von 10,86 ($\pm 1,46$), Gruppe B von 11,57 ($\pm 1,88$) und Gruppe C von 10,75 ($\pm 1,05$). Allen drei Gruppen wurde eine effektiv aufhellende Wirkung nachgewiesen. Der Grad der Zahnaufhellung zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung ergab folgende Mittelwertverteilung: Gruppe A: 5,50 ($\pm 1,74$), Gruppe B: 5,80 ($\pm 2,47$) und Gruppe C: 6,74 ($\pm 2,34$). Nach der Anwendung der Bleichsysteme Illuminé™home10% (A) und Illuminé™office (B) konnte somit eine signifikante Zahnaufhellung um jeweils sechs Helligkeitsstufen entsprechend der VITA - Lumin-Farbskala ermittelt werden. Bei Gruppe C konnte die Zahnfarbe durchschnittlich um fünf Stufen signifikant aufgehellt werden. Bei der Recalluntersuchung nach drei Monaten veränderte sich dieser Wert bei allen drei Methoden signifikant. Der mittlere Helligkeitwert der Gruppe A lag bei 5,83 ($\pm 1,70$), bei Gruppe B bei 6,36 ($\pm 2,48$) und Gruppe C erreichte einen Grad von 6,87 ($\pm 2,26$). Bei der Betrachtung der Farbwertänderung zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung erreichte das Produkt Illuminé™home 10% (A) mit einem mittleren Wert von VITA_{U0-U3} 5,36 ($\pm 1,70$) die höchste Wertänderung. Das System Illuminé™office (B) erzielte einen Wert von VITA_{U0-U3} 5,76 ($\pm 1,77$) und das OTC-System Whitestrips™ (C) von VITA_{U0-U3} 4,01 ($\pm 1,57$). Die professionellen Bleichprodukte unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Beide zeigten aber einen signifikanten Unterschied zum OTC-Produkt Whitestrips™. Zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung zeigte sich folgende Wertverteilung: Gruppe A - VITA_{U0-U4} = 5,03 ($\pm 1,45$); Gruppe B – VITA_{U0-U4} = 5,20 ($\pm 1,61$); Gruppe C - VITA_{U0-U4} = 3,88 ($\pm 1,52$).

5.2.6 Fotodokumentation der verschiedenen Bleichtherapien

5.2.6.1 Gruppe A – Illuminé™home 10%

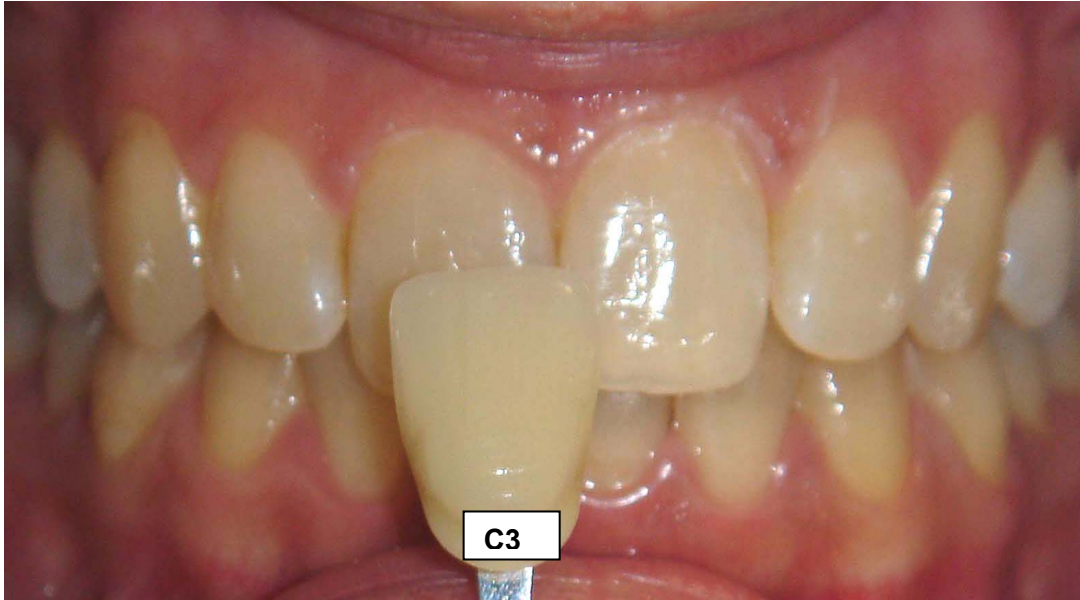


Abbildung 14: Zustand vor Beginn der Bleichtherapie (U0) mit Illuminé™home 10% mit Ausgangszahnfarbe C3

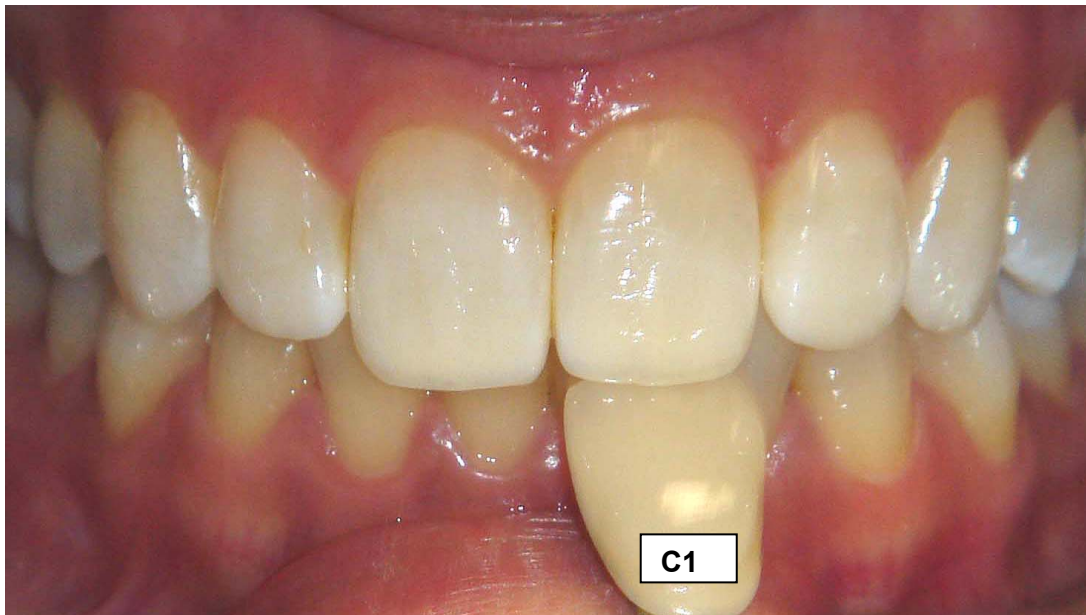


Abbildung 15: Zustand nach Abschluss der Bleichtherapie (U3) mit Illuminé™home 10% mit Zahnfarbe heller C1

5.2.6.2 Gruppe B - Illuminé™office

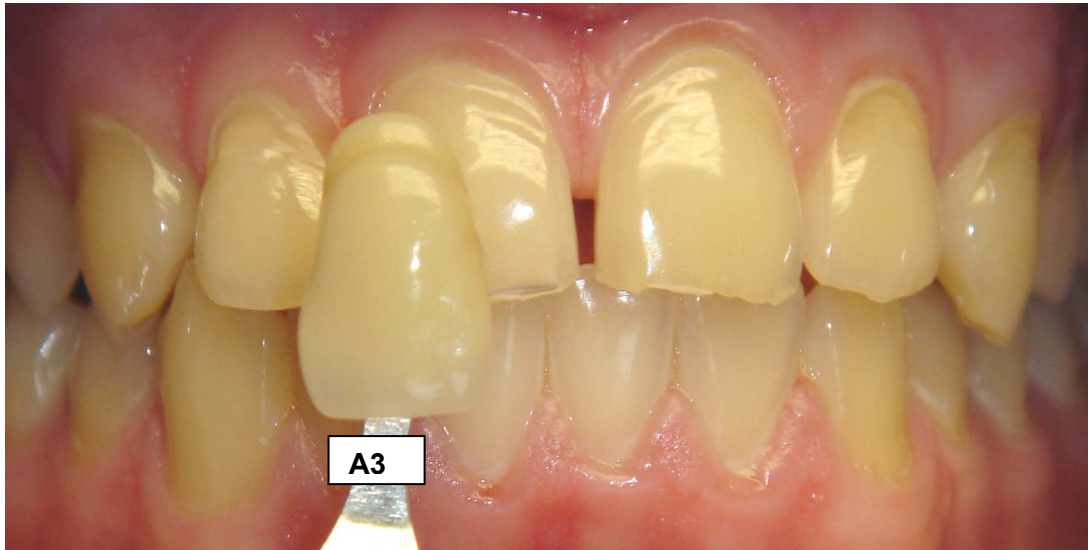


Abbildung 16: Zustand vor Beginn der Bleichtherapie mit Illuminé™office mit Ausgangszahnfarbe A3

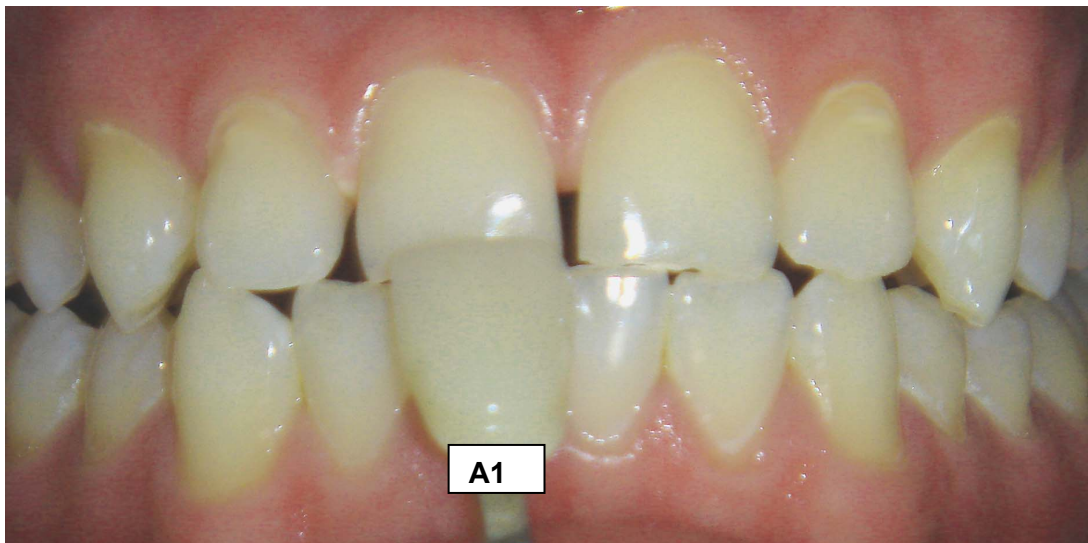


Abbildung 17: Zustand nach Abschluss der Bleichtherapie mit Illuminé™office mit Zahnfarbe A1

5.2.6.3 Gruppe C - Whitestrips™

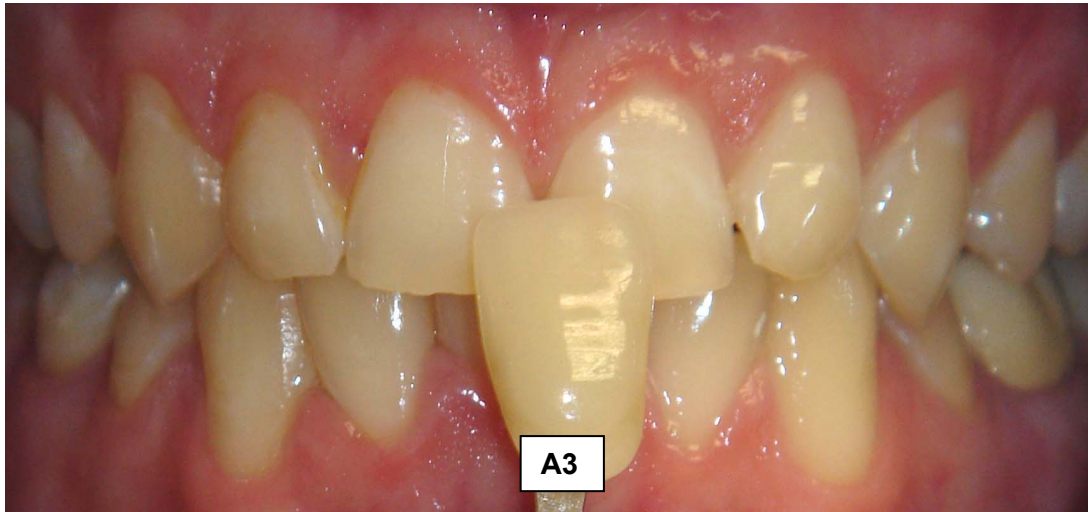


Abbildung 18: Zustand vor Beginn der Bleichtherapie mit Whitestrips™ mit Ausgangszahnfarbe A3

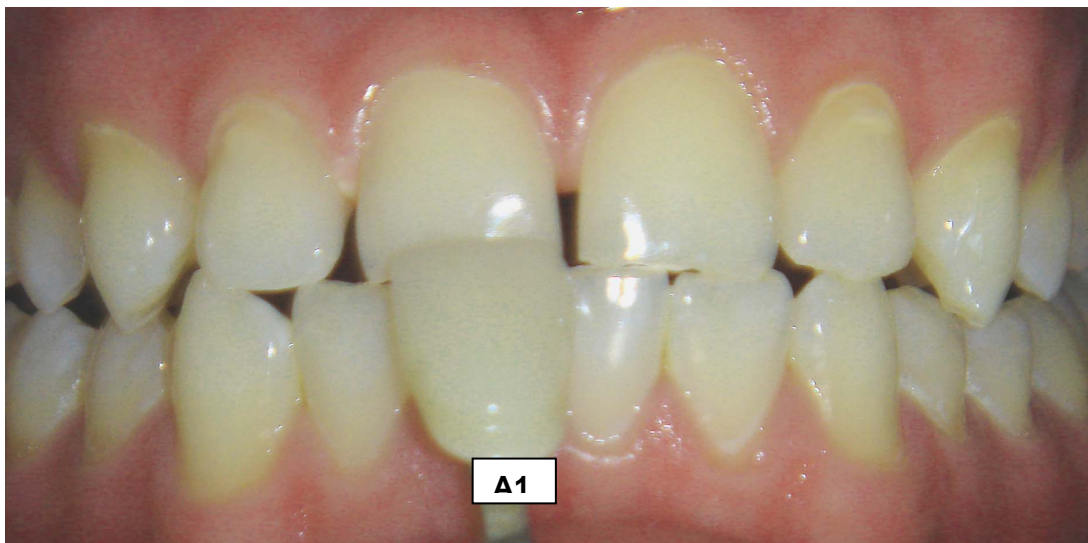


Abbildung 19: Zustand nach Abschluss der Bleichtherapie mit Whitestrips™ mit Zahnfarbe A1

5.2.7 Einfluss des Rauchverhaltens auf das langfristige Bleichergebnis

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde auch der Einfluss des Zigarettenkonsums auf das längerfristige Bleichergebnis überprüft (Abb. 20). Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Gegenüberstellung zwischen Rauchern (RA) und Nichtrauchern (NR) verteilt auf die drei verschiedenen Bleichsysteme, bezogen auf die Helligkeitswertänderung ΔL^* und das langfristige Bleichergebnis (U3 = Abschlussuntersuchung bis U4 = Recalluntersuchung, drei Monate nach Ende der Bleichtherapie). Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern bezogen auf die Veränderung des Helligkeitswertes ΔL^* drei Monate nach Ende der Bleichtherapie nachgewiesen werden.

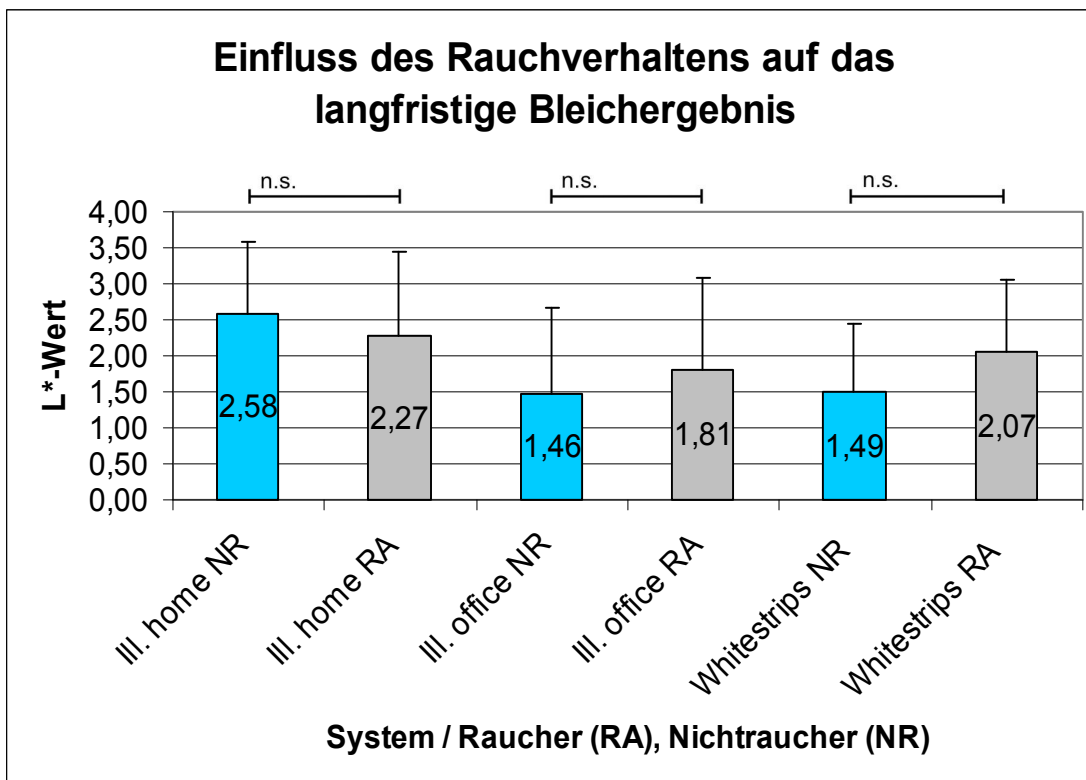


Abbildung 20: Gegenüberstellung von ΔL^* zwischen Abschlussuntersuchung direkt nach Ende der Bleichtherapie und Recalluntersuchung, drei Monate nach Abschluss der Bleichtherapie zwischen:

- Rauchern (RA)
- Nichtrauchern (NR);

Produkte: Illuminé™ home, Illuminé™ office, Whitestrips™

5.3 Nebenwirkungen

Ein wichtiger Bestandteil dieser Studie war, eventuell auftretende Nebenwirkungen auf Gingiva und Zähne zu untersuchen und zu dokumentieren. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Mundhygiene-Indices (API, PBI, PI) verwendet sowie Veränderungen der Gingiva und des umgebenden Weichgewebes dokumentiert. Zum Abschluss der jeweiligen Bleichtherapie wurde jedem Studienteilnehmer ein Fragebogen ausgehändigt, in dem er seine Erfahrungen, Eindrücke sowie das Auftreten von eventuellen Nebenwirkungen dokumentieren sollte.

5.3.1 Orale Parameter

Als Anhaltspunkt für die oralen Hygieneverhältnisse wurde der PBI = Papillenblutungsindex, PI = Plaqueindex nach SILNESS und LÖE und API = Approximal-Plaque-Index bei jedem Studienteilnehmer zu den jeweiligen Untersuchungsterminen erhoben.

Die nachfolgenden Diagramme (Abb. 21, 22, 23) zeigen jeweils eine Gegenüberstellung der verschiedenen Mundhygieneindices zwischen den Anwendergruppen der drei verschiedenen Bleichmethoden.

5.3.1.1 Papillenblutungsindex (PBI)

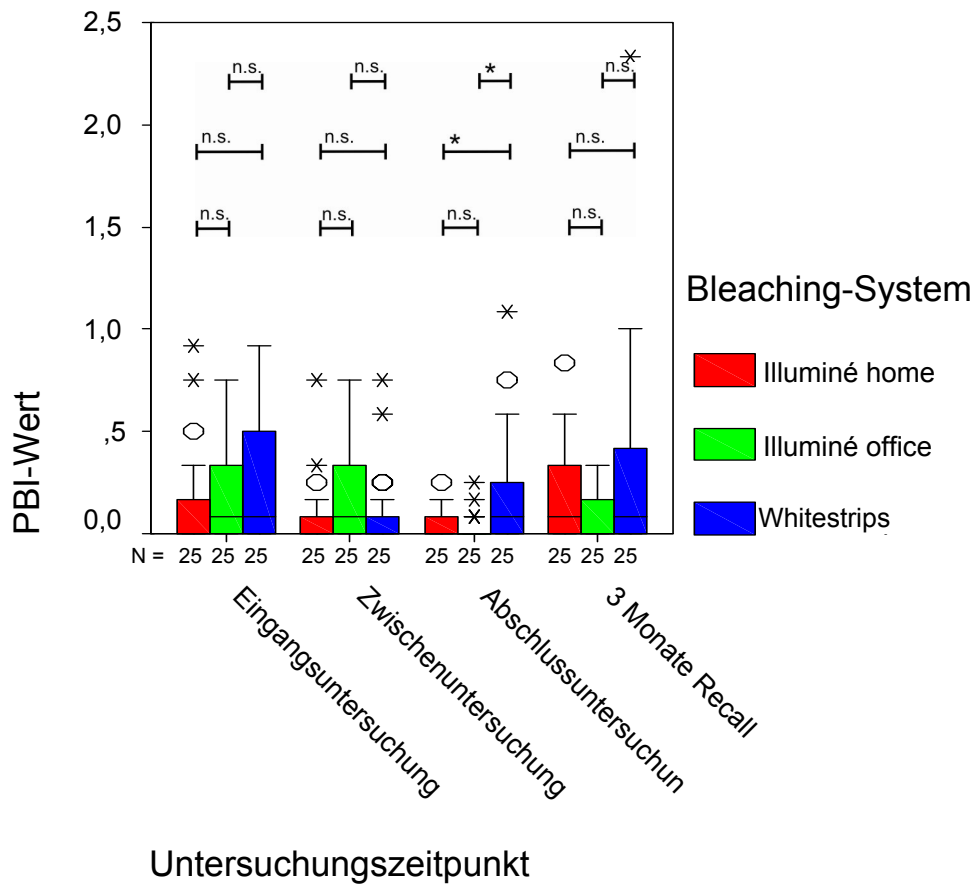


Abbildung 21: Papillenblutungsindex (PBI) zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

Beim statistischen Vergleich der Werte des PBI (Papillenblutungsindex) konnten zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (U0), der Zwischenuntersuchung (U1) und der Recalluntersuchung (U4) keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Anwendergruppen festgestellt werden. Zum Zeitpunkt der Abschlussuntersuchung (U3) zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und C sowie zwischen den Gruppen B und C. Bei der Gegenüberstellung der Gruppen A und B konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden.

5.3.1.2 Plaqueindex (PI) nach Silness und L oe

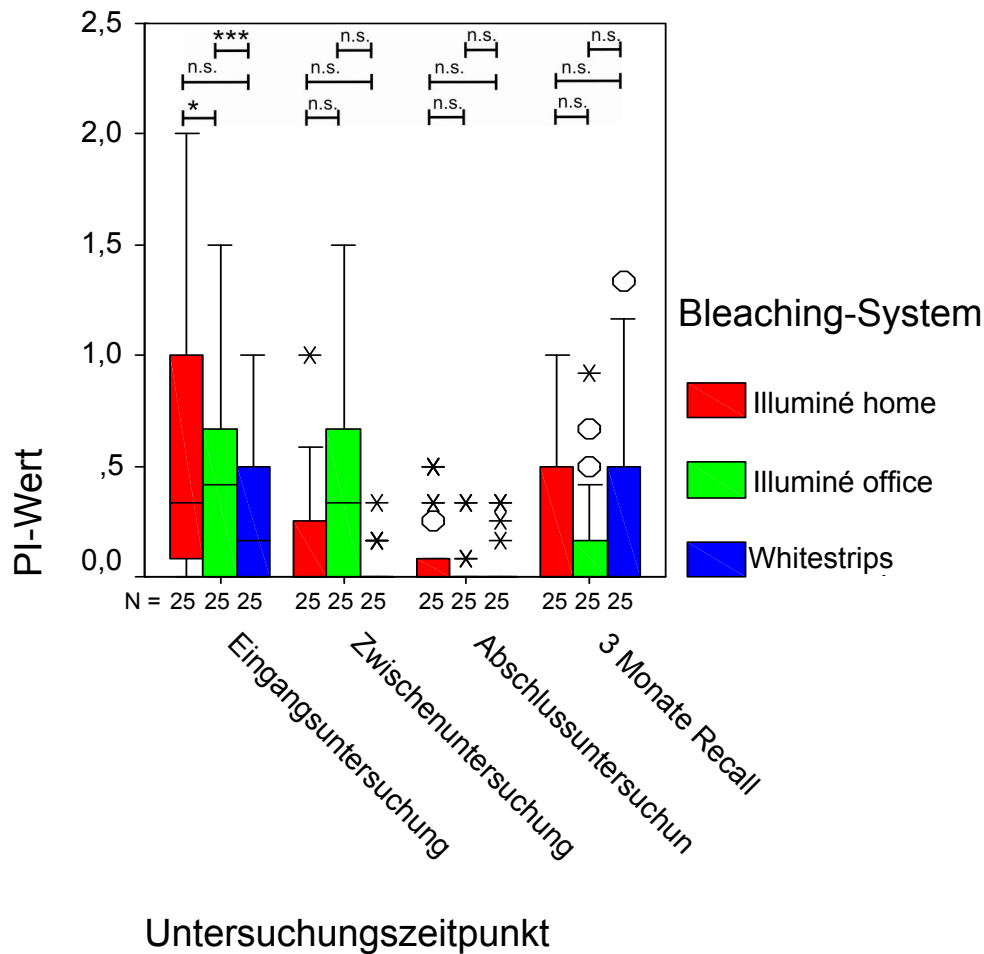


Abbildung. 22: Plaqueindex (PI) zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

Bei der Auswertung der erhobenen Werte des Plaqueindex (PI) zeigte sich vom Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (U0) bis zur Abschlussuntersuchung (U3) ein genereller Rückgang der Werte bei allen drei Gruppen. Nach der Anwendung jeder der drei verschiedenen Bleichtherapien konnte somit ein deutlicher signifikanter Rückgang von Plaque verzeichnet werden. Zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung nach drei Monaten stiegen die Werte wieder an. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Anwendergruppen zeigten sich nur zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung. Hier zeigte sich ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Gruppen B und C sowie ein signifikanter Unterschied zwischen A und C. Die Gruppen A und C verhielten sich statistisch nicht signifikant unterschiedlich zueinander.

5.3.1.3 Approximal-Plaque-Index (API)

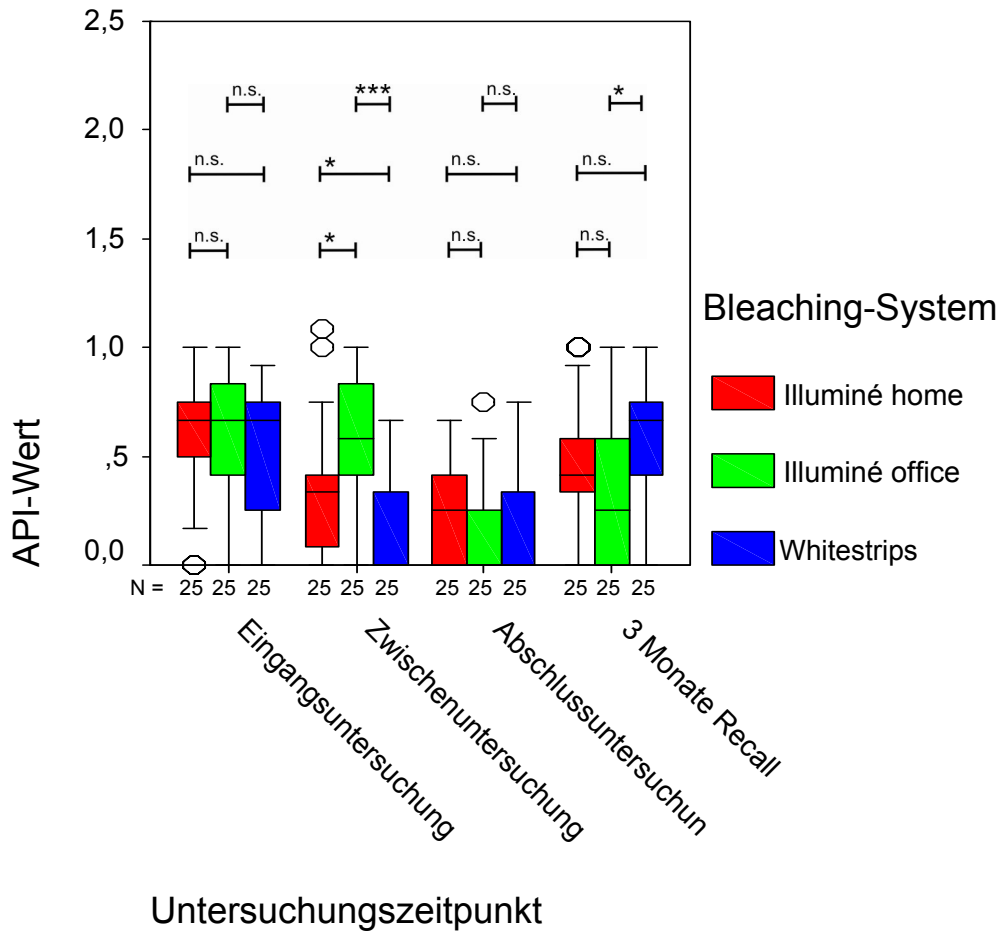


Abbildung. 23: Approximal-Plaque-Index (API) zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

Die ermittelten API - Werte reduzierten sich während der Bleichtherapie bei jedem der drei verwendeten Bleichprodukte bis zur Abschlussuntersuchung (U1) messbar und stiegen zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung (U2) wieder deutlich an.

Zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung (U0) und Abschlussuntersuchung (U3) zeigten sich zwischen den verschiedenen Systemen keine statistisch signifikanten Unterschiede. Bei der Gegenüberstellung der drei verschiedenen Bleichtherapien zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung zeigte sich ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Gruppen B und C. Auch die Gruppen A und C wie auch A und B verhielten sich statistisch signifikant unterschiedlich zueinander. Zum Zeitpunkt der

Recalluntersuchung (U4) ergab sich zwischen den Gruppen A und B sowie zwischen den Gruppen A und C kein statistisch signifikanter Unterschied. Die ermittelten Werte der Gruppen B und C ergaben dagegen einen statistisch signifikanten Unterschied.

5.3.2 Veränderungen der Gingiva

Da eine absolute Dichtigkeit der verwendeten Trägerschienen nicht zu erreichen ist, kann es durch den Kontakt des Bleichmittels mit den angrenzenden Weichgeweben zu Reaktionen der Gingiva kommen. Während der Therapie mit dem Bleichmedium Illuminé™home (A) kam es bei 2 von 25 Probanden (8%) zu einer reaktiven Gingivitis mit leichter Hyperplasie nach der Anwendung. 15 Probanden (60%) der Anwendergruppe Illuminé™office (B) zeigten jeweils direkt nach der Bleichsitzung deutlich weiß verfärbte, nicht erosiv veränderte Interdentalspapillen. Diese weiße Veränderung regenerierte sich in 100% der Fälle 6-12 Stunden nach der Behandlung. Für den Behandler zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchungen sichtbare Irritationen der Gingiva, waren bei 16% der Anwender des Produktes Whitestrips™(C) nachweisbar. Betrachtet man die subjektive Wahrnehmung durch den Patienten, so gaben von den insgesamt 75 Studienteilnehmern 48 Patienten (64%) Reizungen der Gingiva während der Bleichtherapie an.

72% der Patienten, welche das Produkt Illuminé™home 10% verwendeten, gaben Reizungen der Gingiva nach einem Anwendungszeitraum von durchschnittlich ein bis sieben Tagen an. Ebenfalls 72% Gingivareizungen nach ein bis sieben Tagen erbrachte die Auswertung der erhobenen Daten der Anwendergruppe Blend-a-med Whitestrips™.

52% der Anwender des Bleichprodukts Illuminé™office beschrieben Reizungen der Gingiva direkt nach der Behandlung und bis einen Tag nach der jeweiligen Bleichsitzung.

Bei allen Patienten waren sämtliche Irritationen der Gingiva nach Abschluss der Bleichtherapie zurückgegangen. Auch drei Monate nach Ende der jeweiligen Bleichanwendung gab es keinen Hinweis auf eine dauerhafte Schädigung der Gingiva.

5.3.3 Hypersensibilitäten

Eine der häufigsten Nebenwirkungen der verschiedenen Bleichmethoden ist das Auftreten von Hypersensibilitäten. Im Rahmen dieser Studie wurden daher zu Beginn der jeweiligen Bleichtherapie alle zu behandelnden Zähne auf das Vorhandensein von Hypersensibilitäten überprüft. Dies erfolgte neben der Vitalitätsüberprüfung mittels Kältetest auch durch die Befragung der Studienteilnehmer. Zu Beginn der Studie waren bei keinem Probanden Hypersensibilitäten feststellbar. Außerdem fand zu jeder der verschiedenen zahnärztlichen Untersuchungen eine Vitalitätsprüfung aller Zähne statt. Diese war zu allen Untersuchungszeitpunkten an allen Zähnen positiv.

Über sensible Zähne, das heißt ein verstärktes Empfinden gegenüber Temperaturreizen, klagten insgesamt 65% aller Studienteilnehmern. Von den 25 Anwendern des professionellen Bleichproduktes Illuminé™home10% (A) kam es bei 72% zu einer gesteigerten Sensibilität der Zähne während der Bleichtherapie. Beim professionellen Bleichprodukt Illuminé™office (B) gaben 64% der Anwender eine erhöhte Zahnsensibilität an. In der Teilnehmergruppe des freiverkäuflichen Bleichprodukts Blend-a-med Whitestrips™ (C) empfanden 60% der Patienten ihre Zähne sensibler als vor der Bleichbehandlung.

Bei der Befragung nach der Intensität des Missempfindens gaben 44% der Anwender des Produktes Illuminé™office (B) eine sehr starke bis schmerzhaft Sensibilität der Zähne ein bis zwei Tage nach der jeweiligen Bleichsitzung an. Bei den Studienteilnehmern der beiden anderen Gruppen gab jeweils nur 1 Proband ähnliche Beschwerden an.

5.4 Anwendung

5.4.1 Handhabung und Passgenauigkeit

Die Handhabung der verschiedenen Bleichprodukte wurde generell vom Patienten als unkompliziert aufgefasst. Alle Patienten gaben an, keine Verletzungen durch das Tragen der jeweiligen Trägerschienen erlitten zu haben. Bei der Betrachtung der Trägerschienen für das Produkt Illuminé™office konnte folgende Beobachtung gemacht werden:

Direkt nach Einbringen der mit dem Bleichgel befüllten Trägerschienen, kam es trotz gewissenhafter Trockenlegung und Entfernung aller Überschüsse zu einem Aufquellen des Bleichmediums im Mund des Patienten und zu einem leichten Anheben der Trägerschiene im Mund des Patienten.

Die Trägerfolien des Bleichproduktes Whitestrips™ für die Unterkieferfrontzähne empfanden 28% der Anwender als zu kurz. In diesen Fällen konnte der jeweilig aufgebrauchte Bleichstreifen nicht die Zahnflächen aller Frontzähne bedecken, so dass meist die Eckzähne nur knapp überdeckt wurden. Zum anderen beklagten sich 24% der Anwender über den schlechten Halt der Strips auf der Zahnoberfläche. Es kam nach Angaben der Patienten oft zu einem Verrutschen der Bleichstreifen auf den Zähnen.

5.4.2 Subjektive Beurteilung durch den Patienten

Neben den Fragen nach eventuellen Nebenwirkungen der jeweiligen Bleichtherapie, wurde großer Wert auf die subjektive Beurteilung des Patienten gelegt. Die Zufriedenheit mit dem Bleichergebnis war ebenso von Bedeutung, wie die Beurteilung von Anwendung und Produkteigenschaften. Nachfolgend ist tabellarisch die Beurteilung der jeweiligen Bleichtherapie durch den Patienten aufgeführt und zusammengefasst (Tab. 10).

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass das professionelle Bleichprodukt Illuminé™home 10% von den Studienteilnehmern am besten akzeptiert wurde, gefolgt vom Produkt Illuminé™office und Whitestrips™.

Die positive Beurteilung der Produkte hing vor allem von der aufhellenden Wirkung ab und wurde von Nebenwirkungen wie Hypersensibilitäten nur geringfügig beeinflusst.

Fragen an den Patienten		Subjektive Beurteilung durch den Patienten (Häufigkeitsverteilung in %)			
Grund für Zahnaufhellung:	„es sieht gesünder aus“	21%			
	„es sieht schöner aus“	60%			
	„es wirkt attraktiver“	15%			
	„andere Gründe“	4%			
		Home 10%	Office	WS	
Sympathie gegenüber der Bleichmethode	„hat mir sehr gefallen“	52%	12%	28%	
	„hat mir gefallen“	48%	64%	40%	
	„neutral“	0%	20%	20%	
	„hat mir nicht gefallen“	0%	4%	12%	
Erwartung an die Bleichtherapie	„besser als erwartet“	60%	32%	44%	
	„wie erwartet“	40%	60%	48%	
	„schlechter als erwartet“	0%	8%	8%	
Beurteilung des Bleichergebnisses	„weißere Zähne nach dem Bleichen“	ja	97%		
		nein	3%		
	„Produkt nochmal verwenden“	ja	100%	76%	88%
		nein	0%	24%	12%
	„Wunsch nach noch helleren Zähnen nach dem Bleichen“	ja	52%	60%	100%
		nein	48%	40%	0%

Tabelle 10: Prozentuale Auswertung der subjektiven Beurteilung der verschiedenen Bleichtherapien durch den Patienten.

6 Diskussion

6.1 Diskussion der Methode und verwendeten Materialien

6.1.1 Datenübertragung

Alle erhobenen Daten und Untersuchungsparameter wurden durch einen Untersucher erfasst und dokumentiert, um Fehlerquellen bei der Erfassung und Übertragung von Daten durch Dritte zu vermeiden.

6.1.2 Untersuchungszeitraum

Der Untersuchungszeitraum der vorliegenden Studie wurde auf ein Zeitintervall von drei Monaten nach Abschluss der jeweiligen Bleichtherapie festgelegt. HAYWOOD wies 1997 in einer klinischen Studie ein langfristig stabiles Bleichergebnis nach 2 bis 3 Jahren bei natürlichen Zähnen nach (HAYWOOD et al. 1994, HAYWOOD 1997). Eine Studie von BRUNTON et al. erzielte bei der Anwendung eines 16,4%- und 18%-igen Carbamidperoxid-Gels, nach einem Untersuchungszeitraum von 6 Monaten bei 60% der Anwender ein stabiles Farbergebnis (BRUNTON et al. 2004). GERLACH et al. konnten ebenfalls noch 6 Monate nach einer 2-wöchigen Bleichtherapie mit 5,3%-igen Wasserstoffperoxid eine signifikante Aufhellung der behandelten Zähne feststellen (GERLACH et al. 2002). Eine In-vivo-Studie von ZEKONIS et al. erzielte nach dem Bleichen natürlicher Zähne mit einem 10%-igen Carbamidperoxid („at-home“-Bleaching) und einer 35%-igen Wasserstoffperoxidsuspension (In-Office-Bleaching) ein

signifikant besseres Bleichergebnis mit der At-Home-Bleichmethode. Nachdem sich das Bleichergebnis zunächst direkt nach Ende der Bleichtherapie verschlechterte, wurde 6 Wochen nach dem Bleichen ein stabiles Farbergebnis erreicht (ZEKONIS et al. 2003). Auch eine In-vivo-Studie von AL SHETHRI et al. 2003 wies nach Ende einer zweiwöchigen Anwendungsphase zweier in-office Bleichprodukte (StarBrite 35% Wasserstoffperoxid; Opalescence Xtra Boost 38% Wasserstoffperoxid) ein beginnendes Farbrezidiv, das heißt ein Nachdunkeln der Zahnfarbe bis fünf Wochen nach Beendigung der Bleichtherapie nach. Nach fünf Wochen wurden keine signifikanten Farbveränderungen mehr registriert (AL SHETHRI et al. 2003). FRANCHI et al. konnten 6 Monate nach der Verwendung des professionellen in-office Bleichprodukts keine signifikanten Veränderungen des Bleichergebnisses feststellen (FRANCHI et al. 2007). In einer In-vivo-Studie von RITTER et al. wurden natürliche Zähne über einen Zeitraum von 6 Wochen mit einem 10%-igen Carbamidperoxid behandelt. Noch 10 bis 12 Jahre nach der Bleichtherapie konnten bei 43% der Patienten ein stabiles Farbergebnis nachgewiesen werden (RITTER et al. 2002). Bezugnehmend auf die in der Literatur angegebenen Untersuchungszeiträume wurde diese Studie zur Kontrolle eines möglichen Farbrezidivs auf einen Untersuchungszeitraum von drei Monaten (nach Ende der Bleichtherapie) festgesetzt.

6.1.3 Farbbestimmung

6.1.3.1 Instrumentelle/ objektive Farbbestimmung

Die Vorteile der instrumentellen Farbbestimmung mittels computergesteuerter Farbanalyse liegen zum einen im Ausschluss einer Beeinflussung der Messung durch subjektive Eindrücke, zum anderen in einer sehr hohen Reproduzierbarkeit des Messergebnisses von durchschnittlich 80% im Vergleich zur visuellen Farbbestimmung mit durchschnittlich 40% (HORN et al. 1998). Moderne dentale Kolorimeter sind in der Lage, die natürliche Zahnfarbe genau zu erfassen und erreichen eine Reproduzierbarkeit in der Farbwiedergabe von 82% (TUNG et al. 2002). Hinsichtlich dieser Art der Farbbestimmung gibt es einige Faktoren kritisch zu berücksichtigen. Ein noch immer entscheidendes Problem der elektronischen Farbbestimmung stellt der kleine Messbereich dar. Da im Rahmen dieser Studie jeweils nur ein genau reproduzierbarer Messbereich pro Zahn analysiert wurde, stellen die ermittelten Daten zwar einen deutlichen Farbtrend dar, erfassen aber nicht die Gesamt - Farbveränderung des jeweiligen Zahnes. Es empfiehlt sich daher aufgrund der Zahnanatomie zur genauen Farbanalyse den Messbereich auf mindestens drei Messpunkte auszudehnen. Es wurden deutliche Unterschiede im Bleichverhalten zwischen dem zervikalen, mittleren und inzisalen Bereich eines Zahnes ermittelt. Wobei die deutlichste Bleichwirkung im koronalen Drittel ermittelt wurde, gefolgt von dem mittleren und dem zervikalen Drittel der Zahnoberfläche (LENHARD 1996). LENHARD führte das deutlich bessere Bleichergebnis im koronalen Drittel der Zähne zum einen auf die verminderte Zahnhartsubstanzdicke, den geringeren Dentinanteil und zum anderen auf das Vorhandensein von weniger aktivem Carbamidperoxid im zervikalen Drittel, aufgrund der höheren Feuchtigkeit in diesem Bereich, zurück. Nach HAASE kann die Farbmessung zudem durch eine Verkippung der Messsonde um mehr als 6 Grad zur Zahnoberfläche und nicht direkten Kontakt zur Zahnoberfläche deutlich beeinflusst werden (HAASE 1999). Im Rahmen dieser Studie wurde deshalb die Kontaktspitze des Kolorimeters – ShadeEye NCC® Shofu® rechtwinklig in einem Abstand von 2-4 mm von der marginalen Gingiva im zervikalen bis mittleren Drittel des

Zahnes aufgesetzt. Auch andere Studien beschreiben das mittlere dentale Drittel zur Farbmessung (Li und WANG 2007, FANI et al. 2007, PAUL et al. 2002, LEONARD et al. 2001, LEIBROCK et al. 1995). Um zum einen ein Verkippen der Kontaktspitze des Farbmessgerätes zu vermeiden und diese möglichst rechtwinklig auf der Zahnoberfläche zu positionieren und zum anderen den Messbereich reproduzierbar klar zu definieren, wurde eine Positionierungsschiene zur Farbmessung angefertigt. Auch eventuelle Abweichungen der Messwerte durch nicht direktes Aufliegen der Kontaktspitze auf der Zahnoberfläche, wurde durch manuelles Auslösen und akustischer Bestätigung nach erfolgter Messung entgegengewirkt.

6.1.3.2 Visuelle / subjektive Farbestimmung

In der vorliegenden Studie erfolgte neben der elektronischen computergestützten Farbestimmung mit einem dentalen Kolorimeter (ShadeEye NCC®; SHOFU®), zusätzlich die visuelle Farbestimmung anhand der Vita-Lumin-Farbskala (VITA - Zahnfabrik). Um die ermittelten VITA-Farben statistisch auswerten zu können, wurden in einigen In-vivo-Studien den 16 Vita-Farben entsprechend einer Helligkeitsskala ein jeweiliger Zahlenwert zugeordnet (AUSCHILL et al. 2007/ 2005, BIZHANG et al. 2003). So konnte die Farbveränderung zwischen den verschiedenen Behandlungsintervallen mit einem Zahlenwert benannt und statistisch erfasst werden. Vor kurzem wurde das Vita-Classical-Farbsystem nach Helligkeitsstufen neu geordnet (B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4). Die VITA-Farben der vorliegenden Studie wurden nach der herkömmlichen Rangfolge der Hell-Dunkel-Skala geordnet und ausgewertet. Als nachteilig an der visuellen Farbestimmung kann die Möglichkeit der Beeinflussung des Farbeindrucks des natürlichen Zahnes durch äußere Faktoren angesehen werden. Beeinflussend auf den Farbeindruck können dabei die Beleuchtung und Farbgestaltung der Umgebung, der eigene subjektive Eindruck einer Farbe, Farbblindheit, aber auch ein ungünstiger Einfallwinkel des Lichtes wirken (HILL 1987). Ein Vorteil der visuellen Farbestimmung besteht in der Möglichkeit der Farbanalyse des gesamten Zahnes, unter Berücksichtigung der Farbe von Nachbarzähnen und umgebenem Weichgewebe. Bei der elektronisch kolorimetrischen Farbmessung,

besteht dagegen die Möglichkeit die Zahnfarbe mit Hilfe des CIEL_{AB} – Systems (*CIE, COMMISSION INTERNATIONALE D'ECLAIRAGE; Werte: L* a* b**) reproduzierbar und als statistisch erfassbare Daten wiederzugeben. In vielen Studien wird noch immer zusätzlich zu der elektronischen Farbbestimmung die visuelle Farbbestimmung angewendet (FANI et al. 2007, LI und WANG 2007, PAUL et al. 2002). CRONIN et al. 2005 verwendeten in einer In-vivo-Studie zum Vergleich der Effektivität zweier OTC – Bleichprodukte, zur visuellen Farbbestimmung den VITA-Farbring (VITA – Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) und zur kolorimetrisch-instrumentellen Farbbestimmung das ShadeVision™- System (X-Rite®). Die Farbergebnisse dieser Studie zeigten eine Übereinstimmung der ermittelten Daten zwischen kolorimetrischer- und visueller Farbbestimmung (CRONIN et al. 2005). Auf Grund der hohen Messgenauigkeit dentaler Kolorimeter und der Reproduzierbarkeit der erhobenen Daten, sollten zukünftige klinisch vergleichende Studien allein auf elektronischer Farbmessung basieren.

6.1.4 Bleichmethoden

In der vorliegenden In-vivo-Studie wurden drei unterschiedliche Bleichmethoden zur Aufhellung natürlicher Zähne miteinander verglichen.

6.1.4.1 At-home bleaching (10% Carbamidperoxid)

Im Rahmen dieser Studie wurden 25 Probanden mit der professionellen „at-home“ - Bleichmethode unter Anwendung eines 10%igen Carbamidperoxid-Gels (Illuminé™home10%; Dentsply De Trey) behandelt. 10%-iges Carbamidperoxid wird routinemäßig zum Bleichen natürlicher Zähne verwendet. Die Effektivität und sichere Anwendung wurde in vielen Studien nachgewiesen (DONLY et al. 2007, AUSCHILL et al. 2005, RITTER et al. 2002, LEONARD et al.2001, MATIS et al 1998, ROSENSTIEL et al. 1996). Die aufhellende Wirkung des Bleichmittels konnte in diesen Studien kolorimetrisch oder subjektiv durch den Vergleich mit Farbmustern bestätigt werden. Signifikante Farbveränderungen mit zufriedenstellenden Ergebnissen wurden nach einer Therapiedauer von 14 Tagen ermittelt (HANNIG et al. 2007, DONLY 2007). Auch nach siebentägiger Anwendung eines 10%-igen Carbamidperoxids konnte in einer Studie von AUSCHILL 2005 eine deutliche Aufhellung der behandelten Zähne nachgewiesen werden (AUSCHILL et al. 2005). Die längste Anwendung, mit zufriedenstellendem Farbergebnis, fand über einen Zeitraum von 6 Wochen statt (RITTER et al. 2002). In der vorliegenden Studie wurde die Therapiedauer auf einen Zeitraum von 14 Tagen festgelegt. Nach Ende der Therapie konnte eine signifikante Farbveränderung im Vergleich zur Ausgangszahnfarbe erzielt werden. Es wurde nachgewiesen, dass die Anwendung über Nacht (ca. 8 Stunden) hinsichtlich der farbaufhellenden Wirkung keinen signifikanten Unterschied zu einer 3mal täglichen einstündigen Applikation erbrachte (REINHARDT et al. 1993). Auch die 1mal tägliche Applikation eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels (VivaStyle; Ivoclar Vivadent) über einen Zeitraum von 60 Minuten führte in einer In-vivo-Studie zu signifikanten Farbveränderungen (HANNIG et al. 2007). In der vorliegenden Studie wurde, wie vom

Hersteller empfohlen, eine tägliche Anwendung über Nacht mit einer durchschnittlichen Applikationsdauer von acht Stunden gewählt. In Bezug auf die Abnahme der Carbamidperoxid-Konzentration während der Schienen-Bleichtherapie spielt auch das Vorhandensein von Reservoirs eine Rolle. Eine Studie von MATIS 2002 ermittelte beispielsweise eine doppelt so hohe Konzentration an aktivem Carbamidperoxid nach zwei Stunden bei Bleichschienen mit Reservoir (47-54% Carbamidperoxid), als bei Bleichschienen ohne Reservoir (22-25% Carbamidperoxid) (MATIS et al. 2002). Bezogen auf ein besseres Bleichergebnis, mit oder ohne Reservoir, konnte allerdings kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (MATIS et al. 2002, JAVAHERI und JANIS 2000). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Trägerschienen mit Reservoirs von 1 bis 2 mm Dicke angefertigt.

Eine häufige Komplikation bei der Schienen-Bleichtherapie ist die Verletzung der Gingiva durch scharfe Kunststoffkanten (GOLDSTEIN und GARBER 1995). In der vorliegenden Studie wurden die Kunststoffkanten im Labor geglättet, abgerundet und poliert sowie im Mund des Patienten so angepasst, dass beim Tragen keine Irritationen der Mundschleimhaut auftreten konnten. Es kam durch das Tragen der Bleichschienen in dieser Studie bei keinem Patienten zu Verletzungen der Gingiva. Zum anderen wird in der Literatur das vermehrte Vorkommen von Gingivairritationen nach der Schienen-Bleichtherapie erwähnt (HAYWOOD 1991/1994). Im Rahmen der vorliegenden Studie kam es bei 8% der Anwender des Produktes Illuminé™home10% zu nachweislich sichtbaren Irritationen der Gingiva, welche aber kurz nach Ende der Bleichtherapie wieder verschwanden und keine dauerhaften Schädigungen hinterließen. Auch andere Studien beschreiben, dass Gingiva-Irritationen nach der Bleichbehandlung vollständig abklingen (HAYWOOD 1994, LEONARD 1998, LI 1998). Als Grund für das Auftreten dieser Irritationen wird im Rahmen dieser Studie eine nicht ausreichende Passgenauigkeit der Schiene, aber auch Fehler beim selbstständigen Befüllen der Trägerschienen mit einem Überschuss an Bleichmittel vermutet. Ein Grund für dieses dennoch geringe Vorkommen an Irritationen, kann die generell sehr gute Passgenauigkeit der individuell angefertigten Trägerschiene sein. Es kann daher konstatiert werden, dass die Verwendung des Produktes Illuminé™home10% effektiv in der aufhellenden Wirkung und sicher in der Anwendung ist.

6.1.4.2 In-Office-Bleaching (15% Wasserstoffperoxid)

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde bei 25 Probanden die „in-office“ Bleichmethode unter Verwendung eines 15%-iges Wasserstoffperoxid-Gels (Illuminé™office; Dentsply De Trey) angewendet. Professionelles Bleichen mit Hilfe von hochkonzentriertem Wasserstoffperoxid ist eine nachgewiesenermaßen effektive Methode natürliche Zähne in kurzer Zeit sichtbar aufzuhellen (PESCHKE 2005, TAVARES et al. 2003, MATIS et al. 2007). Üblicherweise werden Konzentrationen von 15 bis 30%-igem Wasserstoffperoxid und 30%-igem Carbamidperoxid verwendet (MATIS et al. 2007, PAPATHANASIOU et al. 2002). Zum Erreichen einer sichtbaren Zahnaufhellung variiert die Applikationsdauer zwischen 15 bis 60 Minuten (MATIS et al. 2007). In der vorliegenden Studie wurde ein In-office-Produkt mit einer effektiv wirksamen Wasserstoffperoxidkonzentration von 15% verwendet. Die Einwirkzeit des Bleichmittels wurde auf 45 Minuten festgelegt. Einer klinischen Studie von MATIS 2007 entsprechend ist nicht die Konzentration eines In-Office-Bleichmittels, sondern die Einwirkzeit auf der Zahnoberfläche der entscheidende Effektivitätsfaktor (MATIS et al. 2007). Bei der Gegenüberstellung von acht In-Office Bleichprodukten verschiedener Konzentrationen und Applikationsdauer, zeigte sich die größte Änderung von ΔE^* bei den Produkten mit der geringsten Konzentration von Wasserstoffperoxid. Drei Produkte mit der kürzesten Kontaktzeit ergaben auch die geringsten Änderungen von ΔE^* (MATIS et al. 2007). Somit kann angenommen werden, dass eine geringere Applikationsdauer von weniger als 45 Minuten auch zu entsprechend verminderter Aufhellung geführt hätte. Das Produkt Illuminé™office wurde im Rahmen dieser Studie in eine individuell hergestellte Reservoir-Trägerschiene appliziert und ohne die Verwendung von Kofferdam oder Gingivamaske auf die Zähne aufgebracht. Betrachtet man im Rahmen dieser Studie das Vorkommen von Gingivareizungen direkt nach der Verwendung des Produktes Illuminé™office, so zeigten sich trotz der gründlichen Überschussentfernung direkt nach der Applikation bei 60% der Anwender weißliche, reversible, nicht erosive Veränderungen im Bereich der Interdentalpapillen. Um diese reversiblen Veränderungen der Gingiva zu vermeiden, würde sich die zusätzliche Verwendung eines Gingivaschutzes anbieten.

6.1.4.3 OTC – Produkt (6% Wasserstoffperoxid)

In der vorliegenden Studie wurde bei 25 Studienteilnehmern das freiverkäufliche Bleichprodukt (OTC-Produkt) Blend-a-med Whitestrips™ angewendet. Dieses Produkt basiert auf einer Wasserstoffperoxidkonzentration von 6%. Die Effektivität von niedrigkonzentrierten, freiverkäuflichen Bleichmitteln konnte in vielen Studien nachgewiesen werden (KUGEL und KASTALI 2000, GERLACH et al. 2000/ 2002, GERLACH und ZHOU 2002, AUSCHILL et al. 2005, GERLACH 2007, HERNÁNDEZ GUERRERO et al. 2007, BIZHANG et al. 2007, XU et al. 2007). Eine deutliche Aufhellung der Zahnfarbe konnte nach einer Anwendungsdauer von zweimal täglich 30 Minuten über einen Zeitraum von zwei Wochen nachgewiesen werden (HANNIG et al. 2007, GERLACH und ZHOU 2002, GERLACH et al. 2000/ 2003). Auch in der vorliegenden Studie wurde das Bleichmittel Whitestrips™ zweimal täglich 30 Minuten über 14 Tage appliziert. Nach Abschluss der Bleichtherapie wurde eine signifikante Zahnaufhellung im Vergleich zur Ausgangszahnfarbe festgestellt. Schon in vorangegangenen Studien wurde die Zahnaufhellung mit Hilfe von freiverkäuflichen Bleichstreifen als effektive Methode der Zahnaufhellung, mit minimalem Zeitaufwand und einfacher Anwendung beschrieben (GERLACH und ZHOU 2001, KUGEL und KASTALI 2000). Auch im Rahmen der vorliegenden Studie war diese Methode der Zahnaufhellung bei den Anwendern aufgrund der einfachen Anwendung und kurzen Applikationsdauer sehr beliebt. Das Vorkommen von Gingivairritationen mit einer deutlichen Hyperplasie im Bereich des Gingivasaumens bei 16% der Anwender von Whitestrips™, kann eine Folge der unzureichenden Passgenauigkeit der Bleichstreifen sein. 24% der Anwender gaben an, dass die Bleichstreifen leicht in ihrer Position verrutschten und somit ein direkter Kontakt zur angrenzenden Gingiva möglich war.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Effektivität der Bleichtherapie

Alle drei, im Rahmen der vorliegenden Studie, verwendeten Bleichmethoden führten zu einer messbaren Aufhellung der Zähne.

Die Zahnaufhellung wird am prägnantesten durch die Änderung des L*-Wertes (Helligkeit) sowie durch die Änderung des b*-Wertes (Gelbanteil) hervorgerufen (LEIBROCK et al. 1995, NAKAMURA et al. 1993). Die Änderung des Gesamtfarbwertes ΔE^* ($\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$) zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten wird durch den Raumvektor ΔE^* bestimmt.

In der vorliegenden Untersuchung konnten nach Ende der jeweiligen Bleichtherapie Differenzen der Farbwert- bzw. Helligkeitswertveränderung ΔL^* von 1,97 bis 4,19 (Medianwerte) Einheiten ermittelt werden. Dabei wurde die größte mittlere Differenz nach der Bleichtherapie mit dem Produkt Illuminé™home $\Delta L^* = 3,97 (\pm 2,14)$ erreicht. Die zweitgrößte Differenz der Helligkeitsveränderung ΔL^* erreichte das Produkt Illuminé™office $\Delta L^* = 2,41 (\pm 1,58)$, gefolgt von dem Produkt Whitestrips™ $\Delta L^* = 1,99 (\pm 1,24)$. Bezogen auf die gesamte Farbwertänderung ΔE^* lagen die ermittelten Mittelwerte nach Ende der Bleichtherapie zwischen 3,58 ($\pm 1,57$) und 6,57 ($\pm 2,13$) Einheiten. Hier erreichte das Produkt Illuminé™home eine Farbwertänderung von $\Delta E^* = 6,57 (\pm 2,13)$ und das Produkt Illuminé™office von $\Delta E^* = 5,77 (\pm 1,72)$. Statistisch zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Systemen ($p > 0,05$). Das Produkt Whitestrips™ erreichte einen signifikant niedrigeren Wert von $\Delta E^* = 3,58 (\pm 1,57)$. Somit kann festgestellt werden, dass im Rahmen der vorliegenden Studie das Bleichsystem Illuminé™home 10% die größte Farbwertveränderung nach der Bleichtherapie erzielte. Das Produkt Illuminé™office erreichte einen nur gering schlechteren Wert ΔE^* aber lag im Vergleich der ΔL^* -Werte signifikant unter der Helligkeitsveränderung von Illuminé™home. Das Produkt Whitestrips™ führte ebenfalls zu einer deutlichen Aufhellung der Zahnfarbe, lag in seinen erreichten Werten aber deutlich unter denen der beiden anderen Produkte. Eine klinische Untersuchung von HANNIG 2007 erreichte

nach der Bleichtherapie mit Whitestrips™ (Applikation zweimal 30 Minuten täglich) ΔL^* -Werte von 1,55 ($\pm 0,41$). Die Farbwertveränderung ΔL^* eines 10% Carbamidperoxid-Gels (Applikation einmal täglich 60 Minuten) erbrachte Werte von $\Delta L^* = 1,22$ ($\pm 0,37$). Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Systemen festgestellt werden (HANNIG et al. 2007, GERLACH et al. 2000, GERLACH und ZHOU 2002). Eine Studie von ISHIKAWA-NAGAI 2004 erreichte nach einer 14-tägigen Anwendung zweier 10%-iger Carbamidperoxid-Gele („at-home“-System) Veränderungen im Wert ΔE^* zwischen 5,03 und 9,61 Einheiten, was mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie zu vergleichen ist (ISHIKAWA-NAGAI et al. 2004). Eine Studie von MATIS 2007, verglich die Effektivität von acht verschiedenen „in-office“-Systemen und stellte eine mittlere Gesamtfarbwertveränderung ΔE^* von 6,77 fest, was mit den ermittelten Werten der vorliegenden Studie vergleichbar ist (MATIS et al. 2007). GERLACH und ZHOU 2001 erzielten nach der Anwendung von Whitestrips™ (6%-iges Wasserstoffperoxid) im Vergleich zu Carbamidperoxid-Gelen in Konzentrationen von 10- bis 20% ein ähnliches und zum Teil auch besseres Farbergebnis bei der Anwendergruppe Whitestrips™ (GERLACH und ZHOU 2001). Eine klinische Studie von AUSCHILL 2005 verglich die Effektivität dreier Bleichprodukte. In Gruppe A wurde die over-the-counter Technik mit Whitestrips™ (zweimal täglich 30 Minuten) angewendet. Gruppe B verwendete die „at-home“-Technik mit einem 10%-igen Carbamidperoxid-Gel und Gruppe C die „in-office“-Technik mit einem 35%-igen Wasserstoffperoxid-Gel. Zum Ende der Bleichtherapie konnte bei allen drei Bleichtechniken mit Hilfe der VITA®-Lumin-Farbscala eine signifikante Zahnaufhellung festgestellt werden, die sich nicht signifikant voneinander unterschied. Der Grad der Aufhellung lag bei allen drei Techniken zwischen 9 bis 15 Einheiten, mit einem Mittelwert von Gruppe A: 11,2 ($\pm 1,8$); Gruppe B: 11,5 ($\pm 2,0$) und Gruppe C: 11,4 ($\pm 2,1$) (AUSCHILL et al. 2005). Eine klinische Studie von SHAHIDI 2005 verglich die Effektivität eines 10%-igen und 6%-igen Wasserstoffperoxid-beschichteten Bleichstreifens. Nach einer Therapiedauer von 14 Tagen zeigte sich an Tag 15 ein mittlerer ΔL^* von 2,35 für die mit 6%-igen Wasserstoffperoxid-beschichteten Streifen und ein Wert von $\Delta L^* = 3,03$ für das 10% Bleichgel (SHAHIDI et al. 2005). Eine ähnliche In-vivo-Studie von Gerlach und Barker erreichte nach zweiwöchiger Bleichtherapie mit einem 6%-igen Wasserstoffperoxid-beschichteten Bleichstreifen, einen mittleren ΔL^* - Wert von 3,79 (GERLACH und BARKER 2003). Das im Rahmen dieser Studie erreichte Bleichergebnis der over-the-counter Technik mit dem Produkt Whitestrips™ (6% Wasserstoffperoxid) lag bei einem mittleren Wert für ΔL^* von 1,99

($\pm 1,24$) und ΔE^* von 3,58 ($\pm 1,57$) nach einer Anwendungsdauer von 14 Tagen und liegt damit im Bereich anderer, oben aufgeführter Studienergebnisse. Die trotzdem schlechtere Bleichwirkung des Produktes Whitestrips™, im Vergleich zu den beiden professionellen Bleachingmethoden überrascht, da in anderen Studien eine vergleichbar gute oder sogar bessere Bleichwirkung nachgewiesen wurde (HANNIG et al. 2007, GERLACH et al. 2000, GERLACH und ZHOU 2002). Als einziges Produkt in dieser Studie ist diesem Bleichmittel Carbopol zugesetzt. Die größere Wasserstoffperoxidfreisetzung pro Zeiteinheit und damit effektivere Wirksamkeit von Carbopol-freien Bleichprodukten wurde in einer Studie von ROBINSON 1997 nachgewiesen (ROBINSON et al. 1997). Auch eine mögliche Inaktivierung von Wasserstoffperoxid durch Speichel wird in der Literatur beschrieben (ROSENTRITT et al. 2003). Aufgrund der konfektionierten Gestaltung der Bleichstreifen ist die Passgenauigkeit nicht optimal und ein Verrutschen der Streifen könnte zu einem vermehrten Speichelkontakt beigetragen haben.

Bei der „at-home“-Technik unter Verwendung des Produktes Illuminé™home, fällt in dieser Studie zum einen die signifikant bessere Veränderung des Helligkeitwertes L^* zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($\Delta L_{U0-U3} = 3,97 (\pm 2,14)$) im Gegensatz zu den beiden anderen Bleichsystemen auf. Zum anderen wurde zwischen Eingangs- und Recalluntersuchung ein signifikant stärkerer Rückgang dieser Differenz ermittelt ($\Delta L_{U0-U4} = 2,46 (\pm 1,11)$; $\Delta L_{U3-U4} = 1,73 (\pm 1,04)$). Die Zahnfarbe dunkelte demnach bei diesem System signifikant stärker nach, als bei den Systemen „in-office“ und „over-the-counter“. Die zunächst stärkere Aufhellung ΔL beim Produkt Illuminé™home kann in Verbindung mit der Applikationsdauer des Bleichmittels stehen. Mit einer durchschnittlichen Gesamtapplikationsdauer von ≈ 112 Stunden hatte bei diesem Produkt das Bleichgel den längsten Kontakt zur Zahnoberfläche (Illuminé office $\approx 2,25$ Stunden; Whitestrips ≈ 14 Stunden). Eine Studie von SULIEMAN 2004 zeigte einen Zusammenhang zwischen der Konzentration verschiedener Bleichmittel (5-35% Wasserstoffperoxid), der Applikationsdauer und der Effektivität der Bleichtherapie. Je höher die Konzentration, desto geringer war die Applikationsdauer um äquivalente Ergebnisse zu erreichen (SULIEMAN et al. 2004). Zum anderen wird in der Literatur die dehydrierende Wirkung von Wasserstoffperoxid auf die Zahnhartsubstanzen beschrieben (BETKE et al. 2006). Diese Dehydrierung wird zum einem mit dem verstärkten Auftreten von Hypersensibilitäten in Verbindung gebracht, äußert sich aber

zum anderen auch in einer initialen Zahnaufhellung, welche sich nach Abschluss der Bleichtherapie durch Wassereinlagerung (Rehydrierung) wieder vermindert und zu einem Nachdunkeln der Zahnfarbe führt (KUGEL und FERREIRA 2005, POHJOLA et al. 2002, FISCHER und BAILEY 1995, WEILER 2002). Beim Vergleich der im Rahmen der vorliegenden Studie visuell anhand der VITA-Farbskala (VITA® – Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) ermittelten Farbwerte, wurden bei allen drei Bleichmethoden nach Abschluss der Bleichtherapie signifikant hellere Zahnfarben, als zu Beginn der Therapie ermittelt. Zu diesem Ergebnis kamen auch andere klinisch vergleichende In-vivo-Studien (AUSCHILL et al. 2005, MATIS et al. 2000, ZEKONIS et al. 2003).

6.2.2 Nebenwirkungen

Die desinfizierende Wirkung des Carbamidperoxids, wie auch die Verbesserung der oralen Hygienesituation während der Bleichanwendung, wurden bereits in mehreren Studien nachgewiesen (MARSHALL et al. 1995, ATTIN 1998, HEYMAN et al. 1998). Betrachtet man die orale Hygienesituation während der Bleichtherapie im Rahmen der vorliegenden Studie, so ist eine deutliche Verbesserung bei allen drei Bleichmethoden zu beobachten. Die gemessene Verbesserung der PBI-, API- und PI-Werte kann dabei neben der desinfizierenden Wirkung der verschiedenen Bleichmedien, aber auch auf ein gesteigertes Bewusstsein für die eigene Mundhygiene zurückgeführt werden.

Als eine der häufigsten Nebenwirkungen der Bleichbehandlung werden Hypersensibilitäten und Gingivairritationen in der Literatur beschrieben (HAYWOOD 2005, TAM 2001, SCHULTE et al. 1994, HAYWOOD et al. 1994, LEONARD et al. 1997). Das Auftreten von Zahnhypersensibilitäten während der Bleichtherapie, wird in der Literatur mit 55% und 75% angegeben (KIHN 2007, HAYWOOD et al. 1994). Die verschiedenen Bleichmethoden unterschieden sich dabei nicht wesentlich voneinander (AUSCHILL et al. 2005). In der vorliegenden Studie klagten 65% aller Studienteilnehmer über Hypersensibilitäten. Die prozentuale Verteilung lag zwischen 60% und 72%, wobei der höchste Wert (72%) auf das Produkt Illuminé™home und der

geringste Wert (60%) auf das Produkt Whitestrips™ fiel. Als Hauptursache für das Auftreten von Hypersensibilitäten wird die Diffusion von Abbauprodukten des Wasserstoffperoxids durch die Dentintubuli bis hin zur dentalen Pulpa und das Auslösen einer reversiblen Pulpitis angesehen (BOWLES et al. 1986, GOKAY et al. 2000). Auch die Trägersubstanz von vielen Bleichmitteln – Glycerin wird mitverantwortlich für das Auftreten von Hypersensibilitäten gemacht. Glycerin absorbiert während des Bleichvorganges Wasser, was zu einer Dehydrierung der Zahnhartsubstanz führen kann. Diese Dehydrierung kann eine Hypersensibilität zur Folge haben (LEONARD et al. 1997, POHJOLA et al. 2002). In der Literatur findet man Hinweise auf das vermehrte Auftreten von Nebenwirkungen bei carbopol-haltigen Bleichmitteln und einer Anwendungsdauer von mehr als zwei Stunden (LEONARD et al. 1997). Diese Beobachtung konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Auffällig in der vorliegenden Studie war der große Unterschied in der empfundenen Intensität der Hypersensibilitäten. Während in der Anwendergruppe des Produktes Illuminé™home zwar mehr Probanden über Sensibilitäten klagten, kam es bei Anwendern des Produktes Illuminé™office bei 44% der Anwender zu teilweise sehr starken Empfindlichkeiten der Zähne nach der Bleichtherapie, welche bei manchen Patienten sogar als Schmerzen bezeichnet wurden. Jeweils nur ein Proband der beiden anderen Methoden gab ähnliche Beschwerden an. Da die Applikationsdauer bei diesem Produkt insgesamt am geringsten war, könnte diese extreme Sensibilität in Zusammenhang mit der erhöhten Bleichmittelkonzentration (15% Wasserstoffperoxid) oder aber mit der höheren Viskosität des Bleichmittels stehen. Nach der Applikation eines Bleichgels mit höherer Viskosität, lässt sich einer Studie von THITINANTHAPA 1999 zufolge, eine größere Menge an H₂O₂ in der Pulpenkammer nachweisen, als bei einem gering viskösen Gel (THITINANTHAPA et al. 1999). Andere Studien konstatierten einen Zusammenhang zwischen der Konzentration des Bleichmittels und dem Vorkommen an Hypersensibilitäten. Niedrig dosierte Produkte verursachten bei ähnlichen Bleichergebnissen deutlich seltender Hypersensibilitäten als höher konzentrierte Produkte (ROSENTRITT et al. 2003, GERLACH et al. 2001).

Gingivairritationen zählen neben dem Auftreten von Hypersensibilitäten zu den häufigsten Nebenwirkungen von Bleichtherapien und wurden schon in zahlreichen Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Bleichen von Zähnen erwähnt (LEONARD et al. 1997, LI 1998, HAYWOOD et al. 1994). Betrachtet man das Auftreten von

Gingivairritationen in der vorliegenden Studie, so traten diese, nach Angaben der Studienteilnehmer, bei insgesamt 64% auf. Für den Behandler nachweisbar waren deutliche Gingivahyperplasien bei 28% der Probanden. Beim Vergleich aller drei Bleichmethoden, bezogen auf das allgemeine Auftreten von Gingivareizungen, gaben 52% der Probanden beim „in-office“-Bleichen Reizungen der Gingiva an. Dem gegenüber gestellt klagten jeweils 75% der Probanden der Gruppe „at-home“ und „Whitestrips™“ über Gingivareizungen während der Bleichtherapie. Alle Veränderungen der Gingiva waren reversibel und verschwanden bei den Teilnehmern kurz nach Ende der Bleichtherapie. Die Ergebnisse einer Studie von HAYWOOD 1994 zeigten bei 31% der Probanden reversible Irritationen der Gingiva (HAYWOOD 1994). Als Ursache wird zum einen eine lokale Entzündungsreaktion aufgrund des Kontaktes der Gingiva zum Bleichmittel diskutiert (HAYWOOD et.al 1994). Zum anderen könnte eine entzündliche Reaktion der Gingiva durch eine traumatisierende Einwirkung der Trägerschiene resultieren (GOLDSTEIN et al. 1995). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde auf eine sorgfältige Ausarbeitung sowie gute Passgenauigkeit der Schienen geachtet. Es konnten keinerlei Verletzungen der Gingiva, aufgrund des Tragens der Bleichschiene, festgestellt werden. Der Kontakt von Bleichmittel zur begrenzenden Gingiva kann letztendlich nicht ausgeschlossen werden. Besonders bei der Verwendung des Produktes Whitestrips™ kam es nach Angaben der Anwender oft zu einem Verrutschen der Bleichstreifen auf den Zähnen. Des Weiteren ist es aufgrund der konfektionierten Formgebung der Bleichstreifen nicht möglich, ausschließlich die Zähne zu bedecken. Auch bei der Anwendung des Produktes Illuminé™office kam es trotz individuell hergestellter Bleichschiene, bei 60% der Anwender, zu reaktiven nicht-erosiven Veränderungen der Interdentalpapillen direkt nach der Bleichtherapie, was auf einen Kontakt des Bleichgels mit der angrenzenden Gingiva zurückgeführt werden kann. Ein Grund dafür kann die nicht erfolgte Applikation eines Gingivaschutzes (beispielsweise Kofferdam oder Gingivamaske) sein. Zum anderen konnte während der Bleichtherapie mit dem Produkt Illuminé™office, trotz gewissenhafter Entfernung aller Überschüsse nach dem Eingliedern der beschichtete Trägerschiene, ein Aufquellen des Bleichmittels im Mund des Patienten beobachtet werden, welches zu einem Anheben der Trägerschiene und dadurch zu einem weniger dichten Abschluss zwischen Schiene und Zahnoberfläche führte. Der Kontakt von Bleichmittel mit den Interdentalpapillen kann bei der Therapie mit Schienensystemen kaum vermieden werden (HAYWOOD 1992). Diese nicht-erosiven weißen Veränderungen der Interdentalpapillen verschwanden 6

bis 12 Stunden nach dem Bleichen und hinterließen keine dauerhaften Schäden der Gingiva.

Die Wirksamkeit und Sicherheit der externen Bleichtherapie mit Carbamidperoxid – und Wasserstoffperoxidhaltigen Gelen ist in der Literatur hinreichend dokumentiert (HAYWOOD et al. 1991, WEITZMANN et al. 1986, LI 1998, LYNCH et al. 1994, MATIS et al. 1998, KUGEL und KASTALI 2000, PESCHKE 2005, AUSCHILL et al. 2005). Um eine Reduzierung der genannten Nebenwirkungen zu erreichen, wird in der Literatur von mehrmals täglichen Applikationen eines Bleichgels abgeraten und empfohlen die Abstände zwischen den einzelnen Applikationen zu vergrößern (HAYWOOD et al. 1994, LEONARD et al. 1997). Sämtliche im Rahmen dieser Studie aufgeführten Nebenwirkungen bildeten sich nach Abschluss der jeweiligen Bleichtherapie wieder vollständig zurück, so dass zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung keine irreversiblen Schädigungen von Zahn- oder Weichgewebsstrukturen nachweisbar waren. Ein gesundheitliches Risiko bei der Bleichtherapie stellt die Freisetzung freier Radikale beim Bleichvorgang dar. Dieses Risiko wird allerdings erst beim Verschlucken größerer Mengen Bleichgel relevant. Die aus Tierversuchen errechnete halbletale Dosis (LD_{50}) von 87,2 bis 143,8 mg Carbamidperoxid pro Kilogramm Körpergewicht, könnte ein 70kg schwerer Mensch erst dann erreichen, wenn er ca. 7000mg Carbamidperoxid verschlucken würde. Dies entspricht in etwa einer Menge von 70000 mg Bleichgel – dem 43-fachen der normalerweise applizierten Menge Bleichgel (ATTIN 1998). Auf Grund dieser Tatsache sollte jedes Bleichmittel unzugänglich für Kinder aufbewahrt werden.

6.2.3 Farbstabilität und Prognose des Therapieerfolges

Eine Beurteilung des langfristigen Bleichergebnisses kann im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht erfolgen. Der Untersuchungszeitraum von drei Monaten kann lediglich als Prognose für die Farbstabilität nach dem Bleichen herangezogen werden. In der Literatur finden sich meist Langzeiterfolge mit nachweislich guten und stabilen Bleichergebnissen von ein bis drei Jahren (LEONARD 1998/ 2001, ROSENTRITT et al. 2003, HAYWOOD 1992, ATTIN 1998). Nur wenige Studien erzielten stabile Bleichergebnisse von mehr als vier und bis zu 12 Jahren (LEONARD et al. 2001, RITTER et al. 2002, FRIEDMANN 1988). In der vorliegenden Studie konnte bei allen drei Bleichmethoden „at-home“- , „in-office“- und „over-the-counter“-Technik, ein messbarer Rückgang der Gesamtfarbwertänderung ΔE^* bis zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung nach drei Monaten festgestellt werden. Das Produkt Blend-a-med Whitestrips™ (OTC-Technik) verzeichnete einen Differenzunterschied ΔE^*_{U3-U4} von 0,72 ($\pm 0,23$), welcher im Vergleich zu den beiden anderen Techniken am geringsten ausfiel. Eine Studie von BIZHANG et al. 2007 konnte beispielsweise nach einer zweiwöchigen Bleichtherapie mit Whitestrips™ bei 82-91% der Probanden noch nach 18 Monaten ein stabiles Bleichergebnis und nach 6 Monaten einen ΔL^* - Wert von 2,4 ermitteln (BIZHANG et al. 2007). Bei der Verwendung des Bleichsystems Illuminé™home (10%-iges Carbamidperoxid-Gel) konnte im Rahmen der vorliegenden Studie ein Farbverlust ΔE^* von 23,4% nach 12 Wochen verzeichnet werden. Bei dem Bleichsystem Illuminé™office lag dieser Wert 12 Wochen nach Ende der Bleichtherapie bei 19,1% (in ΔE^*). Der mittlere Farbverlust des Produktes Whitestrips™ lag nach 12 Wochen bei 16,8% (in ΔE^*). Das Bleichergebnis war somit nach drei Monaten bei dem Produkt Blend-a-med Whitestrips™ am stabilsten. Eine Studie von MATIS 1998 untersuchte die Effektivität und Sicherheit eines 10%-igen Carbamidperoxid-Gels, welches über einen Zeitraum von zwei Wochen bei sechzig Patienten täglich appliziert wurde. Die Kontrolluntersuchungen und Zahnfarbbestimmungen fanden nach der Eingangsuntersuchung nach 1, 2, 3, 6, 12 und 24 Wochen statt. 22 Wochen nach Ende der Bleichtherapie konnte bei 66% der Studienteilnehmer noch eine signifikante Aufhellung der Zähne nachgewiesen werden ($\Delta E^* = 5,0$). Die Zahnfarbe der oberen Frontzähne stabilisierte sich nach 6 Wochen und die der Eckzähne im Oberkiefer nach 12 Wochen. Der mittlere Farbverlust vom Zeitpunkt direkt nach Ende der Bleichtherapie

bis 22 Wochen danach lag bei 45% (in ΔE^*) (MATIS et al. 1998). Der Kontrollzeitraum nach der Bleichtherapie wurde in dieser Studie auf 12 Wochen festgelegt. Vergleicht man die Ergebnisse von MATIS 1998 mit denen der vorliegenden Untersuchung, so kann angenommen werden, dass die ermittelten Werte als stabil angesehen werden können. Das dauerhafte Bleichergebnis kann im Rahmen der vorliegenden Studie nur vermutet werden und war nicht Inhalt der vorliegenden Arbeit. Es wurden allerdings nach drei Monaten objektiv und visuell messbare Farbunterschiede gegenüber der Abschlussuntersuchung bestimmt. Wünschenswert wäre ein stabiles Bleichergebnis von zwei bis drei Jahren, das schon in vorangegangenen Studien nachgewiesen werden konnte (LEONARD 1998/ 2001, ROSENTRITT et al. 2003, HAYWOOD 1992, ATTIN 1998).

6.3 Schlussfolgerungen

Alle drei Bleichmethoden führten zu einer signifikanten Änderung des Farbabstandes ΔE^* und ΔL^* . Es konnte eine Zunahme des Helligkeitwertes ΔL^* sowie die Abnahme der Farbwerte a^* und b^* nach Ende jeder der drei Bleichtherapien bei allen drei Bleichmethoden ermittelt werden.

Es zeigten sich signifikante Unterschiede in der Farbwertveränderung zwischen den verschiedenen Bleichsystemen.

10%-iges Carbamidperoxid und 15%-iges Wasserstoffperoxid führen als professionelle Bleichmethoden zu einer deutlich sichtbaren und signifikanten Aufhellung natürlicher Zähne und unterscheiden sich im Gesamtergebnis ΔE nicht signifikant voneinander.

6%-iges Wasserstoffperoxid, aufgetragen auf einen dünnen Polyethylen-Streifen, erzielte im Vergleich zu den professionellen Methoden (10% Carbamidperoxid und 15% Wasserstoffperoxid) ein signifikant geringeres Bleichergebnis bezogen auf ΔE . Es kann aber als ein effektives Bleichmedium zur Aufhellung natürlicher Zähne angesehen werden und ist als freiverkäufliches Produkt (Blend-a-med Whitestrips™) sicher in der Anwendung.

Direkt nach der Bleichtherapie sind die professionellen Bleichtherapien dem OTC-Produkt in Bezug auf die Bleichwirkung überlegen.

Drei Monate nach Ende der Bleichtherapie kam es bei allen drei verwendeten Bleichmethoden zu einem signifikant messbaren „Nachdunkeln“ der Zahnfarbe. Bezogen auf die Farbstabilität erreichte das Produkt Blend-a-med Whitestrips™ 12 Wochen nach Ende der Bleichtherapie das stabilste Farbergebnis, bei insgesamt signifikant geringster Farbwertänderung.

Bezogen auf das Auftreten von Nebenwirkungen ergaben die ermittelten Werte vergleichbare Ergebnisse für alle drei verwendeten Bleichtherapien. Nur bezogen auf das Auftreten von Hypersensibilitäten kam es beim „in-office“-Bleichen zu signifikant stärkeren Empfindungen, als bei den beiden anderen Systemen.

7 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie war, in-vivo die Effektivität von drei verschiedenen Bleichtherapien an vitalen natürlichen Zähnen (OK- und UK-Frontzähne) zu überprüfen. Untersucht wurden die beiden professionellen Bleichprodukte Illuminé™home (Gruppe A: 10%-iges Carbamidperoxid-Gel) und Illuminé™office (Gruppe B: 15%-iges Wasserstoffperoxid) sowie das OTC-Produkt Blend-a-med Whitestrips™ (Gruppe C: 6%-iges Wasserstoffperoxid). An der Untersuchung beteiligten sich insgesamt 75 allgemein- und zahnmedizinisch gesunde Patienten im Alter von 17 bis 67 Jahren, von denen 45% weiblich und 30% männlich waren. Die Zahnfarbe der Probanden war im Mittel A2 oder dunkler.

Ausschlusskriterien waren schwere Allgemeinerkrankungen, Alkoholismus, starkes Rauchen, bekannte Überempfindlichkeit gegen in der Studie verwendete Substanzen, Schwangerschaft und Stillzeit, schwerwiegende orale Erkrankungen, kieferorthopädische Apparaturen, überempfindliche Zahnhälse, Schmelzrisse oder Schmelzsprünge und eine vorab durchgeführte Bleichtherapie.

Die häusliche orale Mundhygiene wurde während des gesamten Untersuchungszeitraumes mit einer vorgegebenen Zahnbürste und Zahnpaste durchgeführt. Drei Wochen vor Beginn der jeweiligen Bleichtherapie wurde bei allen Patienten eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt.

Die Gruppeneinteilung der Probanden erfolgte randomisiert in drei Gruppen mit jeweils 25 Probanden. Die Therapiedauer für die „at-home“-Technik betrug vierzehn Tage. Die individuell hergestellten und mit Bleichgel befüllten Schienen wurden jeweils über Nacht für ca. acht Stunden getragen. Die Behandlung mit dem Produkt Whitestrips™ erfolgte ebenfalls über einen Zeitraum von vierzehn Tagen mit einer zweimal-täglichen Applikation der beschichteten konventionell hergestellten Bleichstreifen von 30 Minuten. Die professionelle „in-office“-Technik wurde an drei Terminen innerhalb von drei Wochen für 45 Minuten mittels individuell hergestellter mit Reservoirs versehender Bleichschienen angewendet.

Die Bestimmung der Zahnfarbe fand vor (U0), während (U1) und nach dem Bleichen (U3) sowie drei Monate nach Abschluss der Bleichtherapie (U4) an den jeweils 6 Frontzähnen im Ober- und Unterkiefer statt. Die Farbmessung erfolgte zum einen mit Hilfe des Farbmessgerätes (ShadeEye NCC[®]; SHOFU[®]) und der Ermittlung der Farbwerte entsprechend des CIELAB-Systems (L^* , a^* , b^* -Werte; Commission Internationale de l'Éclairage, 1978). Zum anderen wurde die Zahnfarbe visuell, anhand der VITA[®]-Lumin-Farbskala (VITA[®] Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) ermittelt. Um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen und Messfehler zu minimieren wurden zu jeder Farbmessung individuell hergestellte Schienen als Justierhilfe verwendet.

Die Ergebnisse wurden statistisch mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS 12.0 für Windows und der nichtparametrischen Tests: Mann-Whitney-Test, Kruskal Wallis Test und Wilcoxon-Test ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,01$ festgelegt. Die Ausfallquote betrug 0%.

Die Auswertung ergab, dass bei allen drei verwendeten Bleichprodukten eine messbare und visuell wahrnehmbare Aufhellung der Zähne mit einer signifikanten Zunahme des L^* -Wertes (Helligkeit) resultierte.

Der Farbwert Δb^* entlang der Gelb-Blau-Achse reduzierte sich zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($\Delta b0_3$) sowie Eingangs- und Recalluntersuchung ($\Delta b0_4$) signifikant nach der Anwendung der „at-home“ und der „in-office“ Bleichmethode im Vergleich zu Whitestrips[™]. Zwischen „at-home“ Bleaching und „in-office“ Bleaching konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Auch die Farbveränderung entlang der Rot-Grün-Achse Δa war zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($\Delta a0_3$) nach der Anwendung der „at-home“ und der „in-office“ Bleichmethode signifikant größer im Vergleich zu Whitestrips[™]. Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen „at-home“ Bleaching und „in-office“ Bleaching ermittelt werden. Das Bleichergebnis Δa war im Vergleich zu den beiden anderen Produkten beim „in-office“ Bleaching zum Zeitpunkt der Recalluntersuchung unverändert ($\Delta a0_3$).

Die Helligkeitsänderung ΔL zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ($\Delta L0_3$) war signifikant größer beim „at-home“ Bleaching im Vergleich zur Anwendung von „in-office“ und Whitestrips[™]. Zur Recalluntersuchung ($\Delta L0_4$) erreichte das „at-home“ Bleaching noch immer eine signifikant größere Helligkeitsveränderung ΔL als das Bleichen mit „in-office“ Bleaching und Whitestrips[™]. Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen „in-office“ Bleaching und Whitestrips[™] ermittelt werden.

Bezogen auf die mittlere Gesamtfarbveränderung ΔE konnten in den Untersuchungsintervallen ΔE_{0_3} (Eingangsuntersuchung - Abschlussuntersuchung) und ΔE_{0_4} (Eingangsuntersuchung - Recalluntersuchung) signifikante Unterschiede zwischen den Methoden „at-home“ Bleaching und Whitestrips™, ebenso wie zwischen „in-office“ Bleaching und Whitestrips™, jedoch nicht zwischen den Bleichmethoden „at-home“ Bleaching und „in-office“ Bleaching ermittelt werden. Insgesamt erreichten damit die beiden professionellen Bleichprodukte Illuminé™home und Illuminé™office eine signifikant größere Farbwertänderung ΔE^* im Vergleich zur OTC-Technik.

Beim visuellen Abgleich mit dem Vita-Farbring wurden nach der Bleichtherapie bei allen drei Bleichmethoden im Vergleich zur Eingangsuntersuchung signifikant hellere Farben bestimmt. Dabei unterschieden sich nach Ende der jeweiligen Bleichtherapie die Systeme „in-office“- und „at-home“ Bleichen nicht signifikant voneinander. Ein signifikanter Unterschied bestand jedoch zwischen beiden professionellen Bleichsystemen und dem OTC-Produkt Blend-a-med Whitestrips™. Bezogen auf das Auftreten von Nebenwirkungen unterschieden sich die drei Bleichmethoden nur geringfügig voneinander, wobei das Vorkommen von sehr starken Hypersensibilitäten bei 44% der Anwender der Gruppe B (Illuminé office) hervorzuheben ist. Alle Nebenwirkungen waren reversibel und verschwanden bei 100% der Studienteilnehmer nach Abschluss der Bleichtherapie.

Zähne von Rauchern und Nichtrauchern ließen sich gleichermaßen gut aufhellen und unterschieden sich nicht signifikant bezogen auf das längerfristige Bleichergebnis.

Bei der Auswertung der erhobenen oralen Parameter zeigte sich bei einem Großteil der Studienteilnehmer ein positiver Einfluss während der Bleichtherapie auf die Mundhygienesituation.

Insgesamt wurden alle drei Bleichmethoden von den Studienteilnehmern, bezogen auf die erzielte Aufhellung der Zähne, positiv bewertet. Die „at-home“-Bleichmethode, unter Verwendung des Produktes Illuminé home, erzielte allerdings hinsichtlich Effektivität und Akzeptanz durch den Patienten die besten Ergebnisse.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die professionellen Methoden zur Aufhellung natürlicher Zähne unter zahnärztlicher Aufsicht („at-home“- und „in-office“-Bleichen) mit individuell hergestellten Bleichschielen die besten Ergebnisse in Bezug auf das Bleichergebnis erzielten. Erwähnenswert ist dabei, dass der Aufhellungsbereich bei Bedarf auch auf natürliche Zähne im Seitenzahnbereich möglich ist. Als Nachteil für den

Patienten sind dabei der höhere finanzielle Aufwand und der mehrfache Besuch in der zahnärztlichen Praxis zu nennen.

Das freiverkäufliche Produkt Blend-a-med Whitestrips[™] stellt eine kostengünstige Alternative zur Aufhellung natürlicher Zähne dar, wobei sich durch die vorkonfektionierte Gestaltung der Bleichstreifen die Anwendung nur auf das Frontzahnsegment (maximal von Eckzahn zu Eckzahn) beschränkt. Verbesserungen sollten in Bezug auf die Haftung der Bleichstreifen auf der Zahnoberfläche erfolgen, so dass ein Verrutschen auf den Zähnen vermieden werden kann.

8 Literaturverzeichnis

1. **Addy M, Prayitno S, Taylor L, Cadogan S.**
An in vitro study of the role of dietary factors in the aetiology of tooth staining associated with the use of chlorhexidine.
J Periodontal Res. 1979;14(5):403-10.
2. **Addy M, Mahdavi SA, Loyn T.**
Dietary staining in vitro by mouthrinses as a comparative measure of antiseptic activity and predictor of staining in vivo.
J Dent. 1995;23(2):95-9.
3. **Addy M, Sharif N, Moran J.**
A non-staining chlorhexidine mouthwash? Probably not: a study in vitro.
Int J Dent Hyg. 2005;3(2):59-63.
4. **Albers HF.**
Lightening natural teeth.
ADEPT Report. 1991;2:1-24
5. **Al-Salehi SK, Hatton PV, McLeod CW, Cox AG.**
The effect of hydrogen peroxide concentration on metal ion release from dental amalgam.
J Dent. 2007;35(2):172-6.
6. **Al Shethri S, Matis BA, Cochran MA, Zekonis R, Stropes M.**
A clinical evaluation of two In-Office-Bleaching products.
Oper Dent. 2003;28(5):488-95.
7. **Andreasen JQ.**
External root resorption: its implication in dental traumatology, paedontics, periodontics, orthodontics, and endodontics.
Int Endod J. 1985;18(2):109-18.
8. **Attin T.**
Sicherheit und Anwendung von Carbamidperoxidhaltigen Gelen bei Bleichtherapien.
Dtsch Zahnärztl Z. 1998;53:11-16.
9. **Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R.**
Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a systematic review.
Dent Mater. 2004;20(9):852-61.
10. **Attin T, Kielbassa AM.**
Die Bleichbehandlung – ein fester Bestandteil ästhetischer Zahnheilkunde.
Zm 1995;(85)Nr.22:54-61.
11. **Attin T, Paqué F, Ajam F, Lennon AM.**
Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique.
Int Endod J. 2003 May;36(5):313-29.

12. **Auschill TM, Barcsay LA, Arweiler NB.**
Strips versus gel: a clinical comparison of two over-the-counter bleaching systems.
Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2007;117(8):843-56.
13. **Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB.**
Efficacy, side-effects and patients acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home).
Oper Dent. 2005;30-2:156-63.
14. **Baik JW, Rueggeberg FA, Liewehr FR.**
Effect of light-enhanced bleaching on in vitro surface and intrapulpal temperature rise.
J Esthet Restor Dent. 2001;13:370-8.
15. **Baratieri LN, Ritter AV, Monteiro S, Jr., Caldeira de Andrada MA, Cardoso Vieira LC.**
Nonvital tooth bleaching: guidelines for the clinician.
Quintessence Int. 1995;26:597-608.
16. **Best D.**
Hue, Value and Chroma – dental color terminology and the world of art.
Trends Tech Contemp Dent Lab. 1984;1(5):31-35.
17. **Betke H, Kahler E, Reitz A, Hartmann G, Lennon A, Attin T.**
Influence of bleaching agents and desensitizing varnishes on the water content of dentin.
Oper Dent. 2006;31(5):536-42.
18. **Bitter NC.**
A scanning electron microscopy study of the long-term effect of bleaching agents on the enamel surface in vivo.
Gen Dent. 1998;41:84-8.
19. **Bizhang M, Heiden A, Blunck U, Zimmer S, Seemann R, Roulet JF.**
Intracoronary bleaching of discoloured non-vital teeth.
Oper Dent. 2003;28-4:334-40.
20. **Bizhang M, Müller M, Phark JH, Barker ML, Gerlach RW.**
Clinical trial of long-term color stability of hydrogen peroxide strips and sodium percarbonate film.
Am J Dent. 2007;20:23-7.
21. **Bizhang M, Seemann R, Duve G, Romhild G, Altenburger JM, Jahn KR, Zimmer S.**
Demineralization effects of 2 bleaching procedures on enamel surface with and without post-treatment fluoride application.
Oper Dent. 2006;31(6):705-9.
22. **Boweris A, Oshino N, Chance B.**
The cellular production of hydrogen peroxide.
Biochem J 1972;18(11):527-29.
23. **Bowles WH, Thompson LR.**
Vital bleaching: the effect of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes.
J Endod 1986;12(3):108-12.
24. **Buonocore MG.**
A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface.
J Dent Res. 1955;34(6):849-53.

- 25. Brenneise CV, Conway KR.**
Dentin dysplasia, type II: report of 2 new families and review of the literature.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Endod. 1999;87(6):752-5.
- 26. Brosset A, Nouaille Y, Merie L.**
Problems raised by the use of tetracyclines in the first years of life.
Rev Med Interne. 1987;8(2):218-22.
- 27. Brunton PA, Ellwood R, Davies R.**
A six-month study of two self-applied tooth whitening products containing carbamide peroxide.
Oper Dent. 2004;29(6):623-6.
- 28. Cavalli V, Reis AF, Giannini M, Ambrosano BMB.**
The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite.
Oper Dent. 2001;26:597-602.
- 29. Chaushu S, Shapira J, Heling I, Becker A.**
Emergency orthodontic treatment after the traumatic intrusive luxation of maxillary incisors.
Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004;126(2):162-72.
- 30. Chiappinelli JA, Walton RE.**
Tooth discoloration resulting from long-term tetracycline therapy: a case report.
Quintessence Int. 1992;23(8):539-41.
- 31. Christensen GJ.**
To bleach or not to bleach?
J Am Dent Assoc. 1991;122(12):64-5.
- 32. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)**
Colometry, official recommendations of the international Commission on Illumination.
2ndEd. CIE 15.2;Paris, Bureau central de la CIE 1985.
- 33. Clark EB.**
Tooth color selection.
J Am Dent Assoc 1933;26:1065-73.
- 34. Cvek M, Lindvall AM.**
External root resorption following bleaching of pulpless teeth with oxygen peroxide.
Endod Dent Traumatol. 1985;1(2):56-60.
- 35. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ Jr, Pires JA.**
Bond strength of composite resin to enamel with carbamide peroxide.
J Esthet Dent. 1991;3(3):100-2.
- 36. Dahl Je, Becher R.**
Acute toxicity of carbamid peroxide and a commercially available tooth-bleaching agent in rats.
J Dent Res. 1995 Feb;74(2):710-4.
- 37. Dahlstrom SW, Heithersay GS, Bridges TE.**
Hydroxyl radical activity in thermo-catalytically bleached root-filled teeth.
Endod Dent Traumatol. 1997 Jun;13(3):119-25.

- 38. Da Silva Machado J, Cândido MS, Sundfeld RH, De Alexandre RS, Cardoso JD, Sundfeld ML.**
The influence of time interval between bleaching and enamel bonding.
J Esthet Restor Dent. 2007;19(2):111-8.
- 39. Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa AM.**
Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3758 teeth.
Int J Prosthodont. 2007;20(4):414-6.
- 40. Dietschi D, Rossier S, Krejci I.**
In vitro colorimetric evaluation of the efficacy of various bleaching methods and products.
Quintessence Int. 2006;37(7):515-26.
- 41. Donly KJ, Segura A, Henson T, Barker ML, Gerlach RW.**
Randomized controlled trial of professional at-home tooth whitening in teenagers.
Gen Dent. 2007 Nov;55(7):669-74.
- 42. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M, Brugnera Jr A, Zanin F.**
Diode laser-activated bleaching.
Braz Dent J. 2004;15:S13-8.
- 43. Dunn JR.**
Dentist-prescribed home bleaching: current status.
Compend Contin Educ Dent. 1998;19(8):760-64.
- 44. Duschner H, Götz H, White DJ, Kozak KM, Zoladz JR.**
Effects of hydrogen peroxide bleaching strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and microchemical (Raman spectroscopic) composition.
J Clin Dent. 2006;17(3):72-8.
- 45. Ellingsen JE, Rolla G, Eriksen HM.**
Extrinsic dental stain caused by chlorhexidine and other denaturing agents.
J Clin Periodontol. 1982;9(4):317-22.
- 46. English H.**
External apical root resorption as a consequence of orthodontic treatment.
INZ Soc Periodontol. 2001;86:17-23.
- 47. Fani G, Vichi A, Davidson CL.**
Spectrophotometric and visual shade measurements of human teeth using three shade guides.
Am J Dent. 2007 Jun;20(3):142-6.
- 48. Faraoni-Romano JJ, Turssi CP, Serra MC.**
Concentration-dependent effect of bleaching agents on microhardness and roughness of enamel and dentin.
Am J Dent. 2007;20(1):31-4.
- 49. Fasanaro TS.**
Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations.
J Esthet dent. 1992;4(3):71-8.

- 50. Feinman RA.**
Chemical, optical, and physiologic mechanisms of bleaching products: a review.
Pract Periodontics Aesthet Dent. 1991;3(2):32-6.
- 51. Feinman RA.**
Bleaching. A combination therapy.
CDA J. 1987;15(4):10-3.
- 52. Fischer D, Bailey JH.**
Vital bleaching for aesthetic improvement.
Pract Periodontics Aesthet Dent. 1995;7(8):61-4.
- 53. Floyd RA.**
The effect of peroxides and free radicals on body tissues.
J Am Dent Assoc. 1997 Apr;128 Suppl:37S-40S.
- 54. Franchi I, Lolli A, Bianchi R, Bortolini S, Consolo U.**
Professional clinical results with Pola Office: 6-month clinical results with spectrophotometric analysis.
Minerva Stomatol. 2007 Apr;56(4):191-208.
- 55. Friedmann S.**
Internal bleaching: long-term outcomes and complications.
J Am Dent Assoc. 1997 Apr;128:51-55.
- 56. Friedmann S, Rotstein I, Libfeld H, Stabholz A, Heling I.**
Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth.
Endod Dent Traumatol 1988;4:23-6.
- 57. Fu B, Hoth-Hanning W, Hannig M.**
Effects of dental bleaching on micro- and nano-morphological alterations of the enamel surface.
Am J Dent. 2007;20(1):35-40.
- 58. Fugaro JO, Nordahl I, Fugaro OJ, Matis BA, Mjör IA.**
Pulp reaction to vital bleaching.
Oper Dent. 2004 Jul-Aug;29(4):363-8.
- 59. Gallagher A, Maggio B, Bowman J, Borden L, Mason S, Felix h.**
Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems.
J Clin Dent. 2002;13(6):219-24.
- 60. Gerlach RW, Barker ML.**
Clinical Response of three direct-to-consumer whitening products: Strips, paint-on gel and dentifrice.
Comend Contin Educ Dent. 2003;24(6):458,461-4,466.
- 61. Gerlach RW, Barker ML.**
Randomized clinical trial comparing overnight use of two self-directed peroxide tooth whiteners.
Am J Dent. 2003;16:17B-21B.
- 62. Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA.**
Initial color change and color retention with a hydrogen peroxide bleaching strip.
Am J Dent. 2002;15(1):3-7.

- 63. Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA.**
A randomized clinical trial comparing a novel 5,3% hydrogen peroxide whitening strip to 10%, 15%, and 20% carbamide peroxide tray-based bleaching systems.
Compend Contin Educ Dent Suppl. 2000;(29):22-8.
- 64. Gerlach RW; Sagel PA.**
Vital bleaching with a thin peroxide gel.
JADA 2004;135:98-100
- 65. Gerlach RW, Zhou X.**
Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability.
J Contemp Dent Pract. 2001;15;2(3):1-16.
- 66. Gerlach RW, Zhou X.**
Comparative clinical efficacy of two professional bleaching systems.
Compend Contin Educ Dent. 2002;23(1A):35-41.
- 67. Glockner K, Jeglitsch F, Städtler P, Ebeleseder K.**
Die Zunahme der Sprödigkeit von Dentin beim internal bleaching.
ZWR. 1995;104:84-8.
- 68. Gokay O, Mujdeci A, Algin E.**
In vitro peroxide penetration into pulp chamber from newer bleaching products.
Int Endod J. 2005;38(8):516-20.
- 69. Gokay O, Tuncbilek M, Ertan P.**
Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents on teeth restored with composite resin.
J Oral Rehabil. 2000;27(5):428-31.
- 70. Goldstein RE.**
In-Office-Bleaching: where we came from, where we are today.
J Am Dent Assoc. 1997;128:11-5.
- 71. Goldstein RE, Garber DA.**
Complete dental bleaching.
Quintessence Publishing; Chicago: 1995;-p.73-4.
- 72. Gomez RS, de Castro Albuquerque R, Dutra RA, et al.**
Effects of a bleaching agent containing 35% carbamide peroxide on the immunolocalization of cyclin D and p16.
J Oral Dent. 2002;29:906-909.
- 73. Gotz H, Duschner H, White DJ, Klukowska MA.**
Effects of elevated hydrogen peroxide „strip“ bleaching on surface and subsurface enamel including subsurface histomorphology, micro-chemical composition and fluorescence changes.
J Dent. 2007;3.
- 74. Greenwall L.**
Bleaching techniques in restorative dentistry-an illustrated guide.
London: Martin Dunitz Ltd. 2001

- 75. Haase E.**
Zahnfarbnahme – Qualitätssicherung in der Prothetik.
Zahnärztliche Mitteilungen. 1999 (89):40-3.
- 76. Hannig C, Lindner D, Attin T.**
Efficacy and tolerability of two home bleaching systems having different peroxide delivery.
Clin Oral Investig. 2007 Dec;11(4):321-9.
- 77. Hannig C, Zech R, Henze E, Dorr-Tolui R, Attin T.**
Determination of peroxides in saliva—kinetics of peroxide release into saliva during home-bleaching with Whitestrips and Vivastyle.
Arch Oral Biol. 2003 Aug;48(8):559-66.
- 78. Hanosh FN, Hanosh GS.**
Vital bleaching: a new light-activated hydrogen peroxide system.
J Esthet Dent. 1992;4(3):90-5.
- 79. Hardman PK, Moore DL, Petteway GH.**
Stability of hydrogen peroxide as a bleaching agent.
Gen Dent 1985;33:121-22.
- 80. Harrington GW, Natkin E.**
External resorption associated with bleaching of pulpless teeth.
J Endod. 1979;5(11):344-8.
- 81. Haywood VB.**
Overview and status of mouthguard bleaching.
J Esthet Dent. 1991 Sept-Oct;3(5):157-61.
- 82. Haywood VB.**
History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique.
Quintessence Int. 1992;23:471-88.
- 83. Haywood VB.**
Considerations and variations of dentist-prescribed, home-applied vital tooth-bleaching technique.
Compend Contin Educ Dent. 1994;15(Suppl 17):616-21.
- 84. Haywood VB.**
Nightguard vital bleaching: current concepts and research.
J Am Dent Assoc. 1997;19:128-35.
- 85. Haywood VB.**
Current status of nightguard vital bleaching.
Compend Contin Educ Dent Suppl. 2000;(28):S10-7.
- 86. Haywood VB.**
Treating sensitivity during tooth whitening.
Compend Contin Educ Dent. 2005;26(9):11-20.
- 87. Haywood VB, Heymann HO.**
Night guard vital bleaching.
Quintessence Int. 1989;20:173-6.

88. **Haywood VB, Heymann HO.**
Nightguard vital bleaching: how safe is it?
Quintessence Int. 1991 Jul;22(7):515-23.
89. **Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF, Brunson WD.**
Effectiveness, side effects and long-term status of nightguard vital bleaching.
J Am Dent Assoc. 1994;125:1219-26.
90. **Hegedüs C, Bistey T, Flóra-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A.**
An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface.
J Dent. 1999;27(7):509-15.
91. **Hein DK, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD.**
In-office vital tooth bleaching—what do lights add?
Compend Contin Educ Dent. 2003;24(4A):340-52.
92. **Heithersay GS.**
Invasive cervical resorption following trauma.
Aust Endod J. 1999;25(2):79-85.
93. **Hellwig E, Klimek J, Attin T.**
Einführung in die Zahnerhaltung.
Urban & Schwarzenberg. 1995:27-28.
94. **Hernández Guerrero JC, Jiménez-Farfán MD, Lopez-Salgado A, Barker ML, Gerlach RW.**
Professional whitening strips in a university population.
Am J Dent. 2007;20:15A-18A.
95. **Heymann HO, Swift EJ, Bayne SC, May KN, Wilder AD, Mann GB, Peterson CA.**
Clinical evaluation of two carbamide peroxide tooth-whitening agents.
Compend Contin Educ Dent 1998;19:359-76.
96. **Hill AR.**
How we see color.
McDonald R, edit. Colour physics for industry. Huddersfield: H Charlesworth & Co. Ltd.;
1987;211-81.
97. **Holmstrup G, Palm AM, Lambjerg Hansen H.**
Bleaching of discoloured root-filled teeth.
Endod Dent Traumatol 1988;4:197-201.
98. **Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML.**
Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade.
J Endod 1998;24(12):786-90.
99. **Ishikawa-Nagai S, Terui T, Ishibashi K, Weber HP, Ferguson M.**
Comparison of effectiveness of two 10% carbamide peroxide tooth-bleaching systems
using spectrophotometric measurements.
J Esthet Restor Dent. 2004;16(6):368-75.
100. **Javaheri DS, Janis JN.**
The efficacy of reservoirs in bleaching trays.
Oper Dent. 2000;25(3):149-51.

- 101. Joiner A.**
The bleaching of teeth: A review of the literature.
J Dent. 2006;34:412-9.
- 102. Karpinia KA, Magnusson I, Barker ML, Gerlach RW.**
Placebo-controlled clinical trial of 19% sodium percarbonate whitening film: initial and sustained whitening.
Am J Dent. 2003;16:12B-16B.
- 103. Karpinia KA, Magnusson I, Sagel PA, Zhou X, Gerlach RW.**
Vital bleaching with two at-home professional systems.
Am J Dent. 2002;15:13A-18A.
- 104. Ketterl W, Einwag J, Naujoks R.**
Prophylaxe der Karies. Zahnerhaltung II
Urban & Schwarzenberg. 1993:20ff.
- 105. Kidd EA.**
The caries status of tooth-coloured restorations with marginal stain.
Br Dent j. 1991;171(8):241-3.
- 106. Kielbassa AM, Wrbas KT.**
Extrinsische und intrinsische Zahnverfärbungen Teil 1: Ursachen.
ZWR. 2000;109(4):177-83.
- 107. Kihn PW, DSS, MS.**
Vital tooth whitening.
Dent Clin N Am. 2007;51:319-331.
- 108. Kihn PW, Barnes DM, Romberg E, Peterson K.**
A clinical evaluation of 10 percent vs. 15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents.
J Am Dent Assoc. 2000;131(10):1478-84.
- 109. Kugel G, Aboushala A, Zhou X, Gerlach RW.**
Daily use of whitening strips on tetracycline-stained teeth: comparative results after 2 months.
Compend Contin Educ Dent. 2002;23(1A):29-34.
- 110. Kugel G, Ferreira S.**
The art and science of tooth whitening.
J Mass Dent Soc 2005;53(4):34-7.
- 111. Kugel G, Kastali S.**
Tooth-whitening efficacy and safety: a randomized and controlled clinical trial.
Compend Contin Educ Dent Suppl. 2000;(29):16-21.
- 112. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ 3rd, Anderson C, Ferreira S.**
Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems.
Compend Contin Educ Dent. 2006;27(1):54-62.
- 113. Kugel G, Petkevis J, Gurgan S, Doherty E.**
Separate whitening effects on enamel and dentin after fourteen days.
J Endod. 2007;33(1):34-7.

- 114. Langsdorff v.G.**
Über den Einfluss gewisser Stoffe auf das Zahnbeingewebe.
Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde. 1874;XIV(III):264-265.
- 115. Lado EA, Stanley HR, Weisman MI.**
Cervical resorption in bleached teeth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1983;55(1):78-80.
- 116. Lee KH, Kim HI, Kim KH, Kwon YH.**
Mineral loss from bovine enamel by a 30% hydrogen peroxide solution.
J Oral Rehabil. 2006;33(3):229-33.
- 117. Leibrock A, Rosentritt M, Behr m, Güray N, Handel G.**
Einflüsse unterschiedlicher Messparameter auf die metrische Farbbestimmung mit dem Spektralfarbmessgerät Castor™.
Dtsch Zahnärztl Z 1995;50:664-67.
- 118. Lenhard M.**
Das Bleichen avitaler Zähne mit Carbamid-Peroxid-Gel.
Die Quintessence 2002;53(7):713-721
- 119. Lenhard M.**
Assessing tooth color change after repeated bleaching in carbamide peroxide gel.
J Am Dent Assoc. 1996;127:1618-24.
- 120. Leonard RH Jr.**
Efficacy, longevity, side effects and patient perceptions of nightguard vital bleaching.
Compend Contin Educ Dent 1998;19:766-81.
- 121. Leonard RH, Bentley C, Eagle JC, Garland GE, Knight MC, Phillips C.**
Nightguard vital bleaching: a long-term study on efficacy, shade retention, side effects, and patients' perception.
J Esthet Restor Dent. 2001;13(6):357-69.
- 122. Leonard RH, Bentley C, Haywood VB.**
Salivary pH changes during 10% carbamide peroxide bleaching.
Quintessence Int. 1994;25:547-50.
- 123. Leonard RH Jr, Eagle JC, Garland GE, Matthews KP, Rudd AL, Phillips C.**
Nightguard vital bleaching and its effect on enamel surface morphology.
J Esthet Restor Dent. 2001;13(2):132-9.
- 124. Leonard RH Jr, Haywood VB, Eagle JC, Garland GE, Caplan DJ, Matthews KP, Tart ND.**
Nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth: 54 months post treatment.
J Esthet Dent. 1999;11(5):265-77.
- 125. Leonard RH Jr, Haywood VB, Caplan DJ, Tart ND.**
Nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth: 90 months post treatment.
J Esthet Restor Dent. 2003;15(3):142-52.

- 126. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB.**
Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study.
Quintessence Int. 1998;29(8):503-7.
- 127. Leonard RH Jr, Haywood VB, Phillips C.**
Risk factors for developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching.
Quintessence Int. 1997;28(8):527-34.
- 128. Li Y.**
Biological properties of peroxide-containing tooth whiteners.
Food Chem Toxicol. 1996;34:887-904.
- 129. Li Y.**
Tooth bleaching using peroxide-containing agents: current status of safety issues.
Compend Contin Educ Dent. 1998 Aug;19(8):783-6,788,790.
- 130. Li Y.**
Peroxide-containing tooth whiteners: an update on safety.
Compend Contin Educ Dent. 2000;21(Suppl 28):4-9.
- 131. Li Q, Wang YN.**
Comparison of shade matching by visual observation and an intraoral dental colorimeter.
J Oral Rehabil. 2007 Nov;34(11):848-54.
- 132. Lu AC, Margiotta A, Nathoo SA.**
In-office tooth whitening: current procedures.
Compend Contin Educ Dent. 2001;22(9):798-800, 802-3, 805.
- 133. Luk K, Tam L, Hubert M.**
Effect of light energy on peroxide tooth bleaching.
J Am Dent Assoc. 2004;135(2):194-201.
- 134. Lyaruu DM, Bervoets TJ, Bronckers AL.**
Short exposure to high levels of fluoride induces stage-dependent structural changes in ameloblasts and enamel mineralization.
Eur J Oral Sci. 2006;114:111-5.
- 135. Lynch E, Samarawickrama DY, Claxson AW, Hawkes JE, Atherton M, Naughton DP, Grootveld MC.**
Safety aspects concerning the therapeutic and cosmetic applications of hydrogen peroxide (H₂O₂) – containing gels, whiteners, oral rinses and dentifrices.
J Ir Dent Assoc. 1994;40(3):78-82.
- 136. Mahony C, Barker ML, Engel TM, Walden GL.**
Peroxide degradation kinetics of direct application percarbonate bleaching film.
Am J Dent. 2003;16:9b-11B.
- 137. Marin PD, Bartold PM, Heithersay GS.**
Tooth discoloration by blood: an in vitro histochemical study.
Endod Dent Traumatol. 1997;13(3):132-8.

- 138. Marshall MV, Cancro LP, Fischman SL.**
Hydrogen peroxide: a review of its use in dentistry.
J Periodontol. 1995;66:786-96.
- 139. Martin JH, Bishop JG, Guentherman RH, Dorman HL.**
Cellular response of gingiva to prolonged application of dilute hydrogen peroxide.
J Periodontol. 1968;39(4):208-10.
- 140. Matis BA.**
Degradation of gel in tray whitening.
Compend Contin Educ Dent Suppl. 2000;28:28,31-5.
- 141. Matis BA, Cochran MA, Eckert G, Carlson TJ.**
The efficacy and safety of a 10% carbamide peroxide bleaching gel.
Quintessence Int. 1998;29(9):555-63.
- 142. Matis BA, Cochran MA, Franco M, Al-Ammar W, Eckert GJ, Stropes M.**
Eight in-office tooth whitening systems evaluated in vivo: a pilot study.
Oper Dent. 2007;32(4):322-7.
- 143. Matis BA, Gaião U, Blackman D, Schultz FA, Eckert GJ.**
In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth.
J Am Dent Assoc. 1999 Feb;130(2):227-35.
- 144. Matis BA, Hamdan YS, Cochran MA, Eckert GJ.**
A clinical evaluation of a bleaching agent used with and without reservoirs.
Oper Dent. 2002;27:5-11.
- 145. Matis BA, Mousa HN, Cochran MA, Eckert GJ.**
Clinical evaluation of bleaching agents of different concentrations.
Quintessence Int. 2000 May;31(5):303-10.
- 146. Matis BA, Yousef M, Cochran MA, Eckert GJ.**
Degradation of bleaching gels in vivo as a function of tray design and carbamide peroxide concentration.
Oper Dent. 2002;27:12-8.
- 147. McCaslin AJ, Haywood VB, Potter BJ, Dickson GL, Russel CM.**
Assessing dentin color changes from nightguard vital bleaching.
J Am Dent Assoc. 1999;130(10):1485-90.
- 148. McCracken MS, Haywood VB.**
Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide.
J Dent. 1996;24:395-98.
- 149. McInnes J.**
Removing brown stain from teeth.
Ariz Dent J. 1966;12(4):13-45.
- 150. McLean JW.**
Wissenschaft und Kunst der Dentalkeramik.
Quintessence. 1978.

- 151. Mellberg JR, Ripa LW.**
Fluoride in preventive dentistry.
Theory and clinical applications.
Quintessence Publishing Co., Inc., Chicago 1983.
- 152. Miyazaki M, Sato H, Sato T, Moore BK, Platt JA.**
Effect of a whitening agent application on enamel bond strengt hof self-etching primer system.
Am J Dent. 2004;17(3):151-55.
- 153. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valaei N.**
A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment.
Eur J Orthod. 2007;29(2):134-9.
- 154. Monaghan P, Lim E, Lautenschlager E.**
Effects of home bleaching preparations on composite resin color.
J Prosthet Dent. 1992;68(4):575-8.
- 155. Mujdeci A, Gokay O.**
Effect of bleaching agents on the microhardness of tooth-colored restaurative materials.
J Prosthet Dent. 2006;95(4):286-9.
- 156. Munsell AH.**
A color Notation.
Munsell Color Company 1961; ed.11. Baltimore.
- 157. Murchison DF, Charlton DG, Moore BK.**
Carbamide peroxide bleaching: effects on enamel surface hardness and bonding.
Oper Dent. 1992;17(5):181-5.
- 158. Nakamura T, Nakajima H, Salimee P, Hino T, Russell CM.**
Effect of bleaching on vital-discolored teeth – a colorimetric evaluation in three patients.
Asien J Aesthet Dent 1993;1:25-8.
- 159. Nathanson D, Parra C.**
Bleaching vital teeth: a review and clinical study.
Compendium. 1987;8(7):490-2;494,496-7.
- 160. Nathoo SA.**
The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration.
J Am Dent Assoc. 1997;128:6-10.
- 161. Nathoo S, Stewart B, Petrone ME, Chaknis P, Zhang YP, DeVizio W, Volpe AR.**
Comparative clinical investigation of the tooth whitening efficacy of two tooth whitening gels.
J Clin Dent. 2003;14(3):64-9.
- 162. Ne Rf, Witherspoon DE, Gutmann JL.**
Tooth resorption.
Quintessence Int. 1999;30(1):9-25.
- 163. Nelson R, Parker SR.**
Doxycycline-induced staining of adult teeth: the first reported case.
Arch Dermatol. 2006;142(8):1081-2.

- 164. Neumüller OA.**
Römpp Chemie-Lexikon.
Georg Thieme Verlag 7. Auflage;1977.
- 165. Nutting EB, Poe GS.**
A new combination of bleaching teeth.
J South Calif Dent Assoc 1963;31:239-91.
- 166. Nutting EB, Poe GS.**
Chemical bleaching of discoloured endodontically treated teeth.
Dent Clin North Am 1967;10:655-62.
- 167. Oltu U, Gürkan S.**
Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel.
J Oral Rehabil. 2000;27(4):332-40.
- 168. Papathanasiou A, Kastali S, Perry RD, Kugel G.**
Clinical evaluation of a 35% hydrogen peroxide in-office whitening system.
Compend Contin Educ Dent. 2002;23(4):335-8, 340, 343-4.
- 169. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH.**
Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth.
J Dent Res. 2002 Aug;81(8):578-82.
- 170. Peschke A.**
In-Office-Bleaching mit einem 30%igen Carbamidperoxidgel.
Die Quintessence 2005;56(3):293-300.
- 171. Plasschaert AJ, van der Burgt TP.**
Teeth discoloration by endodontic materials.
Stomatol DDR. 1988;38(3):161-6.
- 172. Pohjola R, Browning WD, Hackman ST, et.al.**
Sensitivity and tooth whitening agents.
J Esthet Restor Dent 2002;14(2):85-91.
- 173. Polydorou O, Hellwig E, Auschill TM.**
The effect of different bleaching agents on the surface texture of restorative materials.
Oper Dent. 2006;31(4):473-80.
- 174. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D.**
Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content.
J Endod. 2000;26(4):203-6.
- 175. Prayitno S, Addy M.**
An in vitro study of factors affecting the development of staining associated with the use of chlorhexidine.
J Periodontal Res. 1979;14(5):397-402.
- 176. Proctor GB, Pramanik R, Carpenter GH, Rees GD.**
Salivary proteins interact with dietary constituents to modulate tooth staining.
J Dent Res. 2005;84(1):73-8.

- 177. Pugh G Jr, Zaidel L, Lin N, Stranick M, Bagley D.**
High levels of hydrogen peroxide in overnight tooth-whitening formulas: effects on enamel and pulp.
J Esthet Restor Dent. 2005;17(1):40-5.
- 178. Rathe F, Nölken R, Deimling D, Ratka-Kröger P.**
External root resorption.
Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2006;116(3):245-53.
- 179. Reid JS, Beeley JA.**
Biochemical studies on the composition of gingival debris from children with black extrinsic tooth stain.
Caries Res. 1976;10(5):363-9.
- 180. Reinhardt JW, Eivins SE, Swift EJ Jr, Denehy GE.**
A clinical study of nightguard vital bleaching.
Quintessence Int. 1993;24:379.
- 181. Ritter AV, Leonard RH Jr, St Georges AJ, Caplan DJ, Haywood VB.**
Safety and stability of nightguard vital bleaching: 9 to 12 years post-treatment.
J Esthet Restor Dent. 2002;14(5):275-85.
- 182. Robinson FG, Haywood VB, Mayers M.**
Effect of 10 percent carbamide peroxide on color of provisional restoration materials.
J Am Dent Assoc. 1997;128:727-31.
- 183. Rodrigues JA, Basting RT, Serra MC, Rodrigues Junior AL.**
Effects of 10% carbamide peroxide bleaching materials on enamel microhardness.
Am J Dent. 2001;14(2):67-71.
- 184. Rosenstiel SF, Gegauff AG, Johnston WM.**
Randomized clinical trial of the efficacy and safety of a home bleaching procedure.
Quintessence Int. 1996;27(6):413-24.
- 185. Rosentritt M, Lang R, Plein T, Behr M, Handel G.**
Das Bleichen von Zähnen.
Die Quintessence 2003;54:255-60.
- 186. Rotstein I, Friedman S.**
pH variation among materials used for intracoronal bleaching.
J Endod. 1991;17(8):376-9.
- 187. Rotstein I, Mor C, Arwaz JR.**
Changes in surface levels of mercury, silver, tin, copper of dental amalgam treated with carbamide peroxide in vitro.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1997;83(4):506-9.
- 188. Ruse ND, Smith DC, Torneck CD, Titley KC.**
Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel.
J Dent Res. 1990;69(9):1610-3.
- 189. Sarrett DC.**
Tooth whitening today.
J Am Dent Assoc. 2002;133(11):1535-8.

- 190. Schiavoni RJ, Turssi CP, Rodrigues AL Jr, Serra MC, Pecora JD, Frona IC.**
Effect of bleaching agents on enamel permeability.
Am J Dent. 2006;19(5):313-6.
- 191. Schmiedseder J, Rateitschak KH, Wolf HF.**
Ästhetische Zahnmedizin.
Farbatlant der Zahnmedizin 15; Ästhetische Zahnmedizin 1998:35-52.
- 192. Schroeder HE.**
Pathobiologie oraler Strukturen.
Karger 1997;17ff
- 193. Schroeder HE, Scherle W.**
Cemento-enamel junction—revisited.
J Periodontal Res.1988;23(1):53-9.
- 194. Schulte JR, Morrissette DB, Gasior EJ, Czajewski MV.**
The effects of bleaching application time on the dental pulp.
J Am Dent Assoc. 1994 Oct;125(10):1330-5.
- 195. Schuurs AH, Abraham-Inpijn L, van Straalen JP, Sastrowijoto SH.**
An unusual case of black teeth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1987;64(4):427-31.
- 196. Seale NS, Thrash WJ.**
Systematic assessment of color removal following vital bleaching of intrinsically stained teeth.
J Dent Res. 1985;64(3):457-61.
- 197. Seghi RR, Denry I.**
Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro.
J Dent Res. 1992;71(6):1340-4.
- 198. Shahidi H, Barker ML, Sagel PA, Gerlach RW.**
Randomized controlled trial of 10% hydrogen peroxide whitening strips.
J Clin Dent 2005;16(3):91-5.
- 199. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D.**
Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents.
Quintessence Int. 1993;24(1):39-44.
- 200. Shinohara MS, Rodrigues JA, Pimenta LAF.**
In vitro microleakage of composite restorations after nonvital bleaching.
Quintessence Int. 2001;32:413-7.
- 201. Smigel I.**
Laser tooth whitening.
Dent Today. 1996;15(8):32-6.
- 202. Solheim H, Eriksen HM, Nordbo H.**
Chemical plaque control and extrinsic discoloration of teeth.
Acta Odontol Scand. 1980;38(5):303-9.

- 203. Sulieman M.**
An overview of bleaching techniques: 1. History, Chemistry, Safety and Legal Aspects.
Dent Update 2004;31:608-16.
- 204. Sulieman M.**
An overview of bleaching techniques: 3. In-surgery or power bleaching.
Dent Update 2005;32:101-8.
- 205. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, Rees JS.**
The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: an in vitro study.
J Dent 2004 ;32(4):295-9.
- 206. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, Rees JS.**
The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study in vitro.
J Dent. 2005;33(1):33-40.
- 207. Sulieman M, Addy M, Rees JS.**
Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study.
Br Dent J. 2005 Jul 9;199(1):37-40.
- 208. Sun G.**
The role of lasers in cosmetic dentistry.
Dent Clin North Am. 2000;44(4):831-50.
- 209. Sun HC, Liu M, Ouyang J, Li GS.**
The effect of overdose fluoride on the proliferation and apoptosis of rat's incisor ameloblast
Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2003;38(3):217-9.
- 210. Swift EJ Jr, Perdigão J.**
Effects of bleaching on teeth and restorations.
Compend Contin Educ Dent. 1998;19(8):815-20.
- 211. Tam L.**
Effect of potassium nitrate and fluoride on carbamide peroxide bleaching.
Quintessence Int. 2001;32(10):766-70.
- 212. Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, Goodson JM.**
Light augments tooth whitening with peroxide.
J Am Dent Assoc. 2003;134(2):167-75.
- 213. Teixeira EC, Hara AT, Serra MC.**
Use of 37% carbamide peroxide in the walking bleach technique: a case report.
Quintessence Int. 2004;35(2):97-102.
- 214. Ten Bosch JJ, Coops JC**
Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness.
Journal of dental research 1995;74(1):374-80.
- 215. Thitinthapan W, Satamanont P, Vongsavan N.**
In vitro penetration of the pulp chamber by three brands of carbamide peroxide.
J Esthet Dent. 1999;11(5):259-64.

- 216. Tombes MB, Gallucci B.**
The effects of hydrogen peroxide rinses on the normal oral mucosa.
Nurs Res. 1993;42(6):332-7.
- 217. Torneck CD, Titley KC, Smith DC, Adibfar A.**
The influence of time of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached bovine enamel.
J Endod. 1990;16(3):123-8.
- 218. Trope M.**
Cervical root resorption.
J Am Dent Assoc. 1997;128:56S-59S.
- 219. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E.**
The repeatability of an intraoral dental colorimeter.
J Prosthet. Dent. 2002 Dec;88(6):585-90.
- 220. Ulukapi H, Benderli Y, Ulukapi I.**
Effect of pre- and postoperative bleaching on marginal leakage of amalgam and composite restorations.
Quintessence Int. 2003;34(7):505-508.
- 221. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ.**
A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color.
J Prosthet Dent. 1990;63(2):155-62.
- 222. Van der Burgt TP, Plasschaert AJ.**
Tooth discoloration induced by dental materials.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1985;60(6):666-9.
- 223. Van der Burgt TP, Mullaney TP, Plasschaert AJ.**
Tooth discoloration induced by endodontic sealers.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1986;61(1):84-9.
- 224. Viscio D, Gaffar A, Fakhry-Smith S, Xu T.**
Present and future technologies of tooth whitening.
Compend Contin Educ Dent Suppl. 2000;28:36-43.
- 225. Vogel RI, Austin G.**
Tetracycline-induced extrinsic discoloration of the dentition.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1977;44(1):50-3
- 226. Weigert WM.**
Wasserstoffperoxid und seine Derivate – Chemie und Anwendungen.
Dr. Albert Hüthig Verlag Heidelberg 1978;19,25f,117,199,200.
- 227. Weiler J.**
Der devitale Frontzahn.
ZWP Spezial 2002;3:12-4.
- 228. Weitzman SA, Weitberg AB, Stossel TP.**
Effects of hydrogen peroxide on oral carcinogenesis in hamsters.
J Periodontol 1986;57:685-88.

- 229. Westbury LW, Najera A.**
Minocycline-induced intraoral pharmacogenic pigmentation: case reports and review of the literature.
J Periodontol. 1997;68(1):84-91.
- 230. Wetter NU, Walverde D, Kato IT, Eduardo Cde P.**
Bleaching efficacy of whitening agents activated by xenon lamp and 960-nm diode radiation.
Photomed Laser Surg. 2004;22(6):489-93.
- 231. White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner H, Götz H.**
Peroxide interactions with hard tissues: effects on surface hardness and surface/subsurface ultrastructural properties.
Compend Contin Educ Dent. 2002 Jan;23(1A):42-8; quiz 50.
- 232. Wiegand A.**
Bewertung neuer Applikationsmethoden in der externen Bleichtherapie.
Zahnärztliche Mitteilungen 2006;10:44-50.
- 233. Wiegand A, Vollmer D, Foitzik M, Attin R, Attin T.**
Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin.
Clin Oral Investig. 2005;9(2):91-7.
- 234. Wright JT, Duggal MS, Robinson C, Kirkham J, Shore R.**
The mineral composition and enamel ultrastructure of hypocalcified amelogenesis imperfecta.
J Craniofac Genet Dev Biol. 1993;13(2):117-26.
- 235. Xu X, Zhu L, Tang Y, Wang Y, Zhang K, Li S, Bohman LC, Gerlach RW.**
Randomized clinical trial comparing whitening strips, paint-on gel and negative control.
Am J Dent. 2007;20:28-31.
- 236. Yoganathan P.**
Betel chewing creeps into the New World.
N Z Dent J. 2002;124(2):155-65.
- 237. Zach L, Cohen C.**
Pulp response to externally applied heat.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1965;19:515-30.
- 238. Zantner C, Kielbassa AM**
In-Office-Bleaching-Abgrenzung zu alternativen Therapieverfahren.
ZWR 2004;113(5):207-15.
- 239. Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, Al Shetri SE, Eckert GJ, Carlson TJ.**
Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments.
Oper dent. 2003;28(2):114-21.
- 240. Ziebolz D, Helms K, Hannig C, Attin T.**
Efficacy and oral side effects of two highly concentrated tray-based bleaching systems.
Clin Oral Invest. 2007;11(3):267-75.

9 Anhang

9.1 Verwendete Geräte und Materialien

- Bleichmittel Illuminé™home 10% (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Bleichmittel Illuminé™office (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Bleichmittel Blend-a-med Whitestrips™ (Procter & Gamble GmbH, Schwalbach am Taunus, Deutschland)
- VITA-Farbskala (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland)
- Alginatabformmasse (Blueprint Cremix, Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Metall-Abdrucklöffel nach Ehrike der Größe I-IV (Omnicent®, Dental-Handelsgesellschaft mbH, Rodgau Nieder-Roden, Deutschland)
- Alginathaftlack (FIX, Dentsply De Trey, Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Hartgips der Härteklasse 3 (Modellgips synthetisch, Omnicent®, Dental-Handelsgesellschaft mbH, Rodgau Nieder-Roden, Deutschland)
- Positionierungsschiene – weichelastische Folie aus Polyethylen (Bioplast®, Scheu Dental GmbH, Iserlohn, Deutschland); Stärke: 2,0 mm
- Bleichschiene – weichelastische Folie aus Polyethylen (Soft-Tray® Sheets, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT); Stärke: 0,9 mm
- Vakuum-Tiefziehgerät ERKOFORM RVE (ERKODENT® Erich Kopp GmbH, Pfalzgrafenweiler, Deutschland)
- Sommerwachs/ Modellierwachs (Omnicent®, Dental-Handelsgesellschaft mbH, Rodgau Nieder-Roden, Deutschland)
- Acryl-Platzhalter (Ultradent® LC Block-Out Resin; Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT)

- Halogen – Lampe (SmartLite™ PS, Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Reinigungspaste (CleanicDent, KerrHawe SA, Bioggio, Schweiz)
- Elektronisches Farbmessgerät (Photometriegerät: ShadeEyeNCC®, Shofu®, Ratingen, Deutschland)
- Fluorid Gel (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Deutschland)
- Zahnpaste (Oral-B, ADVANTAGE™, Procter & Gamble GmbH, Schwalbach am Taunus, Deutschland)
- Handzahnbürste (Oral-B, CROSS ACTION VITALISER 35 SOFT, Procter & Gamble GmbH, Schwalbach am Taunus, Deutschland)
- SPSS für Windows XP™, Version 11.0, Statistikprogramm (SPSS GmbH Software, München, Deutschland)
- Zahnärztliche Pinzette (Aesculap AG & Co. KG, Tutlingen, Deutschland)
- Zahnärztliche Sonde (Aesculap AG & Co. KG, Tutlingen, Deutschland)
- Zahnärztlicher Mundspiegel (Hu-Fiedy, Leimen, Deutschland)
- Parontalsonde PCP 10 (Hu-Fiedy, Leimen, Deutschland)
- Universalscaler M23 (Fa. Deppeler, Rolle, Schweiz)
- Polierbürstchen Nylon (Hawe Neos Dental SA, Bioggio/Schweiz)

9.2 Abkürzungen

Abkürzungen	Erklärung
*	Signifikanzniveau $p < 0,05$
**	Signifikanzniveau $p < 0,01$
***	Signifikanzniveau $p < 0,001$
±	plus/minus
a*	Farbsättigung Rot-Grün-Achse
b*	Farbsättigung Blau-Gelb-Achse
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
L*	Helligkeit
mg/kg KG	Milligramm je Kilogramm Körpergewicht
mW	Milliwatt
nm	Nanometer = 10^{-9} Meter
n.s.	nicht signifikant
OK/UK	Oberkiefer/ Unterkiefer
OTC	Over-the-counter
SPSS	Super Performing Software System
UV	Ultraviolett
W	Watt
ΔE^*	Delta E – Abstand zweier Farborte im dreidimensionalen Farbraum
°C	Grad Celsius

9.3 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. K.-R. Jahn für die freundliche Überlassung des Themas der vorliegenden Dissertation. Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei meiner Mentorin Frau Dr. M. Bizhang für die immer freundliche und ausdauernde Unterstützung, sowie die vielen wichtigen Anregungen und Hinweise bei der Entstehung dieser wissenschaftlichen Arbeit. Außerdem möchte ich Frau Dr. Bizhang und Herrn Dr. Roggensack für die Hilfe bei der statistischen Auswertung meinen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt auch den Firmen Procter & Gamble GmbH und Dentsply De Trey GmbH für die Bereitstellung der Materialien für diese Studie.

Auch Herrn Fuchs von der Firma Shofu Inc. möchte ich herzlich für die unkomplizierte Bereitstellung des Farbmessgerätes ShadeEye NCC zu allen Untersuchungsterminen danken. Herrn R. Nelte , Herrn Dr. A. Alter und Herrn I. Klück für die gestalterischen Ratschläge.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben und durch die Bereitstellung Ihrer Praxisräume für die vielen Untersuchungstermine, die klinische wie auch technische Ausführung dieser wissenschaftlichen Arbeit erst ermöglicht haben. Besonders herzlich möchte ich mich bei meinem Bruder bedanken, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

9.4 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

Erklärung

Ich, Kristin Damerau, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: Vergleichende klinische Prüfung drei verschiedener Bleichtherapien, selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Kristin Damerau

